

Estratigrafía y Sedimentología de la parte Inferior de la Formación Guaduas al S. de la Sabana de Bogotá (Cordillera Oriental)

M. JULIVERT *

RESUMEN.—Se estudia la parte inferior de la formación Guaduas (maastrichtiense-paleoceno), en dos localidades, el Salto de Tequendama, (muestras ns. 807 al 843) y Tunjuelito (muestras ns. 844 al 873). En ella puede distinguirse un nivel inferior, principalmente lutítico de unos 65 m.; un nivel de areniscas (Arenisca Guía), de unos 30 m. y por encima otro nivel lutítico en parte rojo, del que solo se estudiaron los 35 m. inferiores. En el nivel inferior se pueden distinguir dos partes, una que forma la base del Guaduas, con cierta abundancia de capas delgadas de arenisca, principalmente de grano fino, y una parte más superior casi exclusivamente lutítica y con algunas capas de carbón, una de ellas en explotación en la región del Salto. Las areniscas de esta parte del Guaduas estudiada son todas ortocuarcitas; en las de la parte basal del Guaduas está particularmente desarrollada la textura cuarcítica. Esta textura es muy perfecta en la región de Tunjuelito; en el Salto del Tequendama se encuentra cierta proporción de cemento, de naturaleza calcárea. En las areniscas que forman el nivel denominado Arenisca Guía, la proporción de interespacios es mayor y está ocupada por arcilla, generalmente por caolinita vermicular. Las características tanto petrográficas como granulométricas de estas areniscas las asemejan mucho a las de la formación Guadalupe. La formación Guaduas representa el tránsito de las condiciones marinas que han regido durante todo el cretácico a las condiciones continentales que se impondrán en el terciario; la aparición de capas de carbón por debajo de la Arenisca Guía y la aparición de facies rojas unos 22 m. por encima de ella son una indicación de este cambio. No obstante las intercalaciones de areniscas citadas pueden ser interpretadas como episodios marinos.

ABSTRACT.—The lower part of the Guaduas formation was studied in the Tequendama Fall and Tunjuelito. It was clearly distinguished a lower zone, mainly lutitic of about 65 m.; a zone of sandstones (Guía sandstone) of about 30 m., and above another lutitic zone, partially red, from which only the lowest 35 m. were studied. At the lower zone it can be distinguished two parts, one forming the base of the Guaduas with some thin layers of sandstones mainly fine grained and above it another, almost exclusively lutitic with some layers of coal, one of them, near the Fall, in exploitation. The studied sandstones of the Guaduas are all orthoquartzites, and the quartzite texture is particularly developed at the basal part of the Guaduas Formation. This texture is quite perfect in Tunjuelito but at the Tequendama Fall some calcareous cement is present. At the member called Guía Sandstone, the amount of voids is bigger and it is occupied by clay, generally vermicular kaolinite. Petrographic and granulometric characteristics of these sandstones are similar to the sandstones of the Guadalupe formation. The Gua-

* Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

duas formation represents the transition of the marine conditions during the whole Cretaceous to the continental conditions which will be imposed during the Tertiary. The presence of coal layers below the Guía Sandstone and the presence of red facies, some 22 m. above it, are indications of such a change. Nevertheless the indicated sandstones can be interpreted as marine episodes.

RESUME.—Etude de la base de la formation Guaduas (maastrichtien-paléocène) dans deux localités, le Salto del Tequendama et Tunjuelito. On distingue: un niveau inférieur argileux d'environ 65 m. d'épaisseur; un niveau de grès (Arenisca Guía) de quelques 30 m. et finalement un deuxième niveau argileux rouge; de ce niveau on a fait l'étude des 35 m. inférieurs. Le niveau inférieur peut être divisé en deux parties une constituant la base du Guaduas, avec une certaine abondance de minces couches de grès, où prédomine le grain fin et une partie plus supérieure presque exclusivement argileuse et avec des intercalations de couches de charbon, l'une des couches en exploitation dans la région du Salto.

Les grès appartenant au Guaduas qui ont été étudiés sont des orthoquartzites. La texture quartzitique est considérable surtout dans les grès de la base du Guaduas, cette texture est très accomplie dans les grès de la région de Tunjuelito, au Salto del Tequendama on trouve des grès à ciment calcaire. Dans les grès appartenant au niveau Arenisca Guía les espaces intergranulaires sont beaucoup plus abondants et entièrement occupés par de l'argile, en général il s'agit de kaolinite vermiculaire. Tous les grès sont très semblables aux grès de la formation Guadalupe tant par ses caractéristiques pétrographiques que granulométriques. La formation Guaduas représenterait un terme de passage des conditions marines, qui auraient primé pendant le crétacé, aux conditions continentales tertiaires; ce changement se met en évidence par la présence de couches carbonées en dessous de l'Arenisca Guía aussi que par les faciès rouges à 22 m. au-dessus de ce niveau. On peut interpréter toutes ces intercalations de grès étudiés comme des stades marins.

INTRODUCCION

El estudio de la formación Guaduas tiene especial interés pues en ella tiene lugar el cambio de las condiciones de sedimentación marinas a continentales y además es probablemente durante el depósito de Guaduas cuando empieza a manifestarse la orogénesis. Dos hechos destacan en la formación Guaduas; la presencia de carbones y la aparición de facies arcillosas rojas. Los carbones son los que han dado importancia a esta formación, ya que en ella se encuentran las capas de carbón que se explotan en la Sabana. Las arcillas rojas constituyen no solo buena parte del Guaduas sino que por encima de él, forman toda la formación Bogotá, fundamentalmente arcillosa y de tonos rojos en todo su espesor.

La formación Guaduas está formada principalmente por lutitas, no obstante en ella son frecuentes las intercalaciones de areniscas, mucho más que en la formación Bogotá. Hubach señala dos intercalaciones de areniscas que destacan por su importancia y a las que denomina Guía y Lajosa y que han sido tomadas como base para dividir al Guaduas en una parte inferior, una media y una superior. El límite superior de la formación lo constituye una nueva arenisca, denominada Cacho, considerada por Hubach como la base de la formación Bogotá y elevada recientemente al rango de formación por la Col. Soc. Petr. Geol. and Geoph. (1961)

Las intercalaciones de areniscas son suficientemente abundantes para poder ser tomadas como base para estudiar el cambio de condiciones de

sedimentación a través del Guaduas. En el presente trabajo se estudia solo una parte de la formación Guaduas, desde el contacto con el Guadalupe hasta algo por encima de la Arenisca Guía. La estratigrafía de esta parte inferior tiene además interés, pues frecuentemente en el límite Guadalupe-Guaduas faltan niveles, tanto del Guaduas como del Guadalupe; este hecho ocurre siempre que dicho límite se encuentra en el flanco abrupto o inverso de un pliegue. Así pues el tener una idea clara de la estratigrafía tanto del Guadalupe como del Guaduas, y especialmente de su parte inferior es fundamental para una correcta interpretación de las estructuras de la Sabana.

LOS DOS TIPOS DE CONTACTO ENTRE EL GUADUAS Y EL GUADALUPE

En la estructura de la región de la Sabana de Bogotá son característicos los flancos inversos de pliegues, inversiones en la que la gravedad ha jugado un papel importante (Julivert, 1961, 1962). Estas inversiones van acompañadas de la falta de niveles tanto de la parte alta del Guadalupe como de la parte baja del Guaduas. Por lo que al Guadalupe se refiere suele no florar la Arenisca Tierna y total o parcialmente la Arenisca de Labor. Por lo que hace referencia al Guaduas suele faltar toda su parte inferior, y la Arenisca Guía; los niveles por encima de la Guía faltan también muchas veces, e incluso puede llegar a faltar la Arenisca Lajosa; tal ocurre frente a Monserrate donde el Cacho se encuentra casi en contacto con el Guadalupe.

En los estudios llevados a cabo recientemente en la parte S de la Sabana de Bogotá se ha observado que la ausencia de niveles en el límite Guadalupe-Guaduas va ligada siempre a la existencia de inversión estratigráfica. En la terminación periclinal N del Sinclinal de Fusagasugá este hecho es particularmente claro. En el flanco W, de carácter normal, la sucesión es completa, por encima de la Arenisca Tierna se encuentra la parte más inferior del Guaduas, con carbones que se explotan en Granada, y por encima la Arenisca Guía; todo este conjunto dibuja una clara terminación periclinal, pero en el flanco E, que va tomando carácter inverso, empiezan a acuñarse en la Arenisca Tierna, de Labor y gran parte del Guaduas.

Esta falta de niveles tiene pues, origen tectónico, como se indicó ya para el flanco W del anticlinal de Bogotá (Julivert, 1961); ya sea debido a una falla que se situaría constantemente en el límite Guadalupe-Guaduas, tal vez por causas litológicas; ya sea debido a la existencia de una discordancia progresiva que se desarrollara a partir del Guaduas medio; ya sea debido a ambas causas a la vez.

Donde no existe inversión estratigráfica la sucesión que se observa es completa; tal ocurre por ejemplo en el páramo entre Bogotá y Choachí, en el escarpe sobre Choachí (Julivert, 1962). Por lo que se refiere a la parte S de la Sabana y regiones limítrofes son normales los contactos Guaduas-Guadalupe, en el flanco W del Sinclinal de Fusagasugá, concretamente en la región de Granada; en el Salto de Tequendama; y en bue-

na parte del flanco W del Sinclinal de Usme, en los sectores en que dicho flanco no es inverso, concretamente en la región de Tunjuelito y Meisen.

De todas estas regiones se han escogido para obtener la sucesión del Guaduas; el Salto del Tequendama y el área de Tunjuelito. En la región del Salto la serie ha sido obtenida en el Salto, ascendiendo por las minas de carbón junto al Salto y por el pequeño escarpe que forma la Arenisca Guía inmediatamente por encima de las minas. En el área de Tunjuelito la sucesión se ha obtenido en el sector de las canteras que explotan la Arenisca Guía. La sucesión obtenida en este sector es menos completa que la del Salto no obstante tiene el interés de presentar más claramente la base del Guaduas y el límite superior de la Arenisca Guía. La serie se ha obtenido en dos puntos cuya situación se indica en la figura 1.

ESTRATIGRAFIA

La Sucesión Estratigráfica.—Las sucesiones obtenidas en el Salto del Tequendama y en Tunjuelito y su correlación puede verse en la figura 2. En ella destacan claramente tres partes, dos de ellas principalmente lutíticas y separándolas un nivel de areniscas de unos 30 m. de espesor; la Arenisca Guía.

La parte por debajo de la Guía aunque principalmente lutítica tiene varias intercalaciones finas de areniscas especialmente en su parte más inferior, como ocurre también en Choachí (Julivert, 1961), donde el Guaduas se presenta aún más rico en delgadas capas de areniscas. El límite Guaduas-Guadalupe es muy neto, mucho más que en Choachí, aunque allí el límite se situaba también con precisión. En esta parte inferior del Guaduas se encuentra, en la región del Salto, una capa importante de carbón, de un espesor promedio de 70 cm., que se encuentra en explotación y otras capas de espesor escaso y sin interés económico. En la región de Tunjuelito se ha observado también una capa delgada de carbón que, a juzgar por su distancia a la base del Guaduas puede corresponder a una delgada capa de carbón, de la región del Salto, por debajo de la capa en explotación. Se ha afirmado (Hubach, 1957, p. 100) que las capas de carbón del Guaduas van perdiendo importancia de N a S; por lo que a la parte inferior del Guaduas se refiere el presente estudio no puede aportar nuevas precisiones ya que en el sector del Tunjuelito hay un buen espesor de serie que no aflora bien por lo que no puede asegurarse si la capa explotada en el Tequendama ha desaparecido o no. Este nivel basal del Guaduas tiene unos 65 m de espesor. Atendiendo a la importancia de las areniscas pueden distinguirse dos partes en este nivel inferior, una parte basal, de unos 20 m. con abundantes areniscas en capas delgadas y una parte superior con pocas capas de areniscas y donde se encuentran las capas de carbón.

La Arenisca Guía, que constituye el segundo nivel, es un paquete de areniscas, de unos 30 m. de espesor, que destaca muy netamente dentro del Guaduas, de naturaleza principalmente lutítica. Tanto su límite inferior como el superior son netos. Es de destacar en esta arenisca el aumento de tamaño del grano hacia el techo, juntamente con la aparición de estratificación cruzada. En Tunjuelito se ha encontrado incluso en el

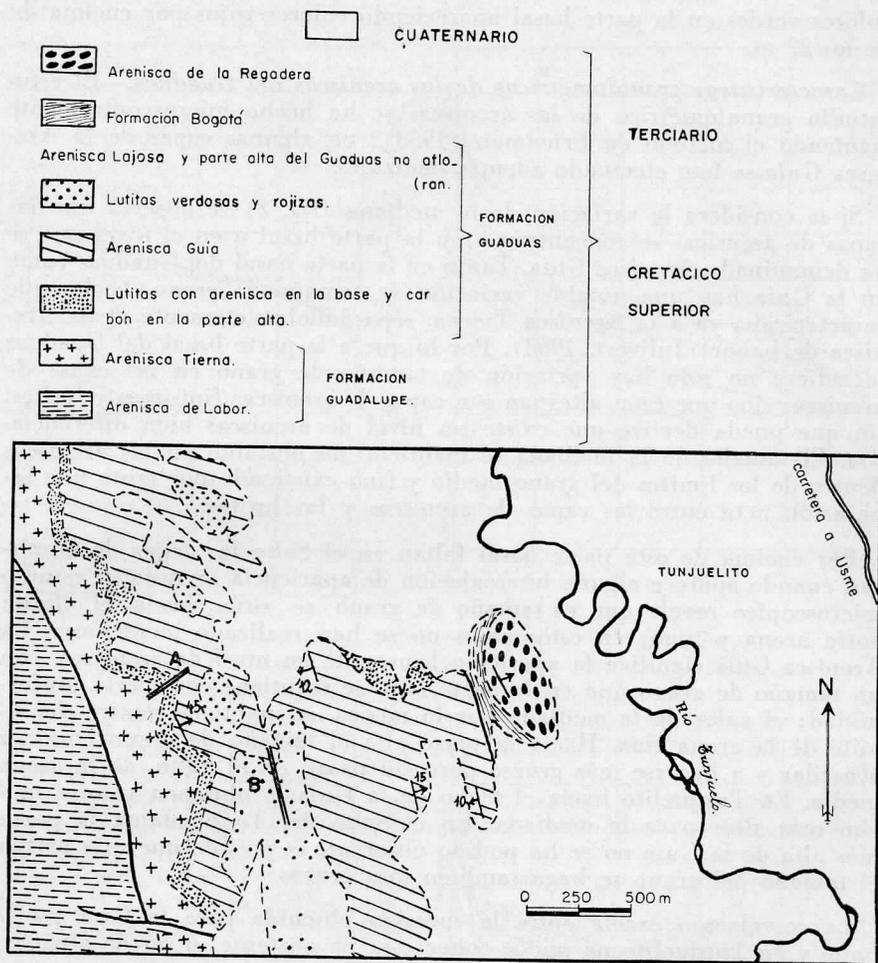


Fig. 1. Esquema Geológico de los alrededores de Tunjuelito; A, lugar donde se obtuvo la sucesión estratigráfica de la parte más inferior del Guaduas; B, lugar donde se obtuvo la sucesión de la parte alta de la Arenisca Guía y base del nivel lutítico que se le superpone.

techo un nivel de arenisca gruesa. La presencia en la parte alta de la Arenisca Guía de capas de areniscas gruesas ha sido reconocida también al N de la Sabana por la Sra. N Solé de Porta *, de modo que parece ser un hecho general.

Por encima de la Guía se encuentra un nuevo nivel fino, pero más fino que el anterior. Las areniscas son menos abundantes y de grano más fino. Las lutitas son también distintas a las del nivel inferior, pues mientras estas son poco plásticas, pudiendo calificarse de shales, por encima de la Guía son plásticas, con el aspecto de arcillas. Estas arcillas son de

* Comunicación personal.

colores verdes en la parte basal apareciendo colores rojos por encima de de los 22 m.

Características granulométricas de las areniscas del Guaduas.—El estudio granulométrico de las areniscas se ha hecho microscópicamente siguiendo el método de Friedman (1958); en algunas capas de la Arenisca Guía se han efectuado además tamizajes.

Si se considera la variación de la mediana (fig. 2 se observa que las capas de areniscas se concentran o en la parte basal o en el nivel que se ha denominado Arenisca Guía. Tanto en la parte basal del Guaduas como en la Guía hay una notable variación de tamaño de grano, hecho que caracterizaba ya a la Arenisca Tierna, separándola netamente de la Arenisca de Labor (Julivert, 1962) Por lo que a la parte basal del Guaduas se refiere no solo hay variación de tamaño de grano en las capas de areniscas sino que éstas alternan con capas de areniscas finísimas y lutitas. sin que pueda decirse que existe un nivel de areniscas bien diferenciadas. El tamaño de la mediana se mantiene no obstante en las areniscas dentro de los límites del grano medio y fino existiendo por tanto una separación neta entre las capas de areniscas y las lutitas.

Por encima de esta parte basal faltan en el Salto las capas de areniscas, cuando aparece alguna intercalación de apariencia arenosa su estudio microscópico revela que el tamaño de grano se sitúa hacia el límite entre arena y limo; en estos casos no se han realizado mediciones. La Arenisca Guía significa la aparición brusca de un nivel de areniscas, con un tamaño de grano que en la parte baja se mantiene con cierta uniformidad; el valor de la mediana por lo menos, se mantiene dentro del límite de la arena fina. Hacia la parte alta el tamaño de grano empieza a oscilar y a hacerse más grueso pero sin pasar, en el Salto, de la arena media. En Tunjuelito hacia el techo de la Guía se obtienen valores mucho más altos para la mediana. En el Salto del Tequendama (la parte más alta de la Guía no se ha podido observar, es posible que más arriba el tamaño del grano se haga también más grueso.

La correlación exacta entre la sucesión obtenida para la Guía en el Salto y en Tunjuelito no puede conocerse; no obstante, sí puede afirmarse que en la sucesión obtenida en el Salto faltan solo unos pocos metros para llegarse al techo de la Guía.

Por encima de la Arenisca Guía la importancia de las areniscas disminuye bruscamente, hasta el punto de que en la sucesión obtenida en Tunjuelito, con excepción de unas intercalaciones de poco espesor situadas, inmediatamente encima de la Guía, no se reconoce ninguna capa verdadera de areniscas. Las intercalaciones que en el campo tienen el aspecto de areniscas son capas formadas por una alternancia de láminas finísimas de areniscas finas y lutitas. El límite superior de la Guía es también un contacto neto, igual que el inferior y está señalado por un cambio brusco de tamaño de grano, aunque no tan neto como su límite inferior.

Las curvas acumulativas obtenidas por métodos microscópicos o por tamizaje se dan en las figuras 3, 4 y 5. El aspecto general de estas curvas es muy semejante al de las areniscas del Guadalupe.

Características petrográficas.—Tanto las capas de areniscas en la parte más basal del Guaduas como en la Guía son ortocuarcitas; son raros los

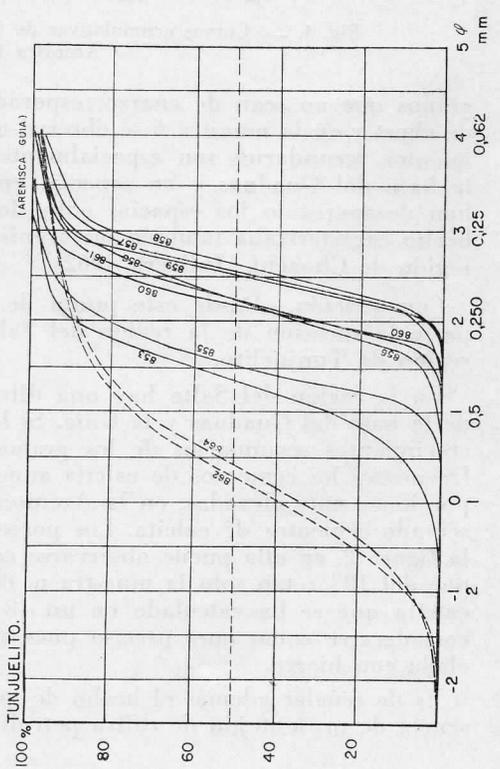
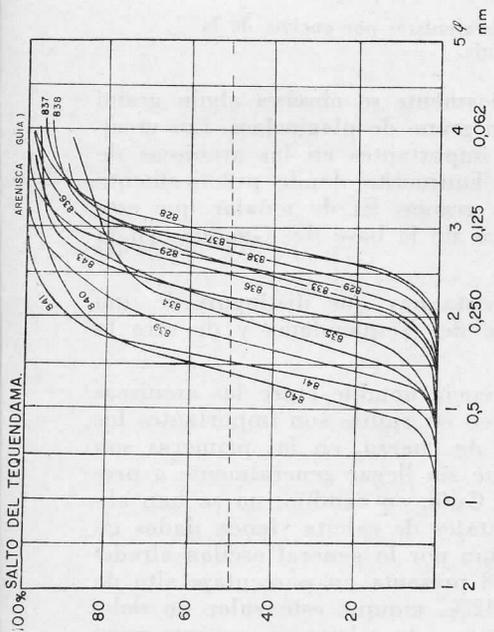
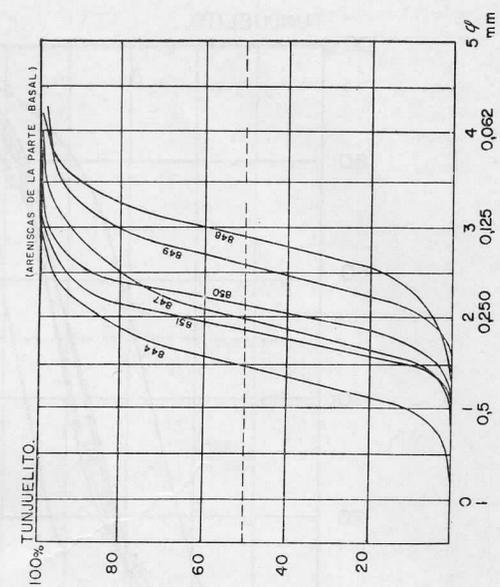
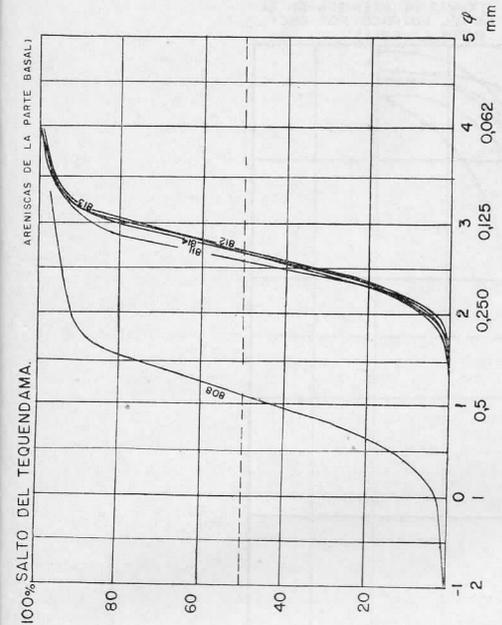


Fig. 3. Curvas acumulativas de las areniscas de las Guaduas, en el Salto del Tequendama y en Tunjuelito. Todas las curvas excepto las correspondientes a las muestras Ms. 852 y 854 han sido obtenidas microscópicamente, por el método de Friedman.

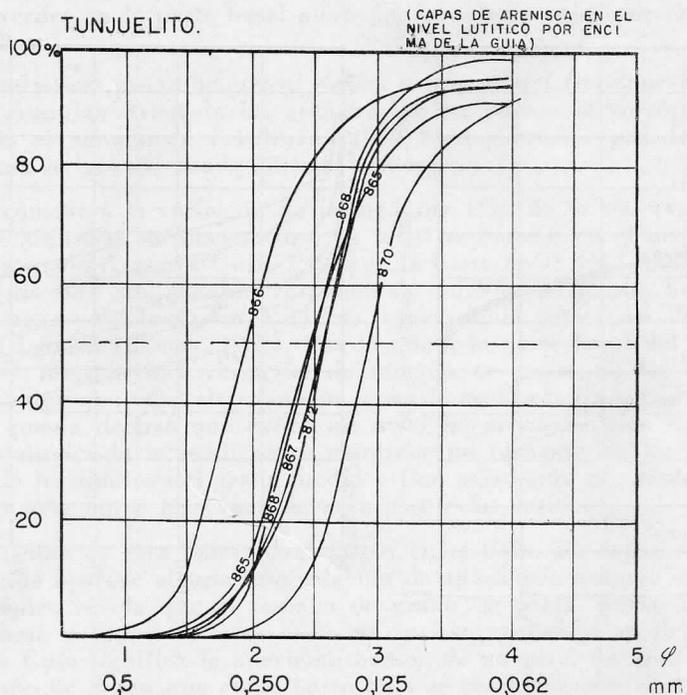


Fig. 4. Curvas acumulativas de las areniscas por encima de la Arenisca Guía.

granos que no sean de cuarzo, esporádicamente se observa algún grano de chert y en la muestra 6 se observó un grano de plagioclasa. Los crecimientos secundarios son especialmente importantes en las areniscas de la base del Guaduas y en especial en Tunjuelito donde prácticamente han desaparecido los espacios entre los granos. Es de señalar que este hecho caracterizaba también las areniscas de la base del Guaduas en la región de Choachí (Julivert, 1962)

Cementación.—Desde este punto de vista hay que distinguir de una parte la sucesión de la región del Salto del Tequendama y de otra la región de Tunjuelito.

En la región del Salto hay una diferencia notable entre las areniscas de la base del Guaduas y la Guía. Si bien en ambas son importantes los crecimientos secundarios de los granos de cuarzo, en las primeras son frecuentes los cementos de calcita aunque sin llegar generalmente a proporciones muy elevadas, en la Arenisca Guía, en cambio, no se han observado cementos de calcita. Los porcentajes de calcita vienen dados en la figura 2, en ella puede observarse cómo por lo general oscilan alrededor del 10%; tan solo la muestra n. 808 presenta un porcentaje alto de calcita que se ha calculado en un 18 42%, aunque este valor no debe considerarse como muy preciso pues a veces la calcita se presenta mezclada con hierro.

Es de señalar además el hecho de que en el Salto se ha citado la presencia de un lentejón de caliza petrolífera (Hubach, 1957, p. 100 en el

contacto Guadalupe-Guaduas. Este lentejón se encontró en el Túnel del Salto del Tequendama y contenía una fauna de moluscos determinados por Olsson. Aunque el lentejón se cita como de caliza, es posible que se trate de una arenisca de cementos calcáreo o de una caliza arenosa. No puede precisarse bien si este lentejón se situaba en el techo de la Arenisca Tierra (Guadalupe) o en la base del Guaduas.

La presencia de cemento de calcita es propia también de las areniscas de la formación Guadalupe; especialmente de la Arenisca de Labor (Zamarreño de Julivert, 1962)

Los cementos de hierro se encuentran principalmente en las areniscas de la base del Guaduas. En la Guía son raros; solo en las muestras ns. 834 y 838 se presentan en cierta cantidad, de todos modos en ningún caso alcanzan elevadas proporciones. Son también más o menos ferruginosos los niveles de shales aunque sin llegar a presentar capas limoníticas diferenciadas.

En la región de Tunjuelito faltan totalmente los cementos de calcita, además, las areniscas de la parte basal del Guaduas presentan una textura cuarcítica perfecta con ausencia casi total de intersticios.

Por lo que se refiere a la presencia de hierro, las areniscas carecen casi completamente de cemento ferruginoso, de las muestras 847 a 851 solo en una, la 850, se ha observado una cantidad apreciable de hierro. En cambio son muy frecuentes las capas limoníticas intercaladas en los niveles de lutitas.

En las delgadas capas de areniscas superiores a la Guía, los cementos de hierro son más abundantes.

Arcillas.—La presencia de arcillas entre los granos de cuarzo se observa sobre todo en la Guía, siendo frecuente la presencia de caolinita vermicular tanto en las muestras de la región del Salto como en las de Tunjuelito, hecho que asemeja esta arenisca a la Arenisca Tierra, de la formación Guadalupe (Zamarreño de Julivert, 1962). En cambio la caolinita prácticamente falta en las areniscas de la parte basal del Guaduas, que son mucho más cuarcíticas.

En las areniscas por encima de la Guía es frecuente también la presencia de arcilla pero la caolinita vermicular es menos abundante.

Estructuras de las areniscas del Guaduas.—En las areniscas que se encuentran en la parte basal del Guaduas son frecuentes las estratificaciones cruzadas, a pequeña escala ya que estas areniscas se presentan en capas delgadas; este hecho caracterizaba también las areniscas de la base del Guaduas entre Bogotá y Choachí (Julivert, 1962, lám. 5). En la región de Tunjuelito se han observado también riple-marks y flow cast.

En la arenisca Guía se presenta una estratificación cruzada muy marcada en la parte superior, coincidiendo con el aumento de tamaño de grano. En la parte inferior, en la región del Salto no se ha observado estratificación cruzada.

Minerales pesados.—Aunque no se ha hecho un estudio a fondo se han separado los minerales pesados de las muestras ns. 828, 831, 834, 835 y 840 de la región del Salto y las muestras nos. 860, 862, 864, 866 y 868

de la región de Tunjuelito. Todas ellas presentan gran semejanza en cuanto a su contenido en minerales pesados; presentan circón, turmalina y rutilo, como es frecuente en las ortocuarcitas, con un gran predominio del primero sobre los otros dos, que en algunas muestras son incluso poco abundantes. Existe además abundancia de brookita, concentrada principalmente en la fracción más fina, hasta el punto de que en algunas muestras es el mineral pesado dominante en la fracción inferior a 0,074 mm. mientras falta prácticamente la fracción por encima de 0,074 mm. Son también muy abundantes los minerales opacos de tipo leucoxenico. Esta asociación de minerales pesados es la misma de la Arenisca Tierna. (Zamarreño de Julivert, 1962)

CONCLUSIONES

Las areniscas que se encuentran en la parte más inferior del Guaduas y las que forman el nivel denominado Arenisca Guía son semejantes a las de la formación Guadalupe tanto por su composición mineralógica como por sus características granulométricas y cementaciones.

Estas areniscas representan una sedimentación marina que en el Guaduas se presenta alternando con períodos continentales, pero que en su parte inferior es aún muy importante. Los carbones que se encuentran por debajo de la Guía se han formado por tanto en una cuenca parállica afectada por episodios marinos que en el Guaduas inferior están representados por el nivel basal de areniscas y el nivel denominado Guía.

Por encima de la Guía, después del depósito de las arenas de grano grueso que forman su techo, el Guaduas se hace fundamentalmente arcilloso apareciendo facies semejantes a las que caracterizan la formación Bogotá y que pueden considerarse como continentales. Las facies de arcillas rojas aparecen en el Guaduas muy poco por encima de la Arenisca Guía.

BIBLIOGRAFIA

- COLOMBIAN SOC. PETR. GEOL. GEOPH. 1961. Second Annual Field Conference, Cundinamarca-Boyacá, Muzo Emerald Mines, 29 pp., 10 fs., Bogotá.
- FRIEDMAN, G. M., 1958. Determination of Sieve-Size distribution from thin-section data for sedimentary Petrological studies, *Journ. of Geol.*, v 66, pp. 394-416, 9 fs., 8 tpls., Chicago.
- FRIEDMAN, G. M., 1962. On Sorting, Sorting Coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of Sandstones. *Journ. Geol.*, vol. 70, n. 6, pp. 737-753, 10 fs., 5 tpls., Chicago.
- HUBACH, E., 1957. Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores, *Bol. Geológico*, Serv. Geol. Nal., vol. 5, n. 2, pp. 93-112, 2 ls., Bogotá.
- JULIVERT, M., 1961. El papel de la gravedad y la erosión en las estructuras del borde oriental de la Sabana de Bogotá, *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 8, pp. 5-20, 8 fs., Bucaramanga.

- JULIVERT, M., 1962. Estudio Sedimentológico de la parte alta de la formación Guadalupe al E de Bogotá (cretácico superior) *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 10, pp. 25-55, 12 fs., 5 ls., Bucaramanga.
- JULIVERT, M., 1962. La estratigrafía de la formación Guadalupe y las estructuras por gravedad en la serranía de Chía, (Sabana de Bogotá), *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 11, pp. 5-21, 4 fs., Bucaramanga.
- ZAMARREÑO DE JULIVERT, I., 1962. Estudio petrográfico de la parte alta de la formación Guadalupe (cretácico superior) *Boletín de Geología*, Univ. Ind. Santander, n. 10, pp. 55-61, 6 ls., Bucaramanga.