

# Las estructuras del valle medio del Magdalena y su significación

M. JULIVERT \*

**RESUMEN.**—El Valle Medio del Magdalena es una semifosa, hundida hacia el E donde limita con una importante falla: la falla de La Salina. Las estructuras internas de este bloque son en general suaves, su característica principal es la asociación de un anticlinal, una falla inversa, paralela al mismo y próxima a la cresta y una red de fallas directas en la cresta anticlinal. Los pliegues y fallas inversas asociadas, llevan dirección NNE — SSW. En la formación de estas estructuras ha influido grandemente el zócalo. Analizando la evolución de estas estructuras en el tiempo se llega a la conclusión de que la orogénesis iniciada con el terciario (aunque talvez existan algunos indicios ya a finales del cretácico) se desarrolla de un modo prácticamente continuo a lo largo de todo el terciario. La semi-fosa del Valle Medio del Magdalena constituye un lugar apropiado para el análisis del desarrollo de la orogénesis en el tiempo, por cuanto la sedimentación se prosigue en ella a lo largo de todo el terciario, al mismo tiempo que se van originando las estructuras. Durante el terciario en el bloque del Medio Magdalena ha habido superposición de dos fenómenos: a) subsidencia general, más acentuada hacia el E; b) creación de estructuras anticlinales que con su tendencia a la elevación con respecto a la subsidencia general, tendían a atenuarla o incluso se imponían a ella. La subsidencia general del bloque fue suficiente para asegurar una continuidad en la sedimentación en las áreas sinclinales, las áreas anticlinales fueron sometidas a erosión o sedimentación alternativamente según predominara la subsidencia general o la elevación de los anticlinales. Como consecuencia, en las zonas anticlinales se observan frecuentes discordancias angulares aunque muy débiles, si se exceptúa la discordancia cretácico-terciaria; esto va asociado al hecho de que la serie terciaria no es completa. En las áreas sinclinales la serie es completa y hay prácticamente concordancia. En los flancos de los pliegues hay discordancias progresivas y acuñamientos de capas. Se hacen algunas consideraciones sobre las condiciones de acumulación del petróleo.

**ABSTRACT.**—The Middle Magdalena Valley is a semi-graben, sunk towards the east, where it is delimited by an important fault: the Salinas Fault. The internal structures of this block are, in general, gentle, their principal characteristics being the association of an antiline, a thrust fault parallel to it, and also close to its crest, a network of normal faults on the anticlinal crest. The folds and associated thrust faults have a strike of NNE — SSW. The basement has had a considerable influence in the formation of these structures. Analyzing the evolution of these structures throughout time, one arrives at the conclusion that the orogenesis initiated in the Tertiary (although perhaps at the close of the Cretaceous there were already indications of it) is developed in a practically continuous manner throughout the whole of the Tertiary. The semi-graben of the Middle Magdalena Valley is an appropriate region in which to analyze the development of orogenesis throughout time, since sedimentation there is practically continuous throughout the

\*Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

whole of the Tertiary while the structures are simultaneously being formed. The superposition of two phenomena has occurred in the Middle Magdalena block during the Tertiary: a) general subsidence, more accentuated towards the east, and b) the creation of anticlinal structures which, with a tendency to uplift in comparison with the general sinking, tended to attenuate the latter or even took precedence over it. The general subsidence of the block was enough to assure continuous sedimentation in the synclinal areas; on the otherhand, the anticlinal areas were alternately subjected to erosion and sedimentation, depending on whether uplift of the anticlines or general subsidence predominated. In consequence, in the anticlinal zones, frequent angular unconformities can be observed. These are weak, if one excepts the one between the Cretaceous and Tertiary. At the same time, the Tertiary series in these zones is complete. In the synclinal zones, the tertiary series is complete and practically conformable. On the flanks of the folds, there are progressive unconformities and pinching out of beds. A few considerations are drawn regarding the conditions governing the accumulation of petroleum.

**RESUME.**—La vallée moyenne du Magdalena constitue un bloc affaissé vers l'Est où il limite avec une faille importante: la faille de La Salina. La tectonique du bloc du Magdalena est dominée par l'association d'une structure anticlinale, d'une faille inverse parallèle et d'un réseau de failles directes. Plis et failles inverses ont une orientation NNE — SSW. Le socle joue un rôle très important sur la formation de ces structures. L'étude de l'évolution de toutes ces structures dans le temps permet d'arriver à la conclusion que l'orogène commencée au début du tertiaire (on peut être à la fin du crétaée), se développe d'une façon continue tout le long du tertiaire. Pendant le tertiaire le bloc du Magdalena vient caractérisé par une subsidence générale; ainsi deux phénomènes se sont superposés: a) subsidence générale, plus accentuée vers l'Est, b) formation des structures anticlinales tendant au soulèvement. Dans les aires synclinales la sédimentation pendant le tertiaire demeure sans interruption, par contre les aires anticlinales étaient soumises à érosion ou sédimentation d'après la prédominance de la subsidence générale du bloc ou l'élévation des anticlinaux. Sur les anticlinaux on aperçoit souvent des discordances et la série tertiaire n'est pas complète, néanmoins tous les périodes du tertiaire y sont représentés à exception du paleocène. Dans les zones synclinales la série apparaît complète et concordante et sur les flancs il y a amincissement et disparition des couches. On fait quelques remarques sur les conditions d'accumulation du pétrole.

## CONTENIDO

### INTRODUCCION

### EL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA EN EL MARCO GEOLOGICO REGIONAL. GEOLOGIA DEL VALLE DEL MAGDALENA

#### Estratigrafía

#### Las Estructuras

Los campos de Casabe-Galán

La Cira — Infantas

Anticlinales de San Luis, Colorado y Opón

El extremo W de la cuenca

El límite oriental: la falla de La Salina

Cantagallo y San Pablo

### INTERPRETACION DE LAS DISCORDANCIAS TERCARIAS

### MECANISMO DE LA FORMACION DE LAS ESTRUCTURAS

### LA ESTRUCTURA DE CASABE — GALAN

### LAS ACUMULACIONES DE PETROLEO

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

La presente nota no es propiamente un estudio regional del valle medio del Magdalena, sino más bien el análisis de unas estructuras que con notable constancia se repiten en toda esta área y sobre las cuales existen multitud de datos por su interés desde el punto de visto petrolero. Aunque la mayor parte de estos datos se encuentran inéditos, los rasgos generales de la estratigrafía y tectónica del Valle medio del Magdalena, así como las características de los principales campos petroleros han sido objeto de diversas publicaciones (Anderson, J.L. 1945; Butler, J. W., 1939; Harrison, J. V., 1930; Martin, W. O., y Tanner, H., 1955; Morales, 1958; Olson, W. S., 1954).

No obstante en esta nota se hará una somera descripción estratigráfica y tectónica con el fin de hacer resaltar aquellas características que van a servir de base para un posterior análisis.

### EL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA EN EL MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El valle medio del Magdalena separa dos de las grandes alineaciones montañosas colombianas; las Cordilleras Central y Oriental, Cordilleras a las que se ha asignado significación muy distinta, pues mientras la Cordillera Oriental se ha originado a partir de una área geosinclinal mesozoica, la Central ha tendido a ser siempre una región positiva separando los dos geosinclinales occidental y oriental. Para encuadrar mejor el valle medio del Magdalena desde un punto de vista tectónico conviene describir someramente la estructura del flanco W de la Cordillera Oriental, con el que está estructuralmente íntimamente ligado. Las características estratigráficas y tectónicas del flanco W de la Cordillera Oriental en el sector de Santander han sido ya descritas (Julivert, 1958 a; 1958 b; 1959), por consiguiente no se insistirá aquí más que sobre un aspecto: la disposición en bloques progresivamente hundidos hacia el valle del Magdalena que presenta todo el flanco occidental de la Cordillera. Estos bloques son: el macizo de Santander, la región de Las Mesas, la zona sinclinal de Nuevo Mundo y el propio valle del Magdalena (fig. 2). Todos estos bloques están separados por fallas o flexiones, accidentes ambos que no son más que dos manifestaciones de un mismo fenómeno: la fracturación del zócalo. Esta fracturación se manifiesta en la cobertera meso-terciaria en forma de flexiones o fallas según la importancia de la falla de zócalo o del espesor de la cobertera. El macizo de Santander es un bloque formado fundamentalmente por el zócalo, que sobrepasa los 3.000 m. de altura; este bloque limita al W mediante una importante falla con una región tabular situada entre los 1.000 y 1.800 m. (Julivert, 1958 a), dividida en varias mesas por la red hidrográfica, estas mesas están formadas por el jura-triásico (formación Girón) o por los niveles más bajos del cretácico. La zona de mesas, afectada por algunas fallas secundarias, termina hacia el W por una flexión brusca, la flexión del Chucurí, a la que debe buscarse como origen una falla profunda del zócalo. El nuevo bloque lo constituye un amplio sinclinal que limita al W con una importante falla inversa conocida con el nombre de falla de La Salina y que en líneas generales sigue el límite oriental de la concesión De Mares, de la Empresa Colombiana de Petróleos (Morales 1958). Al W de esta falla se extiende el valle del medio Magdalena que estructuralmente es un gran bloque basculado que se hunde hacia el E y se eleva suavemente hacia el W, si bien en él existe cierta complicación de detalle. Así pues en conclusión, la estructura del flanco W

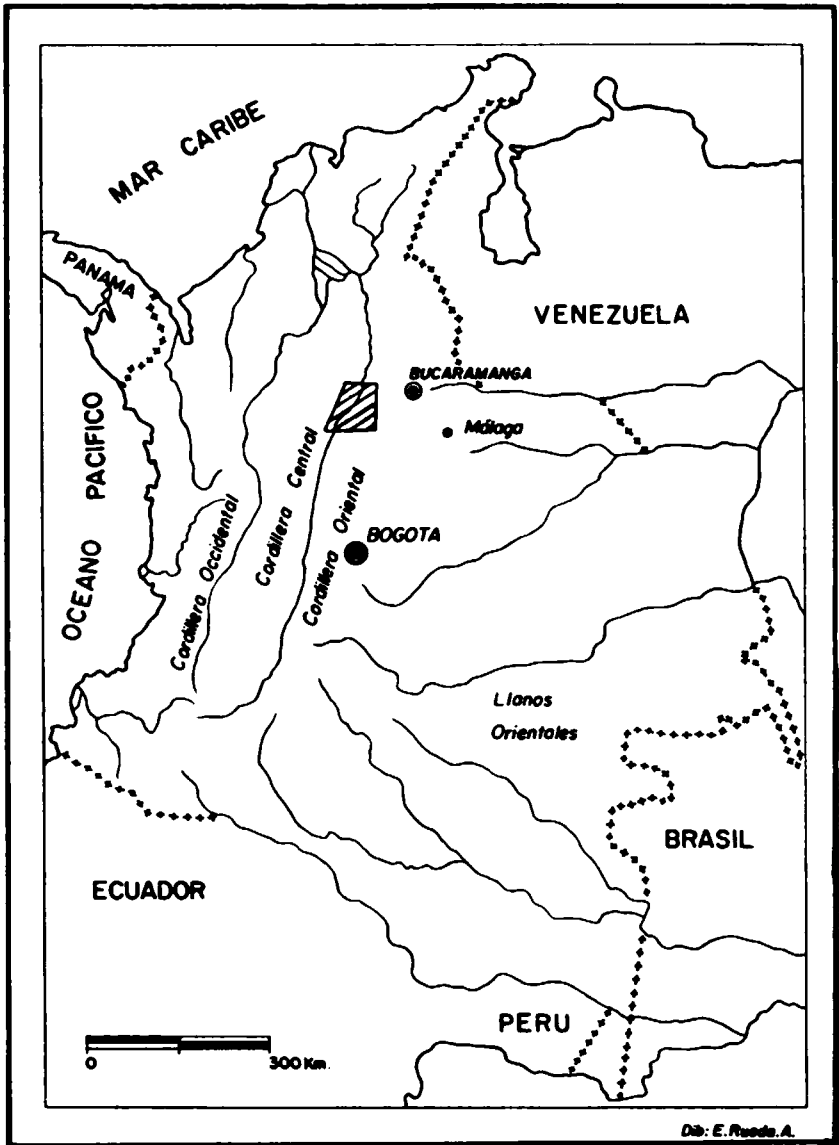


Figura 1.—Situación de la región estudiada.

de la Cordillera Oriental está formada por un conjunto de bloques progresivamente hundidos hacia el W, bloques que tienen su origen en fallas del zócalo que se traducen en superficie por flexiones o fallas en la cobertera. Como consecuencia de esta estructura es interesante señalar el intenso contraste entre el escaso replegamiento existente en la cobertera (la región de Las Mesas es completamente tabular) y las fuertes desnivelaciones en vertical ocasionadas por las fallas; para dar idea de la importancia de esta tectónica vertical basta tener en

cuenta que de la llanura del Magdalena a los páramos del macizo de Santander hay 3.000 m. de desnivel y que además de E a W la superficie topográfica de los sucesivos bloques se modela sobre materiales de edades geológicas cada vez más recientes; para darse cuenta de la verdadera importancia que ha tenido la tectónica vertical hay que comparar la posición de la superficie de contacto paleozoico—mesozoico en los distintos bloques y no su superficie topográfica; bajo este punto de vista se observa que la desnivelación de esta superficie de contacto entre el páramo de Berlín y la parte más oriental del bloque del Magdalena es de alrededor de los 10.000 m. Desde luego este enorme desnivel no se debe tan solo a las fallas sino que en gran parte se debe a la inclinación de los bloques, fenómeno este, general para toda la región de Santander. La importancia de las inclinaciones de los bloques en las desnivelaciones del zócalo ha sido puesta de manifiesto en otro trabajo (Julivert 1959), no obstante la interpretación que ha de darse a este hecho no es pensar que ha existido una basculación de los bloques posterior a la fracturación sino por lo contrario que las fallas se originaron en una zona afectada por pliegues de fondo y por tanto con fuertes inclinaciones preexistentes de la superficie de contacto zócalo-mesozoico. El carácter de pliegue de fondo del macizo de Santander, aunque enmascarado hacia el N por la aparición de importantes fallas, ha sido puesto de manifiesto en otra ocasión (Julivert 1960). Fallas y pliegues de fondo que son los rasgos estructurales más destacados de la región que se está considerando, tienen un punto común en cuanto a su significado: ambos son accidentes de zócalo.

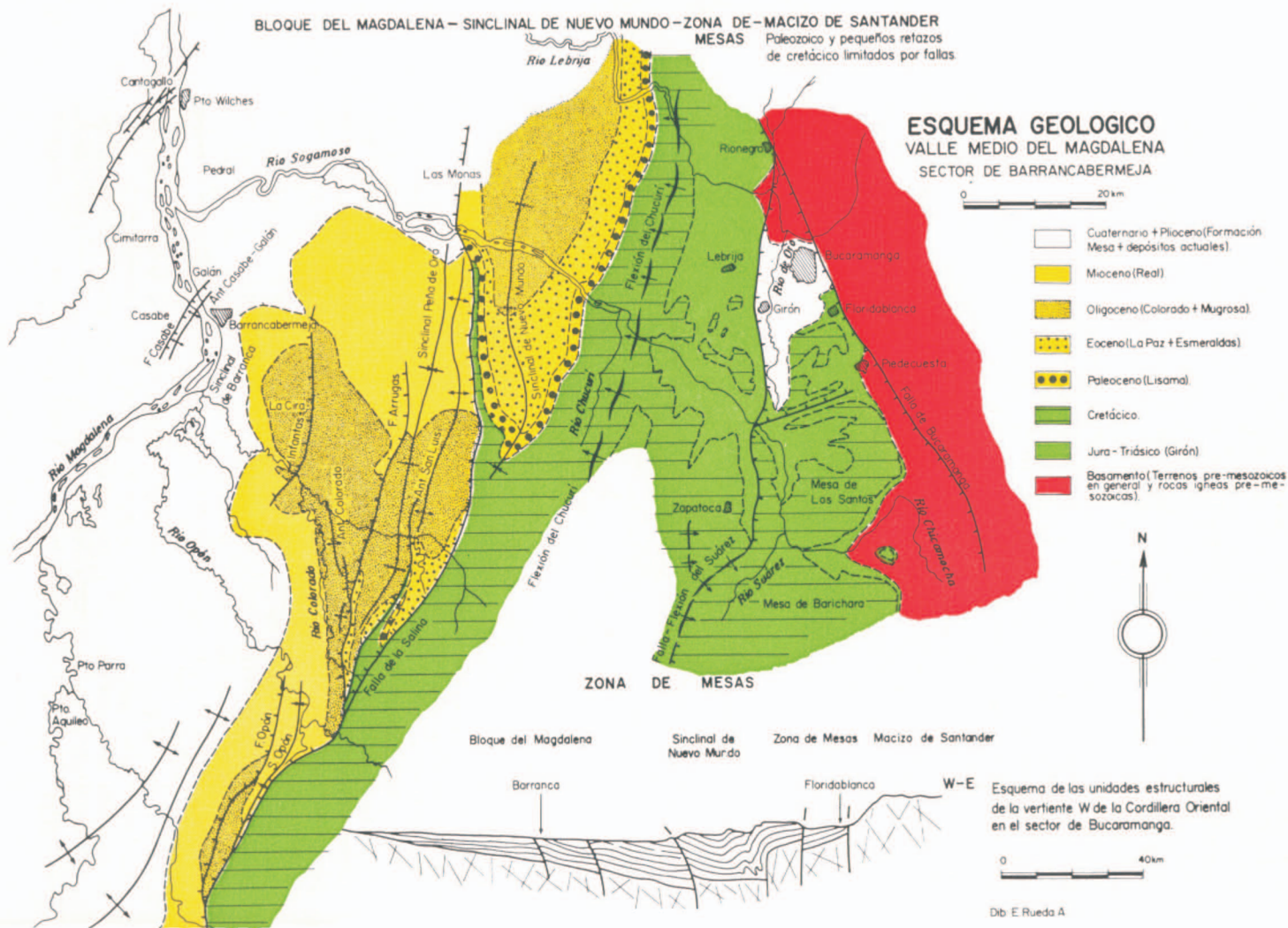
## GEOLOGIA DEL VALLE DEL MAGDALENA

**ESTRATIGRAFIA:** La estratigrafía de las áreas petroleras ha sido notablemente complicada por la diversidad de nombres y de unidades litológicas empleados por las distintas compañías. Esta diversidad se intentó unificar mediante una nomenclatura standard (Morales 1958); no obstante el problema de la estratigrafía del valle medio del Magdalena no es solo un problema de nomenclatura, la estratigrafía es solo conocida en la medida necesaria para la explotación petrolera, las unidades litológicas no están exactamente definidas y su relación con las unidades de tiempo no está bien establecida. No obstante el problema estratigráfico ofrece diferentes matices según se considere la serie cretácica o la serie terciaria. La estratigrafía del cretácico y del terciario, de acuerdo con los conocimientos actuales queda resumida en los cuadros 1 y 2 respectivamente. En el cuadro 2 se correlacionan las nomenclaturas empleadas por las compañías Shell y la Empresa Colombiana de Petróleos así como la nomenclatura standard pues a lo largo del presente trabajo deberá hacerse referencia frecuentemente a ellas. La correlación con las nomenclaturas empleadas por otras compañías puede encontrarse en el trabajo de Morales ya citado (1958).

La serie cretácica (cuadro 1) se ha dividido en una serie de unidades litológicas o formaciones creadas sobre todo en la región del puente del Tablazo, entre Bucaramanga y San Vicente del Chucurí. La aplicación de esta serie y sus unidades litológicas a otras regiones lleva consigo varias dificultades; en primer lugar los límites entre las formaciones no están suficientemente definidos, en segundo lugar muchas de estas unidades litológicas no ocupan una posición bien definida en el tiempo sino que son facies cuyos límites pueden subir y bajar en la columna estratigráfica, este hecho ha sido puesto de manifiesto por lo que se refiere al nivel detrítico basal llamado Tambor en la región del valle medio del Magdalena y Arcabuco más hacia el S (Bürgl 1954, Hubach 1957, Julivert

BLOQUE DEL MAGDALENA - SINCLINAL DE NUEVO MUNDO - ZONA DE MESAS

Paleozoico y pequeños retazos de cretácico limitados por fallas



**CUADRO 1**

POTENCIA	LITOLOGIA	EDAD	NOMENCLATURA STANDARD		
1.000 m.	"Shales" gris oscuras con bancos finos y concreciones ferruginosas, en la parte baja delgadas láminas carbonosas.	Maestrichtiense Campaniense	<i>Umir</i>		
180-350 mts.	"Shale" calcárea y calizas arcillosas en bancos finos, concreciones calizas discoidales con ammonites y liditas.	Santonense (?) Coniacense Turoniense superior (?)	<i>Galemo</i>	Formación la Luna	
50-285 mts.	"Shale" gris o negra calcárea en bancos finos con nódulos.	Coniacense inferior (?) Turoniense superior			<i>Pujamana</i>
50-100 mts.	"Shales" finamente estratificadas, limosas, con concreciones de pirita ya pura, ya en nódulos con corteza pizarrosa.	Turoniense inferior			<i>Salada</i>
50 m. (125 mts. en Casabe)	Caliza arcillosa con bancos interestratificados de "shale".	Senomanense Albiense superior	<i>Salto</i>		
250-650 mts.	"Shales" carbonosas gris o negras.	Albiense	<i>Simiti</i>		
150-325 mts.	Calizas masivas fosilíferas, frecuentemente algo arenosas.	Albiense (Aptiense superior tal vez en algunas localidades)	<i>Tablazo</i>	Grupo calizo basal	
125-625 mts.	"Shales" negras laminadas, en el extremo oriental con yesos.	Aptiense Barremiense	<i>Paja</i>		
425 mts.	Caliza gris azulada y pizarras marrón ocráceas en algunas localidades, en otras toda la serie es de pizarras, calizas y calizas calcosquistosas marrones.	(Barremiense e incluso aptiense en algunas localidades) Hauteriviense	<i>Rosablanca</i>		
600 mts.	Areniscas blancas y areniscas cuarcíticas con bancos de lutitas rojas interestratificadas, a veces un conglomerado de base y unas lutitas y areniscas rojas en el techo.	Hauteriviense (?) Valanginiense	<i>Tambor</i>		

**YACENTE:** Areniscas, arcillas y conglomerados predominantemente rojizos o abigarrados. Jura-triásico  
(Girón)

1958 b) y a la caliza de Rosablanca (Acosta 1960, Hubach 1957, Julivert 1960). Ambos hechos son la causa de las dudas e incluso contradicciones de detalle que se observan al analizar las edades asignadas a las unidades litológicas (como por ejemplo considerar la parte baja de Galembo como turoniense siendo así que Pujamana se ha considerado a veces como coniacense inferior). A las dos causas de confusión citadas antes hay que añadir desde luego un conocimiento muy defectuoso de las faunas.

Un último aspecto a señalar en la serie mesozoica es que (aparte de la discordancia Girón-cretácico sobradamente conocida) se ha citado una discordancia entre Galembo y Umir (nomenclatura standard) si bien de poca importancia y de carácter local. Desde luego este es un hecho que debería ser comprobado antes de aceptarse plenamente pero es interesante hacer notar que en el cretácico superior se han señalado interrupciones en la sedimentación, así como la presencia de superficies ligeramente erosionadas (Bürgl y Dumit-Tobon 1954, pp. 38-39, f. 11).

Por lo que se refiere al terciario (cuadro 2), este presenta una sedimentación bastante continua, interrumpida solo por unas discordancias, frecuentes pero poco acentuadas si se exceptúa la situada en la parte más inferior del terciario. El terciario contrasta vivamente con el cretácico por su carácter continental o salobre, frente al carácter marino del cretácico; ligado a este cambio de litología se encuentra la aparición de frecuentes discordancias en la serie terciaria. Desde el punto de vista estratigráfico el terciario presenta mucho más acusados los problemas que se esbozaron al hablar del cretácico. Aparte de los problemas simplemente de terminología llama la atención un hecho al comparar las nomenclaturas de la empresa Colombiana de Petróleos (concesión de Mares) y de la Compañía Shell (Campo de Casabe). Los nombres son aproximadamente los mismos pero su posición en algunos casos es bastante distinta: los límites La Paz-Mugrosa, Mugrosa-Colorado, Colorado-La Cira y La Cira-Real, en la nomenclatura Shell, coinciden con discordancias manifiestas en el campo de Casabe. En La Cira-Infantas (concesión de Mares) las discordancias son menos numerosas o han sido puestas menos de manifiesto; el conjunto Colorado-La Cira Real de Casabe se divide solo en dos unidades (Colorado y Real) separadas por una discordancia que no coincide con ninguna de las de Casabe.

La falta de definición de las unidades litológicas del cretácico se acentúa enormemente en el terciario; la correlación es en muchos casos dudosa ya que de un lado la estratigrafía terciaria es muy variable especialmente por lo que a los niveles continentales y detriticos se refiere y por otra parte el escaso valor que hay que dar a las discordancias como base de correlación, especialmente en tiempos tan modernos como el terciario, es un hecho sobradamente conocido y que no hace falta por tanto analizar a fondo.

Las dificultades existentes en el simple plano de las unidades litológicas y sus correlaciones en un ámbito regional restringido pueden dar ya un indicio de lo inexactas que son las correlaciones con la escala de unidades tiempo.

**LAS ESTRUCTURAS:** Al W de la falla de La Salina se desarrolla un conjunto de estructuras con una orientación que varía desde N-S hasta NE-SW (figura 2). Desde oriente hacia occidente se suceden los anticlinales de San Luis Colorado, La Cira-Infantas y Casabe-Galán, estos anticlinales tienen de común estar ligados a fallas inversas que se orientan paralelamente a ellos aunque sin coincidir con su cresta. Estas fallas están jalonadas frecuentemente por numerosas manifestaciones superficiales de petróleo. El petróleo se encuentra acumulado en los anticlinales cuya cresta no coincide exactamente con la falla inversa; sin embargo el papel de la falla en la acumulación del petróleo es grande ya que la produc-



CUADRO 2

Discordancias	Potencia	Litología	Edad	Nomencl. Standard	Ecopetrol	Shell	
Discordancia en Casabe	350-575 m.	II—Gravas fluviales I—Areniscas andesíticas y conglomerados.	CUATERNARIO PLIOCENO	Mesa		Magdalena Mesa	
Discordancia en Casabe poco clara, manifiesta en las Monas	1.500 m. (puede llegar a 3.600)	III—"Shale" gris, roja y azul, con intercalaciones de areniscas.	MIOCENO  (Stirton coloca su parte basal en el Oligoceno; Van der Hammen la considera mioceno en su totalidad).	Real	Real	Real	
Discordancia en La Cira-Infantas		II—Arenisca masiva con ripple marks. I—Conglomerados.				La Cira	Sup. Medio  Inf.
Discordancia en Casabe	1.250 m. en el río Colorado.	"Shale" gris y negra, carbonosa, alternando con arenisca verde clara. Está comprendido entre 2 horizontes fosilíferos, el de La Cira y el de Mugrosa.	(La zona fosilífera de La Cira es considerada Oligoceno superior o Mioceno inferior por Pilsbry y Olsson).	Colorado	Grupo Chuspas	Colorado (zona A)	
Discordancia en Casabe (poco patente)	1.000 m. en Infantas.					Mugrosa	Mugrosa (zona B)
Discordancia en Casabe	2.500 m. en el E.	Arenas de grano grueso grises alternando con arcillas azules.	OLIGOCENO  (Oligoceno medio según Pilsbry y Olsson, según Stirton incluso Eoceno superior, Van der Hammen coloca el límite oligoceno Eoceno en la base de Mugrosa.	Mugrosa			
Discordancia General	1.200 m.	Areniscas en bancos finos, duras, micáceas, de tonos grises, con lignito. Un nivel fosilífero (de Los Corros) en la parte alta. Se diferencia del nivel inferior por su carácter menos masivo.	(Eoceno superior según Pilsbry y Olsson; Eoceno superior según Sarmiento (Inédito, citado por Morales, 1958). EOCENO	Esmeraldas	Grupo Chorro	La Paz	
	Potencia extremadamente variable, puede alcanzar los 1.000 m.	Areniscas conglomeráticas, masivas, con "shales" intercaladas en la parte baja.	Morales considera Eoceno el conjunto Esmeraldas - La Paz. Van der Hammen asigna así mismo al conjunto edad Eocena. EOCENO	La Paz		(Toro)	Toro
	1.200 m.	"Shales" abigarradas alternando con areniscas, representa el tránsito de la sedimentación marina del cretácico a la sedimentación continental y salobre que caracteriza al terciario.	PALEOCENO  Paleoceno según Van der Hammen; Sarmiento (inédito, citado por Morales, 1958) le asigna igual edad.	Lisama		Lisama	Lisama

ción se limita a uno de los lados de la misma, la falla juega en ocasiones el papel de trampa estructural en la acumulación del petróleo. Otra de las características de estas estructuras es su carácter suave, los buzamientos no suelen sobrepasar los 20° en el terciario, siendo algo más acusados en el cretácico; tan solo en las proximidades de alguna de las fallas inversas se alcanzan buzamientos próximos a la vertical (falla de Infantas). Una tercera característica es la existencia de multitud de fallas de distensión en las crestas de todos los anticlinales. Finalmente cabe citar un paralelismo, en líneas generales, entre las estructuras del terciario y las cretácicas, entre las que a veces existen solo ligeros desplazamientos de los ejes de los pliegues.

*Los campos de Casabe-Galán:* Casabe y Galán son dos campos situados el primero en la orilla izquierda y el segundo en la orilla derecha del Magdalena y explotados por las compañías Shell y Empresa Colombiana de Petróleos respectivamente. Sin embargo no se trata más que de una estructura única, un anticlinal orientado NE-SW, cortado al W por una falla que forma el límite del área productiva. Este anticlinal de Casabe-Galán limita al E con un área sinclinal, el sinclinal de Barranca, que lo relaciona con el anticlinal de La Cira-Infantas. Al W se sitúa el sinclinal de Las Cruces, si bien se trata de una estructura mal marcada que conduce a una serie ligeramente inclinada hacia el E y que se prolonga hacia el W a la vez que va perdiendo potencia; se trata del borde de la cuenca. La falla de Casabe, es decir la falla que forma el límite occidental del campo es una falla inversa que va aumentando de salto con la profundidad; esta falla en su parte más superficial pasa a ser una falla directa (figura 3), este hecho será analizado más adelante. Una última característica del anticlinal de Casabe-Galán es la existencia de multitud de fallas directas cortando su cresta; estas fallas son superficiales, convergen en profundidad reduciéndose en número y perdiendo salto hasta desaparecer. Aunque se volverá a insistir sobre estos hechos es interesante señalar cómo la misma falla límite del campo, inversa en profundidad, se hace directa en superficie.

*La Cira-Infantas:* La Cira-Infantas son dos campos próximos y relacionados pero en realidad distintos. El mapa estructural de La Cira-Infantas así como algunos cortes de estas estructuras han sido publicados en repetidas ocasiones (Anderson 1945; Morales 1958, fs. 23-25; Rodríguez 1958). La estructura del conjunto La Cira-Infantas es más compleja que la de Casabe-Galán. El campo de La Cira está formado por un anticlinal suave en forma de domo, cortado al E por una falla inversa de superficie notablemente tendida. El petróleo se acumula en el domo. El campo de Infantas está formado por unas capas inclinadas hacia el W, cortadas al E por la falla antes citada; el campo es alargado y el petróleo se acumula retenido por la falla que forma una trampa estructural. El área productiva de La Cira-Infantas se halla al W de la falla. Por debajo del terciario se encuentra un cretácico discordante pero dibujando unas estructuras semejantes a las terciarias, es decir un anticlinal en forma de domo en La Cira y un anticlinal alargado en Infantas (Morales 1958). Finalmente hay que citar la presencia de multitud de fallas directas superficiales.

Con la descripción hecha se ponen de manifiesto una serie de semejanzas y diferencias con respecto a la estructura de Casabe-Galán. En primer lugar destaca la presencia de los mismos elementos estructurales en Casabe-Galán y La Cira-Infantas, a saber: Una estructura anticlinal, una falla inversa, una red de fallas directas en la cresta anticlinal. A pesar de estas semejanzas existen profundas diferencias; en primer lugar, el área productiva de Casabe está al E de la falla límite, es decir en el bloque elevado con respecto a la misma (conside-

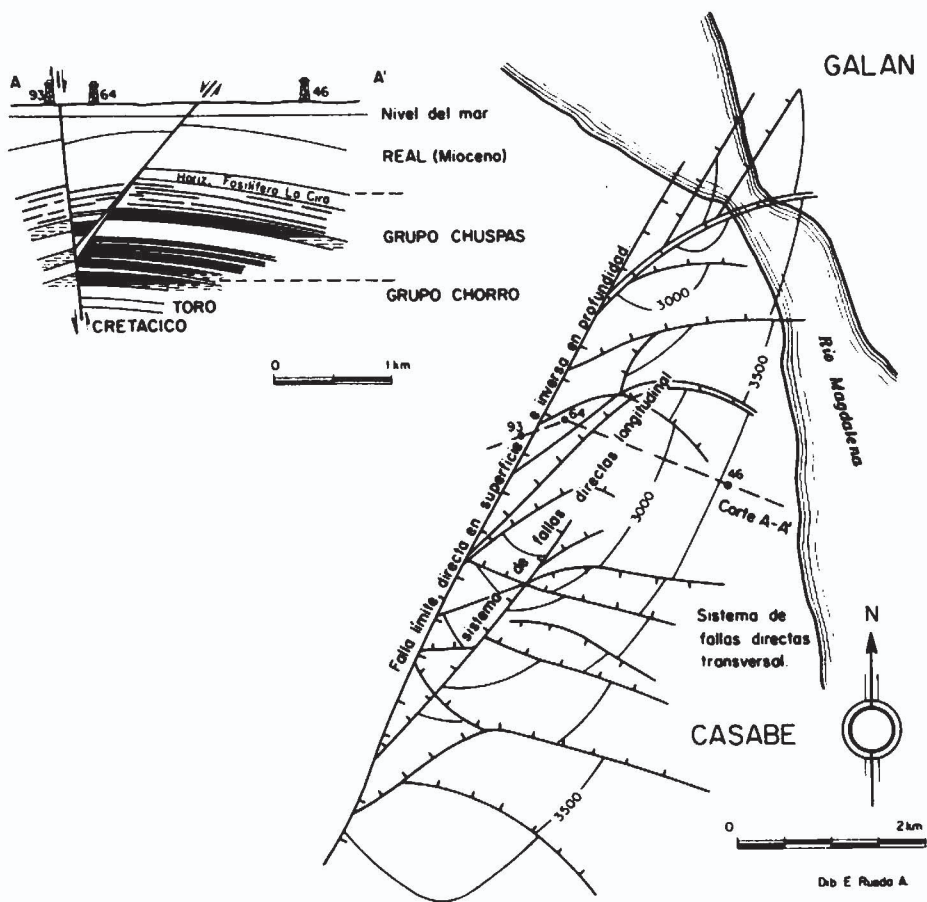


Figura 3.—Esquema estructural y corte del campo de Casabe.

rando su juego en profundidad), en La Cira-Infantas el área productiva está en cambio al W; igual diferencia de posición se observa naturalmente por lo que respecta a los anticlinales de Casabe-Galán y La Cira-Infantas con respecto a las fallas inversas. Otra diferencia, aunque menos importante, es el de carácter más tendido de la falla de Infantas y la notable verticalización que alcanzan las capas inmediatamente al E de dicha falla.

*Anticlinales de San Luis, Colorado y Opón:* Aunque no tan bien conocidos como los de Casabe-Galán y La Cira-Infantas, puede afirmarse que tienen idénticas características a las estructuras descritas por cuanto en todos existe una falla inversa asociada a los anticlinales y aproximadamente paralela a su eje. Algunas de estas estructuras, como el anticlinal de San Luis, son comparables a Casabe, otras son del tipo de la estructura de La Cira; de todos modos hay un hecho común a todas estas estructuras, las fallas inversas elevan siempre sus labios orientales.

*El extremo W de la cuenca:* Al W de Casabe se encuentra una serie buzando

suavemente al E y con un espesor decreciente hacia el W, el borde de la cuenca se va alcanzando hacia el occidente. Además de esta disminución de potencia, el borde de la cuenca se manifiesta en que van desapareciendo niveles, de modo que los niveles más bajos del terciario son sobrepasados hacia el W por los niveles más altos que transgreden sobre ellos; este terciario transgresivo se apoya cada vez sobre niveles más bajos del cretácico y en discordancia con él. Otro hecho interesante de señalar es que el cretácico, que se encuentra discordante bajo el terciario buza igualmente al E si bien con ángulo mayor, de modo que la tendencia a la elevación que se manifiesta hacia el W es herencia ya de los tiempos cretácico-paleocenos e incluso de los tiempos cretácicos ya que la Cordillera Central ya en aquella época fue una zona con carácter geanticlinal. Todo lo indicado no quiere decir que deba descartarse toda falla en el borde occidental del valle medio del Magdalena, pero sí que este tiene en conjunto el carácter de semi-fosa, fuertemente basculada y no propiamente de fosa como se pensó en principio. Este carácter de semi-fosa ha sido reconocido desde hace tiempo; la posición transgresiva de las series terciarias y aún cretácicas sobre la Cordillera Central es también un hecho conocido de diversas localidades (Serv. Geol. Nal. 1957).

*El límite oriental: la falla de La Salina:* El extremo oriental del valle medio del Magdalena contrasta vivamente con el extremo W, su límite estructural lo constituye una importante falla inversa: la falla de La Salina. El terciario aumenta progresivamente de espesor hasta esta falla, este hecho debe interpretarse ligado a la falla; la subsidencia del bloque del Magdalena es fuerte junto a la falla de La Salina, el terciario se deposita con un gran espesor en este sector, hacia el W la subsidencia es cada vez menor y el terciario disminuye progresivamente de espesor hasta desaparecer. El problema que puede plantearse es, con qué espesor se depositó el terciario al oriente de la falla de La Salina y cuál fue el borde oriental de la cuenca de sedimentación terciaria. La edad precoz, dentro del terciario, de todas las fallas descritas y la estrecha relación que parece existir entre el movimiento de los bloques que delimitan y los espesores acumulados en estos bloques, hacen pensar en que al E de la falla el espesor del terciario debe ser menor, aunque el sinclinal de Nuevo Mundo parece haber aún una potencia considerable de terciario; más al E se encuentra otro accidente importante: la flexión del Chucurí (Julivert 1958 a). Desde luego, no es posible determinar si el área de sedimentación terciaria se extendió mucho más al oriente de este nuevo accidente pero sí puede afirmarse que el gran espesor de terciario acumulado en el sector más oriental del valle del Magdalena se debe a la fuerte subsidencia de este sector debida sobre todo a los accidentes de La Salina y el Chucurí. El terciario más inferior (formación Lisama) se depositó al parecer en todo el ámbito de la Cordillera Oriental; por lo que al sector de Santander se refiere, se encuentra en el área de García Rovira (Acosta 1960; Julivert 1960) e incluso en pleno macizo de Santander (Julivert 1959). Por lo que respecta a niveles más modernos del terciario se sabe que existen terciarios en posición sinclinal en zonas internas de la cordillera, por ejemplo en la zona de Bogotá-Paz del Río, pero se ignora si este terciario cubrió también los macizos de Santander y Quetame. Las características exactas de la cuenca terciaria son aún desconocidas y por otra parte se alejan del objeto de este trabajo, aquí cabe señalar tan solo que para el sector de la Cordillera Oriental considerado, el máximo espesor de terciario se depositó en el bloque del Magdalena que tiene por tanto carácter de cuenca marginal con respecto a la Cordillera Oriental y que esta cuenca tiene un carácter marcadamente disimétrico. Estas conclusiones son aplicables solo al valle medio del Magdalena, el valle alto tiene una significación tectónica muy distinta. Otro aspecto a considerar del límite oriental del

valle medio del Magdalena es el aspecto tectónico, es decir la falla de La Salina. Esta falla tiene un salto considerable que se ha calculado entre los 1.500 y 2.000 metros aunque su verdadera magnitud es difícil de precisar con los datos actuales. Tampoco su estructura de detalle se conoce bien, se desarrolla en una zona poco apropiada para las observaciones de campo y los datos de subsuelo se limitan a un área muy reducida. Se trata desde luego de una falla inversa y al parecer con algunas complicaciones de detalle.

*Cantagallo y San Pablo:* Los Campos de Cantagallo y San Pablo, explotados por la Compañía Shell se encuentran en el Magdalena, a la altura de Puerto Wilches. Se trata de un conjunto inclinado hacia el E cortado por fallas directas, todas ellas con sus labios orientales hundidos; estas fallas se han movido durante el terciario. Una somera descripción de las estructuras y un corte geológico han sido publicados por Barker y O'Donoghe (en Morales 1958). Los campos de Cantagallo y San Pablo se encuentran estructuralmente en posición más occidental que el campo de Casabe ya que las estructuras son oblicuas al río Magdalena (figura 2). Se trata por tanto de estructuras relacionadas con el borde W de la cuenca, el petróleo se encuentra retenido por las fallas citadas antes (Morales 1958, fs. 16 y 17).

## INTERPRETACION DE LAS DISCORDANCIAS TERCIARIAS

Al hacerse la descripción estratigráfica se indicó ya que la serie terciaria, aunque continua en su conjunto, se encuentra rota por una multitud de pequeñas discordancias; una discordancia mucho más importante se sitúa hacia la base del terciario. En el cuadro 2 se colocó la lista de discordancias tal como se han aceptado usualmente; la discusión de su significado va a hacerse ahora analizando en primer lugar la del terciario con el cretácico, la más importante de todas.

A lo largo de la descripción tectónica se ha visto en repetidas ocasiones que el terciario se apoya discordante sobre el cretácico. No obstante un análisis más detallado permite ver (La Cira-Infantas, Cantagallo etc.) que no es el paleoceno (formación Lisama) quien se apoya discordante sobre el cretácico sino el eoceno (formación La Paz). Esta observación, unida al hecho de que en las localidades en que existe Lisama, esta suele verse concordante sobre el cretácico, ha conducido a colocar la discordancia entre Lisama y La Paz, pero conviene analizar más a fondo estos hechos. La formación La Paz (nomenclatura standard) se encuentra en discordancia sobre el cretácico apoyándose a veces sobre niveles muy inferiores del mismo e incluso a veces sobre el jura-triásico (formación Girón), como ocurre en Cantagallo (Morales 1958, p. 675, f. 17). Esto indica un intenso período erosivo, posterior al plegamiento de las capas cretácicas. El problema puede plantearse en los siguientes términos: ¿Durante qué período de tiempo actuó la erosión sobre las áreas citadas antes? ¿En qué áreas actuó esta erosión y cuán extensas fueron estas? ¿Cómo pueden coordinarse las ideas al parecer contradictorias de la existencia de un período de erosión importante y de la existencia de un terciario al parecer completo? ¿Cuál es la posición exacta de la discordancia?

La localización de la discordancia entre Lisama y La Paz (nomenclatura standard) es desde luego artificiosa; en los puntos donde es más marcada la discordancia (La Cira-Infantas, Cantagallo), falta precisamente Lisama. La discordancia queda localizada en el tiempo entre Umir y La Paz pero no entre Lisama y La Paz. Este fenómeno de la ausencia de Lisama puede generalizarse

más: Lisama falta en todas las áreas anticlinales; en Casabe, Toro (nomenclatura Shell) se apoya directamente sobre el cretácico. Por el contrario Lisama se encuentra presente en las áreas sinclinales: los sinclinales son desde luego mal conocidos, pero en el sinclinal del Nuevo Mundo, asequible a los estudios de superficie, Lisama se encuentra presente y no se encuentra en ningún punto una discordancia clara, no solo entre Lisama y La Paz sino ni tan solo entre terciario y cretácico, hay en cambio pequeñas discordancias locales dentro de Lisama. Estos hechos responden de una vez a todas las preguntas formuladas antes. Hay que admitir un período largo de plegamiento que comprendería todo el paleoceno, período durante el cual se iniciarían las estructuras y en el que habría erosión en las crestas de los anticlinales mientras en las áreas sinclinales la sedimentación se proseguiría. El resultado de este proceso es claro, en las áreas sinclinales la sedimentación es continua y por tanto la serie terciaria completa y concordante, en las áreas anticlinales la sedimentación se interrumpe y la erosión actúa, una nueva sedimentación posterior da lugar a discordancias angulares netas, en los flancos de los anticlinales hay discordancias de tipo progresivo y acunamientos de capas. Las variaciones de espesor y desaparición de niveles son fenómenos frecuentes en toda la parte inferior del terciario, y no solo afectan a Lisama sino también a la parte baja de la formación de La Paz (Toro en la nomenclatura Shell). Toro sufre unos cambios enormes de espesor y constantemente se observa que mientras engruesa en las áreas sinclinales se estrecha considerablemente sobre los anticlinales; en Cantagallo los cambios de espesor de Toro son notables (Morales 1958, p. 673, f. 15).

Con respecto a las discordancias menores dentro del terciario se podrían hacer idénticas consideraciones. Ya se ha indicado como en Casabe se han tomado como límites de las formaciones, se ha visto como las discordancias manifiestas en Casabe pueden no encontrarse en otras localidades, donde en cambio existen discordancias en posición distinta; dos son pues los rasgos a destacar: la abundancia de las discordancias y su falta de uniformidad en su localización en la serie. Hay que señalar que este último hecho se observa a pesar de que la estratigrafía se conoce solo a grandes rasgos y de que las discordancias han podido ser tomadas a veces para fines de correlación. Intimamente relacionado con todo lo que acaba de decirse están las variaciones de espesor del terciario. Ya se ha señalado antes que la potencia del terciario aumenta de W a E hasta la falla de La Salina, pero no es esta observación la que interesa analizar ahora, además de esta variación de espesor de carácter regional existen variaciones locales, del tipo de la analizada para el nivel Toro (nomenclatura Shell). Es un hecho general que el terciario tiene espesores menores en las crestas anticlinales que en los sinclinales, esto se debe a la combinación de tres factores: al menor depósito de sedimentos en las áreas anticlinales puesto que durante el terciario han constituido áreas elevadas dentro de la cuenca, a la erosión de las crestas anticlinales que ha tenido lugar en repetidas ocasiones durante el terciario y con una intensidad variable, al cese del depósito en las áreas anticlinales durante repetidos períodos, de modo que aún cuando en los períodos de erosión esta fuera mínima, durante estos períodos la sedimentación cesaba mientras que proseguía en las áreas sinclinales.

En conclusión, toda el área del valle medio del Magdalena ha sufrido subsidencia durante el terciario, subsidencia que tuvo un carácter más acusado hacia el E debido a la estructura en bloques ya descrita, estructura que debió iniciarse en el terciario. De esta manera a finales del cretácico o a principios del terciario se inició un proceso orogénico que alcanzó su máximo durante el paleoceno y que se prosiguió hasta el terciario más reciente y aún el cuaternario. Como consecuencia se crearon dentro del bloque del Magdalena una serie de áreas sinclinales y anticlinales que tendieron a romper la uniformidad del fondo de la cuen-

ca. El origen de esta estructura será analizado más adelante, de momento interesa analizar tan solo el aspecto estratigráfico y de sedimentación. Así pues varios factores se enfrentaron tendiendo a anularse o sumarse, de un lado la innegable subsidencia general del bloque, progresivamente acentuada hacia el W hasta la falla de La Salina o la flexión del Chucurí; de otro lado la creación de áreas anticlinales con tendencia a la elevación, tendencia que tendía a anular en estos puntos la subsidencia general; finalmente el mismo depósito de sedimentos, dando lugar a un mayor acúmulo en las áreas sinclinales que en las anticlinales tendía a anular el relieve que los movimientos descritos provocaban en el fondo de la cuenca.

El depósito de sedimentos y la subsidencia se mantuvieron sensiblemente equilibrados dando lugar a condiciones de depósito parecidas, continentales o salobres, durante todo el terciario. Pero precisamente debido a este equilibrio mantenido cerca del límite entre depósito y erosión las áreas anticlinales en las que la subsidencia se veía en parte contrarrestada fueron repetidas veces sometidas a erosión. En estas áreas anticlinales, el que se produjera erosión o depósito dependía de que predominara el movimiento ascendente de los anticlinales o el movimiento subsidente general. Las diversas discordancias señaladas no indican por tanto fases distintas de plegamiento sino cambios en el equilibrio entre la subsidencia general y la elevación de los anticlinales; el movimiento orogénico hay que considerarlo como un fenómeno continuo desde principios del terciario hasta el cuaternario (\*). La brusquedad de las discordancias, especialmente la que se encuentra entre el terciario y el cretácico, es debida a la existencia de lagunas estratigráficas, de las cuales la más importante es la de la base del terciario. El desplazamiento de los ejes entre los pliegues cretácicos y terciarios aparece brusco por el mismo motivo.

Interpretada la orogénesis terciaria como un fenómeno fundamentalmente continuo queda por determinar en qué forma se desarrolló, es decir cuál o cuáles fueron los periodos en que fueron más intensas las deformaciones. En este sentido destaca ante todo la discordancia terciario-cretácica lo que lleva a la conclusión de que el paleoceno fue un periodo durante el cual hubo una deformación importante, hablando claro está en términos relativos ya que las estructuras de toda la región son suaves. Cabe pensar incluso que las deformaciones paleocenas son las más importantes, aunque no hay que perder de vista en ningún momento que esa discordancia está marcada también por el periodo de erosión más importante (abarcando en las áreas anticlinales todo el paleoceno). A pesar de todo la discordancia cretácico-terciaria es indudablemente la más clara; en el borde oeste de la cuenca el ángulo de discordancia es de unos  $15^{\circ}$ , ángulo que es desde luego importante si se tiene en cuenta que por regla general el terciario no buza más de  $20^{\circ}$ . Otro hecho hay más interesante de analizar y es la tectónica de fallas; la importancia de la tectónica vertical ha sido puesta ya de manifiesto al principio de este trabajo. De esta tectónica de zócalo los pliegues de fondo se inician en épocas muy precoces, incluso con anterioridad al cretácico (Julivert 1958 a, 1960), pero la tectónica de fallas, aunque iniciada en el paleoceno, se desarrolla durante todo el terciario, adquiere gran importancia en el terciario moderno y perdura incluso con cierta intensidad en el cuaternario (Julivert 1958 a). Es cierto que el valle medio del Magdalena se comporta fundamentalmente como un solo bloque aunque roto por fallas secundarias, pero para enjuiciar el fenómeno orogénico hay que salirse del marco excesivamente local del bloque del Magdalena. El proceso orogénico parece pues esbozarse del

---

\*Sobre la continuidad o discontinuidad del fenómeno orogénico se ha hablado suficientemente, e igualmente sobre el valor de las discordancias a este respecto. Últimamente Riba ha hecho interesantes observaciones sobre el particular en la cubeta de Miranda (España).

siguiente modo: fracturación y creación de bloques con inicio de la orogénesis y creación de pliegues suaves (paleoceno), progresión lenta de las fallas y pliegues y finalmente gran exageración en vertical de las fallas y creación del relieve actual (mioceno hasta cuaternario). Este esquema no es desde luego más que una primera aproximación, hay que esperar todavía hasta sentar conclusiones definitivas al respecto.

## MECANISMO DE LA FORMACION DE LAS ESTRUCTURAS

En la descripción hecha de la vertiente W de la Cordillera Oriental se ha puesto ya de manifiesto la importancia de la tectónica de fallas. Por lo que respecta al bloque del Magdalena concretamente, es de señalar la constante asociación de una falla a todos los anticlinales, falla que es siempre de carácter inverso y que se orienta paralela al pliegue aunque sin coincidir con su cresta; también es de señalar la existencia de multitud de fallas de menor importancia, siempre de distensión, ligadas a la cresta del anticlinal. Entre ambos tipos de fallas hay profundas diferencias, las fallas inversas son de origen profundo, suelen estar jalonadas por manifestaciones superficiales de petróleo y tienen importancia en el almacenamiento del petróleo. Estas fallas y los anticlinales guardan una relación de origen; esta relación de origen y el carácter profundo de las fallas lleva a considerar estas estructuras como reflejo de una tectónica de zócalo. La estructura del zócalo está determinada por su hundimiento general hacia el E (recuérdese el carácter basculado del bloque del Magdalena) y por estar roto en bloques secundarios por una serie de fallas inversas con sus labios orientales elevados, fallas que alcanzan a manifestarse en superficie. La estructura de la cobertera está controlada en gran parte por esta tectónica de zócalo; las capas de cobertera se adaptaron a la estructura descrita del zócalo dando lugar a una serie de pliegues suaves, la inclinación general al E da lugar a los flancos orientales de los anticlinales y la adaptación al escalón de falla a los flancos occidentales; por este motivo (Casabe) el flanco W de los anticlinales es el flanco fallado. Este mecanismo de formación es aplicable a las estructuras del tipo del anticlinal de Casabe-Galán. La estructura de La Cira obedece a otro origen aunque la falla de Infantas e incluso la estructura de Infantas tienen el mismo origen antes descrito; el mecanismo exacto de formación de la estructura de La Cira es algo difícil de precisar, aunque no parece probable que sea una estructura exclusivamente de cobertera. Por otra parte la forma de semi-fosa del valle medio del Magdalena difícilmente permite imaginar un plegamiento exclusivamente o principalmente de cobertera; la estructura de su borde occidental, una serie adelgazando progresivamente hacia el W y apoyándose normalmente sobre el zócalo, impide pensar en un esfuerzo que se ejerciera exclusivamente sobre la cobertera; la falla de La Salina, en su borde E, pudo ser responsable a lo sumo de la creación de estructuras de cobertera locales. Así pues hay que pensar en un zócalo activo aunque sin poder precisar por el momento el grado de rigidez con que se comportó, ya que pensar en el zócalo homogéneo, uniformemente rígido, sería una concepción simplista.

## LA ESTRUCTURA DE CASABE—GALAN

La estructura de Casabe-Galán, aunque se adapta perfectamente al mecanismo descrito tiene una característica especial y es que la falla que forma el límite W del campo es inversa en profundidad y directa en superficie; el cambio se



efectúa de una manera brusca. Este hecho se debe a la distensión que se produce en la bóveda anticlinal, distensión que da lugar a fallas directas que delimitan bloques que tienden a hundirse por gravedad; por efecto de la distensión se formó un sistema de fallas directas al E de la cresta del anticlinal, de orientación longitudinal y de superficies inclinadas al W; al occidente de la cresta anticlinal no se formaron nuevas superficies de fractura sino que fue la misma superficie de la primitiva falla inversa, inclinada al E, la que jugó como falla directa; el mecanismo queda suficientemente explicado en la figura 4. El punto donde la falla cambia de inversa a directa es el punto hasta el que han llegado en su hundimiento los bloques formados en la bóveda anticlinal, por ello es que el cambio tiene lugar de una manera brusca. Por otra parte, si se hace abstracción de las pequeñas dovelas centrales y se considera solo el movimiento relativo de los dos grandes bloques occidental y oriental (bloques I y II, figura 4), se observa cómo el bloque oriental está ligeramente levantado. Además de estas fallas de distensión longitudinales, existe un sistema de fallas transversales que pueden interpretarse como debidas al cabeceo del pliegue (figura 3).

### LAS ACUMULACIONES DE PETROLEO

Sin pretender desarrollar a fondo la geología del petróleo del valle medio del Magdalena se van a resumir los principales tipos de acumulaciones. En primer lugar hay que citar las acumulaciones en anticlinales que han sido las más explotadas hasta el momento; a este grupo pertenecen Casabe y La Cira, en el primer caso la acumulación de petróleo se sitúa en una estructura situada al E

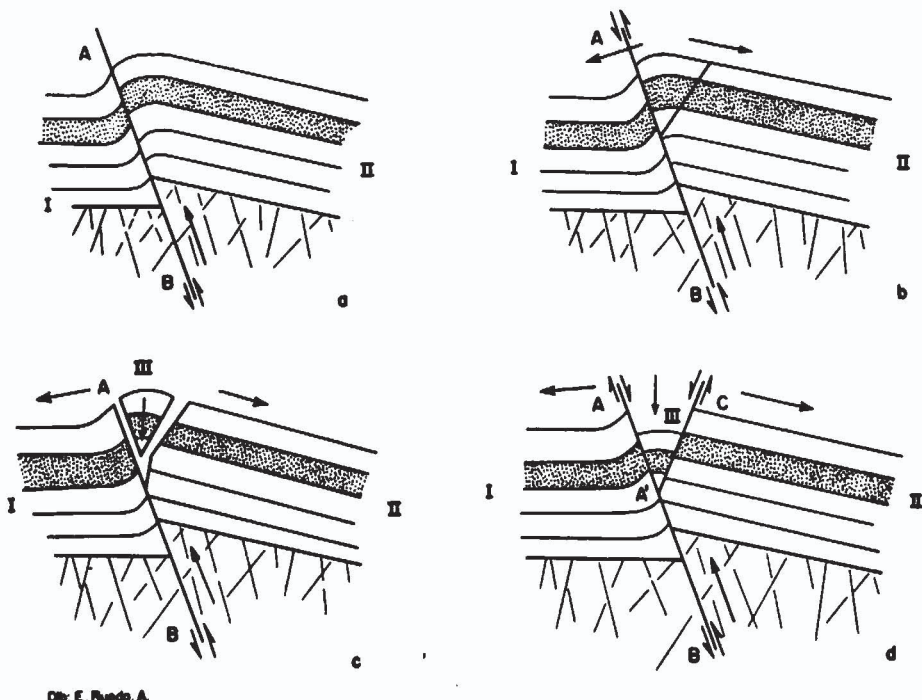


Figura 4.—Esquema tectogenético de las fallas de Casabe.

de una falla inversa y por tanto genéticamente ligada a ella, en el segundo caso en una estructura independiente situada al W de la falla. En segundo lugar e íntimamente relacionado con las acumulaciones anticlinales hay que citar el papel de las fallas inversas en la acumulación del petróleo; su carácter de trampa estructural, a pesar de los escapes que manifiestan, está claro en Infantas e incluso aunque en mucho menos grado en Casabe. Un tercer tipo de trampas lo constituyen las fallas no ligadas a estructuras anticlinales, es el caso del campo de Cantagallo. Ejemplos de estos tres tipos de acumulaciones pueden encontrarse entre los campos en explotación, pero puede pensarse todavía en otro tipo de acumulaciones menos investigado; se trata de los acuñaientos que deben presentarse hacia el W debido al adelgazamiento del terciario y carácter transgresivo de los niveles más altos y al acuñaiento de capas contra los flancos de los anticlinales, ya que las discordancias angulares que se manifiestan sobre las áreas que han tenido una tendencia positiva no se manifiestan en las zonas sinclinales; a este respecto hay que tener en cuenta que la discordancia más importante es la que en los anticlinales marca el límite cretácico-terciario.

## CONCLUSIONES

La vertiente occidental de la Cordillera Oriental Colombiana se caracteriza por una estructura en bloques controlada fundamentalmente por el zócalo; el valle medio del Magdalena es el más hundido de estos bloques y está fuertemente basculado, hundiéndose hacia el E, esta basculación le da el carácter asimétrico de semi-fosa.

La tectónica interna del bloque del Magdalena está también ampliamente controlada por el zócalo, la repercusión en la cobertura se manifiesta con la creación de pliegues suaves; los anticlinales están asociados constantemente a una falla inversa.

El bloque del Magdalena ha tenido un carácter subsidente durante todo el terciario; en los sinclinales la sedimentación ha sido continua, en los anticlinales han tenido lugar varias interrupciones en la sedimentación, acompañadas de erosión, lo que ha dado lugar a varias discordancias; no obstante la orogénesis ha tenido un carácter continuo, incluso el contacto terciario-cretácico tiene solo carácter discordante neto en las bóvedas anticlinales, en los sinclinales la serie terciaria es concordante y en los flancos de los pliegues hay discordancias progresivas.

## BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, C. E., 1960. — Estratigrafía de García Rovira, *Boletín de Geología*, Univ. Ind. de Santander, n. 5, pp. 33-40, 1 f., Bucaramanga.
- ANDERSON, F. M., 1926. — Original Source of Oil in Colombia, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 10, pp. 382-404, Tulsa.
- ANDERSON, J. L., 1945. — Petroleum Geology of Colombia, South America, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 29, n. 8, pp. 1065-1142, 30 fs., Tulsa.
- BÜRGL, H., 1954. — El Cretáceo inferior en los alrededores de Villa de Leyva (Boyacá), *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 2, n. 1, pp. 5-22, 3 l., Bogotá.
- BÜRGL, H. y DUMIT TOBON, Y., 1954. — El Cretáceo Superior en la región de Girardot, *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 2, n. 1, pp. 23-48, 8 ls., Bogotá.
- BUTLER, J. W., 1939. — Geology of Middle and upper Magdalena Valley, *World Petroleum*, v. 10, n. 3, pp. 95-100, 1 foto, 2 cortes geol., 1 cuadro, New York.
- BUTLER, J. W., 1942. — Geology of Honda District. Colombia, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 26, n. 5, pp. 793-837, 14 fs., Tulsa.
- EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS, 1957. — Breve reseña general de la Empresa Colombiana de Petróleos (Presentada al 4º Congr. Nal. Ing.), 51 pp., 19 fs., Bucaramanga.
- GARNER, A. H., 1927. — General Oil Geology of Colombia, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 11, pt. 1, pp. 151-156, Tulsa.
- HAMMEN, Th. van der, 1954. — El Desarrollo de la Flora Colombiana en los períodos Geológicos; I, Maestrichtiano hasta terciario más inferior (una investigación palinológica de la formación Guaduas y equivalentes), *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 2, n. 1, pp. 49-106, ls. 1-7 y 1-21, Bogotá.
- HAMMEN, Th. van der, 1958. — Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia), *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 5, n. 2, pp. 189-203, 3 ls., Bogotá.
- HARRISON, J. V., 1930. — The Magdalena Valley, Colombia, South America, *15th. Internat. Geol., Compt. Rendus. Congr. South Africa*, v. 2, pp. 399-409, Pretoria.
- HETTNER, A., 1892. — Die Kordillere von Bogotá, *Paterm. Mitt. Erg.*, v. 22, n. 104, 131 pp., Gotha.
- HUBACH, E., 1957. — Contribución a las Unidades estratigráficas de Colombia, *Serv. Geol. Nal.*, Inf. 1212 (Inédito).
- HUNTLEY, L. G. y MASSON, S., 1923. — Colombian Oil Fields, *Amer. Inst. Min. Met. Eng. Trans.*, v. 68, pp. 1014-1022, New York.
- JULIVERT, M., 1958 a. — La Morfoestructura de la zona de Mesas al Suroeste de Bucaramanga, Colombia, S. A., *Boletín de Geología*, Univ. Industr. Santander, n. 1, pp. 7-43, 13 fs., Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1958 b. — Geología de la zona tabular entre San Gil y Chiquinquirá (Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 2, pp. 33-47, 4 fs., Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1959. — Geología de la vertiente W del Macizo Santander en el sector de Bucaramanga, *Boletín de Geología*, Univ. Industr. Santander, n. 3, pp. 15-34, 12 fs., Bucaramanga.

## BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, C. E., 1960. — Estratigrafía de García Rovira, *Boletín de Geología*, Univ. Ind. de Santander, n. 5, pp. 33-40, 1 f., Bucaramanga.
- ANDERSON, F. M., 1926. — Original Source of Oil in Colombia, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 10, pp. 382-404, Tulsa.
- ANDERSON, J. L., 1945. — Petroleum Geology of Colombia. South America, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 29, n. 8, pp. 1065-1142, 30 fs., Tulsa.
- BÜRGL, H., 1954. — El Cretáceo inferior en los alrededores de Villa de Leyva (Boyacá), *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 2, n. 1, pp. 5-22, 3 l., Bogotá.
- BÜRGL, H. y DUMIT TOBON, Y., 1954. — El Cretáceo Superior en la región de Girardot, *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 2, n. 1, pp. 23-48, 8 ls., Bogotá.
- BUTLER, J. W., 1939. — Geology of Middle and upper Magdalena Valley, *World Petroleum*, v. 10, n. 3, pp. 95-100, 1 foto, 2 cortes geol., 1 cuadro, New York.
- BUTLER, J. W., 1942. — Geology of Honda District. Colombia, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 26, n. 5, pp. 793-837, 14 fs., Tulsa.
- EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS, 1957. — Breve reseña general de la Empresa Colombiana de Petróleos (Presentada al 4º Congr. Nal. Ing.), 51 pp., 19 fs., Bucaramanga.
- GARNER, A. H., 1927. — General Oil Geology of Colombia, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 11, pt. 1, pp. 151-156, Tulsa.
- HAMMEN, Th. van der, 1954. — El Desarrollo de la Flora Colombiana en los períodos Geológicos; I, Maestrichtiano hasta terciario más inferior (una investigación palinológica de la formación Guaduas y equivalentes), *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 2, n. 1, pp. 49-106, ls. 1-7 y 1-21, Bogotá.
- HAMMEN, Th. van der, 1958. — Estratigrafía Palinológica de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental de Colombia), *Bol. Geol.*, Inst. Geol. Nal., v. 5, n. 2, pp. 189-203, 3 ls., Bogotá.
- HARRISON, J. V., 1930. — The Magdalena Valley, Colombia, South America, *15th. Internat. Geol., Compt. Rendus. Congr. South Africa*, v. 2, pp. 399-409, Pretoria.
- HETTNER, A., 1892. — Die Kordillere von Bogotá, *Patern. Mitt. Erg.*, v. 22, n. 104, 131 pp., Gotha.
- HUBACH, E., 1957. — Contribución a las Unidades estratigráficas de Colombia, *Serv. Geol. Nal.*, Inf. 1212 (Inédito).
- HUNTLEY, L. G. y MASSON, S., 1923. — Colombian Oil Fields, *Amer. Inst. Min. Met. Eng. Trans.*, v. 68, pp. 1014-1022, New York.
- JULIVERT, M., 1958 a. — La Morfoestructura de la zona de Mesas al Suroeste de Bucaramanga. Colombia, S. A., *Boletín de Geología*, Univ. Industr. Santander, n. 1, pp. 7-43, 13 fs., Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1958 b. — Geología de la zona tabular entre San Gil y Chiquinquirá (Cordillera Oriental, Colombia). *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 2, pp. 33-47, 4 fs., Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1959. — Geología de la vertiente W del Macizo Santander en el sector de Bucaramanga, *Boletín de Geología*, Univ. Industr. Santander, n. 3, pp. 15-34, 12 fs., Bucaramanga.

- JULIVERT, M., 1960. — Geología del Sector occidental de García Rovira, *Boletín de Geología*, Univ. Industr. Santander, n. 5, pp. 5-32, 19 fs., Bucaramanga.
- MORALES, L. G. y otros, 1958. — General Geology and Oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia, *Habitat of Oil*, Symposium Am. Ass. Petr. Geol., pp. 641-695, 29 fs., Tulsa.
- OLSON, W. S., 1954. — Source-bed problem in Velasquez field, Colombia, *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, v. 38, n. 8, pp. 1645-1652, 3 fs., Tulsa.
- PILSBRY, M. A. y OLSSON, A. A., 1935. — Tertiary fresh-water mollusks of the Magdalena embayment, Colombia, *Acad. Nat. Sci. Proc.*, v. 87, pp. 7-20, Philadelphia. (trad. Rev. Acad. Colom. C. Ex. Fis. Nat., Bogotá).
- RAMIREZ, M., 1958. — Proyecto Piloto de Inyección de Agua en el Area 3-Oeste del Campo de La Cira, *Anales de Ingeniería*, (4º Congr. Nal. Ing.), v. 62, ns. 690-691, pp. 137-142, 4 fs., Bucaramanga.
- SCHEIBE, G. A., 1938. — Estudios geológicos sobre la Cordillera Oriental, *Est. Geol. Paleont. Cord. Or. Col.*, Min. Ind. Trab., Depto. Min. Petr., Part. 1, pp. 1-68, 2 fs., 5 ls. fotos, 1 l. perfiles, 1 map. color 1:100.000, Bogotá.
- SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL, 1957. — *Mapa Geológico de la República de Colombia*, Plancha K9 (Armero) E. 1:200.000, Bogotá.
- STILLE, M., 1938. — Estudios geológicos en la Región del Río Magdalena, *Comp. Est. Geol. Of. Col.*, Tom. IV, 1ª Part. pp. 125-182, 2 fs. 1 l., Bogotá.
- STIRTON, R. A., 1953. — Vertebrate Paleontology and Continental Stratigraphy in Colombia, *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 64, n. 6, pp. 603-622, 13 fs., New York.
- STUTZER, O., 1934. — Sobre la Geología de la parte media del Valle del Magdalena, *Comp. Est. Geol. Of. Col.* t. 2, pp. 183-209, f. 45, 1 cuadro, Bogotá.
- TANNER, M. y MARTIN W. O., 1955. — Colombia's Velasquez field grows steadily. *Oil and Gas Journ.* v. 53, n. 45, pp. 123-125, 5 fs., Tulsa. (Trad. en Rev. del Petr., n. 51, pp. 15-21, Bogotá).
- WHEELER, O. C., 1935. — Tertiary Stratigraphy of the Middle Magdalena Valley, *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphia*, v. 87, pp. 21-39, Philadelphia, (trad. en Rev. Ac. Col. C. Ex. Fis. Nat., v. 4, ns. 15-16, pp. 418-424, Bogotá).