

Geología del extremo S del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí (Colombia)

J. DE PORTA (*)

RESUMEN.-En este trabajo se estudia la región del extremo S del Valle Medio del Magdalena comprendida entre las poblaciones de Honda y Guataquí. El límite entre el Valle Medio y el Valle Superior del Magdalena se desplaza desde Honda-La Dorada, donde se venía colocando normalmente, hasta la línea de Guataquí-Piedras. La posición del nuevo límite entre las dos secciones del Valle del Magdalena viene determinada estructural y geográficamente. Estructuralmente, por la falla de Cambrás que al mismo tiempo sirve de límite oriental y en Guataquí cruza el río Magdalena para perderse bajo el cono de Ibagué. Geográficamente la barrera cretácica de Girardot-Guataquí representa una pequeña ramificación de la Cordillera Oriental, que tomando una dirección netamente NE-SW va a chocar contra la Cordillera Central. Estratigráficamente los sedimentos más importantes, tanto por su extensión geográfica como por su espesor, son terciarios aunque en el extremo oriental y septentrional de la región estudiada aparecen depósitos cretácicos ligados estructuralmente a esta sección del Valle del Magdalena. Dentro del cretácico es preciso señalar por sus características dos áreas: la barrera de Girardot-Guataquí y la región de Honda-La Paz. En el extremo N de la barrera de Girardot-Guataquí el cretácico no se presenta completo por la existencia de la falla de Cambrás. Se puede dividir el cretácico en las siguientes unidades litoestratigráficas, de abajo hacia arriba: Formación Hondita, Formación Loma Gorda, Grupo Olini, Nivel de Lutitas y Arenas y Formación La Tabla. La Formación Hondita consta de calizas arenosas alternando con shales que contienen ya algunos nódulos calcáreos interestratificados; tiene una potencia visible de 90 m. En la Formación Loma Gorda predominan las lutitas y shales con grandes nódulos calcáreos (144 m). El Grupo Olini se puede subdividir en Lidita Inferior (30 m). Nivel de Lutitas (65 m) y Lidita Superior (30 m). Los nombres de Lidita Inferior y Lidita Superior son nombres litoestratigráficos y no aluden al carácter petrográfico de los sedimentos por cuanto éstos corresponden a porcelanitas y cherts carbonáceos y no a verdaderas liditas. Sigue después el Nivel de Lutitas y Arenas (75 m). El cretácico termina aquí con la Formación La Tabla formada por gravas y conglomerados cuarzosos con cemento ferruginoso y calcáreo (192 m). La edad de esta serie estratigráfica abarca desde el turoniense al maastrichtiense sin que con los datos paleontológicos que se poseen en la actualidad se puedan establecer divisiones cronoestratigráficas precisas. Los otros sedimentos cretácicos están situados al N de la región estudiada y tienen un espesor de 430 m. En conjunto se trata de unos depósitos fuertemente detríticos conocidos con el nombre de Formación Cimarrona. Se pueden dividir, de abajo hacia arriba, en las siguientes unidades: Miembro La Fría formado por gravas y conglomerados ortocuarcíticos que alternan con areniscas de tipo subgrauvacas, con predominio del cemento ferruginoso sobre el calcáreo (157 m); Nivel de Arenitas y Lutitas, en el las arenitas presentan un cemento ferruginoso en la base que pasa a calcáreo hacia el techo (127 m); Miembro Zaragoza con lutitas grises e intercalaciones de ortocuarcitas con cemento calcáreo (70 m); Miembro La

(*) Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga

Primavera que consta de gravas y conglomerados ortocuarcíticos que alternan con ortocuarcitas. Hacia el techo del miembro aumenta la proporción de cemento calizo y se pasa a un banco de caliza (70 m). Dentro de la Formación Cimarrona se cita por primera vez una microfauna representada principalmente por los géneros: *Gümbelina*, *Globotruncana*, *Rugoglobigerina*, *Globigerinella* y *Siphogenerinoides* junto con ostrácodos. Esta fauna se encuentra en los bancos de lutitas del Miembro La Fría y en las lutitas del Miembro Zaragoza. Este último contiene hacia el techo una fauna de moluscos. La fauna de la Formación Cimarrona corresponde al mastrichtense sin que se puedan establecer divisiones de orden menor. Encima de la Formación Cimarrona y de la Formación La Tabla se encuentra la Formación Seca que consta de lutitas rojas alternando con niveles de arenitas. En la base de la formación las arenitas son ortocuarcitas mientras que en la mitad superior corresponden a verdaderas arcosas. Dentro de la Formación Seca tiene lugar el cambio de las condiciones marinas a las condiciones de tipo continental. En el extremo meridional la Formación Seca descansa a veces discordante sobre la Formación La Tabla y consta principalmente de lutitas rojas que contienen pequeños mantos de carbón y algunas capas de areniscas. La aparición de carbón tiene lugar en el techo de la Formación La Tabla, de tal manera que existe una variación de las facies al final del cretácico entre el área de la Sabana de Bogotá y el Valle del Magdalena. La correlación entre el cretácico de la región de Honda-La Paz y la región de Piedras-La Tabla- Jerusalén es difícil de establecer en detalle: se puede correlacionar en líneas generales la Formación Cimarrona con la Formación La Tabla. De la misma manera que la Formación Seca debe ser aproximadamente de igual edad en ambas áreas pero los cambios de facies citados y la presencia de discordancias indican mas bien que la base de la Formación Seca no sea sincrónica en ambas regiones. El límite-cretácico-terciario se coloca tentativamente dentro de la Formación Seca aunque la falta de fósiles no permite ninguna precisión. Al final del cretácico se establece en toda la región estudiada una regresión marina que dá paso al desarrollo de cuencas de tipo parálico para finalmente pasar a unas condiciones de sedimentación típicamente continentales que perdurarán durante todo el terciario y pleistoceno. Los depósitos terciarios se encuentran distribuidos en dos áreas: una el Valle del Magdalena propiamente dicho, el cual está ocupado por el terciario más moderno, otra al oriente del Magdalena que corresponde al sinclinal de Jerusalén-Guaduas formado por el terciario inferior. En el sinclinal de Jerusalén-Guaduas se pueden establecer dos secciones típicas: la carretera de Honda-Guaduas y la carretera de Cambao-San Juan de Río Seco. En esta parte del terciario se distinguen, de abajo hacia arriba, las siguientes formaciones litoestratigráficas: Formación Hoyón, Formación San Juan de Río Seco y Formación Santa Teresa. La Formación Hoyón descansa sobre la Formación Seca y el contacto entre ambas formaciones está generalmente mecanizado. Dentro de la Formación Hoyón se pueden establecer varios miembros. El más inferior corresponde al Miembro Cambao formado por bancos de gravas y arenas arcósicas que alternan con niveles de lutitas; su espesor es de 164-200 m. El Nivel de lutitas contiene también intercalaciones de areniscas y su potencia oscila entre los 107 m y 130 m. El Miembro Aguasclaras con su espesor de 147 m consta de gravas arenosas y arenas con intercalaciones de lutitas aunque estas son menos numerosas e importantes que en el Miembro Cambao. Finalmente el Miembro Capira está representado por una masa de gravas casi sin estratificación. En toda la Formación Hoyón domina la proporción de rocas metamórficas sobre las rocas de tipo sedimentario lo cual indica que la fuente de estos sedimentos debía encontrarse en la Cordillera Central. Dentro del sinclinal de Jerusalén-Guaduas la Formación Hoyón presenta pocas variaciones laterales. Hacia Jerusalén los dos flancos del sinclinal pierden gradualmente su espesor y al llegar a la altura de Jerusalén la Formación Hoyón ha desaparecido por completo. Los distintos miembros de la formación se adelgazan gradualmente dando lugar a que se manifiesten dentro de la misma formación discordancias de tipo local. La edad de la Formación Hoyón de acuerdo con su asociación esporopolínica es oligocénica. Sin embargo esta edad plantea nuevos problemas cronoestratigráficos. Por encima de la Formación Hoyón se encuentra la Formación San Juan de Río Seco que se puede dividir en tres miembros: en la base el Miembro Armadillo con un espesor de 235 m formado por una masa de gravas, conglomerados con cantos de cuarzo y chert, con pequeñas intercalaciones de areniscas; tanto las areniscas como los conglomerados presentan cemento ferruginoso. El Miembro Almácigos presenta un carácter detrítico mas fino en relación con el miembro inferior. En él se pueden a su vez distinguir tres niveles litológicamente bastante nítidos: un nivel basal predominantemente formado por lutitas rojas con algunas intercalaciones de areniscas (84 m), un nivel medio de areniscas con intercalaciones de lutitas que destaca morfológicamente (173 m), y un nivel superior de lutitas (42 m) El Miembro de La Cruz corresponde al techo de la Formación San Juan de Río Seco. En la base predominan las arenas alternando con lutitas; mientras que en la parte alta predominan las arenas y las

gravas. En cuanto a la composición petrográfica de la Formación San Juan de Río Seco se puede concluir que las arenas son de tipo subgrauvaca, mientras que los conglomerados y gravas son de naturaleza oligomíctica.

Dentro del sinclinal de Jerusalén-Guaduas la sedimentación termina con la Formación Santa Teresa. El contacto con la Formación San Juan de Río Seco es normal, pero hacia el flanco oriental del sinclinal existe una discordancia progresiva. Litológicamente la Formación Santa Teresa consta de lutitas rojas con algunas intercalaciones de areniscas. Dentro de la Formación Santa Teresa aparecen dos niveles fosilíferos: en la base un horizonte de moluscos con *Corbula sp.* que puede llegar a formar una lumaquela. Hacia el techo se encuentra otro horizonte de moluscos con *Anodontites laciranus*, *Diplodon oponcitonis*, *Hemisinus waringi*, etc. El conjunto esporopolínico determina la existencia del oligoceno sin mayor precisión. Dentro de la región propia del Valle del Magdalena los depósitos terciarios corresponden a las unidades litoestratigráficas denominadas Honda y Mesa. Se adapta aquí la categoría de grupo para el Honda y se divide en tres formaciones: Formación Cambrás (= Honda no Andesítico), que no aflora en la región estudiada, caracterizada por depósitos detríticos de gravas, arenas e intercalaciones lutíticas, sin la presencia de cantos de rocas efusivas; Formación San Antonio (= Honda Andesítico) con arenas y gravas que contienen entre otros cantos de rocas efusivas; por último la Formación Los Limones que consta de lutitas rojas que alternan con arenas rojas. La Formación San Antonio puede dividirse en tres miembros perfectamente separables por sus diferencias estratigráficas y por las variaciones que presentan las proporciones de los cantos entre las rocas intrusivas, metamórficas, sedimentarias y efusivas. Miembro Flor Colorada caracterizado por una alternancia de arenas arcósicas, gravas petromícticas, con una pequeña proporción de rocas efusivas, y bancos de lutitas (422 m); Miembro Los Cocos con bancos de gravas petromícticas y predominio de los cantos de rocas sedimentarias (271 m); Miembro La Ceibita que presenta clásticos gruesos en la base y más finos hacia el techo. En la parte superior del miembro tiene lugar un aumento súbito de la proporción de rocas efusivas que desaparecen bruscamente en contacto con la Formación Los Limones. Los sedimentos del Honda que se encuentran al occidente de la falla de Honda se interpretan, por su composición petrográfica, como pertenecientes, al menos en parte, al Miembro La Ceibita. En el área estudiada no existen datos paleontológicos que permitan definir claramente la edad del Honda, la cual siempre se ha considerado como miocénica por su posición estratigráfica y por la presencia de una fauna de Vertebrados hallada en varias localidades situadas en el Valle Superior del Magdalena. La deducción de la edad del Honda a partir de estos datos ocasiona grandes confusiones, en parte inherentes a la extensión excesiva de los nombres litoestratigráficos, en la correlación de las unidades litoestratigráficas, dando lugar a que estas crucen la línea del tiempo en todos los sentidos y no en sentido paralelo como sería lógico. La Formación Mesa ocupa una gran parte del Valle del Magdalena entre La Dorada y Cambao. Consta de una sucesión de 350 m de gravas de rocas efusivas y arenas tobáceas. En ella se pueden distinguir tres miembros que de abajo hacia arriba son: Miembro Palmas, Miembro Bernal y Miembro Lumbí. En el Miembro Palmas se han descubierto varios yacimientos de plantas. La Formación Mesa queda localizada al occidente de la falla de Honda y su sedimentación está ligada a este accidente. El contacto con el Honda subyacente es normal o quizás puede llegar a una discordancia de tipo progresivo. Estos hechos permiten plantear la hipótesis de que la Formación Mesa represente una facies local del Honda y sea equivalente en parte al miembro La Ceibita y a la Formación de Los Limones. En el sector meridional del Valle Medio del Magdalena se desarrollaron probablemente durante el cuaternario varios conos originados en el borde de la Cordillera Central, cuya relación con las terrazas del Río Magdalena es por el momento difícil de establecer. Desde el punto de vista tectónico, se distinguen claramente dos unidades: el Valle Medio del Magdalena propiamente dicho y la zona marginal que lo limita por el oriente y por el Sur. Estructuralmente el Valle Medio del Magdalena corresponde en su totalidad a una semifosa basculada hacia el oriente donde queda limitada en toda su extensión por una falla: Al Norte por la falla inversa de la Salina, al Sur por la falla inversa de Cambrás. Este accidente estructural es el responsable de la acumulación del máximo espesor de sedimentos en el oriente, mientras que hacia el occidente se adelgazan considerablemente y son transgresivos sobre la Cordillera Central. En el límite oriental del Valle Medio del Magdalena se desarrollan varias fallas de tipo inverso paralelas a la falla de Cambrás. En el extremo meridional del propio Valle Medio del Magdalena el accidente más importante es la falla de Honda que se extiende desde las proximidades de Cambao hasta más al N de La Dorada. Esta falla cuyo salto aumenta regularmente de S a N, ha jugado simultáneamente con la sedimentación de la Formación

Mesa y actuado como un umbral limitando los depósitos de la Formación Mesa al oriente de la falla. Al oriente del Valle Medio del Magdalena se desarrolla un sinclinal, con una dirección general N-S o ligeramente NE-SW, mas bien estrecho, asimétrico, con el eje desplazado hacia el flanco oriental que en líneas generales corresponde al flanco abrupto. Este sinclinal viene limitado por dos fallas: al occidente la falla de Cambrás y al oriente la falla del Alto del Trigo. Esta estructura simple que se desarrolla dentro de los depósitos terciarios se enfrenta por el Sur con una estructura más compleja que afecta a la barrera de Girardot-Guataquí y que interesa solamente a los sedimentos cretácicos. La barrera de Girardot-Guataquí debe interpretarse como un espolón, litológicamente y genéticamente ligado a la Cordillera Oriental, que tuerce hacia el S cruzando el Río Magdalena y chocando contra la Cordillera Central, señalando al mismo tiempo el límite entre el Valle Medio y el Valle Superior del Magdalena. En la barrera de Girardot-Guataquí predomina una tectónica de pliegues apretados cuyos ejes se hunden hacia el N bajo el terciario. En general todos los anticlinales son asimétricos y sus flancos occidentales suelen ser los más abruptos, aunque a veces este carácter puede estar enmascarado por complicaciones tectónicas y locales. Si bien no existen datos publicados del subsuelo de esta sección del Valle Medio, la disposición de las unidades estructurales, su magnitud y su continuidad en superficie parecen señalar que existe una prolongación de la tectónica del subsuelo a todo lo largo del Valle Medio. La tectónica que se observa en la cobertera está controlada por la tectónica del zócalo el cual está fragmentado en bloques hundidos hacia el oriente. Los grandes rasgos tectónicos como la falla de Cambrás, la falla del Alto del Trigo y la falla de Honda corresponden a antiguas fallas del zócalo que se manifiestan en superficie. Los flancos abruptos de los anticlinales con sus complicaciones tectónicas son consecuencia de una adaptación de la cobertera a la tectónica impuesta por el zócalo.

RESUME. — On fait l'étude de la région comprise entre Honda et Guataquí qui constitue l'extrémité Sud de la Vallée Moyenne du Magdalena. On déplace la limite entre la Vallée Moyenne et la Vallée Supérieure du Magdalena depuis Honda - La Dorada (ou on la plaçait d'habitude) jusqu'à la ligne constituée par Guataquí-Piedras. La position de cette nouvelle limite entre les deux secteurs de la Vallée du Magdalena vient déterminée du point de vue structurale et géographique. Structuralement par la faille de Cambrás, qui au même temps constitue sa limite orientale. Géographiquement la barrière crétacée de Girardot-Guataquí représente un petit embranchement de la Chaîne Orientale qui va se heurter contre la Chaîne Centrale. Du point de vue stratigraphique les sédiments les plus importants appartiennent au Tertiaire malgré qu'à l'extrémité orientale et septentrionale de la région étudiée affleurent des dépôts du crétacé. D'après ses caractéristiques, il faut signaler deux aires dans le crétacé: la barrière de Girardot-Guataquí et la région d'Honda-La Paz. A l'extrémité Nord de la barrière de Girardot-Guataquí le crétacé ne s'observe pas complet du à l'existence de la faille de Cambrás. On peut diviser le crétacé dans les unités lithostratigraphiques suivantes, de bas en haut: Formation Hondita, Formation Loma Gorda, Groupe Oliní, Niveau de Lutites et Arénites et Formation La Tabla. La Formation Hondita comprend des calcaires gréseux alternant avec des shales contenant déjà quelques nodules calcaires interstratifiés (épaisseur visible 90 m). La Formation Loma Gorda est constituée par une prédominance de lutites et shales a grands nodules calcaires (144 m). Le Groupe Oliní comprend les termes suivants: Lydienne Inférieure (30 m), Niveau de Lutites (65 m) et Lydienne Supérieure (60 m). Lydienne Inférieure et Supérieure sont des termes lithostratigraphiques et ne font pas allusion au caractère pétrographique des sédiments, qui correspondent à des porcelanites et des cherts carbonnés et non a des vraies lydiennes. Au-dessus vient le Niveau de Lutites et Arénites (75 m). Le crétacé de cette région se termine par les graviers et conglomérats quartzeux, a ciment ferrugineux et calcaire, appartenant a la Formation La Tabla. L'âge de cette série est compris entre le Turonien et le Maestrichtien sans que les données paléontologiques fournis jusqu'à présent permettent d'établir des divisions chronostratigraphiques beaucoup plus précises. D'autres sédiments crétacés affleurent au Nord de la région étudiée atteignant une épaisseur de 430 m. Dans son ensemble, il s'agit de dépôts assez détritiques connus sous le nom de Formation Cimarrona. On peut subdiviser cette formation, de bas en haut, dans les unités suivantes: a) Membre La Fria, constitué par des graviers et conglomérats orthoquartzitiques alternant avec des grés du type subgrauwacke avec prédominance du ciment ferrugineux sur le ciment calcaire (157 m); b) Niveau des Arénites et Lutites, les arénites ont a la base un ciment ferrugineux et vers le sommet il devient calcaire (127 m); c) Membre Zaragoza avec des lutites grises et des intercalations d'orthoquartzites a ciment calcaire (70 m); d) Membre La Primavera constitué par des graviers et conglomérats du type orthoquartzite alternant avec des orthoquartzites. Vers le sommet augmente la proportion du ciment calcaire jusqu'à consti-

tuer des vrais calcaires (70 m). On cite pour la première fois dans la Formation Cimarrona une microfaune constituée principalement par les genres suivants: *Gümbelina*, *Globotruncana*, *Rugoglobigerina*, *Globigerinella* et *Siphogenerinoides* ainsi que des ostracodes. Cette faune a été fournie par les lutites du Membre La Fria et du Membre Zaragoza. Ce dernier contient aussi vers le sommet une faune de Mollusques. La faune de la Formation Cimarrona correspond au Maestrichtien sans qu'on puisse établir des divisions d'ordre mineur. La Formation Cimarrona et La Tabla sont surmontées par la Formation Seca constituée par des lutites rouges alternant avec des gres; a la base de la formation les gres sont orthoquartzeux tandis que vers la moitié supérieure correspondent a des arkoses. C'est dans la Formation Seca que le passage des conditions marines aux conditions continentales a eu lieu. A l'extrémité méridionale la Formation Seca repose parfois en discordance sur la Formation La Tabla et comprend principalement des lutites rouges avec des intercalations des lits de charbon. L'apparition de charbon a lieu au sommet de la Formation La Tabla, pourtant il existe un changement de facies a la fin du crétacé entre la région de la Sabana de Bogotá et celle de la Vallée du Magdalena. La corrélation du crétacé de la région Honda-La Paz avec celui de la région Piedras-La Tabla-Jerusalem est difficile a établir en détail; en général on peut mettre en corrélation la Formation Cimarrona avec la Formation La Tabla. La Formation Seca doit etre du meme age dans les deux aires mais les changements de facies indiqués ainsi que l'existence de discordances indiquent plutot que la base de la Formation Seca ne soit pas synchronique dans les deux régions. A la fin du crétacé s'établit dans toute la région étudiée, une régression marine donnant lieu au development de bassins de type paralic pour aboutir finalement a des conditions de sédimentation typiquement continentales qui auraient subsisté pendant tout le Tertiaire et Pleistocene. Les dépôts tertiaires se trouvent distribués dans deux aires: a) dans la Vallée du Magdalena, comprenant les dépôts tertiaires le plus modernes; b) dans le synclinal de Jerusalén-Guaduas, constitué par le Tertiaire inférieur. On peut établir deux coupes typiques dans le synclinal de Jerusalén-Guaduas; celle affleurant le long de la route Honda-Guaduas et celle le long de la route Cambao-San Juan de Río Seco. Dans cette région le Tertiaire comprend, de bas en haut, les formations lithostratigraphiques suivantes: Formation Hoyón, Formation San Juan de Río Seco et Formation Santa Teresa. La Formation Seca est surmontée par la Formation Hoyón bien que le contact soit souvent mécanique. La Formation Hoyón comprend plusieurs membres: le plus inférieur correspond au Membre Cambao constitué par des graviers et gres arkosiques alternant avec des niveaux de lutites (164-200 m). Au-dessus le Niveau de Lutites comprenant en plus des lutites des intercalations de gres (107-130 m). Au-dessus le Membre Aguas Claras constitué par des graviers sableux et moins importantes que dans le Membre Cambao (147 m). Finalement le Membre Capira représenté par un ensemble de graviers sans stratifier. Dans toute la Formation Hoyón les galets a roches métamorphiques predominant sur les galets a roches sédimentaires, ce qui fait penser que ces sédiments proviendraient de la Chaîne Centrale. La Formation Hoyón d'accord avec son association sporopollinique appartient a l'Oligocene. Cependant cet age pose des nouveaux problemes chronostratigraphiques. Surmontant la Formation Hoyón se trouve la Formation San Juan de Río Seco qu'on peut diviser en trois membres.

1) A la base le Membre Armadillos constitué par un ensemble de graviers conglomérats a galets de quartz et chert, ainsi que des minces intercalations de gres; le ciment des conglomérats et des gres est toujours ferrugineux (235 m). 2) Le Membre Almácigos a un caractere détritique plus fin par rapport au membre inférieur. Ce membre présent trois niveaux lithologiques assez différenciés: a) a la base un niveau de lutites rouges avec des intercalations de gres, (84 m); b) un niveau moyen de gres avec des intercalations de lutites (173 m); c) un niveau supérieur de lutites (42 m). 3) Le Membre de La Cruz est constitué a la base par une prédominance de sables alternant avec des lutites tandis que vers le sommet prédominent les sables et graviers. Du point de vue pétrographique on peut conclure que la Formation San Juan de Río Seco vient caractérisée par des sables du type subgrauwacke tandis que les conglomérats et graviers sont quartzeux. Dans le synclinal de Jerusalén-Guaduas la sédimentation fini avec la Formation Santa Teresa comprenant des lutites rouges avec des intercalations de gres. Le contact avec la Formation San Juan de Río Seco est normal mais dans le flanc Est du synclinal il existe une discordance progressive. Dans la Formation Santa Teresa on y distingue deux niveaux fossiliferes: a la base un horizon a Mollusques avec *Corbula* sp., qui peuvent arriver a constituer une lumachelle; vers le sommet un autre horizon a Mollusques avec *Anodontites laciranus*, *Diplodon oponcitonis*, *Hemisinus waringi*, etc. L'ensemble sporopollinique détermine l'existence de l'Oligocene sans plus de précisions. Dans la région de la Vallée du Magdalena les dépôts tertiaires correspondent aux unités lithostratigraphiques nommées Honda et Mesa. On admet dans cette étude

le rang de Groupe pour l' Honda et il est divisé en trois formations; 1) Formation Cambrás (Honda non Andésitique) n' affleurant pas dans cette région étudiée et caractérisée par des dépôts détritiques, graviers, sables et des intercalations de lutites, mais sans la présence de galets a roches effusives.

2) Formación San Antonio (Honda Andésitique) a sables et graviers contenant parmi d'autres des galets a roches effusives; 2) Finalment la Formation Los Limones, alternance de lutites rouges avec des sables rouges. La Formation San Antonio est divisée en trois membres; a) Membre Flor Colorada, alternance de sables arkosiques, graviers polygéniques avec une faible proportion de roches effusives, et des lutites (422 m); b) Membre los Cocos avec des graviers polygéniques ou les galets a roches sédimentaires sont en majorité (271/m); c) Membre La Ceibita a elements détritiques plus grossiers a la base et plus fins vers le sommet. La proportion de roches effusives augmente rapidement vers la partie supérieure du membre pour disparaître brusquement au contact avec la Formation Los Limones. D'après leur composition pétrographique on interprète les sédiments de l' Honda, qui affleurent a l'occident de la faille d' Honda, comme appartenant, au moins en partie, au Membre La Ceibita. Dans l' aire étudié il n' existe pas des données paléontologiques permettant de dater avec précision l' age de l' Honda, qu' on a toujours attribué au Miocène d'après sa position stratigraphique ainsi que d'après l' existence d' une faune de Vertébrés trouvés dans plusieurs localites de la Vallée Supérieure du Magdalena. Cependant cette formation considérée dans une extension aussi large peut être métachronique. La Formación Mesa affleure dans une grande partie de la Vallée du Magdalena, entre la Dorada et Cambao. Cette formation comprend 350 m de graviers a roches effusives ainsi que des arenites pyroclastiques, elle est divisée en trois membres: Membre Palmas l' inférieur; Membre Bernal le moyen et Membre Lumbí le supérieur. Le Membre Palmas a fourni plusieurs gisements de plantes. La formation Mesa se trouve a l'occident de la faille de Honda et sa sédimentation est liée a cet accident. Le contact avec l' Honda est normal ou peut être il peut arriver a constituer une discordance progressive. Tous ces faits permettent de poser une hypothese: La Formation Mesa represente un facies local de l' Honda et elle est l' équivalent, en partie du Membre La Ceibita et de la Formation Los Limones. Dans le secteur méridional de la Vallée Moyenne du Magdalena se sont développés probablement pendant le Quaternaire, plusieurs cones sur le bord de la Chaîne Centrale dont les rapports avec les terrasses du fleuve Magdalena sont pour l' instant difficiles a établir. Du point de vue tectonique on peut distinguer deux unités: La Vallée Moyenne du Magdalena et la Zone marginale limitant cette Vallée vers l' orient et vers le sud. Structuralement la Vallée Moyenne du Magdalena correspond dans sa totalité a une semi-fosée basculée vers l' Est ou elle est limitée par une faille: au Nord par la faille inverse de La Salina, au Sud par la faille inverse de Cambrás. Cet accident structural est le responsable de l' accumulation de l' épaisseur maximum des sédiments vers l' Est, tandis que vers l' Ouest l' épaisseur des sédiments s' amincit considerablement et ils se présentent transgressifs sur la Chaîne Centrale. Dans la limite de la Vallée du Magdalena se sont développés plusieurs failles inverses paralleles a la faille de Cambrás. L' accident le plus important de l' extrémité méridionale de la Vallée Moyenne du Magdalena est la faille d' Honda laquelle s' étend depuis le voisinage de Cambao jusqu' a plus au Nord de La Dorada. Cette faille, dont le rejet augmente regulièrement du Sud vers le Nord, a joué conjointement: determinant la sédimentation de la Formation Mesa et agissant comme seuil et pourtant limitant les dépôts de la Formation Mesa a l' Est de la Faille. A l' Est de la Vallée moyenne du Magdalena il existe un synclinal serré et asymétrique de direction générale N-S. Ce synclinal vient limité par deux failles. A l' Ouest par la faille de Cambrás et a l' Est par la faille du Alto del Trigo. Vers le Sud ce synclinal s' oppose a la barriere de Girardot-Guataquí constituée par un ensemble de plis serrés et asymétriques avec les flancs occidentaux plus abruptes et développés sus les sédiments crétacés. La barriere de Girardot-Guataquí est liée a la Chaîne Orientale dont certaines structures passent au delà du fleuve Magdalena. Malgré l' inexistence de données publiés du sous-sol dans cette succession de la Vallée Moyenne, cependant la disposition des unités structurales, leur magnitude ainsi que leur continuité permettent d' envisager que la tectonique qu' on observe dans la couverture est controlée par la tectonique du socle, constitué par des blocs enfocés vers l' Est. Les grands accidents tectoniques (faille de Cambrás, faille du Alto del Trigo et faille d' Honda) correspondent a des anciennes failles du socle. Les flancs abruptes des anticlinaux avec ses complexités tectoniques sont la consequence d' une adaptacion de la couverture a la tectonique imposé par le socle.

ABSTRACT.—The new structural and geographical limits between the Middle and Upper Valley of the Magdalena River has been relocated in the Guataqui-Piedras line in

this study of the southern edge of the Middle Valley of the Magdalena. The former limit was set at the Honda-La Dorada line. This boundary is structurally defined by the Cambrás fault which is at the same time the eastern limit. The Cambrás fault crosses the Magdalena River at Guataquí and disappears under the Ibagué alluvial fan. The cretaceous ridge of Girardot-Guataquí is a minor branch of the Eastern Cordillera that striking NE-SW meets the Central Cordillera. The sediments are mostly of Tertiary age. Some cretaceous rocks structurally connected to this section of the Magdalena Valley show in the northern and western borders. Within the area occupied by cretaceous rocks we have found two different areas. The Girardot-Guataquí barrier and the Honda-La Paz region. In the northern edge of the Girardot-Guataquí area, some cretaceous units are missing due to the Cambrás fault. The cretaceous series comprises the following formations, down up: Hondita Formation, Loma Gorda Formation, Olini Group, Lutite and Sand Level and La Tabla Formation. The Hondita Formation is composed of an alternance of sandy limestone and shales with some calcareous nodules. Its approximate thickness is 90 m. In the Loma Gorda Formation there is a predominance of lutites and shales with big calcareous nodules (144 m). The Olini Group can be subdivided in Lower Lidite (30 m), Lutite Level (65 m) and Upper Lidite (60 m). These are lithostratigraphic names and do not refer to the petrographic character of the sediments because the Lower and Upper Lidite are made up of porcellanites and carbonaceous cherts, but not true lidites. The Olini Group is overlid by the Lutite and Sand Level (75 m). At the top of the Cretaceous series is the La Tabla Formation composed of gravel and siliceous conglomerates whit iron and calcite cement (192 m). These formations range from Turonian to Maestrichtian without possibility of precision in the chronostratigraphical subdivision due to lack of paleontological data. The rest of the cretaceous sediments lie in the northern part of the studied region. It is a 430 m thick detrital succession known as Cimarrona Formation. This unit can be divided into the following parts: La Fria Member, made up of gravel and siliceous conglomerates in alternance with iron cemented subgraywackes (157 m); Arenites and Lutites Level with iron cement at the base that becomes more calcareous to the top (127 m); The Zaragoza Member with gray lutites and interlayered orthoquartzites with calcareous cement (70 m). La Primavera Member made up of gravel and siliceous conglomerates in alternance with orthoquartzites. To the top there is an increase of calcareous cement and it grades up to a limestone bed (70 m). In the Cimarrona Formation a microfauna has been described for the first time. The main constituents are the genera: *Gümbelina*, *Globotruncana*, *Rugoglobigerinella* and *Siphogenerinoides* accompanied by ostracodes. This fauna is found in the lutite beds of La Fria Member and Zaragoza Member. The latter contains a molluscan fauna near the top. The fauna of the Cimarrona Formation belongs to the Maestrichtian without possibility of establishing minor subdivisions. Overlying the Cimarrona and La Tabla formations is the Seca Formation made up of an alternance of red lutites and arenites. At the base of this formation, the arenites are orthoquartzites while in the upper part change to true arkoses. A shift from marine to continental environment of deposition takes place within this formation. In the northern edge, the Seca Formation unconformably overlies the La Tabla Formation and is mainly composed of red lutites with thin coal seams and sandstone beds. The coal layers are at the top of the La Tabla Formation and this shows a facies change at the end of the cretaceous period between the Sabana of Bogotá and the Magdalena Valley. The correlation between the cretaceous of Honda-La Paz and Piedras-La Tabla-Jerusalén is difficult to establish in detail. There is a possibility of approximately correlating the Cimarrona and La Tabla formations. The Seca Formations must have the same age at both places but the facies changes and the presence of unconformities indicates that the base of the Seca Formation is not synchronous at both places. The cretaceous Tertiary boundary is tentatively placed within the Seca Formation although the lack of fossils reduces the accuracy of this limit. Towards the end of the cretaceous a widespread marine regression took place and developed paralic basins that finally changed to continental environment. This prevailed until the pleistocene. The tertiary deposits are distributed in two main areas: The younger ones in the Magdalena Valley and the older sediments in the Jerusalen-Guaduas syncline to the east of the Magdalena. In the Jerusalen-Guaduas syncline, two typical sections have been established, one in the Honda-Guaduas road and the other in the Cambao-San Juan de Rio Seco road. The formations described are: Hoyon Formation, San Juan de Rio Seco Formation and Santa Teresa Formation. The Hoyon Formation overlies the Seca Formation and the contact surface is generally mechanical. In the Hoyon Formation we distinguish the following members: The lowest one is the Cambao Member made up of gravel and arkosic sands in alternance with lutite beds (164-200 m). The Lutite Level that has also interlayered sandstone (107-170 m). The Aguas Claras Member is 147 m thick and as sandy gravels and

sands with interlayered lutites although these are less important than in the Cambao Member. Finally, the Capira Member is represented by a mass of gravel lacking stratification. In the Hoyón Formation most of the clastic elements come from a metamorphic source which indicates the source area to be the Central Cordillera. In the Jerusalén-Guaduas syncline, the Hoyón Formation shows few lateral changes. Towards Jerusalén, both flanks of the anticline decrease in thickness and the Hoyón Formation disappears near this town. The different members become gradually thinner showing local unconformities within the same formation. The Hoyón Formation is oligocene according to the spore-pollen association found. Its age however brings about new stratigraphical problems. Overlying the Hoyón Formation is the San Juan de Río Seco Formation divides into three members: Armadillo Member (235 m) made up of gravel and siliceous conglomerates with thin interlayerings of sandstones; both, sandstones and conglomerates have iron cemen. Almacigos Member that shows a finer detrital character and has three lithological uniform levels. The basal level is made up of red lutites with interlayered sandstones (84 m), the middle one of sandstone with interlayered lutites (173 m) and the upper level of lutites (42 m). The La Cruz Member belongs to the top of the San Juan de Río Seco Formation. The lower part is made up of alternating sands and lutites while in the upper part, the gravels and sands predominate. With regard to the petrography of the San Juan de Río Seco Formation we can conclude that the sands are of subgraywacke type while the conglomerates and gravels are of oligomictic nature. In the Jerusalén-Guaduas syncline sedimentation ends with the Santa Teresa Formation. This formation shows a progressive unconformity in the eastern flank of the syncline with the San Juan de Río Seco Formation. The Santa Teresa Formation is composed of red lutites with some sandstone beds. There are two fossiliferous levels. At the base a horizon with molluscs (*Corbula*, sp.) that forms almost a coquina. At the top there is another horizon with *Anodontites laciranus*, *Diplodon opancitonis*, *Hemisinus waringi*, etc. The spore-pollen association shows the existence of the Oligocene without more precision. Within the Magdalena Valley region, the tertiary deposits correspond to the lithostratigraphic units called Honda and Mesa. We describe the Honda unit as a Group and divide it into three formations: The Cambras Formation (Non Andesitic Honda) that does not crop out in the studied region and is made up of gravel, sand and lutite interlayerings. The San Antonio Formation (Andesitic Honda) with sands and gravels that contain effusive rock fragments among other. The Los Limones Formation is composed of an alternance of red lutites and red sands. The San Antonio Formation can be divided into three members: The Flor Colorada Member composed of an alternance of arkosic sands petromictic gravels with a small amount of effusive rock fragments, and lutite beds (422 m). Los Cocos Member with beds of petromictic gravels and predominance of sedimentary rock fragments (271 m). La Ceibita Member shows coarse constituents at the base that become finer upwards. In the upper part of this member there is a sudden increase in the proportion of effusive rock fragments that disappear at the contact with the Los Limones Formation. The Honda sediments to the west of the Honda fault, can be interpreted by its petrographic composition as belonging at least partially to the La Ceibita Member. The lack of paleontological data does not allow a clear definition of the age of the Honda formation, although it has always been considered to be miocene due to its stratigraphical position and to the presence of Vertebrate fauna at several sites in the Upper Magdalena Valley. This inferred age has been the cause of great confusion due to the excessive extension of the lithostratigraphical names in the correlation of the lithostratigraphic units. These units cross the time lines in every direction instead of being parallel to them as it would be logical. The Mesa Formation makes up a great part of the Magdalena Valley between la Dorada and Cambao. It is composed of gravels and tobaceous sands 350 m thick. Three members have been separated: Palmas Member, Bernal Member, and Lumbi Member. In the las Palmas Member there are several plant localities. The Mesa Formation spreads to the west of the Honda fault and its sedimentation is controlled by this accident. The contact with the underlying Honda Group is normal or perhaps with a progressive unconformity. These facts allow the setting of the following hypotheses: The Mesa Formation represents a local facies of the Honda Group and is equivalent in part to the La Ceibita Member and to the Los Limones Formation. In the southern part of the Middle Magdalena Valley several alluvial fans probably developed during the quaternary at the border of the Central Cordillera. The relationships of these fans and the Magdalena River terraces are at present difficult to establish. From the tectonic point of view, there are two distinct units: The Middle Magdalena Valley and the marginal zone that bounds it by the east and south. Structurally considered, the Middle Magdalena Valley is a half-graben tilted to the east where it is limited by a fault. The northern limit is the La Salina thrust fault and the southern is the Cambrás thrust fault. This structural feature

is responsible for the accumulation of the maximum thickness of sediments to the east while there is a thinning to the west and they become transgressive over the Central Cordillera. On the eastern border of the Middle Magdalena Valley there are several thrust faults parallel to the Cambrás fault. On the southern edge of the Middle Magdalena Valley, the most important accident is the Honda fault that reaches from near Cambao to the North of La Dorada. This fault whose displacement regularly increases northward has acted simultaneously with the sedimentation of the La Mesa Formation and played as a barrier, limiting the deposits of La Mesa Formation to the east of the fault. To the east of the Middle Magdalena Valley a narrow syncline was developed with a general strike N-S or NE-SW. This syncline is disymmetrical, with its axis close to the eastern flank that is generally the steeper one. This syncline is limited by two faults: to the west by the Cambrás fault and to the east by the Alto del Trigo fault. This simple structure that developed within the tertiary deposits is faced to the south by a more complex structure that affects the Girardot-Guataqui barrier but only the cretaceous sediments. The Girardot-Guataqui barrier must be interpreted as a spur, lithologically and genetically bound to the Eastern Cordillera that turns to the south crossing the Magdalena River and meeting the Central Cordillera traces at the same time the limit between the Middle and Upper Magdalena Valley. A narrow-fold tectonics predominates in the Girardot-Guataqui barrier, with the axes plunging under the tertiary to the north. All anticlines are generally asymmetrical being the western flanks the steeper ones although some are masked by local tectonic complications. Although there are not published data on the subsurface of this region of the Middle Magdalena Valley, the disposition of the structural units, its magnitude and continuity in the surface seem to show the existence of a prolongation of the subsurface tectonics along the Middle Valley. The observed cover tectonics is controlled by the basement tectonics. This is mainly in blocks tilted to the east. The great tectonic features like the Cambrás, Alto del Trigo and Honda faults correspond to older basement fractures that show at the surface. The steep flanks of the anticlines with their local complications are a consequence of an adaptation of the cover to the basement structure.

INTRODUCCION

El presente trabajo constituye el resultado de una serie de estudios geológicos realizados durante cuatro años. La orientación eminentemente estratigráfica del trabajo tiene por objeto esclarecer la estratigrafía del cretácico y terciario de la parte S del Valle Medio del Magdalena. A pesar de la importancia que presenta esta área para el conocimiento estratigráfico y estructural del valle interandino del Magdalena, tan solo se han puesto de manifiesto los rasgos más generales. Esto contrasta con el área petrolífera de la misma región del Valle Medio (Cuenca del Carare en el sentido de Hubach) donde la geología está mucho más desarrollada.

Hasta cierto punto parece paradójico cómo en una región tan homogénea en la estratigrafía, en la que se han empleado desde un principio las unidades litoestratigráficas, no se hayan realizado nunca (a excepción de uno o dos trabajos cortos) estudios sedimentológicos que prácticamente constituyen el único medio para la separación de unidades litoestratigráficas y la determinación de sus límites.

El Valle del Magdalena es una de las regiones de Colombia en la que desde un principio se han desarrollado los estudios geológicos. Con Hettner (1892) empiezan verdaderamente los estudios estratigráficos hasta el punto que una parte de la actual nomenclatura litoestratigráfica, naturalmente con variaciones a veces notables, se basa en la establecida por Hettner.

Posteriormente esta nomenclatura se amplía y extiende principalmente por el Valle Superior del Magdalena. Cabe señalar en este sentido los trabajos de Stille (1907), Scheibe (1922), Weiske (1926), Anderson (1927), Hubach (1931) y Grosse (1935).

Sin duda el desarrollo de la industria del petróleo impulsó notablemente el conocimiento de la estratigrafía de la región petrolífera del Valle Medio. Wheeler (1935) propone una nomenclatura litoestratigráfica independiente de la anterior. Sin embargo el incremento de las concesiones ha dado lugar a una multitud de nomenclaturas hasta el punto de que cada Compañía viene empleando una de propia.

En el extremo S del Valle Medio del Magdalena (región comprendida entre Honda y Guataquí) Butler (1942) y Tabora & Suescún (1949) dan una nueva orientación a la estratigrafía dando mayor preponderancia al estudio de los sedimentos para establecer los límites de las unidades litoestratigráficas. Con la elaboración de los Mapas Fotogeológicos Plancha L9 «Girardot» y Plancha K9 «Armero» Raasveldt (1956) y Raasveldt & Carvajal (1957 a) completan la estratigrafía de esta parte del Valle siguiendo las ideas de Bürgl y de Van der Hammen para el cretácico y el terciario respectivamente.

Los trabajos del Museo de Paleontología de la Universidad de California se han orientado preferentemente hacia el campo paleontológico: Stirton (1946, 1951 y 1953 a y b), Savage (1951), Stirton y Savage (1950), Fields (1957 y 1959) y Reinhardt (1959). Todos estos estudios están localizados en el terciario del Valle Superior del Magdalena y aunque se ha empleado el nombre de Honda, ya como Formación Honda ya como Grupo Honda, la discontinuidad entre las dos áreas y la separación entre ambas localidades hace imposible conocer la relación de la fauna de Coyaima y Villavieja con la serie estratigráfica de Honda en el Valle Medio del Magdalena.

No obstante los aportes que representan los trabajos de Butler, Taborde & Suescún y la Universidad de California, en el momento actual existe un marcado contraste en el conocimiento estratigráfico de la región petrolífera del Valle Medio en relación con el extremo meridional del mismo. Dos factores primordiales han contribuido a este estado: la interpretación errónea de la estratigrafía de Hettner y la introducción de unidades litoestratigráficas propias del Valle Superior del Magdalena, generalmente mal conocidas y con límites imprecisos.

Resúmenes de la estratigrafía del Valle del Magdalena, principalmente del Valle Medio, se encuentran en trabajos de carácter regional y general: Olsson (in Jenks, 1956), Gerth (1955), y Van der Hammen (1958). Sin embargo el mejor resumen sobre el Valle Medio se debe a Morales et Al. (1958) quienes proponen al mismo tiempo una nomenclatura estandar para unificar las empleadas en cada una de las concesiones.

A pesar de que los afloramientos cretácicos ocupan una pequeña extensión dentro de la región estudiada, se ha insistido en el análisis de la fauna citada por otros autores en relación con este cretácico, con el objeto de poner en evidencia la imposibilidad de mantener por el momento una división cronoestratigráfica tan detallada como se ha pretendido.

Dadas las condiciones en que se encuentra el desarrollo geológico de esta área y en general de todo el país, se hace casi indispensable utilizar tanto en la cartografía como en los estudios estratigráficos, las unidades litoestratigráficas, especialmente si se tiene en cuenta que se desconoce en su mayoría la sucesión vertical de la fauna y de la flora. Si a esto se le añade el carácter típicamente americano de las mismas, fácilmente se comprenden las dificultades y los errores a que puede conducir el empleo demasiado detallado de las unidades cronoestratigráficas europeas ante la imposibilidad de establecer una correlación directa. En estas condiciones las unidades tiempo que se emplean tienen exclusivamente un carácter tentativo y un valor aproximado para que permitan trazar una imagen de las principales condiciones geológicas y su ubicación en el tiempo.

La extensión del nombre de las unidades litoestratigráficas más allá del área tipo han complicado los problemas de correlación y han obligado en muchos casos a recorrer pequeñas zonas externas a la región que abarca este trabajo con el propósito de encuadrar mejor algunos problemas dentro del ámbito regional y poder obtener una interpretación más correcta de las correlaciones o simplemente llegar a la conclusión de que éstas deben por el momento ser descartadas o tomadas con mucha reserva. En este aspecto cabe señalar el

área de Guatavita en la Sabana de Bogotá donde está muy bien desarrollada la Formación Guaduas, los datos que se incluyen sobre la Formación Honda en las localidades de Coyaima y Villavieja en el Valle Superior del Magdalena.

Con la ayuda de estos datos se pueden plantear nuevos problemas en relación con la correlación y evolución de las cuencas terciarias en el Valle Medio y Superior del Magdalena.

En cuanto a la estructura, que es relativamente simple, ha sido objeto de pocos trabajos. Cabe señalar la primera interpretación del Valle Medio del Magdalena como un graben (Stille, 1920). Alrededor de este concepto han girado casi todos los datos de tipo estructural. Hubach (1931) dá un corte a través de la Cordillera Oriental en la que señala el carácter de semifosa que presenta el Valle Medio. Sin embargo la magnitud del corte no permite una interpretación más a fondo. Otro corte con las mismas características se debe a Nelson (1957).

Hasta Raasveldt (1956) y Raasveldt & Carvajal (1957 a) no existe un mapa geológico de esta área que no obstante su escala, 1:200.000, permite una observación conjunta de los rasgos estructurales de la parte S del Valle Medio y parte N del Valle Superior del Magdalena. A pesar de estas publicaciones ninguna de ellas está acompañada de una memoria explicativa. Aún los cortes geológicos son completamente teóricos y por lo generalizados no permiten una interpretación adecuada. El conocimiento estructural de la región del Carare es, por los motivos indicados anteriormente, mejor conocida gracias a los trabajos de Morales *et al.* (1958) y más recientemente por la interpretación de Julivert (1961 a).

La falta de una cartografía detallada no ha permitido una interpretación adecuada de las facies y en consecuencia de la estructura. Sin embargo estos estudios necesitan como base un conocimiento a fondo de las sucesiones litoestratigráficas a la par que las características petrográficas y sedimentológicas.

Es en este sentido que se ha enfocado el presente trabajo. Simultáneamente al conocimiento de la estratigrafía detallada se ha desarrollado una cartografía detallada a escala 1:50.000 en cuatro mapas de 75 x 40 cm que acompañan a la presente memoria. El borde de la Cordillera Central se ha introducido en la cartografía con el único objeto de establecer el límite de los terrenos sedimentarios, y en consecuencia se ha prescindido de todo detalle y apenas si se mencionan en el texto.

Desde el punto de vista estructural ha sido necesario realizar varios cortes geológicos paralelos, de norte a sur, saliendo de los límites estrictos de la región, especialmente para determinar las estructuras que presenta la Cordillera Oriental en su límite con el Valle Medio del Magdalena, que en su conjunto corresponde a una semifosa.

Antes de terminar esta introducción quiero expresar mi agradecimiento a todos aquellos que me han ayudado en la realización de este trabajo. En primer lugar debo citar a D. Luis Solé Sabarís de la Universidad de Barcelona quien ha dirigido mi trabajo y de quien recibí mis primeros conocimientos geológicos. Al Servicio Geológico Nacional de Bogotá por las facilidades otorgadas en el desarrollo de los programas de campo. A mi amigo D. Manuel

Julivert con quien intercambiamos ideas sobre las correlaciones del cretácico superior con las regiones de Santander y Sabana de Bogotá. A la Señora Isabel Zamarreño de Julivert por su ayuda en la parte sedimentológica y petrográfica. A Fernando Etayo quien ha sido compañero de numerosas campañas geológicas. A los Drs. Jacques Sigal y Apostolescu del Institut Frances du Petrol por la determinación de los Foraminíferos y Ostrácodos respectivamente. Al profesor Edouard Boureau de la Facultad de Ciencias de París por su amabilidad en la determinación y estudio de las maderas silicificadas e impresiones vegetales. Finalmente y de una manera especial quiero agradecer a mi esposa Nuria Solé de Porta la determinación palinológica de varias muestras y la ayuda y aliento que en todo momento me ha ofrecido para la terminación de este trabajo.

CARACTERES FISIOGRAFICOS

Situación geográfica.—La región propiamente andina de Colombia está formada por tres Cordilleras que de Oriente a Occidente son: La Cordillera Oriental, la Cordillera Central y la Cordillera Occidental. Entre las dos primeras se desarrolla el Valle interandino del Magdalena. Entre la Central y la Occidental se ha establecido otro valle importante: el Valle del Cauca.

Considerado en su conjunto el Río Magdalena se ha venido dividiendo, desde muy antiguo, en tres partes: Valle Inferior, Valle Medio y Valle Superior. El criterio para delimitar estas secciones ha sido al parecer de tipo geográfico. Se ha aceptado siempre como Valle Inferior el curso del Magdalena desde su desembocadura hasta la localidad El Banco. El límite entre el Valle Medio y el Valle Superior ha oscilado dentro de los límites comprendidos entre La Dorada y Honda. Así vemos cómo para algunos autores el límite se encuentra en la primera localidad, mientras que para otros debe situarse en la ciudad de Honda. No faltan aquellas opiniones según las cuales el límite viene impuesto por la presencia de los «rápidos de Honda» mal llamados «saltos de Honda» como ya han señalado algunos autores. Más adelante se hace una discusión respecto a la posición de este límite.

En este trabajo se va a considerar que el Valle Medio del Magdalena se extiende desde El Banco hasta las localidades de Guataquí-Piedras. Queda así ubicada el área del presente estudio en el extremo meridional del Valle Medio del Magdalena y está limitada al E por las estribaciones occidentales de la Cordillera Oriental y al W por las faldas de la Cordillera Central. El límite S viene determinado por la barrera cretácica de Girardot-Guataquí que cierra y separa las cuencas del Valle Medio y el Valle Superior. Por el N el área queda completamente abierta ya que el Valle se extiende ininterrumpidamente hasta la región petrolífera de Santander. El límite Norte de la región estudiada se ha establecido artificialmente en la ciudad de Honda.

En todo este sector del Valle Medio el relieve presenta una dirección general N-S. Al oriente del Magdalena corresponden las mayores alturas, aunque ninguna de ellas excede de los 2.000 m. Entre las más importantes están la Loma del Frayle (1.500 m), el Alto del Tabor (1.700 m) y el Alto del Arado (1.900 m).

El fondo del Valle que es bastante amplio, está ocupado por un peque-



FIGURA 1.—Situación de la región estudiada.

ño relieve que gracias a la disposición casi tabular de sus estratos y a la acción erosiva se destaca en forma de Mesas.

La vegetación natural del fondo del valle es de tipo semiárido, carácter que está especialmente marcado en la margen derecha donde el tipo de suelo influye de una manera extraordinaria en la vegetación. Esta contrasta con la que se encuentra en las faldas de la Cordillera del Sargento donde el clima más templado permite el desarrollo de una vegetación normal. Desde Honda hacia el N el valle se hace más amplio y aumenta paulatinamente la vegetación hasta que se llega a una selva. En los torrentes excavados en la Formación Mesa dentro de la parte plana del valle, el mayor grado de humedad permite la presencia de una vegetación densa.

El Río Magdalena es la única vía natural de la región y en sus orillas se han establecido algunos núcleos de población. Naturalmente la construcción de carreteras y ferrocarril ha influido mucho en el abandono de esta vía. La zona plana de esta sección del Magdalena representa, por la fertilidad de sus tierras, una excelente región agrícola y ganadera, que ha permitido el desarrollo de una área bastante poblada. En este sentido, aunque a menor escala, existe un paralelismo con las estribaciones de la Cordillera Central.

Rasgos morfológicos.—En toda la parte S del Valle Medio del Río Magdalena se distinguen perfectamente por sus características morfológicas tres partes: Borde Oriental, Fondo del Valle o parte plana y Borde Occidental. La litología y la estructura son los dos factores principales que han regido estas características morfológicas.

El rumbo general de las estructuras es N-S, a excepción de la barrera cretácica situada entre Girardot y Guataquí, donde estas siguen una dirección NE-SW bien marcada. Esta barrera corresponde en realidad a un espolón de la Cordillera Oriental que tiende a chocar contra la Cordillera Central. La dirección general N-S de estas estructuras es la que ha condicionado la dirección del Río Magdalena. Sin embargo su curso al llegar a la altura de Girardot donde tropieza con la barrera cretácica, sufre un cambio brusco en ángulo recto para dirigirse hacia el W, dirección que mantiene durante 12 kms, para seguir luego la dirección general N-S atravesando la barrera de Girardot-Guataquí. No están todavía determinadas las causas que han motivado este cambio en su dirección, ni la ubicación de su curso dentro de la barrera. No puede descartarse completamente la posibilidad de una sobreimposición o antecendencia, pero no existen datos que indiquen la presencia de una cobertera sobre el cretácico. Es posible que el cabeceo de las estructuras en los alrededores de Girardot hayan influido en parte en el rumbo E-W que toma el Río Magdalena en este sector. La morfología del curso del Magdalena como la del resto del país constituye un capítulo todavía completamente virgen.

Una de las primeras cosas que llaman la atención es la asimetría que presenta el Valle del Magdalena entre las poblaciones de Guataquí y Honda, asimetría que se extiende hacia el N por lo menos con toda seguridad, hasta La Dorada. En todo este trayecto el cauce del río está desplazado hacia el E y se mantiene pegado a la vertiente oriental.

La vertiente occidental modelada sobre rocas ígneas y metamórficas es suave, con una pendiente bastante uniforme, hacia el E. La vertiente oriental

forma un relieve más abrupto en relación con la proximidad del cauce del Magdalena gracias a la presencia de fallas con dirección general N-S. No obstante la caída de la Cordillera Oriental hacia el Magdalena viene atenuada por la disposición escalonada de estas fallas. Todas ellas presentan como carácter común el labio occidental hundido. En relación con el problema que nos interesa aquí hay que mencionar la falla del Alto del Trigo y la falla de Cambrás (Butler, 1942) llamada también Belta fault (Olson, 1954) y también falla de Cambio (Raasveldt & Carvajal, 1957 a) Todas ellas son fallas inversas y la última pone en contacto el cretácico superior (Formación Cimarrona) con el mioceno (Grupo Honda).

En relación con este relieve más abrupto se localizan sobre la vertiente oriental las cumbres más altas: Loma del Fraile (1.500 m) y Alto del Arado (1.900 m) en el Municipio de Chaguaní, Alto del Tambor o de Mohán (1.700 m) en el Municipio de Pulí.

La alternancia de areniscas y gravas ligeramente compactas, sin llegar a formar por lo general un verdadero conglomerado, con niveles lutíticos dá lugar a un sistema de cuestras o graderías no muy acentuado. Esta morfología alcanza su más alta expresión en la Formación Hoyón y en la Formación San Juan de Río Seco. En los niveles arcillosos se concentra la escasa explotación agrícola que se encuentra en esta ladera oriental y en ellos se agrupa en consecuencia la ocupación humana. Un ejemplo típico lo constituye la faja arcillosa de la Formación San Juan de Río Seco que se extiende desde los alrededores de Pulí hacia el N hasta cortar la carretera Honda-Guaduas.

En todos sus caracteres la vertiente oriental contrasta vivamente con la parte plana y ancha del Valle Medio del Magdalena formada por un relieve poco acentuado con amplias superficies tabulares y una leve inclinación de 4-6° hacia el oriente. Esta estructura tabular se desarrolla sobre una serie alternante de bancos de gravas y arenas tobáceas volcánicas que corresponden a la Formación Mesa (Mesas tobáceas de Hettner); nombre que alude a este carácter a la vez morfológico y litológico. La erosión de esta zona tabular ha dejado varios testigos a modo de montes islas, aislados en una inmensa planicie formada por terrazas fluviales. Hacia el E esta zona tabular está interrumpida y separada del Río Magdalena por la Cordillera de Flor Colorada.

Al S de la línea Ambalema-La Sierra desaparece la Formación Mesa y las dos unidades que la sustituyen son en orden de importancia los conos y las terrazas fluviales. Ambas fosilizan un relieve terciario.

Vamos a insistir aquí en estas dos unidades que son los conos y las terrazas por ser los determinantes de la morfología de una extensa área y por condicionar además los tipos de redes hidrográficas. En realidad los conos principales, tanto por su naturaleza como por su extensión se desarrollan en la parte plana del Valle y morfológicamente se podrían considerar como la continuación de la Formación Mesa. Aparecen donde ella termina. Tres son los conos más importantes que se desarrollan de N a S: el de Lérica (Etherington, 1942), el de Venadillo y el de Ibagué (Etherington, 1942), que es el más extenso de todos y del cual solamente llegan a esta región las ramificaciones que se extienden por Alvarado hasta Caldas Viejo y hasta las mismas orillas del Río Magdalena. Algunos de estos conos tienen un espesor considerable como el de

Ibagué y el de Lérica y fosilizan un relieve modelado ya sobre el ígneo y metamórfico de la Cordillera Central, o ya sobre el Grupo Honda. A este respecto es muy claro el Cono de Lérica como puede verse al atravesar la carretera de La Sierra a Venadillo el Río Regio, y en los alrededores de Venadillo.

El Cono de Venadillo está formado por materiales mucho más finos y a pesar de que su relación con el Cono de Lérica no es muy clara, un pequeño afloramiento sobre el Río Venadillo permite observar que este cono se encuentra encajado dentro del Cono de Lérica. Esta misma disposición presentan la mayoría de las terrazas del Magdalena en relación con estos conos.

Dentro de la parte plana del Valle, al S y especialmente al N de Mariquita, se extiende una amplia zona con una leve inclinación hacia el Río Magdalena. Para Etherington (1942) estos depósitos constituyen restos de otro importante cono que se llama Cono de Mariquita. En la actualidad la estructura de cono se encuentra destruida por la erosión. Al tratar del pleistoceno se discutirá si estos depósitos corresponden en realidad a un cono o forman parte de un sistema de terrazas. En las vertientes abruptas de la Formación Mesa se forman también una serie de derrubios de pendiente que tienden a formar conos que enmascaran completamente la estratificación. En algunos casos estos derrubios pueden llegar a unirse para formar un pequeño talud de derrubios, pero siempre a escala muy pequeña. Varios de estos conos están bien representados a ambos lados de la carretera Honda-Mariquita.

En esta parte plana del Valle se encuentran los principales núcleos de población: Mariquita, Armero, Lérica, Venadillo y Alvarado. A las orillas del Magdalena también se encuentran algunas poblaciones como Honda, Cambao, Beltrán, Ambalema y Guataquí. La superficie casi plana de las terrazas y su gran extensión han permitido la construcción de una importante red de comunicaciones, carreteras y carreteables, que han contribuido enormemente al abandono paulatino del Río Magdalena como vía natural de comunicación.

En la vertiente oriental del Valle del Magdalena se desarrollan también una serie de pequeños conos de orden y origen muy distinto a los anteriores, pero no por ello menos importantes, y que imprimen unas características particulares a esta vertiente. Ya se ha dicho anteriormente que la vertiente oriental del Magdalena es la más abrupta y está bordeada por una importante cuesta que forman la Formación Hoyón y la Formación San Juan de Río Seco. De los puntos más salientes de esta cuesta descienden una serie de derrubios que se esparcen en forma típica de cono o abanico. Estos conos se van anastomosando y dan lugar a un talud de derrubios que forman finalmente un manto continuo de derrubios al pie de la ladera. En algunos casos estos depósitos llegan hasta las mismas orillas del Magdalena como sucede en los alrededores de Puerto Chaguaní. Sobre estos materiales se desarrolla una vegetación espesa, densa que contrasta con la que crece sobre las terrazas del Magdalena que es más bien semiárida cuando sobre ellas se ha depositado una capa roja procedente de las lutitas rojas de la Formación Los Limones. Esta vegetación semiárida aparece también con una mayor frecuencia sobre las arcillas rojas de la parte superior de la Formación Los Limones. En las terrazas situadas en la margen occidental del Magdalena se desarrolla una extensa área cultivada en relación con una serie de suelos derivados de las rocas efusivas.

La red hidrográfica es otra característica que contribuye a la distinción de las tres partes que se vienen considerando en esta zona del Valle Medio del Magdalena. El cauce del Río Magdalena tiene una dirección general N-S paralela a la estructura. Se trata pues de un valle homoclinal. A la salida de la barrera de Girardot-Guataquí el Río Magdalena empieza a experimentar una serie de sinuosidades con tendencia a la formación de amplios meandros que dejan varias islas arenosas entre sus brazos. Estas divagaciones han sido todavía más importantes en otros tiempos a juzgar por los numerosos retoques de erosión que se observan en la terraza más inferior que han dado lugar a una serie de falsas terrazas o terrazas poligénicas.

A la misma salida de Guataquí el cauce se desplaza hacia el oriente. Posiblemente han contribuido a este desplazamiento los frentes de los Conos de Lérica y las ramificaciones del Cono de Ibagué. Ya vimos como estos conos alcanzan perfectamente las orillas actuales del Magdalena en Ambalema. A partir de aquí posiblemente el curso se vió obligado a introducirse en el Grupo Honda y recorrer paralelo a sus capas y al llegar a la desembocadura del Río Seco encajonarse en el Grupo Honda para atravesar las estructuras a la altura de esta población.

Los afluentes que desembocan por la margen oriental del Magdalena son cortos en sus trayectos y tienen las características de verdaderos torrentes. Se exceptúan de S a N el Río Seco de las Palmas y el Río Seco. A excepción del primero que tiene un valle sinclinal abierto en el eje del sinclinal de San Juan de Río Seco, todos los demás discurren paralelos, con valles consecuentes su trazado se desarrolla en dirección contraria al buzamiento de las capas. Todos estos torrentes han abierto sus cauces en el manto continuo de derrubios que se extiende desde La Paz hasta Guataquí.

En la parte superior de la Formación Hoyón se encuentran una serie de gravas completamente sueltas que han permitido la formación de una red hidrográfica dendrítica con los cursos principales consecuentes y los secundarios insecuentes. Esta red dá lugar a una topografía muy parecida a los bad-lands lo que permite reconocer fácilmente en el campo la parte superior de esta formación. Esta morfología está tanto más desarrollada cuanto más extenso es el afloramiento.

Los afluentes que recibe el Magdalena por su margen occidental son mucho más largos y los principales están en relación con los conos de deyección: Río Alvarado, Río Totare y Río Regio. Sobre estos conos de deyección se ha establecido una red de tipo dendrítico que en conjunto constituyen los afluentes de estos ríos. El tipo de drenaje que presenta la red hidrográfica establecida sobre estos conos de deyección es en consecuencia radial.

La red hidrográfica que se ha implantado sobre la región tabular de la Formación Mesa o sea en la parte plana, está formada por valles profundos de tipo consecuente que siguen en general la misma dirección del buzamiento. El drenaje tiende a ser de tipo radial. Un hecho general de la red hidrográfica es la dirección E o ligeramente NE. Esta dirección cambia bruscamente de N a S o de S a N según los casos, al llegar los cauces al contacto entre el Grupo Honda y la Formación Mesa. El cambio de dirección debe buscarse en la falla que pone en contacto estas dos unidades.

En resumen, la parte S del Valle Medio del Magdalena corresponde a un valle homoclinal, asimétrico, en el que se distinguen perfectamente tres zonas morfológicas (figura 3):

La vertiente oriental caracterizada por su pendiente abrupta con un sistema de cuevas poco marcadas, en la que se desarrolla un manto continuo de derrubios con una red de torrentes consecuentes de drenaje paralelo.

La parte plana del Valle con una morfología tabular al norte de la región y una serie de conos de deyección anastomosados al S, sobre los que se desarrolla una red dendrítica con drenaje radial. Terrazas encajadas en los conos y fosilizando un relieve.

La vertiente occidental suave y amplia con una red hidrográfica de cursos largos y perfil longitudinal uniforme.

La posición del límite S del Valle Medio del Magdalena.—El Valle del Magdalena constituye una unidad geográfica bien definida. Desde los primeros estudios geológicos este valle se ha venido dividiendo de una manera general en tres partes o secciones: Valle Inferior, Valle Medio y Valle Superior. En la literatura geológica son varios los trabajos que hablan de estas partes sin señalar de una manera explícita sus límites y mucho menos los criterios que en tal sentido se han empleado o haya que emplear.

El Valle Inferior del Magdalena se extiende desde la desembocadura hasta las inmediaciones de El Banco y es un límite aceptado; por otra parte se encuentra muy distante de la zona de este trabajo de tal manera que no se insistirá más en este punto.

Donde sí realmente existen varias interpretaciones es en la colocación del límite del Valle Medio con el Valle Superior. Generalmente este límite oscila entre las poblaciones de La Dorada y Honda. A excepción de Etherington (1942) que lo coloca mucho más al S junto a Piedras. La primera interpretación es evidentemente arbitraria y sin embargo sólo Morales *et al.* (1958) así lo han reconocido. Dada la importancia que tiene este límite desde el punto de vista geológico se insistirá sobre este punto. Para un mejor enfoque del problema se hace un recuento histórico de todos aquellos autores que se han ocupado directamente del límite entre el Valle Medio y el Valle Superior.

Uno de los primeros en hablar del Valle Superior del Magdalena fué Karsten (1886); aunque no precisa de una manera clara donde sitúa el límite con el Valle Medio. Hettner en 1892 determina ya concretamente que a partir de Honda hacia el N puede considerarse como Valle Medio. No establece la existencia de ningún factor preponderante que determine la posición de este límite a excepción de que el Río Magdalena corta la cadena montañosa que se encuentra en la margen occidental del río, cerca a la localidad de Honda, y entra en la gran cuenca que separa las dos cordilleras.

La memoria más detallada y sin duda con más datos geográficos sobre el Río Magdalena corresponde a Berger (1925) quien establece que «Bajo el punto de vista morfológico tiene el carácter de curso superior hasta cerca de La Dorada». A partir de esta fecha todos los autores vienen considerando que el límite entre Valle Medio y Valle Superior está situado entre Honda y La Dorada.

Unos atendiendo a la existencia de los rápidos que se encuentran entre Honda y La Dorada: Mora (1939), Royo y Gómez (1942c). Otros, la mayoría dan por aceptado la localidad de Honda como límite entre Valle Medio y Valle Superior: Anderson (1927), Stille (1907), Scheibe (1922), Hubach (1931), etc.

Solamente hasta 1942 Etherington señala el límite entre el Valle Medio y Valle Superior donde la prolongación de la falla de Cambrás cruza el valle hacia el W, junto a la localidad de Piedras al noreste de Girardot. Ninguno de los trabajos posteriores hace mención de esta nueva proposición seguramente por la poca difusión que alcanzó este trabajo. De esta manera se ha venido aceptando la localidad de Honda como límite entre Valle Medio y Superior: Anderson (1945), Gómez Picón (1945), Butler (1942), Tabora (1950), Stinton (1953).

Heno (1950) en su «Geology of La Venta District. The fossiliferous area of the Upper Magdalena Valley» Informe nº 718 del Servicio Geológico Nacional (Inédito), señala que el límite geográfico para el Valle Superior del Magdalena se ha colocado en la latitud de Girardot y añade que establecer geológicamente el límite sería incorrecto, refiriéndose a la posición señalada por Etherington (1942). Añade además que los cambios geológicos de una a otra latitud (se entiende que entre Piedras-Girardot) no son conspicuos como para señalar un límite definitivo.

Finalmente Morales *et al.* (1958) al hablar de los caracteres fisiográficos del Valle Medio del Magdalena indican explícitamente: «El Valle del Magdalena se ha dividido arbitrariamente, en la población de Honda, en Valle Superior del Magdalena hacia el Sur y Valle Medio del Magdalena hacia el Norte». A pesar de esta indicación no proponen ni discuten otra solución.

A través de esta breve reseña histórica es notorio que la división del Valle del Magdalena se ha establecido con un carácter geográfico e incluso más que geográfico, atendiendo a las posibilidades de navegación como han señalado Berger (1925), Royo y Gómez (1942c) y Gómez Pinzón (1945) basándose en la existencia del «Salto de Honda» o «Rápidos de Honda» según los distintos autores. Los «Rápidos de Honda» mal llamados «Saltos» como ya ha señalado Gómez Pinzón (1945) están localizados en las areniscas del Grupo Honda, entre esta población y La Dorada, y se deben probablemente a cambios litológicos.

Hasta qué punto puede emplearse la existencia de este rápido como un carácter geográfico y de suficiente importancia para establecer la división entre Valle Medio y Valle Superior? Según datos de Berger (1925) y de Royo y Gómez (1942c) la navegación se realizaba a través de este rápido y llegaba más allá de Honda. Algunos barcos grandes pasaron este rápido, otros naufragaron en su intento. En todo caso todo parece indicar que la navegación por éste sector estuvo en gran parte condicionada al tamaño del buque y al caudal de aguas del Río Magdalena. En la actualidad éste parece que ha descendido en relación con los años en que se realizaba la navegación hasta Honda. En ningún caso puede interpretarse la existencia de un pequeño rápido como un carácter morfológico importante. El factor o el conjunto de factores que se empleen para establecer el límite entre el Valle Medio y Valle Superior deben ser morfológicos, estructurales o ambos a la vez, factores que si darán un carácter fisiográfico diferente a una y otra parte del Valle.

En este trabajo se acepta la división propuesta por Etherington (1942) que reúne al mismo tiempo las características geográficas y geológicas y señala un cambio notable en la fisiografía del Valle del Magdalena. Que este límite no será una línea nítida como ha objetado Henao (1950)? Es evidente. Siempre existirá un área, por pequeña que esta sea, en la cual tendrá lugar un cambio gradual de las condiciones. Aquí evidentemente entre Guataquí y Girardot no existe ningún cambio geológico notable, pero no se puede negar en Guataquí la existencia de un accidente importante: la falla de Cambrás, que cruza el Valle del Magdalena hacia la Cordillera Central. Este accidente condiciona una serie de factores, de tal manera que la extensión del límite S del Valle Medio del Magdalena hasta la latitud de Guataquí-Piedras confiere al Valle Medio del Magdalena un carácter de bloque uniforme al mismo tiempo que le destaca como una pequeña unidad dentro de la gran unidad fisiográfica que constituye el Valle del Magdalena tomado en su conjunto.

Desde el punto de vista geográfico es precisamente la barrera de Girardot-Guataquí, en definitiva, la que presenta una orientación NE-SW para ir a chocar contra la Cordillera Central, separándose así de la dirección general de la Cordillera Oriental en todo este sector del Valle. Aunque en sí no constituye una alineación montañosa con altitudes importantes (pues sus máximas elevaciones oscilan alrededor de 900 m) interrumpe claramente la continuidad del Valle del Magdalena. Posiblemente esta barrera ha empezado a manifestarse, y con carácter de umbral, a partir del terciario.

Aunque el clima y la vegetación no son caracteres suficientes para establecer la separación entre el Valle Medio y el Valle Superior, es preciso señalar que entre la Dorada y Honda tiene lugar la transición de clima húmedo a clima semiárido con un higrogradiente que disminuye de N a S y una vegetación de tendencia semiárida. Sin embargo esta vegetación se encuentra casi exclusivamente en la margen oriental del Magdalena. Hecho que, como ya se anotó al tratar de los caracteres morfológicos, parece estar más en relación con el tipo de suelo que con un carácter climático general. El clima árido y la vegetación árida empiezan a tener importancia a partir del límite entre los departamentos del Tolima y Huila. Una caracterización sinóptica de las regiones áridas y semiáridas del Valle del Magdalena está en Saravia, Hernández-Camacho y Jaramillo (1963).

Geológicamente el límite S del Valle Medio del Magdalena que se acepta en este trabajo, viene determinado por la falla de Cambrás. Es por lo tanto un límite estructural y a la vez geográfico que además está íntimamente relacionado con el límite entre el Valle del Magdalena y la Cordillera Oriental. Límite que geológicamente es también estructural y es la continuación del límite S del Valle Medio del Magdalena. Aquí el límite geológico entre la Cordillera Oriental y el Valle del Magdalena es menos extenso que el límite geográfico el cual viene determinado por la Cordillera del Sargento y la Cordillera de San Antonio, que sirven de divisoria hidrográfica entre el Valle del Magdalena y el Valle de Guaduas, y más al S por la Cordillera del Chorrillo que forma la divisoria entre el Valle del Magdalena y el Valle del Río Seco.

En resumen, el límite N del Valle Medio del Magdalena queda situado en la localidad de El Banco, el límite oriental está constituido por una falla de tipo inverso: al N por la falla de La Salina que hacia el S es relevada por