

pero que en la actualidad deben quedar muy reducidos o han desaparecido completamente. Así, en la parte más alta de la población de Ambalema aparecen pequeños afloramientos de gravas que pertenecen a una terraza que debió situarse a unos 30 m sobre el Magdalena.

Otro carácter importante es que las terrazas presentan pendientes bastante pronunciadas hacia el río; de esta manera la altura de la superficie varía considerablemente en relación con su localización.

Entre Ambalema y el km 99 se puede observar la relación entre la terraza del Magdalena y el Cono de Lérida. La terraza formada principalmente por depósitos arcillosos se encuentra en parte encajada en el cono. Esto nos indica que los extremos del cono debieron llegar prácticamente hasta las mismas orillas del Magdalena y que la terraza es más moderna que el cono.

Hasta el presente no se conoce el número de terrazas que aparecen en toda la longitud del Magdalena. De tal suerte que resulta difícil por el momento interpretar el significado de los retoques de erosión que se presentan en esta sección del río; aunque parece un hecho bastante general ya que se ha observado también en las terrazas situadas en el Valle Superior.

TECTONICA

El Valle Medio del Magdalena puede considerarse como una unidad estructural con carácter de semifosa basculada hacia el E, donde viene limitada por la existencia de un accidente importante: la falla de La Salina al N y la falla de Cambrás al S.

Con este carácter de semifosa el Valle Medio se encuentra entre dos grandes sistemas montañosos: La Cordillera Oriental que se ha formado a partir de una área geosinclinal mesozoica, y la Cordillera Central que se ha mantenido casi siempre como una área positiva separando los geosinclinales del oriente y occidente andino.

Para comprender mejor las estructuras de esta sección del Valle conviene no desligarlas del marco regional especialmente a lo largo del flanco W de la Cordillera Oriental que es el más conocido y desde luego el más importante estructuralmente. Así pues, vamos a considerar brevemente las unidades estructurales que se desarrollan en dicho flanco desde el sinclinal de Nuevo Mundo hasta la barrera de Girardot-Guataquí.

UNIDADES ESTRUCTURALES EN EL FLANCO W DE LA CORDILLERA ORIENTAL

En el extremo N del Valle Medio, Julivert (1961a) describió ya las unidades comprendidas entre el propio Valle del Magdalena y el Macizo de Santander. Vamos a dar aquí solamente un breve resumen de estas unidades. De oriente a occidente se distinguen una serie de bloques que son: el Macizo de Santander, la región de las Mesas, la zona sinclinal de Nuevo Mundo y el propio Valle del Magdalena. Todos estos bloques están individualizados por fallas o flexiones que corresponden a la fracturación del zócalo. El Macizo de Santander limita al W por una importante falla con una región tabular. La zona de Mesas termina al W por una flexión brusca, la flexión del Chucurí. El sinclinal de Nuevo Mundo limita con el Valle del Magdalena por una falla de tipo inverso, la falla de La Salina. La característica común de todas estas unidades es

la de presentar un hundimiento progresivo hacia el W dando al conjunto un desnivel de unos 3.000 m entre el Valle del Magdalena y el Macizo de Santander.

Sigue hacia el S toda una amplia zona de la que existen pocos datos publicados tanto desde el punto de vista estratigráfico como estructural. De ella existen unos rasgos generales pero insuficientes para establecer qué tipo de unidades componen el borde de la Cordillera. Es necesario llegar todavía más al S, hasta la región de Honda, para tener un corte general de esta parte de la Cordillera. Entre Honda y Bogotá se han publicado unos cortes generales (Hubach 1931, lam. 6; Nelson 1957) y un corte entre el sinclinal de San Juan de Río Seco y la Sabana de Bogotá. Evidentemente tanto la estratigrafía como la estructura de la zona cretácica dista bastante de estar bien conocida. Los tres cortes no son en esta parte muy concordantes. De todas maneras parece que se puedan distinguir las siguientes unidades: El Valle del Magdalena y un sinclinal al que se da el nombre de sinclinal de Jerusalén-Guaduas, limitado en su flanco occidental por una falla inversa, la falla de Cambrás. Sigue después un gran anticlinal cretácico, asimétrico, constituido principalmente por las formaciones Villeta y Guadalupe. Al parecer es bastante complejo en su estructura y está limitado en su flanco occidental por un importante accidente: La falla del Alto del Trigo a la que acompaña una zona bastante fracturada. Esta unidad corresponde al anticlinal de Villeta o anticlinorio de Villeta como también se le ha llamado. El flanco oriental es mucho más extenso y en el borde de la Sabana aparece el Guadalupe. Dentro de la Sabana de Bogotá la estratigrafía y las estructuras son mucho más conocidas especialmente en su borde meridional, gracias a los trabajos de Julivert (1961b, 1962b y 1963b). La Sabana consta así de una serie de anticlinales apretados y sinclinales amplios cuyo núcleo está ocupado por el terciario. Es característica la asimetría de los pliegues y la presencia de inversiones en los flancos occidentales de los anticlinales. Las estructuras en detalle de la Sabana de Bogotá pueden consultarse en Julivert (1963b).

En esta sección se suceden también todas estas estructuras en un desnivel de 2.800 m que va desde 200 m en Honda hasta 3.000 m en el borde de la Sabana. Este relieve asciende todavía hasta los 4.000 m en la región del Páramo de Sumapaz.

En esta sección de la Cordillera, entre el sinclinal de Jerusalén-Guaduas y la Sabana de Bogotá, existe una cobertera sedimentaria espesa que no deja manifestar tan claramente la tectónica impuesta por la estructura del zócalo. No obstante presenta la cobertera una estructura propia que interfiere con la tectónica determinada por el zócalo, ésta se manifiesta en la disposición de los pliegues asimétricos.

En resumen se pueden distinguir tres unidades: Sinclinal de Jerusalén-Guaduas, limitado en sus flancos por las fallas de Cambrás y Alto del Trigo, anticlinal de Villeta y zona de pliegues asimétricos de la Sabana de Bogotá. En todas las unidades predomina la estructura impuesta por el zócalo aunque en las dos últimas, el espesor de la cobertera y las condiciones particulares permiten el desarrollo de estructuras propias.

Ya en el límite entre el Valle Medio y el Valle Superior, concretamente

en el extremo N de la barrera de Girardot, las estructuras se hacen más apretadas y vienen representadas por una serie de sinclinales y anticlinales. Estructuras que se prosiguen hacia el oriente hasta enlazar con el sinclinal de La Cascada y el sinclinal de Fusagasugá descritos por Julivert (1963b, pp. 30). Las estructuras pertenecientes a la barrera de Girardot entre Piedras y Tocaima serán descritas en detalle.

En líneas generales la estructura del borde de la Cordillera Oriental va cambiando de N a S de tal manera que de una zona de bloques en la región de Santander pasa a una de estructuras amplias en el anticlinal de Villeta y a un conjunto de estructuras apretadas en el extremo N de la barrera de Girardot. La estructura en bloques que representa el zócalo se deja sentir de una manera más marcada en aquellas áreas en que la cobertera sedimentaria es más delgada.

EL SINCLINAL DE JERUSALEN-GUADUAS

Es una estructura más bien amplia con el eje orientado en una dirección casi N-S. En su extremo meridional, alrededores de Jerusalén, el eje se desvía tomando una dirección francamente NE-SW. Las areniscas y gravas de las formaciones Hoyón y San Juan de Río Seco forman una importante cuesta que limita nítidamente el flanco occidental, mientras que la Formación Santa Teresa ocupa todo el núcleo del sinclinal. La forma general del sinclinal es asimétrica con el flanco occidental suave y el oriental abrupto, con buzamientos que pueden alcanzar los 70-80° al S de San Juan de Río Seco. Como consecuencia de esta asimetría el eje del sinclinal se desplaza hacia el oriente quedando más próximo del flanco oriental que del flanco occidental.

A partir de la desembocadura de la Quebrada Quipileña hacia el S el eje del sinclinal toma una dirección NE-SW y presenta una terminación periclinal muy clara al N de Guataquí. El Río Seco se ha establecido siguiendo el eje del sinclinal de tal manera que sigue la misma desviación que el eje.

La anchura máxima del sinclinal se encuentra a la altura de Pulí y a partir de aquí se va estrechando hacia el N, quedando muy reducido en el Dindal. Por el contrario hacia el S se mantiene esta anchura. Al S de Jerusalén el sinclinal viene interrumpido por el anticlinal cretácico de Cotoma que se hunde hacia el NE bajo los depósitos terciarios. En realidad las capas terciarias tienden a adaptarse a la estructura anticlinal de Cotoma y se forma así otro pequeño sinclinal entre Cotoma y Alonso Vera por el que transcurre la Quebrada Apauta. Este último sinclinal se manifiesta bien en las capas de la Formación San Juan de Río Seco, pero no así en la Formación Santa Teresa.

Si se observa la dirección que presentan los ejes de ambos sinclinales se nota cierta tendencia a la intersección, lo que parece dar lugar a una interferencia de estructuras. En general las direcciones de las estructuras cretácicas y terciarias coinciden en gran parte, pero esta pequeña interferencia en el extremo meridional del sinclinal podría indicar la influencia que han tenido las estructuras cretácicas más precoces sobre las estructuras terciarias más jóvenes, señalando las primeras una dirección determinada del plagamiento.

Otra característica importante de este sinclinal es la tendencia general

que tiene el eje a hundirse progresivamente hacia el S. En consecuencia de S a N van aflorando niveles cada vez más antiguos. Disposición que viene regida por la existencia de la falla de Cambrás que se hunde paulatinamente hacia el S. Al mismo tiempo el eje del sinclinal presenta un cabeceo importante al N de San Juan de Río Seco, donde se eleva para hundirse nuevamente hacia Guaduas.

El hundimiento del labio oriental de la falla de Cambrás y en consecuencia el hundimiento del sinclinal hacia el S, no son los únicos responsables de la desaparición de la Formación Hoyón. Desde la localidad tipo de esta formación (carretera de Cambao a San Juan de Río Seco) hasta la Quebrada Caneys ha desaparecido completamente la Formación Hoyón. Esta desaparición se realiza por una disminución en el espesor de la sedimentación que afecta a todos los miembros de la formación y se realiza de una manera continua. Así, el Miembro Capira es el primero en desaparecer y sucesivamente lo hacen los demás miembros. Se crean así una serie de discordancias entre la base de la Formación San Juan de Río Seco y los diferentes miembros de la Formación Hoyón. En la terminación meridional del sinclinal, la Formación San Juan de Río Seco descansa directamente sobre las arcillas rojas de la Formación Seca. Exactamente sucede en el flanco oriental del mismo sinclinal, aunque aquí la diferenciación entre los miembros de la Formación Hoyón no es tan fácil de establecer basándose exclusivamente en los caracteres morfológicos.

Si se compara el desarrollo de la Formación Seca y de la Formación Hoyón a ambos lados del sinclinal de Jerusalén-Guaduas, se observa que el borde oriental es más delgado que el occidental. Para explicar esta diferencia se puede aducir la existencia de la falla del Alto del Trigo, pero esta falla en nada afecta el espesor del Hoyón. Por lo tanto su menor espesor está en relación con la sedimentación.

En el Mapa Geológico de la Plancha K 10 «Villeta» el espesor de la Formación Seca (= Guaduas) se ha exagerado. Ocurre aquí una confusión importante ya que todo el Hoyón se ha tomado como Formación Seca y la base de la Formación San Juan de Río Seco (Miembro Armadillos) como Formación Hoyón. Estas confusiones se deben a que los caracteres morfológicos que son muy nítidos en el flanco occidental aquí han desaparecido. De esta manera la Formación Hoyón se manifiesta como un conjunto más homogéneo, menos destacado morfológicamente que el Miembro Armadillos. Dejando aparte estas variaciones es importante señalar las diferentes interpretaciones del flanco oriental en la terminación meridional de este sinclinal.

Para Champetier & Weecksteen (1961) no solo desaparece la Formación Hoyón sino también el Miembro La Cruz de la Formación San Juan de Río Seco. Para Raasveldt (1956) al S de Jerusalén el Miembro La Cruz reposa directamente sobre la Formación Seca. Faltarían, pues, la Formación Hoyón y los miembros Armadillos y Almácigos. Esta interpretación manifiesta un fuerte contraste y una importante asimetría entre el flanco oriental y el flanco occidental. Evidentemente esta asimetría existe, pero no tan acentuada. A propósito de la estratigrafía de la Formación San Juan de Río Seco se expusieron los criterios litológicos que permitían reconocer la presencia de la base de esta formación, indi-

cando también su escasa potencia y la homogeneidad en cuanto a la expresión morfológica de sus miembros (*).

El núcleo del sinclinal está ocupado por la Formación Santa Teresa. Tanto en la localidad tipo para esta formación como a lo largo del flanco occidental el contacto con la Formación San Juan de Río Seco es normal. No sucede así en el flanco oriental donde se manifiesta una apreciable discordancia entre ambas unidades. Esta queda, pues, localizada sobre el flanco más abrupto.

Podemos concluir que el sinclinal de Jerusalén-Guaduas es asimétrico, presentando el flanco oriental abrupto y el occidental suave, al mismo tiempo que se desarrolla entre los dos flancos una diferencia de espesores a favor del flanco occidental.

El límite oriental.—El sinclinal de Jerusalén-Guaduas queda limitado al oriente por un accidente de gran importancia que corre en dirección N-S: la falla del Alto del Trigo. Es una falla que se conoce desde hace mucho tiempo y que pone en contacto el Guadalupe con la Formación Seca (= Guaduas). Empieza frente a Jerusalén donde las arcillas rojas de la Formación Seca entran en contacto con la Lidita Superior del Grupo Olini. Más al N atraviesa la carretera Bogotá-Cambao, junto al Río Contador donde continúan en contacto las mismas unidades litológicas, condiciones que se mantienen constantes en el Alto del Trigo al atravesar la carretera Bogotá-Honda. A partir del Río Contador se observa solamente un paquete de capas silíceas sin que se pueda reconocer la existencia de dos niveles de liditas.

Estas capas silíceas corresponden a lo que Hubach (1933) llamó la facies lidítica de la Formación Guadalupe. Hacia el N, después de atravesar el Río Negro parece que la falla tiende a aumentar de salto, pero si bien se puede seguir más al N ya no se conocen datos precisos.

Las estructuras en el sinclinal de Jerusalén-Guaduas—La mayor parte de las estructuras se localizan en el flanco occidental. De N a S de este flanco se desarrollan varias fallas de tipo direccional que en general son de poca magnitud. Una de ellas se encuentra un poco al N de la Quebrada Madregal y la otra junto a la Quebrada Vijagual. La más importante se localiza en el Río Seco de Las Palmas, junto a San Juan, desplazando visiblemente el Miembro La Cruz hasta enfrentarlo con el Nivel de Arenitas del Miembro Almácigos. Lógicamente el eje del sinclinal queda también desplazado.

En todo el flanco occidental tanto los miembros de la Formación Hoyón como los de la Formación San Juan de Río Seco resaltan morfológicamente y por ello se pueden trazar fácilmente sus límites por fotogeología, pero en la Serranía de El Rey entre las Quebradas del Chivo y Lucuchuta estos caracteres se encuentran enmascarados y las cuestas son discontinuas, dando lugar a pequeños escalones que fueron interpretados como fallas por Raasveldt & Carvajal. De la misma manera, aquí, casi todo el Miembro Capira de la Formación Hoyón se ha confundido con el Miembro Armadillos de la Formación San Juan de Río Seco, resultando una rápida desaparición del Hoyón que en realidad tiene lugar más hacia el S junto a la Quebrada Caneyes. En el flanco oriental pocas

(*) No debe perderse de vista que tanto el Mapa de Raasveldt como el de Champetier & Weecksteen son mapas fotogeológicos.

estructuras se han reconocido. Al oriente de Guaduas Champetier & Weecksteen trazaron también unas fallas direccionales de poca extensión.

Las estructuras más importantes se localizan entre la Quebrada de Aguasclaras y la carretera que conduce de San Juan de Río Seco a Cambao.

Dos fallas con una dirección general N40E-S40W limitan una pequeña dovela hundida e inclinada hacia el SE. La falla más occidental con una tendencia a falla inversa repite una buena parte de la Formación Hoyón colocando sucesivamente en contacto el Miembro Aguasclaras con todos los miembros de la Formación Hoyón e incluso con las arcillas rojas de la Formación Seca. La falla más oriental transcurre por el pié de la Vuelta del Diablo, estableciéndose de NE a SW primero dentro del Miembro Armadillos de la Formación San Juan de Río Seco, pero después afectando ya a la Formación Hoyón; llegando a poner en contacto los miembros Capiro y Cambao. Ambas fallas en consecuencia aumentan de salto de NE a SW.

La dovela que se encuentra entre las dos fallas aún aparece desnivelada por otras dos fallas que se cruzan en el extremo S de la antigua Laguna de Capiro. Estas otras fallas son de menor importancia y se desarrollan exclusivamente dentro del Miembro Armadillos. Una de estas fallas secundarias alcanza a cortar la falla más oriental formando un ángulo de unos 25°.

Un carácter común a todas estas fallas, incluso las dos secundarias, es el aumento de salto en dirección S-SW. Al N del Río Chaguaní se forman unas pequeñas flexiones dando lugar a que las gravas del Miembro Capiro ocupen una gran superficie. Estas flexiones figuran en el mapa de Raasveldt & Carvajal como una serie de pliegues sinclinales y anticlinales fuertemente apretados. En el sinclinal más oriental según Raasveldt & Carvajal llegaría a aflorar la Formación Seca. Sin embargo, se trata solamente del Miembro Aguasclaras de la Formación Hoyón que aflora gracias a que la erosión ha desmantelado la cubierta de gravas que forman el Miembro Capiro.

LAS ESTRUCTURAS CRETACICAS AL ORIENTE DE HONDA

Estas estructuras se desarrollan siempre dentro de la Formación Cimarrona que aflora gracias a la existencia de la Falla de Cambrás. Se trata de una falla inversa que pone en contacto el cretácico superior con la Formación Los Limones del Grupo Honda. La falla, que disminuye de salto de N a S es la principal responsable de que la Formación Cimarrona desaparezca en esta dirección. En todo el trayecto la Formación Cimarrona forma una cuesta con una dirección general N10E-S10W, que prácticamente se puede estimar como N-S.

Según la interpretación de Raasveldt & Carvajal la estructura del cretácico estaría formada por dos fallas de tipo inverso paralelas a la falla de Cambrás, que repiten sucesivamente los conglomerados y gravas de la Formación Cimarrona llegando a aflorar entre ellos la Formación Seca (= Guaduas). En la estratigrafía de la Formación Cimarrona se demostró que esta unidad consta de dos miembros formados por diferentes gravas y conglomerados correspondientes al Miembro La Fría y al Miembro La Primavera, separados por el Nivel de Arenitas y Lutitas y por el Miembro Zaragoza, señalando así que se trataba de una sucesión continua sin ninguna falla. El Nivel de Arenitas y Lutitas fue interpretado por Raasveldt & Carvajal como Guaduas.

En todo el sector que la carretera de Honda atraviesa el Miembro La Fría éste presenta una potencia exagerada debido a dos pequeñas fallas que repiten una parte del miembro. La existencia de derrubios cuaternarios que fosilizan estas fallas no permiten reconocer si corresponden en realidad a fallas inversas, aunque nos inclinamos en este sentido. Las capas de ambos lados de las fallas presentan buzamientos muy pequeños dando lugar a que el plano de la falla sea muy tendido.

En la figura 37 se han trazado una serie de cortes paralelos a la franja de la Formación Cimarrona que indican el tipo de estructura. Existe en realidad una falla paralela a la falla de Cambrás, también de tipo inverso, que repite una buena parte del Miembro Zaragoza y todo el Miembro La Primavera. Al igual que la falla de Cambrás el salto de falla disminuye de N a S.

Un corte a través del Cerro Alcaparrosa permite observar la presencia de una pequeña escama del Miembro La Primavera dentro del Miembro Zaragoza.

El Miembro Zaragoza repetido por la falla, se adelgaza mucho hacia el S. Así en el camino de La Paz a Honda queda prácticamente reducido a 10-20 m entre los conglomerados del Miembro La Primavera. Lógicamente este pequeño espesor es de origen tectónico.

Entre las Quebradas La Primavera y Guayabito el Miembro Zaragoza que es repetido por la falla, aflora casi completo y se dispone casi horizontal dibujando algunas pequeñas flexiones; en consecuencia ocupa una gran superficie.

En el Miembro La Primavera repetido por la falla, se presentan a veces numerosos pliegues de detalle que van acompañados de pequeñas fallas. Un caso muy claro se ha esquematizado en la figura 37 que corresponde a un afloramiento observado en la Quebrada Guayabito. Este tipo de pequeñas estructuras se da siempre que se sucede una alternancia de arenitas y lutitas en bancos poco potentes.

La falla que repite el Miembro Zaragoza y el Miembro La Primavera se va atenuando y se coloca dentro de la Formación Seca donde desaparece.

Anteriormente señalamos que la falla de Cambrás era la responsable de que la Formación Cimarrona se hundiera siguiendo una dirección N-S y desapareciera bajo el manto de derrubios cuaternarios junto a la Quebrada de Las Cruces. En esta misma dirección va disminuyendo también el espesor del Nivel de Arenitas, Miembro Zaragoza y el Miembro La Primavera; todos ellos desaparecen antes de llegar a la Quebrada Madrigal. El Miembro La Fría también se va adelgazando, pero puede ser por efecto de la falla de Cambrás. A partir de la Quebrada Madrigal hacia el S la Formación Seca se apoya sobre el Miembro La Fría, resultando así que es discordante con la Formación Cimarrona.

Entre la Quebrada de Santiago y la Hacienda de San Isidro afloran entre los derrubios cuaternarios unos Cerros que buzan al E y están formados por arenas arcósicas que contienen concreciones arenosas con cemento calcáreo. Estos afloramientos pertenecen al Miembro La Ceibita del Grupo Honda. Raasveldt & Carvajal lo interpretan como una parte de la Formación Cimarrona

colocando en su base una falla que se une con la falla de Cambrás ligeramente al S de San Isidro.

LAS ESTRUCTURAS DE LA TERMINACION SEPTENTRIONAL DE LA BARRERA DE GIRARDOT-GUATAQUI

Descrita ya la terminación meridional del sinclinal de Jerusalén-Guaduas, las estructuras que aparecen al N de la barrera de Girardot-Guataquí se desarrollan exclusivamente sobre los depósitos cretácicos.

Estructuralmente la barrera de Girardot-Guataquí es la prolongación del borde W de la Cordillera Oriental que desde el N de Jerusalén toma una dirección NE-SW, atraviesa el Río Magdalena y va a chocar con la Cordillera Central.

Las estructuras se apartan de las descritas en el cretácico del N de la región. Predomina una tectónica de pliegues apretados que se desarrollan de occidente a oriente al mismo tiempo que los ejes de los pliegues tienden a hundirse hacia el NE. Este tipo de estructura está en realidad condicionada por dos factores: un predominio de facies lutíticas y un espesor reducido de la cobertera cretácica.

Al W de Piedras el cretácico queda cortado por la falla de Cambrás y forma una cuesta que se inclina normalmente hacia el E-SE; la parte superior de la Formación La Tabla forma hacia el Caserío de este nombre una pendiente estructural muy clara que corresponde al flanco W de un sinclinal asimétrico, fallado en su flanco oriental que a la vez es flanco occidental de un anticlinal. La falla de tipo inverso pone en contacto los conglomerados de la Formación La Tabla con las lutitas de la parte superior de la Formación Loma Gorda. Las capas del flanco occidental del sinclinal adquieren buzamientos muy pronunciados hacia el N. Así, por el camino de La Línea, después de atrevesar el Río Opía aparecen las arenitas y conglomerados, con cemento calcáreo, de la Formación La Tabla, con buzamientos de 85° E. Este flanco queda cortado por la falla de Cambrás que lo pone en contacto con las gravas del Honda.

Entre la Loma de la Aburrída y el Río Magdalena se forma un sinclinal cuyo flanco occidental es a la vez flanco del anticlinal fallado que se ha laminado. Junto al Magdalena y por el camino que conduce al Cerro del Chorro afloran las capas de la Lidita Superior.

En resumen las estructuras cretácicas entre Piedras y el Río Magdalena están formadas por un anticlinal muy estrecho entre dos sinclinales. En el flanco occidental del anticlinal común al flanco oriental del sinclinal se encuentra una falla inversa. Todas estas estructuras hunden sus ejes hacia el N bajo los sedimentos terciarios del sinclinal de Jerusalén-Guaduas. Así, las arcillas rojas de la Formación Seca que afloran al pié de las Lomas de San José y que forman la terminación meridional del sinclinal terciario, tienen un carácter transgresivo sobre los depósitos cretácicos.

Al oriente del Río Magdalena es donde se encuentran los pliegues más apretados. Esta estructura está representada por dos anticlinales y dos sinclinales que de W a E son: el anticlinal que forma la Cordillera Cotoma, el sinclinal de Apauta, el anticlinal de la Cordillera Alonso Vera, y el sinclinal de la Quebrada Seca cuyo flanco oriental forma el cretácico superior de los Cerros de Guacamanas.

El anticlinal de Cotoma es el que tiene una mayor complejidad tectónica. Se trata de un anticlinal ligeramente asimétrico con el flanco occidental más abrupto. Aunque esta asimetría en parte está enmascarada por las inversiones que aparecen en el flanco oriental. Cerca a la cuesta del anticlinal pasa una falla, que eleva el labio oriental. El eje del anticlinal cabecea bruscamente hacia Jerusalén y se hunde bajo el terciario. La terminación hacia el N de este anticlinal no es muy clara por presentarse muy cubierta por derrubios y por una vegetación bastante densa, especialmente en las quebradas que no ofrecen ningún corte. No obstante no existen indicios de una terminación periclinal como suponen Raasveldt & Carvajal. Parece que la falla se introduce bajo el terciario y se pierde rápidamente. En el terciario que se apoya sobre el flanco occidental no se pueden distinguir los miembros de las formaciones especialmente en su base donde se observan discordancias con el cretácico. Este es un fenómeno general que se presenta en toda la terminación meridional del sinclinal de Jerusalén-Guaduas especialmente en su relación con las estructuras cretácicas.

Cerca a la cresta del anticlinal la falla pone en contacto la Lidita Superior con la Formación Loma Gorda. La falla da un escarpe bien visible que se acentúa rápidamente hacia el N. Los niveles de liditas se encuentran en general muy replegados y su buzamiento cambia fácilmente de dirección y con mucha más frecuencia cuanto más fuerte es el buzamiento.

El filo de la Cordillera Cotoma está formado por la Lidita Superior con buzamientos bastante pronunciados que oscilan alrededor de 50-60°. La existencia de pequeños niveles de lutitas ha favorecido la existencia de deslizamientos que en la región se conocen con el nombre de «Volcán».

La bóveda del anticlinal ha sido erosionada, lo mismo que una parte del flanco oriental donde solo aflora una pequeña parte del Nivel de Lutitas. Las areniscas y conglomerados de la Formación La Tabla no afloran en todo el flanco oriental.

En el flanco oriental aflora la Lidita Superior. En su descenso hacia la Quebrada Apauta está bastante replegada y forma pequeñas inversiones. En el curso medio de las quebradas que desembocan en la Quebrada Apauta pueden verse estos fenómenos que afectan tanto a la Lidita Superior como al Nivel de Lutitas que estratigráficamente se le superpone. Sobre las liditas y sobre las lutitas se ha formado una costra y una arcilla calcárea que enmascaran la continuidad de la estructura. En el valle formado por la Quebrada Apauta se encuentran las arcillas rojas de la Formación Seca en posición sinclinal, cuyo eje se eleva hacia el SW dando lugar a la desaparición de la Formación Seca.

Ya Scheibe (1934b, pp. 245) señala que en los alrededores de la Hacienda Andorra, en la Quebrada Ceiba existen ...«indicaciones de dislocaciones (en forma de sobrescurrimientos) relacionados con la inversión de las capas»...

La disposición de las capas rojas recubiertas por las lutitas del cretácico superior (Guadalupe de Scheibe) se explican por los fenómenos de inversión que se producen en los flancos de los anticlinales. Inversiones que pueden ir acompañadas de pequeñas dislocaciones. En este caso se encuentran estas estructuras tanto en el flanco occidental del anticlinal de Cotoma como en el flanco oriental del sinclinal de Alonso Vera.

La Formación La Tabla, aunque en esta área es de grano mucho más fino, ha sido destruida por la erosión en todos los flancos de los pliegues, pero debe encontrarse en el fondo del valle formado por la Quebrada Apauta y recubierta por la Formación Seca.

Así pues, aunque existe una variación de facies en lo que se ha llamado «Guadalupe Superior» la desaparición de las areniscas y conglomerados de La Tabla tiene su origen en un fenómeno tectónico y no en una falta de sedimentación.

El anticlinal Alonso Vera es quizás algo más amplio en su bóveda, posiblemente por no existir ninguna falla en su cresta. El flanco oriental está formado por el Nivel de Lutitas. La Lidita Superior se hunde fuertemente hacia la Quebrada Seca, lo mismo que las lutitas, con buzamientos de hasta 70°. Los numerosos repliegues que presentan las liditas se observan muy bien por la carretera de Tocaima-Jerusalén especialmente cuando se desciende desde el Alto de Limbá hacia Jerusalén.

Hacia el N, el eje del anticlinal de Alonso Vera asciende paulatinamente haciéndose cada vez más atenuado hasta desaparecer. La estructura se vuelve más suave y va acompañada de una pequeña flexión hacia el occidente donde queda cortada por la falla del Alto del Trigo. Esta falla sigue aproximadamente hasta la Quebrada del Tabaco y se pierde dentro de la Formación Seca donde no es posible seguirla.

El valle de la Quebrada Seca forma un sinclinal relleno por la Formación Seca. La vertiente occidental de los Cerros de Guamacas, constituido por el Nivel de Lutitas y la Formación La Tabla, forma el flanco oriental del sinclinal que termina hacia oriente dando una cuesta morfológica. Una falla de dirección NW-SE permite que aflore la Lidita Superior en el extremo meridional de la región.

El eje del sinclinal se eleva hacia el N y termina. Los sedimentos de la Formación Seca desaparecen rápidamente con la elevación del eje.

EL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA COMO UNA SEMIFOSA

Stille (1907) fue el primero que individualizó el Valle Medio del Magdalena y una gran parte del Valle Superior, como una unidad tectónica dándole el carácter de una fosa, limitada por fallas tanto en su borde oriental como en el occidental. Esta hipótesis de la fosa del Magdalena ha sido seguida posteriormente por otros autores: Scheibe (1934), Anderson (1927), Stutzer (1934), Harrison (1930), Grosse (1935) y Gerth (1955) entre los principales.

De la misma manera otro grupo de autores han expresado serias dudas sobre la existencia de una falla junto al borde oriental de la Cordillera Central, falla que conferiría al Valle del Magdalena un carácter de fosa tectónica o graben. Entre este grupo figuran en primer lugar Millard (1932), King y Duce (in Schuchert, 1935) y Dickey (1941). Butler (1942) en su trabajo sobre los alrededores de Honda concluye que no existen datos suficientes que permitan aceptar la hipótesis de que esta sección del Valle del Magdalena corresponda a una fosa y que son necesarios nuevos estudios para que se solucione este pro-

blema. A la misma conclusión llega Anderson (1945) después de hacer un detallado resumen histórico acerca de la evolución de esta hipótesis.

Taborda (1950) indica que las fallas en el borde occidental del Valle del Magdalena son muy dudosas. Añade además que las impregnaciones asfálticas que se manifiestan en Lérida y Falán han sido interpretadas por algunos autores como indicios de desplazamientos.

Weecks (1952) considera también esta sección del Valle Medio como una semifosa. Olsson (in Jenks, 1956) señala que existen pocas pruebas evidentes que confieran al Valle del Magdalena una categoría de fosa tectónica.

Raasveldt & Carvajal (1957) interpretan el extremo S del Valle Medio como una semifosa. Es decir fallado por el borde oriental, con el cretácico; falla a la que dan el nombre de falla de Cambao. En el mapa de esta sección se observa como los sedimentos del Honda son frecuentemente transgresivos sobre el ígneo y metamórfico de la Cordillera Central. Por último Morales *et al.* (1957) manifiestan claramente que el Valle Medio del Magdalena es una semifosa basculada hacia el E, con el máximo espesor de sedimentos localizados en el borde oriental en contacto con la falla.

Después de este breve resumen sobre las ideas expuestas acerca de la interpretación estructural del Valle Medio, vamos a analizar por separado cada uno de los bordes que limitan esta unidad, haciendo también referencias a la cuenca petrolífera del Valle Medio.

El límite occidental.—No es necesario insistir sobre el carácter transgresivo del terciario en la región petrolífera del Valle Medio. Los cortes seriados de N a S que dan Morales *et al.* (1957, figura 3) son suficientemente explícitos en este sentido. Señalamos solo la presencia de fracturas en el borde oriental de la Cordillera Central y el hecho que la sucesión terciaria se adelgaza progresivamente hacia el W.

Desde Honda hacia el S el borde occidental del Valle del Magdalena presenta las mismas características. En ninguno de los trabajos publicados hasta la fecha se dan pruebas eficientes de la existencia de una fractura de dirección general N-S que permita interpretar esta sección del Valle como una fosa.

La falla que coloca Stille justamente al occidente de Mariquita y se dirige hacia el S, no se observa precisamente al N y S de Mariquita; los sedimentos del Honda recubren el borde de la Cordillera y por la carretera de Armero-Líbano y también por la de Armero-San Pedro se ve claramente como los sedimentos del Honda fosilizan el conjunto ígneo-metamórfico.

Stutzer (1934, pp. 205) manifiesta que . . . «los estratos jóvenes de la formación Honda han transgredido sobre la cordillera cristalina y en parte se hallan separados de ella por una dislocación acentuada». Sin duda Stutzer se refiere aquí a los afloramientos aislados por la erosión y que se encuentran sobre la Cordillera pero en ningún caso existen indicios de una falla.

Harrison (1930) señala la presencia de una falla en el borde de la Cordillera Central y la existencia de peniplanas desarrolladas sobre rocas precretácicas que forman las mesetas suavemente inclinadas que se extienden entre

Puerto Wilches y Girardot. Ningún otro autor ha señalado la existencia de estas peniplanas. Por lo menos entre La Dorada e Ibagué no se ha reconocido ningún bloque que presente estas características. La serie de calizas metamórficas y esquistos que aparecen entre Armero y La Sierra, en el límite W de este trabajo, presenta una tectónica más compleja, pero que en ningún caso pueden considerarse como bloques sobre los que se ha desarrollado una peniplana.

La única evidencia que se observa en superficie es que los depósitos del Grupo Honda se presentan transgresivos sobre la Cordillera Central. Dentro del área estudiada estos depósitos corresponden a la Formación San Antonio, y a la Formación Mesa. El espesor de los sedimentos que se encuentran encima de la Cordillera no es en ningún caso superior a los 150 m. Se disponen siempre o bien como afloramientos aislados, respondiendo al carácter morfológico de montes testigos, o bien formando continuidad perfecta con los sedimentos que se extienden hacia el interior del Valle.

Ahora bien, se puede alegar que la existencia del carácter transgresivo que tienen los depósitos más modernos no refuta completamente la idea de que esta sección del Valle Medio corresponda a una fosa. En este caso el Honda superior fosilizaría una falla.

Parece deducirse a través de los datos paleobotánicos suministrados por la flora de Falán (*) que existió una pequeña elevación de la Cordillera Central con posterioridad a la sedimentación de la Formación Mesa. En todo caso esta elevación fue bastante reciente cualquiera que sea la edad de la Formación Mesa (mioceno o plioceno). Interpretamos esta elevación como un pequeño abombamiento ya que no se observa ninguna falla que afecte los sedimentos de la Formación San Antonio que se encuentran junto al borde de la Cordillera y son transgresivos sobre la misma. Por otra parte los mismos depósitos terciarios sobre la Cordillera no presentan nunca buzamientos importantes. En ningún caso son superiores a 20°. Si ha existido elevación esta debe corresponder más a un abombamiento general de gran radio que permita apenas una flexión de los depósitos.

A favor de que el Valle Medio del Magdalena corresponde a una semi-fosa están los datos conocidos por las petroleras. Morales *et al.* (1957, figura 7) publican un mapa de isopacas en el que los máximos espesores del terciario se concentran a todo lo largo del Valle Medio hacia el oriente. Según los datos conocidos hasta el momento, lo mismo sucede desde Honda hacia el S, hasta Guataquí-Piedras. Este aumento de espesor en dirección W-E señala la presencia de un zócalo inclinado hacia el oriente, disposición que favorecería la acumulación de sedimentos en esta dirección.

El espesor de unos 3.000 m de terciario al W de la falla de Cambrás señala que el terciario no se encuentra completo y que faltan más de 1.800 m de sedimentos, inferiores al Grupo Honda, en relación con el terciario expuesto al oriente de la falla de Cambrás. Esta disposición y la ausencia de cretácico dentro del Valle Medio están en relación con los movimientos de la falla de Cambrás.

(*) Los datos paleontológicos suministrados por la flora señalan que esta vivía a una altitud inferior a los 900 m (comunicación personal de D. Pons).

El límite oriental.—En contraste con el borde occidental el extremo oriental del Valle Medio del Magdalena viene determinado estructuralmente por la falla de La Salina. Este accidente conocido desde muy antiguo corresponde a una falla inversa que pone en contacto el cretácico de la Cordillera Oriental con el terciario del Magdalena. En la Concesión de Mares la falla de La Salina sirve de límite al sinclinal de Nuevo Mundo. La falla de La Salina se sigue, con las mismas características, hacia el S hasta las proximidades del Río Guataquí en el límite entre los Departamentos de Santander y Cundinamarca.

Por otra parte en el sector comprendido entre Honda y Guataquí el límite oriental del Valle Medio queda también determinado por un accidente estructural: la falla de Cambrás. Esta falla ha recibido diversas denominaciones. Stille (1926, pl. I) ya la cita y traza desde La Dorada hasta Guataquí introduciéndola dentro del cretácico de la barrera de Girardot en lugar de hacerla cruzar por el Río Magdalena. Butler (1942) le da el nombre de falla de Cambrás, derivado de la estación de Cambrás. Etherington (1942) es el primero que la considera como el límite oriental del Valle del Magdalena al mismo tiempo que al cruzar el Magdalena entre Guataquí y Piedras expresa el verdadero límite entre el Valle Medio y Superior del Magdalena. Suescún & Taborda (1949) se refieren a ella con el nombre de falla del Río Seco. Olsson (1954, figura 1) la cita bajo el nombre de «Belta fault» extendiéndola desde unas 35 millas al NE del Campo de Velázquez hasta la altura de Guataquí donde atraviesa el Magdalena y la prolonga bajo los depósitos correspondientes al Cono de Ibagué. Posteriormente Raasveldt & Carvajal (1957) se refieren a ella como falla de Cambao y describen brevemente sus movimientos desde el cretácico hasta el terciario. Gerth (1955) habla de ella como falla de Cambao y la sigue hasta unos 35 km al SSE de Puerto Berrío. Morales *et al.* (1958, figura 3) la trazan desde Honda hacia el N.

Vemos, pues, que el nombre de falla de Cambrás introducido por Butler tiene prioridad sobre todos los demás. Corresponde a una falla inversa que aumenta de salto de S a N. Así en el S, entre Piedras y La Dorada, la Formación Los Limones del Grupo Honda se pone sucesivamente en contacto con las formaciones San Juan de Río Seco y Cimarrona. Ya en Cambrás están directamente en contacto la Formación San Antonio con niveles cretácicos inferiores a la Formación Cimarrona.

Al oriente y al S de Piedras las estructuras cretácicas quedan cortadas por esta falla. Su importancia regional es muy grande tanto por representar el límite del extremo S del Valle Medio como por conferirle el carácter de semifosa. En el Mapa tectónico que acompaña a este trabajo, se han expresado todas las unidades tectónicas de esta sección del Valle Medio y la relación entre las diversas fallas del borde de la Cordillera Oriental.

Existen en el borde de la Cordillera Oriental dos fallas de curso paralelo en gran parte de su extensión. La falla de Cambrás limitando el Valle del Magdalena y más al oriente la falla del Alto del Trigo. La falla de Cambrás desaparece como ya se indicó al SSE de Puerto Berrío, pero a la altura del curso superior del Río Ermitaño aparece la falla de La Salina que se extiende hacia el N. De esta manera la falla de Cambrás y la falla de La Salina corren paralelas durante un trayecto dando la idea de un relevo como pareció indicar Gerth (1955).

A lo largo del Valle Medio del Magdalena existen prácticamente las mismas unidades estructurales con análogas disposiciones. En el extremo N la falla de La Salina con el sinclinal de Nuevo Mundo situado al oriente; hacia el S la falla de La Salina es relevada por la falla de Cambrás; a su oriente se desarrolla el sinclinal de Jerusalén-Guaduas. Más al oriente mientras el sinclinal de Jerusalén-Guaduas está limitado por la falla del Alto del Trigo, el sinclinal de Nuevo Mundo lo está por la flexión de Chucurí. Es probable que ambos accidentes correspondan a la adaptación de la cobertera sedimentaria a un efecto común: La existencia de fallas que han dividido al zócalo en bloques tal como ha interpretado Julivert (1961a) las estructuras del Valle Medio del Magdalena.

Las estructuras del terciario en el sector S del Valle Medio del Magdalena—Dentro del área estudiada, el terciario presenta muy pocas estructuras por lo menos observables en superficie. En conjunto todo el terciario que aflora al E de la falla Cambrás (Formación San Antonio, Formación Los Limones y Formación Mesa) corresponde a una serie monoclinial interrumpida por la falla de Honda.

En el borde de la Cordillera Central, entre el Río Nuevo y Armero los sedimentos de la Formación San Antonio están afectados por una falla de dirección casi N-S con un carácter muy local.

En el extremo S entre el Río Totare y el Cono de Lérida, la Formación San Antonio describe un anticlinal bastante suave. El eje cabecea rápidamente tanto hacia el N como hacia el S perdiéndose debajo de los depósitos pleistocénicos de los conos de Lérida e Ibagué respectivamente. Sin embargo esta estructura debe haber jugado en época bastante reciente a juzgar por el abombamiento que presenta el Cono de Lérida; abombamiento que se observa muy bien por el carretable de La Sierra a Ambalema. Junto al Caserío La Ceiba la pendiente uniforme que presenta el cono viene interrumpida por la Loma La Mojarra que forma un resalte morfológico próximo a los 25 m.

Entre Piedras, la desembocadura del Río Totare y la falla de Cambrás aparecen unas fallas que desnivelan ligeramente los sedimentos de la Formación San Antonio. Estas fallas están en relación con la falla de Cambrás. La falta de niveles de referencia, que en esta parte presenta la Formación San Antonio, no permite apreciar el valor del salto de falla.

Sin duda todas estas fallas han tenido un movimiento bastante reciente. Así entre los Cerros de Quintana y el Alto del Líbano las ramificaciones del Cono de Ibagué se encuentran ligeramente afectadas por estas fallas. La desnivelación no es de todas maneras muy importante.

El movimiento de antiguas fallas durante el pleistoceno no es un hecho raro en Colombia y se conoce de varias localidades siendo una de las más acentuadas la terraza de Bucaramanga donde se observa una discordancia progresiva dentro del cuaternario y aún las capas llegan a verticalizarse (Julivert, 1958; Porta, 1959).

Por lo que respecta al N de la región, la Formación Mesa no se presenta afectada por ninguna estructura. En general se observa una disposición casi tabular con una pequeña inclinación hacia el E. Solamente hacia los afloramientos más meridionales de la Formación Mesa se desarrolla un pequeño anti-

clinal con una dirección SW-NE. Este anticlinal afecta solamente las capas correspondientes al Miembro Palmas. El flanco suroriental queda formado por los Cerros de Peñas Blancas y Pintado, mientras que el flanco noroccidental se encuentra desarrollado en el Cerro de Netú.

La falla de Honda—Se conoce bajo este nombre la falla que pone en contacto la Formación Mesa con la Formación San Antonio del Grupo Honda.

Weiske (1938, pp. 59) supone la existencia de esta falla por cuanto las capas de la Formación San Antonio («Capas de Girardot» en su nomenclatura) desaparecen hacia el occidente del Río Magdalena junto a la población de Honda. Anderson (1927, figura 8 y pp. 622) señala la presencia del escarpe y la falla entre la Formación Mesa (= Honda) y la Formación San Antonio (= Series de Barzalosa). Wheeler (1935, pp. 38) indica también que en Honda las capas de la Formación Mesa chocan contra el Honda superior. Con posterioridad a Wheeler solo se ocupan de esta área Suescún & Taborda (1949) quienes admiten que en Honda la Formación Mesa recubre a la Formación Honda, pero no reconocen la existencia de la falla junto al escarpe. Butler (1942) por su parte acepta la no existencia de la falla de Honda de edad posterior a la Formación Mesa a pesar de que existe un escarpe junto a Honda. Aduce en favor de la ausencia de esta falla la disposición horizontal de las capas lagunares (llamadas también Lake Hettner), al E de la falla, que se ha mantenido desde su sedimentación. Si la falla existe debe de ser de edad anterior a la Formación Mesa. Para este autor el escarpe se ha originado por erosión debido posiblemente a la corrosión lateral del Río Magdalena antes de la sedimentación de la Formación Mesa.

Raasveldt & Carvajal (1957) señalan también la presencia de esta falla, pero al N del codo que describe el Magdalena, junto a Honda, la trazan dentro de la Formación Honda. La consideran como una falla normal que existió antes de la sedimentación de la Formación Mesa y que después jugó nuevamente convirtiéndose en una falla inversa, afectando a esta última formación.

La primera prueba aportada por Butler sería válida en el caso de que se aceptara que los depósitos lagunares están ligados a la Formación Mesa, es decir, que corresponden a la parte superior de la misma formación. Sin embargo, al tratar de estos sedimentos ya se indicó que se encuentran encajados dentro de la Formación San Antonio y que los que aparecen al occidente del Magdalena, junto a Honda, se encuentran adosados contra la Formación Mesa, concretamente contra el Miembro Palmas, y que nada tienen que ver con la parte superior de la Formación Mesa.

En cuanto al origen del escarpe por erosión del Magdalena se podría explicar si se tiene en cuenta el escarpe a partir de Honda hacia el N. Sin embargo el escarpe se manifiesta a partir de la carretera Armero-Cambao, es decir, más de 30 km al S de Honda. Si efectivamente el escarpe hubiera sido originado por la erosión lateral del Magdalena la posición del curso actual del Río al oriente del escarpe sería completamente ilógica.

El origen del Río Magdalena debe ser posterior a la sedimentación de la Formación Mesa y la localización de su cauce hacia el borde de la Cordillera Oriental debe estar influida por la existencia de los conos de Ibagué y Lérica cuyos frentes lo obligarían a este desplazamiento contra el flanco de la Cordillera Oriental.

Evidentemente el escarpe se hace cada vez más notorio a medida que se avanza de S a N. Este hecho morfológico es una consecuencia lógica de la falla de Honda ya que ésta aumenta de salto en esta misma dirección.

El suave buzamiento hacia el E que presenta la Formación Mesa (unos 4-6° por término medio) posiblemente está en relación con su sedimentación. La red hidrográfica que se ha establecido sobre la Formación Mesa tiene una dirección predominante hacia el oriente y la Quebrada Seca, que se ha instalado en parte siguiendo un curso paralelo junto a la falla, ha producido una fuerte erosión de estos sedimentos. En la Cuchilla del Diamante, las capas del Miembro Palmas chocan claramente contra el Miembro Flor Colorada. A todo lo largo de la falla las capas de la Formación Mesa presentan un buzamiento mucho más acentuado. En la Cuchilla del Diamante el buzamiento es de 22° y al N de Honda, ligeramente fuera del mapa que cubre esta región, los buzamientos alcanzan hasta los 30°. Estas capas al occidente de la falla fueron interpretadas por Raasveldt & Carvajal como Honda, pero su composición litológica corresponde a la Formación Mesa.

Ya se indicó al tratar de la estratigrafía la presencia de varios hechos que hablan a favor de la existencia de la falla de Honda: la localización de la Formación Mesa exclusivamente al occidente del escarpe y la desaparición de la Formación Mesa hacia el S que coincide con la desaparición del escarpe. Hasta aquí estos dos hechos sugieren la presencia de este accidente tectónico, pero éste puede ser anterior a la sedimentación del Mesa como supone Butler (1942, pp. 830) en el caso de que la falla existiera. Existen otros datos que permiten plantear más precisiones sobre su origen. La ausencia de la Formación Los Limones al occidente de la falla, la concordancia entre el Miembro La Ceibita y la Formación Mesa, el aumento de espesor de S a N, la tendencia que tienen los sedimentos a aumentar de W a E y la posible existencia de una discordancia progresiva dentro de la base de la Formación Mesa, son un conjunto de hechos que hablan en favor de que la sedimentación del Mesa se desarrolló simultáneamente con la falla.

Más al N de La Dorada es difícil seguir el trazado de la misma y no existen datos publicados en este sentido.

Raasveldt & Carvajal (1957) admiten que la falla de Honda es una falla antigua que ha tenido dos movimientos: directa en un principio e inversa después dando así lugar a la formación del escarpe. En sus diagramas se observa como esta falla es una falla de zócalo.

No se conocen de esta región datos del subsuelo, pero teniendo en cuenta los datos de más al N (Olsson 1954, fig. 2; Morales *et al.* 1958, fig. 9) parece que el zócalo está formado por una serie de bloques limitados por fallas. Algunas de estas fallas se manifiestan en superficie como la falla de Honda, la falla de Cambrás y posiblemente la falla del Alto del Trigo, mientras que otras no alcanzan a manifestarse en superficie y quedan fosilizadas por el Grupo Honda. La existencia de esta estructura del zócalo es bien conocida en el extremo N del Valle Medio (Morales *et al.* 1958) y explicaría la desaparición del cretácico al W de la falla de Cambrás y el poco espesor del terciario hacia el S.

INTERPRETACION DE LAS DISCORDANCIAS TERCIARIAS

La presencia de discordancias y aún de discordancias de carácter local han sido excesivamente valoradas llegándose a emplear como criterios de correlación. El verdadero significado y la importancia de estas discordancias se ha complicado por no observarse en todas las localidades, por no ocupar la misma posición dentro de las series y porque a veces su origen se debe a una laguna estratigráfica.

La primera discordancia que se manifiesta está en relación con los sedimentos que deben corresponder a la base del terciario. El contacto entre la Formación Cimarrona y la Formación Seca se observa en pocas localidades y nunca aparece nítido. Dentro de la región no es posible obtener una sucesión completa de la Formación Seca y se dispone tan solo de secciones parciales que es difícil colocar en relación con el contacto Cimarrona-Seca.

El carácter ortocuarcítico que presentan las arenitas de la parte más inferior de la Formación Seca en la carretera Honda-Guaduas, hace presumir un origen marino que debe ser una continuación de las condiciones ambientales que reinaron hacia el final del cretácico. Sin embargo, esto no permite asegurar que exista una concordancia en el límite Cimarrona-Seca. La disminución del espesor del Miembro La Primavera y su desaparición hacia el S plantean el problema del contacto en estos términos: Existe una discordancia? Se trata de un cambio lateral de facies?

El carácter eminentemente lutítico que presenta la Formación Seca dificulta establecer la comparación entre las diferentes localidades por falta de niveles de referencia. En la región de Dindal-Caparrapí Raasveldt & Carvajal (1957) anotan la presencia de un cambio de facies en la parte alta del Miembro La Primavera en dirección W-E. Así se pasaba a una facies lutítica con intercalaciones de carbones que Bürgl coloca en el Umir y Guaduas. Al N de Tocaima junto a la Quebrada Seca, vimos como la parte más superior de la Formación La Tabla contenía algunos mantos de carbón y por este motivo Scheibe y otros autores incluyeron ya estos sedimentos en la Formación Seca (= Formación Guaduas). Entre Guataquí y Piedras las lutitas rojas de la Formación Seca se apoyan unas veces sobre la Formación La Tabla, mientras que otras se encuentran sobre la Formación Loma Gorda. En esta región parece existir una disposición transgresiva de la Formación Seca sobre el cretácico. Finalmente en la Quebrada Apauta, al S de Jerusalén, se anotaba la presencia de inversiones en el contacto entre las capas del cretácico superior y las lutitas de la Formación Seca.

Todas estas observaciones se concretan en dos hechos de suma importancia: presencia de discordancias en el contacto La Tabla y Cimarrona con la Formación Seca y cambios laterales de facies que se sitúan respectivamente en la parte superior y en la base de ambas unidades. Cómo se pueden armonizar estos dos hechos? El primero está íntimamente ligado con el desarrollo de las estructuras; el segundo depende de su posición dentro de la cuenca sedimentaria. En efecto, el carácter transgresivo de la Formación Seca se aprecia en el extremo N de la barrera de Girardot, precisamente donde las estructuras cretácicas tienden a elevarse hacia el S. Corresponde esta área a un borde de la cuenca sedimentaria. Borde que empezaba a emerger durante la sedimentación de la Formación Se-

ca, es decir que la barrera de Girardot-Guataquí empieza a comportarse como una área de tendencia positiva, carácter que mantendrá durante todo el terciario. Es en este sector, borde de la cuenca, donde se encuentran las principales discordancias y lagunas estratigráficas dentro del terciario.

Los cambios de facies quedan localizados hacia el oriente de la línea Guataquí-Honda, o sea hacia el interior de la cuenca. Lo cual está en relación con el sentido de la regresión del mar a finales de la sedimentación de las formaciones La Tabla y Cimarrona y a principios de la Formación Seca. Recordemos como en la Sabana de Bogotá el nivel denominado Arenisca La Guía de la Formación Guaduas tiene un carácter todavía marino y los carbones se han formado en una cuenca parálisis (Julivert, 1963 a) en la que la influencia continental da lugar a la existencia de episodios continentales cada vez más frecuentes y más importantes. El carácter verdaderamente continental no aparece hasta la parte media del Guaduas y por encima de la Arenisca La Guía.

Otro problema que se presenta es la localización de estos fenómenos en el tiempo. Este es más complejo por cuanto se carecen de datos cronoestratigráficos. Por otra parte se ha extendido el nombre de Guaduas desde la Sabana de Bogotá a todo el Valle Medio y Superior del Magdalena basándose en la presencia de una facies de lutitas rojas con pequeños mantos de carbón. De tal manera que el Guaduas de la Sabana de Bogotá se ha tomado como tipo y a él se han referido todos los demás. De esta manera el límite cretácico-terciario se ha situado entre las Areniscas Lajosa y Cacho y como ha señalado Julivert (1963 b, pp. 16) se trata de un límite arbitrario escogido de modo que sea fácilmente localizado dentro del diagrama esporo-polínico de Van der Hammen. Siguiendo pues, este orden de ideas todos los autores han colocado la parte inferior de la Formación Seca en contacto con la Tabla o Cimarrona (= Guadalupe) dentro del cretácico. Así el límite cretácico-terciario viene colocado dentro de la Formación Seca (= Guaduas).

La imposibilidad de correlacionar la Formación Seca con el Guaduas de la Sabana no permite situar con precisión en el tiempo, cuando se establece el carácter transgresivo de la Formación Seca y los cambios de facies hacia el oriente.

Otra discordancia aparece hacia el extremo S del sinclinal de Jerusalén-Guaduas. La Formación Hoyón que se apoya sobre la Formación Seca, disminuye gradualmente hacia el S y desaparece completamente. En los alrededores de Jerusalén la Formación San Juan de Río Seco se apoya sobre la Formación Seca. Falta pues toda la Formación Hoyón. Se trata de una laguna estratigráfica importante. Según los datos que figuran en el Mapa de Raasveldt (1956) esta laguna alcanzaría proporciones todavía más exageradas por cuanto el Miembro La Cruz (= Gualanday superior) entra en contacto con la Formación Seca; faltarían así todo el Hoyón y los Miembros Armadillos y Almácigos de la Formación San Juan de Río Seco. En conjunto desaparecerían según Raasveldt unos 1.200 m, teniendo en cuenta la sedimentación en la parte media del sinclinal. Señalamos anteriormente como en los alrededores de Jerusalén existe toda la Formación San Juan de Río Seco. Así que los únicos sedimentos ausentes corresponden a la Formación Hoyón. Van der Hammen (1958) parece que interpreta la ausencia del Hoyón como un cambio de facies ya que el Hoyón es de edad eoceno inferior y el Gualanday inferior es eoceno medio, pero donde

falta el Hoyón dice que el Gualanday inferior solo se puede datar como eoceno inferior y medio. Raasveldt (1960) considera que no existe ningún hiato en la sedimentación entre el Guaduas y la Formación La Cira, y que los conglomerados del Miembro La Cruz (= Gualanday superior) corresponden a una serie oronoclástica (*).

En la terminación meridional del sinclinal de Jerusalén-Guaduas un cambio de facies de la Formación Hoyón al Miembro Armadillos de la Formación San Juan queda descartado completamente. El Hoyón desaparece gradualmente y la base de la Formación San Juan es muy nítida y se mantiene constante, de tal manera que de N a S el Miembro Armadillos se apoya sobre niveles cada vez más antiguos. Por otra parte la composición petrográfica entre las formaciones Hoyón y San Juan de Río Seco es tan diferente que es imposible una confusión en tal sentido.

Las confusiones aparecen cuando se intenta generalizar una nomenclatura litoestratigráfica que abarque áreas separadas. Así la aplicación del nombre de la Formación Gualanday en el sinclinal de Jerusalén-Guaduas y en el área de Gualanday y Chicoral. El empleo de una misma nomenclatura prejuzga una serie de consideraciones que no siempre tienen necesidad de cumplirse. La identidad litoestratigráfica implica hasta cierto punto la existencia de condiciones de sedimentación más o menos idénticas, pero nunca prejuzga que estas condiciones se realicen en el tiempo como se ha pretendido. Son, al igual que para el Guaduas, condiciones de facies y no pueden emplearse por el momento en sentido cronoestratigráfico.

Según Téllez & Navas (1962) la Formación Gualanday es concordante con la Formación Guaduas de tal manera que la sedimentación sería continua en el área de Gualanday-Chicoral. Como ya se demostró en otro trabajo (Porta & Solé de Porta, 1962) con los datos que se poseen en la actualidad es imposible mantener la correlación cronoestratigráfica entre el área de Gualanday y el sinclinal de Jerusalén-Guaduas sostenida por Van der Hammen (1958) y Raasveldt & Carvajal (1957).

Aparte de la tectonización citada en la sección tipo de la Formación Hoyón, parece que la única discordancia neta se localiza en el extremo S del sinclinal de Jerusalén-Guaduas. La ubicación de esta discordancia en el tiempo es un problema ligado a la falta de un conocimiento de la sucesión cronoestratigráfica del terciario. La edad probablemente oligocénica de la Formación Hoyón en relación con la edad de la Formación Seca daría una mayor importancia a esta discordancia. Por el momento no es posible llevar el análisis más allá de este punto.

Sin duda el hecho más importante de esta discordancia está en su localización dentro de la cuenca. Vimos ya como esta región S del sinclinal corresponde al borde de la cuenca sedimentaria donde se manifiesta una tendencia positiva. Siendo la subsidencia inferior a la acumulación se produce hacia el S del sinclinal una disminución del espesor de los sedimentos y se llega a la formación de discordancias y lagunas estratigráficas.

(*) Raasveldt define el Orón como: «Levantamiento de una parte limitada de la corteza terrestre, que sube la roca encima del nivel del mar y la expone a la erosión. Según el tamaño los orones pueden dividirse en micro y macro-orones». Y el término oronoclástico como: «Material clástico depositado alrededor de orón que proviene de la erosión del orón mismo».

Entre el Miembro La Cruz y la Formación Santa Teresa se aprecia otra discordancia; aunque ella se manifiesta únicamente en el flanco oriental que coincide con el flanco más abrupto del sinclinal. Hacia el centro del sinclinal se pasa de una discordancia angular a una discordancia progresiva y en el flanco occidental, que es muy suave, el contacto aparece completamente normal. Raasveldt (1956) representa al N de Jerusalén la Formación Santa Teresa (= La Cira) discordante, apoyándose desde el Miembro La Cruz, a la Formación Seca e incluso sobre las liditas del cretácico.

Al S de la región estudiada, a lo largo de la línea Tocaima-Girardot, Raasveldt coloca la Formación La Cira transgresiva sobre el cretácico. A propósito de la Formación Barzalosa señalamos que por lo menos la base de la Formación La Cira de Raasveldt, en esta región debe corresponder, aplicando una nomenclatura litoestratigráfica, a la Formación San Juan de Río Seco. Raasveldt (1960) considera posteriormente que la sedimentación es continua hasta La Cira y que ...«muchas veces la serie oronoclástica (Gualanday superior) no se encuentra en contacto directo con las rocas de que proviene el material sino con las arcillas perigenéticas (*) (La Cira) que cubren discordantemente y transgresivamente el subsuelo que originó la serie oronoclástica».

Hacia el N de Guaduas Champetier & Weecksteen (1961) colocan La Cira sobre el Gualanday inferior y medio no diferenciado.

La discordancia que se observa entre Girardot-Tocaima queda situada en el borde oriental de la barrera de Girardot-Guataquí. En cuanto al N de Guaduas se desconoce si en realidad se trata verdaderamente de la Formación Santa Teresa; Champetier & Weecksteen señalan ya que la analogía con La Cira es por facies fotogeológica.

De todas maneras el sinclinal de Jerusalén-Guaduas debió empezar a elevarse hacia el final de la sedimentación de la Formación Santa Teresa, pues, en el no se depositó ya el Grupo Honda. Con todo, el cabeceo que presenta el eje del sinclinal pudo dar origen a varias discordancias de la Formación Santa Teresa en relación con los sedimentos subyacentes.

En relación con los datos esporopolínicos suministrados por la Formación Santa Teresa, ésta debe corresponder al oligoceno o quizás representa ya el mioceno (**). La elevación de esta parte de la Cordillera Oriental por la acción de la falla de Cambrás se situaría, pues, en este lapso de tiempo.

Con la Formación Santa Teresa termina la sedimentación en el sinclinal de San Juan de Río Seco. La continuidad de la sedimentación en el tiempo debe buscarse en el Valle del Magdalena con el Grupo Honda. En efecto Butler (1942) sitúa al SE de Puerto Liévano el contacto entre la Formación La Cira del techo de la «Serie» o Grupo Colorado, con el Grupo Honda, concretamente con la base del Honda o Formación Cambrás. Según el mismo autor el con-

(*) Raasveldt define el término perigenético como: «Se llaman los sedimentos que se depositan en una cuenca o en una plataforma epicontinental y que no tienen una directa relación genética con los sedimentos oronoclásticos locales».

(**) Recientemente Tabora *et al.* (1965) han asignado la Formación La Cira del Valle Medio al mioceno. Sin embargo, la presencia del horizonte de moluscos de agua dulce no es suficiente para establecer una correlación entre ambas áreas. El representa solo la presencia de unas condiciones ecológicas parecidas. Aparte de que parece que la posición estratigráfica del horizonte fosilífero no es el mismo en ambas áreas (Porta & Solé de Porta, 1962).

tacto es normal en esta localidad. Sin embargo, más al N del Valle Medio parece que existe una discordancia entre el Real y La Cira y concretamente en el Campo de La Cira Infantes falta la Formación La Cira. Volvemos de nuevo al problema de considerar si realmente las formaciones son cronoestratigráficamente correlacionables dentro del Valle Medio del Magdalena, o si al contrario las formaciones cortan la línea del tiempo. Los datos objetivos solo señalan que nos encontramos con un conjunto de discordancias ubicadas en diferentes posiciones dentro de la sucesión estratigráfica y que estas no ocupan una misma posición en relación con las unidades litoestratigráficas.

A propósito del contacto Honda-Mesa ya definimos que se trataba de un contacto normal, máximo que pudiera existir una discordancia de tipo progresivo situada en el borde de la Cordillera Central.

Julivert (1961a) ha interpretado las discordancias intraterciarias en relación con la posición que ellas ocupan dentro de la cuenca sedimentaria. Así, dentro del Valle Medio del Magdalena se han establecido una serie de sinclinales y anticlinales; mientras en las áreas sinclinales la sedimentación es interrumpida y existe concordancia, hacia los flancos de los anticlinales se pasa a una discordancia progresiva que se vuelve netamente angular en las crestas de los anticlinales donde no solo no existe sedimentación sino que hay erosión.

Una interpretación parecida se ofrece para las discordancias intraterciarias en el sector del Valle Medio. Vimos como todas las discordancias se localizaban alrededor de la barrera de Girardot-Guataquí. Fue precisamente esta área la que manifestó una tendencia a comportarse como área positiva durante todo el terciario. Es decir, que en este sentido desempeñó un papel equivalente al de la cresta de un anticlinal. En las proximidades de esta área no solamente no existía sedimentación sino que predominaban los fenómenos de erosión. Así puede explicarse la disminución del espesor de la Formación Seca en relación con las otras partes del sinclinal y también el adelgazamiento del Hoyón y su desaparición en esta región. Si admitimos la discordancia progresiva en la base de la Formación Mesa junto al borde de la Cordillera Central, nos encontramos que ésta ha desempeñado desde el cretácico el papel de un anticlinal. En este borde de la cordillera se manifiesta también el carácter transgresivo de las series terciarias más modernas sobre las rocas ígneas y metamórficas. Es precisamente hacia estas áreas positivas donde se registra una disminución en el espesor de los sedimentos.

Aunque no se puede precisar mucho parece que la laguna estratigráfica junto al extremo N de la barrera de Girardot-Guataquí fue bastante importante y pudo extenderse hasta entrado el oligoceno.

Naturalmente este es un esquema aproximado de la interpretación de las discordancias terciarias en el extremo meridional del Valle Medio. La correlación de estas discordancias con las otras regiones del Magdalena es sin duda imposible de intentar por el momento. Aún dentro de la región estudiada la falta de datos del subsuelo no permite siquiera un esbozo más profundo de la evolución de la cuenca terciaria.

MECANISMO DE LA FORMACION DE ESTRUCTURAS

Desde La Dorada hasta Guataquí no existen datos publicados indicando la es-

estructura del subsuelo. Sin embargo, hay hechos que permiten considerar que los trazos generales de las estructuras conocidas en el Valle Medio se prosiguen hasta esta región: la continuidad de los rasgos estructurales en superficie, la disposición de las unidades estructurales y la magnitud de estos rasgos tectónicos parecen indicar una continuidad de los fenómenos en el espacio y en definitiva que su mecanismo de formación sea el mismo. Debemos señalar siempre el carácter tentativo y provisional que no obstante presenta esta interpretación.

Es indudable el carácter de semifosa basculada hacia el E que presenta esta sección del Valle Medio; basculación relacionada con la falla de Cambrás que ha condicionado el aumento progresivo de sedimentos hacia el E. El zócalo basculado hacia el oriente y la falla de Cambrás imprimen el carácter asimétrico a esta semifosa.

La tectónica de cobertera viene controlada por la tectónica del zócalo que está formado por un conjunto de bloques basculados hacia el oriente. La falla de Honda, la falla de Cambrás y la falla del Alto del Trigo son fallas antiguas de zócalo que se manifiestan en la cobertera y que han jugado varias veces durante el terciario y posiblemente en diferentes sentidos. Esta división del zócalo en bloques y el distinto movimiento de las fallas permite explicar la ausencia del cretácico en el fondo de la cuenca (Olsson 1954, fig. 2; Morales *et al.* 1958, fig. 9), el poco espesor de la serie terciaria al oeste de la falla de Cambrás y la diferencia de composición petrográfica entre las formaciones Hoyón y San Juan de Río Seco. El carácter más bien maduro de las gravas y las arenas de la Formación San Juan de Río Seco (con la ausencia de rocas procedentes de la Cordillera Central) está en relación con unos aportes que no fueron suministrados por la Cordillera Central, sino que estos materiales debieron proceder de bloques cretácicos emergidos y situados entre la falla de Cambrás y la Cordillera Central. La hipótesis de Raasveldt & Carvajal (1957) sobre el levantamiento y la erosión prácticamente continua del bloque situado al occidente de la falla de Cambrás y formado en parte por la Cordillera Central es incompatible con la composición litológica de la Formación San Juan de Río Seco. No es posible que una sedimentación tan próxima a la Cordillera diera lugar a unos sedimentos con un grado de madurez relativamente tan elevado. La presencia de cantos de conglomerado de la Formación Cimarrona y La Tabla y el gran número de cantos de porcelanitas indican una procedencia a partir de las rocas sedimentarias que corresponden al cretácico. Evidentemente la barrera de Girardot-Guataquí y el borde W de la Cordillera Oriental debieron contribuir en gran manera en el suministro de clásticos durante la sedimentación de la Formación San Juan de Río Seco. Ya bien adelantada la sedimentación de la Formación Santa Teresa, el Valle del Magdalena debió adquirir el significado definitivo de semifosa que perdurará durante todo el Honda. Es en este momento cuando el bloque que forma ahora el sinclinal de Jerusalén-Guaduas se elevó, quedando prácticamente interrumpida la sedimentación. Mientras que al W de la falla de Cambrás se iban acumulando los sedimentos del Honda cuya fuente principal se encontraba en las rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central, en la que debían encontrarse también franjas de rocas sedimentarias antiguas, como lo testimonian la abundancia de cherts rojos que ya se encuentran en la Formación Hoyón, pero que no aparecen en la Formación San Juan de Río Seco.