

CONCLUSIONS

The statistical probability analysis of past strat drilling programs provides a set of basic data that can be projected for future exploratory drilling programs.

The probability tree diagram displays several parameters in a systematic way. The odds of discovering a certain volume of oil per each combination of parameters are displayed.

When cost figures are attached to each individual drilling project the probability tree becomes an excellent decision-making tool.

REFERENCES

- Megill, R.E., 1971, Exploration Economics; Tulsa, The Petroleum Publishing Company, 159 p.
- Newendorp, P.D., and Root, P.J., 1968; Risk Analysis in Drilling Investment Decisions, in Jour. Petroleum Technology Bull. Am. Institute of Mining, Metall., and Petroleum Engineers, Inc., v. XX, p. 579.
- Whitney, D.R., 1959, Elements of Mathematical Statistics; New York, Henry Holt and Company, p. 148.

PARAMO DE LA CULATA, ESTADO MERIDA:
GLACIACION DEL PLEISTOCENO TARDIO^{(1) (4)}

Por

Carlos Schubert⁽²⁾ y Sam Valastro⁽³⁾

ABSTRACT

Late Pleistocene glacial features in the Páramo de la Culata region, north-central Venezuelan Andes, include: 1.- depositional features: morainic till and fluvio-glacial deposits (terrace gravels), 2.- sculptured features: glaciated valleys, cirques, horns, and arêtes; and 3.- erosional features: striation and grooving, polished rock, roches moutonnées and whaleback forms, and erratic boulders. Two main levels of moraines were found, an older one at 2600 m. elevation and a younger one between 3000 and 3500 m. The difference in age is reflected by the higher degree of weathering, erosion, and vegetation cover of the lower level, as compared with the higher level. Radio-carbon dating, and a comparison and correlation of these glacial features with those of adjacent regions, indicates that the lower morainic level (2600 m.) is probably the result of the main glacial advance of the Late Wisconsin Glaciation. The main morainic level (3000 to 3500 m.) was probably formed by the latest Wisconsin glacial advance. The Late Pleistocene snow-line depression reached approximately 1200 m. below the present snow-line (i.e., down to approximately 3500 m.).

(1) Versión castellana de un artículo a publicarse en 'Geologische Rundschau', Band 63 (1974). Un resumen de este trabajo fué presentado en la XXIII Convención Anual de AsoVAC (Mérida, 1973).-

(2) Departamento de Ecología - Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas - Apartado 1827, Caracas 101, Venezuela.

(3) Radiocarbon Laboratory - University of Texas - Austin, Texas, 78757; U.S.A.

(4) Manuscrito recibido en Octubre de 1973.

RESUMEN

Los rasgos glaciales del Pleistoceno Tardío en el Páramo de La Culata, Andes venezolanos norcentrales, incluyen: 1.- rasgos deposicionales; "till" morrénico y depósitos fluvio-glaciales (terrazas conglomeráticas); 2.- rasgos esculpidos: valles glaciales, círcos, agujas y aristas; y 3.- rasgos erosionales: estriás y surcos, roca pulida, rocas abotregadas y estructuras en forma de lomo de ballena, y bloques erráticos. Se hallaron dos niveles principales de morrenas, uno más antiguo a 2600 m. de elevación, y uno más joven entre 3000 y 3500 m. Esta diferencia en la edad se refleja en el mayor grado de meteorización, erosión y cubierta vegetal del nivel inferior, comparado con el nivel superior. Dataciones radiocarbónicas, y una comparación y correlación de estos rasgos glaciales con aquéllos en regiones adyacentes, indican que el nivel morrénico inferior (2600 m) probablemente fué el resultado del avance morrénico principal de la Glaciación Wisconsin Tardía. El nivel morrénico principal (3000 a 3500 m.) probablemente se debió al último avance glacial Wisconsin. La depresión del límite de nieve durante el Pleistoceno Tardío llegó aproximadamente a 1200 m. por debajo del límite de nieve actual (o sea, hasta aproximadamente 3500 m. de elevación).

INTRODUCCION

En estudios previos (Schubert, 1970 y 1972 a) se estableció que grandes áreas de los Andes venezolanos nor-orientales estaban cubiertas por extensos depósitos glaciales, en forma de "till" morrénico y sedimentos fluvio-glaciales, entre aproximadamente 3000 y 3600 m. de elevación. Un nivel inferior de posibles depósitos glaciales existe entre 2600 y 2700 m., pero éste se conoce poco hasta ahora. Por encima de los 3500 m. las evidencias de acción glacial están representadas por círcos, valles glaciales, estriás y surcos en las paredes y pisos rocosos de los valles, agujas y aristas. La edad pleistocena tardía de estos rasgos está basada en dataciones radiocarbónicas (Schubert, 1970, Tabla 3) y en comparaciones con rasgos similares en la Cordillera Oriental de Colombia (Van der Hammen y González, 1960). El nivel principal de sedimentos glaciales (3000 a 3500 m.) probablemente representa el último avance importante de los glaciares Wisconsin (Würm), el cual terminó antes de 10.000 años antes del presente en Colombia.

Se estudió la geología glacial del Páramo de La Culata (Andes venezolanos norcentrales) en un esfuerzo por extender y probar estas conclusiones. Esta región está situada en la parte central del Estado Mérida (Fig. 1), al norte de la ciudad de Mérida. Las elevaciones

se encuentran entre 2500 y 4600 m. sobre el nivel del mar. El único dato climático existente para esta región es la precipitación (Estación La Culata, Ministerio de Obras Públicas), y la precipitación anual promedio (1961 a 1970) es de 1186,9 mm., la cual cae principalmente durante la estación de las lluvias (Abril a Octubre). Las fotografías aéreas fueron muy útiles en el cartografiado de los rasgos glaciales del Páramo de La Culata, especialmente las fotografías Nos. 537 a 544, y 567 a 571 de la Misión A-34 (Cartografía Nacional).

TRABAJOS PREVIOS.-

En informes anteriores (Schubert, 1970, 1971 y 1972a) se revisaron los trabajos previos sobre los efectos glaciales en los Andes venezolanos. Algunas referencias importantes son: Sievers (1888a), Jahn (1925 y 1931), Royo y Gómez (1959), Cárdenas (1962), Tricart y Millies-Lacroix (1962), y Tricart (1966). Recientemente ha aumentado el interés por la geología y tectónica cuaternarias de los Andes venezolanos, como lo demuestran los informes de Vareschi (1970), Schubert (1970, 1971, 1972a y 1972b), Schubert y Sifontes (1970 y 1972) y Giagengack y Grauch (1972a y 1972b). Estos trabajos tratan sobre aspectos de geología glacial y fluvio-glacial pleistocena, rasgos periglaciales, aspectos biológicos de las glaciaciones y tectónica cuaternaria.

Poco se ha publicado sobre la geomorfología y geología cuaternaria del Páramo de La Culata. Sievers (1888a, p. 86-88; y 1888b, p. 165-169) probablemente fué el primero en describir brevemente esta región. Este autor determinó las elevaciones de varios puntos morfológicos importantes (Sievers, 1885-1886, p. 245), y especuló sobre las razones para la ausencia de glaciares comparado con la Sierra Nevada de Mérida (Sievers, 1886, p. 56-57). Esta última la atribuyó a diferencias en la distribución de la precipitación. Kovisars (1969, p. 100-103) describió brevemente las morrenas y lagunas glaciales por encima de los 2950 m. de elevación, cerca del límite norte del Páramo de La Culata y fuera del área del presente estudio. La geomorfología de la parte inferior del valle del río Mucujún (por debajo del nivel morrénico principal del Páramo de La Culata) fué descrita recientemente por López (1971).

GEOMORFOLOGIA.-

El Páramo de La Culata está situado en la parte nororiental de la Sierra de La Culata (Fig. 1), una cadena montañosa importante (llamada también Sierra del Norte) al oeste de Mérida y del valle central del río Chama. Esta Sierra se extiende por unos 150 kms., entre el sitio donde el río Chama dobla hacia el noreste y hacia la Cuenca de Maracaibo y un sitio al oeste de Timotes. Su punto más alto es el Pico de Piedras Blancas (4762 m.), (esta elevación, así como las demás usadas en este informe, son aquellas determinadas por Jahn, 1912, todavía vigentes hoy en día), justo al norte de la esquina noreste del mapa (Figs. 1). La Sierra de La Culata tiene un núcleo de rocas me-

tamórficas precámbricas (?), el cual fué intrusionado por rocas graníticas durante el Paleozoico Superior en la parte noreste (en la cual se encuentra situada la región bajo estudio). Hacia el suroeste, la Sierra contiene rocas sedimentarias paleozóicas y mesozóicas en sus flancos. Dentro de la región del Páramo de la Culata, los puntos más altos son el Pico La Torre (4375 m.) y el Pan de Azúcar (4620 m.).

La geología del borde norte de esta región fué descrita por Kovisars (1971). Consiste de néises, esquistos y anfibolitas pertenecientes a la Formación Sierra Nevada de edad precámbrica (?). Un batolito granítico intrusionó esta formación en la parte noreste del Páramo de La Culata, el cual fué descrito y denominado Adamelita (Monzonita Cuarcífera) de La Culata por Kovisars (1971, p. 3121). Esta roca, junto con las rocas de la Formación Sierra Nevada, es el constituyente principal de los sedimentos glaciales y fluvio-glaciales descritos más abajo.

La región del Páramo de La Culata consiste de un valle casi recto (parte superior del valle del río Mucujún), el cual tiene un rumbo de 45° a 50° (todas las orientaciones se expresan en grados de un círculo de 360° en el sentido del reloj). El río Mucujún desemboca en el río Chama justo al norte de la ciudad de Mérida. En su mitad inferior, el río Mucujún fluye en un ancho valle montañoso llenado por sedimentos aluvionales los cuales forman terrazas a lo largo de sus orillas (Fig. 2). Son muy comunes los conos aluvionales a ambos lados del valle, depositados por los afluentes. Desde los bordes del valle las montañas, tanto al noroeste (Sierra de La Culata) como al sureste (Fila de La Culata), se alzan empinadamente. Los afluentes fluyen a lo largo de valles colgantes y tienen pequeños complejos morrénicos en su salida (especialmente por encima de los 3000 m.), los cuales han sido cortados subsecuentemente por las quebradas. La rectitud del valle del río Mucujún, como es el caso de muchos otros valles andinos (tal como el valle del río Chama), probablemente se deba a fallamiento. Se hallaron evidencias de fallamiento (espejos de falla horizontales en planos de falla verticales) paralelas al valle en el flanco sureste de la Sierra de La Culata.

Los complejos morrénicos comienzan a una elevación de aproximadamente 3000 m. (Fig. 2), donde una morrena terminal mayor cierra el valle del río Mucujún (Fig. 3). Este es también el límite aproximado inferior de la región paramera. Se identificaron siete complejos morrénicos y se les denominó Morrenas de La Culata (I a VII). Su distribución se muestra en la Fig. 1. Las Morrenas La Culata I y II se encuentran en la parte central del valle del río Mucujún y son drenadas por este río. El resto (Morrenas La Culata III a VII) están asociadas a valles tributarios y generalmente terminan contra las morrenas laterales de las Morrenas La Culata I y II. Estos cerros morrénicos llegan a tener elevaciones de 150 a 200 m. por encima del piso principal del

valle, lo cual indica espesores similares del "tilde" dentro de ellos. La profundidad de la roca del basamento es variable, pero probablemente es somera, como lo indica un afloramiento de basamento en el lecho del río Mucujún en El Saladito (Fig. 1). No se identificó con certeza la existencia de morrenas de fondo, pero existen posibles afloramientos a lo largo del río Mucujún.

En el valle del río Mucujún, a una elevación de 2600 m., se encuentra una posible morrena más antigua (denominada Morrena Mucujún Media). Su expresión topográfica consiste en colinas suaves que producen un cambio de pendiente en el valle (Fig. 2).

Dentro de los arcos morrénicos se encuentran áreas bajas y pantanosas con numerosas terrazas que consisten de sedimentos fluvio-glaciales (Fig. 4) y que han sido cortadas por las quebradas. Las lagunas glaciales no son comunes en este nivel, excepto una situada dentro de la Morrena La Culata I, en el valle de la quebrada La Corcovada (Fig. 1). Todos los valles morrénicos son drenados por quebradas perennes. Dentro de los valles morrénicos principales se encuentran numerosas morrenas terminales menores (Fig. 4), las cuales indican pequeños re-avances o períodos estacionarios en el retroceso glacial.

Río abajo de las morrenas terminales se encuentran conos fluvio-glaciales, los cuales frecuentemente forman terrazas conglomeráticas. En las partes más altas de la región se encuentran numerosas morrenas pequeñas que generalmente cierran las salidas de los circos, represando las lagunas glaciales o áreas pantanosas dentro de éstos (Fig. 1).

Por encima de los arcos morrénicos (por encima de los 3500 m.) se encuentran los valles glaciales, los cuales generalmente son cortos (1 a 5 kms.) y típicamente tienen una sección transversal en forma de U. Normalmente estos valles están llenos de sedimentos aluviales y numerosos canchales, los cuales se han acumulado a los pies de las paredes empinadas de los valles. En las cabeceras de los valles comienza una serie de escalones rocosos que terminan en circos. Estos escalones generalmente tienen alturas de 100 a 200 m. y son casi verticales. Los circos son circulares (diámetros de varios centenares de metros), rodeados por paredes casi verticales y contienen turberas o lagunas glaciales.

Por encima de aproximadamente 4000 m. de elevación, la topografía está dominada por pendientes rocosas empinadas, las cuales terminan hacia arriba en crestas muy abruptas con buenos ejemplos de agujas y aristas, los rasgos típicos de las partes altas, no afectadas por glaciaciación, de los Andes (Schubert, 1971).

SEDIMENTOS GLACIALES.-

Los sedimentos glaciales del Páramo de la Culata consisten principalmente de "till" morréxico, el cual se encuentra dentro de los complejos morrénicos descritos en la sección anterior. Entre las morrenas se encuentran áreas ocupadas por derrubios de ladera, aluviones no diferenciados y posibles depósitos glaciales.

El "till" morréxico típico consiste de una mezcla marrón clara a gris clara (5 YR 5/2 a N 7), con tamaños de grano entre arcilla y cantes (Fig. 5). En estos depósitos no se nota ninguna estratificación, excepto pequeños cuerpos de arcilla limosa que generalmente se encuentran entre los cantes o envolviéndolos (Fig. 6). Estos probablemente representan sedimentos depositados por agua que fluyó a través del "till" durante la ablación del glaciar, o también pueden ser pequeños depósitos finos incorporados en la morrena. Los cantes son generalmente prismáticos o equidimensionales, con bordes y esquinas redondeadas. Raramente están estriados, pero frecuentemente tienen surcos semilunares producidos probablemente durante el transporte dentro del glaciar. En la Tabla 1A se muestra la forma, redondez y litología de los fragmentos de "till", medidas simultáneamente con la fábrica descrita abajo. La forma más común de los guijarros es prismoidal alargada y varían desde prismas bien formados hasta formas elipsoidales. La segunda forma más común es tabular y estos guijarros pueden ser redondos, cuadrados o poligonales. Una forma menos común es la prismática puntiaguda y estos guijarros varían entre formas acuñadas y cilíndricas puntiagudas. Un 15% de todos los guijarros medidos presentó facetas bien desarrolladas, generalmente entre aquellos cuyas formas geométricas estaban bien desarrolladas. Aproximadamente un 1% presentaba estrías, generalmente paralelas o subparalelas al eje mayor del guijarro. Este porcentaje bajo puede ser atribuido a la dureza de la roca. La mayor parte de los guijarros en el "till" son subangulares, lo cual probablemente se deba al desarrollo de facetas y a la distancia relativamente corta del transporte (un máximo de 8 a 10 kms.), inadecuada para erosionar las facetas. Los tipos litológicos más comunes son rocas graníticas, seguidos por néis y esquisto. Estas rocas ígneas y metamórficas, descritas por Kovissars (1971), son comunes en la parte norte de la Sierra de La Culata, y representan el basamento que infrayace los depósitos glaciales. Los esquistos y néises fueron derivados de la Formación Sierra Nevada de edad precámbrica (?); las rocas graníticas fueron derivadas de afloramientos de Granodiorita de El Carmen y Adamelita de La Culata, las cuales intrusionaron esa formación.

La Fig. 7 muestra las distribuciones granulométricas de 18 muestras representativas de "till". Al igual que en la Sierra de Santo Domingo (Schubert, 1970, p. 240), estos sedimentos contienen muy poco material de granulometría más fina que arena (o sea, más fino que 4 phi o 0,062 mm.), generalmente menos del 5%. Esta ausencia de sedimentos de grano fino indica un probable drenaje durante o después de la ablación y retroceso de los glaciares.

Dentro de los valles morrénicos se hallaron numerosas morrenas terminales menores. En una localidad en la parte superior del valle del río Mucujún, aproximadamente a 1 km. al suroeste de El Saladito (Fig. 1), aflora una morrena terminal menor en la orilla oriental del río (Fig. 8). Una masa de "till" (consistente de una mezcla no estratificada desde arcilla hasta cantes, con guijarros facetados y estriados) suprayace a sedimentos fluvio-glaciales, los cuales probablemente fueron depositados durante un período de retroceso glacial previo a un avance glacial menor. Delante de la morrena terminal (hacia el suroeste) se encuentra una masa de arenas conglomeráticas estratificadas que representa sedimentos fluvio-glaciales derivados del "till".

A una elevación de aproximadamente 2600 m., alrededor de 6 kms. al suroeste (valle abajo) de la Morrena La Culata I, se encuentran afloramientos de un posible "till" morréxico más antiguo (Morrena Mucujún Media). Su aspecto es muy similar al "till" descrito arriba: una mezcla desordenada de fragmentos que varían desde limo hasta cantes, sin estratificación aparente. La Tabla 1B muestra la distribución de las formas, redondez, y litología de guijarros recolectados para los estudios de fábrica descritos abajo. Como en el caso de las Morrenas La Culata, la forma de guijarro dominante es prismoidal alargada; sin embargo, como contraste, la mayor parte de los guijarros son subredondeados, lo cual refleja probablemente una distancia mayor de transporte (aproximadamente el doble, o sea 15 a 20 kms.). La litología más común es néis, seguido por rocas graníticas. Se hallaron facetas bien desarrolladas en el 20% de los guijarros medidos, y se observaron estrías tenues en algunos.

"Till" de fondo (lodgment till, o sea, "till" depositado desde la base de un glaciar; Flint, 1971, p. 171) probablemente aflora en algunas localidades a lo largo del río Mucujún, río arriba de las morrenas terminales de la Morrena La Culata I. En una localidad en particular, aproximadamente a 1 km. río arriba de la confluencia con la quebrada La Corcovada (Fig. 1), se encuentra un posible afloramiento de "till" de fondo, cubierto por una capa de 1 m. de espesor de "till" de ablación y/o conglomerados fluviales, y un suelo arenoso marrón oscuro. Este "Till" de color gris a moteado marrón, es típicamente muy compacto, muchos cantes y guijarros están fracturados y tiene una matriz rica en limo y arcilla. No se observó orientación alguna de los guijarros.

FÁBRICA DEL "TILL".-

La fábrica del "till" se estudió en la Morrena La Culata I. Se recolectaron muestras en tres localidades (cortes de carretera) y se midieron las orientaciones de los ejes de guijarros no seleccionados siguiendo los métodos de Holmes (1941, p. 1304-1310) y Andrews y Smith (1970, p. 508-509). Solamente se midieron guijarros con más de 1 cm. de largo y con una elongación definida.

Los datos fueron transportados a la parte inferior de una esfera de proyección equivalente, lo cual representa tanto la orientación como la dirección y cantidad de buzamiento (Fig. 9). Las orientaciones principales en cada localidad se representan como flechas. A pesar de que existe gran dispersión de los datos, se pueden definir algunos máximos, especialmente en las localidades 2 y 3. La fábrica en estas localidades tiene una simetría monoclinica rudimentaria, con una orientación principal de los guijarros de 240° , horizontal; y 234° , 150° SW, respectivamente. Esto coincide con la dirección inferida aproximada del movimiento del glaciar (esto es, valle abajo en dirección suroeste). No se pueden identificar orientaciones transversales definidas en los diagramas, aunque existen algunas orientaciones oblicuas tenues.

La Fig. 10 muestra datos de fábrica similares a los anteriores para la Morrena Mucujún Media. Estos muestran mayor dispersión, con varios máximos menores (92° , 200° E; 124° , 15° SE; 160° , 5° SE; 248° , horizontal; y 280° , 5° NW). Estas orientaciones son transversales a las orientaciones medidas en la Morrena La Culata I. Sin embargo, los datos son insuficientes para derivar alguna conclusión sobre el origen del patrón de la fábrica. La razón principal para sugerir un origen glacial en vez de fluvio-glacial para la Morrena Mucujún Media, es que contiene guijarros que muestran típicos efectos glaciales y porque no muestra estratificación o arreglo alguno de los fragmentos.

Los problemas en el muestreo para los estudios de las fábricas de "till" fueron tratados por Andrews y Smith (1970, p. 519-525). Algunos de ellos son similares a los hallados en el estudio presente, tales como la dificultad en limpiar las paredes verticales de los afloramientos debido a la dureza del "till", y la posible influencia de la orientación del afloramiento sobre la orientación de los guijarros y la selección de las muestras. Sin embargo, nuestros datos apoyan la conclusión general de que la fábrica del "till" refleja la dirección del movimiento del glaciar (Flint, 1971, p. 160).

SEDIMENTOS FLUVIO-GLACIALES.-

Dentro de los valles morrénicos, los sedimentos fluvio-glaciales son muy abundantes (Figs. 1, 2 y 4) y afloran en una serie de terrazas cortadas por el río Mucujún y otras quebradas. A pesar de que estas terrazas son irregulares fué posible distinguir por lo menos cinco niveles (Fig. 4): 1 a 1,5 m., 3 m., 6 a 10 m., 15 a 20 m. y 25 a 30 m., sobre el nivel actual del río.

La terraza inferior (1 a 1,5 m.) es casi ubicua en todos los valles morrénicos. Las otras terrazas se hacen menos obvias y extensas con la elevación. La terraza de 3 m. está bien preservada, y el resto de las terrazas lo son cada vez menos. En efecto, la terraza de 25 a 30 m. se halló en sólo una localidad, cerca de la salida de la Morrena La Culata I (Fig. 4, en la esquina suroeste), y representa el relleno aluvional de un pequeño valle entre las Morrenas La Culata I y III (Fig. 1), cortado por erosión fluvial.

La terraza de 1 a 1,5 m. representa la llanura aluvional angosta actual del río Mucujún y otras quebradas en la región. Consiste de conglomerados, arenas y, menos comúnmente, de limos y arcillas con estratificación tosca. Las capas son frecuentemente discontinuas y su espesor es generalmente menor a 1 m. Son muy comunes las estructuras imbricadas, así como aquellas de erosión y relleno y las de socavación. Los guijarros y cantos dentro de esta terraza consisten de rocas graníticas, néis, y menos comúnmente esquisto, y algunos de ellos todavía retienen signos de acción glacial, tales como el desarrollo de facetas. Son muy comunes las capas discontinuas de sedimentos negros carbonáceos; en parte forman pequeños bolsones dentro de los depósitos fluviales. El tope de esta terraza consiste de una capa de suelo arenoso conglomerático de color marrón oscuro a negro (5 YR 2/1 a N 1 o N 2), con espesores de 10 a 50 cms. La superficie está cubierta por vegetación, generalmente pastos y varias especies de Espeletia.

Las otras terrazas tienen una composición muy similar. Los materiales más comunes son conglomerados arenosos conteniendo desde guijarros hasta cantos, los cuales se presentan como capas y lentes (generalmente con espesores de menos de 1 m.). Las lentes de arena y arena limosa o arcilla son menos frecuentes. Estas lentes y capas indican lechos, bancos y planicies aluvionales fluviales antiguos. La Fig. 11 representa la terraza de 3 m. aproximadamente a 1 km. río abajo de la confluencia entre el río Mucujún y la quebrada La Corcovada. Nótese la estructura imbricada de los conglomerados. Se pueden observar lentes de arena gris (N 5), arcilla moteada marrón (5 YR 3/2) y arena gris clara (N 7) en la parte central de la terraza. El tope de la terraza consiste de una capa de suelo marrón oscuro (5 YR 2/1 a 5 YR 2/2) de aproximadamente 0,5 m. de espesor. Las litologías más comunes representadas en los conglomerados de las terrazas son las rocas graníticas, esquistos micáceos y néises. Una secuencia estratigráfica

muy común observada en estas terrazas es la siguiente (desde el fondo al tope): 1.- conglomerado de cantes, generalmente a nivel del río; 2.- varias capas alternantes de conglomerados arenosos, arenas y arenas o arcillas limosas; 3.- una capa de suelo arenoso marrón oscuro.

La Fig. 12 ilustra diagramas de frecuencia de sedimentos fluvio-glaciales representativos. Una comparación con los diagramas de frecuencia del "till" (Fig. 7) indica que los conglomerados arenosos tienen curvas muy similares, lo cual refleja probablemente su origen glacial, con un escogimiento muy pobre (Tabla 2: coeficientes verbales de escogimiento según Folk, 1968, p. 46). Las arenas y arcillas limosas muestran un escogimiento moderado a pobre, respectivamente (Tabla 2).

Las terrazas probablemente representan rellenos que fueron depositados durante avances glaciales y que fueron cortados por los ríos durante los retrocesos glaciales. Durante los avances glaciales menores probablemente se produjo deposición fluvial dentro de los valles morrénicos debido a que los ríos tenían un flujo de agua menor (esto sería parecido a los ciclos áridos de deposición fluvial de Garner, 1959), o debido a una carga excesiva. La deposición se efectuaría por una pérdida de competencia río abajo. Durante los retrocesos glaciales, los ríos llevaban más agua y erosionaron y cortaron los rellenos de los valles, lo cual es el proceso activo actualmente. Se puede hallar apoyo para estas conclusiones en los trabajos de Damuth y Fairbridge (1970, Tabla 4 y p. 203) y Van der Hammen (1972), los cuales llegaron a la conclusión que, durante las glaciaciones pleistocenas, el clima del norte de América del Sur era semi-árido. La aridez durante las glaciaciones, combinada con grandes masas de sedimentos debido a la erosión glacial y los procesos periglaciales, resultaría en deposición fluvial durante esa época (Schumm, 1965, p. 788 y 791).

MODELADO Y EROSION GLACIALES.-

Por encima de los 3500 m. de elevación, las evidencias de modelado y erosión glaciales se hacen más y más evidentes. Los principales rasgos de modelado glacial son los valles glaciales, los circos, las agujas y las aristas.

Los valles glaciales son cortos (generalmente menos de 3 kms. de largo) y tienen una típica sección transversal en forma de U. Son muy empinados y en algunos casos muestran un desnivel de casi 1000 m. en pocos kilómetros de distancia horizontal. Los escalones son ubicuos en estos valles y llevan a los circos. Cada valle tiene dos o más escalones rocosos con alturas de 100 a 200 m. Son muy comunes los valles colgantes a 100 o más metros por encima del piso del valle principal. Estos valles son muy similares a los descritos en la Sierra de Santo Domingo y Sierra Nevada de Mérida (Schubert, 1970 y 1971).

Los circos son rasgos muy prominentes y todos los valles tienen sus cabeceras en uno o más de ellos. Son rasgos semi-circulares, con

forma de olla, con paredes laterales muy empinadas a verticales y una salida en forma de escalón río abajo. Con frecuencia las paredes empinadas están cubiertas por canchales, derivados de las altas crestas por congelación y fracturamiento. Los circos contienen algunas glaciares o turberas. Su profundidad es variable, pero pueden llegar a medir varias decenas de metros porque muchos circos tienen pisos a esa profundidad debajo de sus salidas.

Por encima de los circos, generalmente sobre los 4000 m. de elevación, se encuentran crestas angostas, abruptas y cortadas, las cuales forman los puntos más altos de la Sierra de La Culata. La Fig. 1 muestra la distribución de las crestas (aristas) debido a la erosión y producción de los circos. Son parecidas a las crestas alpinas descritas por Gerber (1969), y los tipos más comunes son las crestas de tres y cuatro esquinas (Drei- y Vierkantgipfel). Esta topografía consiste de agujas y aristas bastante bien desarrolladas; la roca está fracturada en forma extrema, indicando la acción de las heladas, lo cual también se refleja en la presencia común de suelo estriado (Schubert, 1972b). No hay evidencias de erosión glacial por encima de aproximadamente 4200 a 4300 m.

La erosión glacial es corriente en los valles glaciales y en los circos; consiste de estrías y surcos, rocas aborregadas y en forma de lomo de ballena, roca pulida, fracturamiento y bloques erráticos. En la parte alta del valle del río Mucujún se hallaron ejemplos especialmente buenos de estos rasgos, al noreste de El Saladito (Fig. 1). En esta localidad el basamento aflora frecuentemente y ha sufrido erosión glacial, formando ejemplos excelentes de rocas aborregadas y en forma de lomo de ballena. La Fig. 13 ilustra una forma de lomo de ballena en roca granítica, la cual está cubierta por bloques erráticos y muestra estrías y surcos en sus flancos. La orientación de todos estos rasgos de erosión glacial está representada en la Fig. 1, e indica el movimiento valle abajo de los glaciares.

EDAD DE LOS RASGOS GLACIALES.-

Hasta el presente se ha hallado muy poca evidencia de glaciaciones anteriores a la Wisconsin o Würm en los Andes septentrionales. Wilhelmy (1957, p. 287) y Van der Hammen y González (1960, p. 300 y 315) mencionaron algunas evidencias para la presencia de depósitos de edad Riss (Illinois) en los Andes colombianos, y Tricart (1965) mencionó evidencias similares en el Perú. Sin embargo, no se ha identificado aún con certeza la presencia de depósitos glaciales más antiguos que Wisconsin. Al mismo tiempo, parece haber ciertas evidencias de que los Andes no eran lo suficientemente altos antes de la Glaciación Wisconsin para haber sido afectados por esa glaciación (Heim, 1951, p. 180; Clapperton, 1972, p. 261-262). Además, si fueran lo suficientemente altos, los depósitos glaciales o evidencias erosionales hubieran sido eliminados por el avance glacial Wisconsin principal, porque hubieran estado situados por encima del límite inferior alcanzado por ese avance. Tricart (1966) describió varios ni-

veles de depósitos glaciales en la región de Mucuchies (alto valle del río Chama), y los asignó a las dos últimas glaciaciones mayores (Riss y Würm), pero sus conclusiones no están basadas en datos cronológicos cuantitativos. En su trabajo no menciona diferencias en el grado de meteorización, que pudieran haber sido usadas como evidencia de diferencias en la edad.

Las fechas radiocarbónicas de sedimentos fluvio-glaciales en la Sierra de Santo Domingo, y las comparaciones con rasgos glaciales fechados en otras regiones (Cordillera Oriental de Colombia; Van der Hammen y González, 1960), llevaron a la consideración de que el nivel principal de morrenas (3000 a 3500 m.) en esa región fué el producto del último avance de la Glaciación Wisconsin (Schubert, 1970). La frescura de los depósitos y el aspecto relativamente fresco y no-erosionado de las morrenas son evidencia de su relativa juventud. El nivel inferior de depósitos morrénicos (2600 a 2700 m.) en la región de Santo Domingo fué asignado a un avance glacial más antiguo, posiblemente el avance principal Wisconsin, porque no se hallaron rasgos glaciales por debajo de ese nivel (Schubert, 1972a), y por el aspecto erosionado y el mayor grado de meteorización y cubierta vegetal.

En el Páramo de La Culata se encontró una situación muy similar. Un nivel principal de morrenas (Morrenas La Culata) se localiza entre los 3000 y 3500 m. de elevación, y consiste de depósitos más bien frescos, con relativamente poca meteorización y erosión de los arcos morrénicos. Las morrenas menores dentro de los arcos morrénicos principales están todavía bien preservadas y los ríos están en su fase inicial de erosión. Este nivel puede correlacionarse con niveles similares en el flanco noroeste de la Sierra de Santo Domingo y también en el flanco oeste de la Sierra Nevada de Mérida (Schubert, 1970 y 1971). El nivel morrénico inferior (Morrena Mucujún Media), a 2600 m. de elevación, y consistente de "till" muy erosionado y meteorizado, puede ser correlacionado con un nivel similar en la región de la Sierra de Santo Domingo (Schubert, 1972a).

Se obtuvieron fechas radiocarbónicas preliminares de muestras selectas del Páramo de La Culata (Tablas 3 y 4). La localización de todas estas muestras se encuentra en la Fig. 4, excepto las muestras Tx1446 y Tx1447, las cuales fueron recolectadas en la parte superior del valle de la quebrada La Tapita (Fig. 1).

Se realizaron don pruebas estratigráficas radiocarbónicas dentro de la terraza de 1 a 1,5 m. (Fig. 14). El perfil 1 se encuentra aproximadamente a 1,5 kms. al suroeste de El Saladito (Fig. 4), y su secuencia estratigráfica se muestra en la Fig. 14 A. Este perfil representa una serie alternante de arenas y conglomerados fluviales, y limos carbonáceos de turbera o laguna. Las tres fechas radiocarbónicas obtenidas (Tx1442, Tx1443 y Tx1444) indican una secuencia de edad normal. El perfil 2 se encuentra aproximadamente a 0,5 kms. río abajo

del perfil 1, o 2 kms. al suroeste de El Saladito (Fig. 4). Su secuencia estratigráfica se muestra en la Fig. 14 B, y representa una secuencia similar a la del perfil 1. Las dos fechas radiocarbónicas obtenidas (Tx1440 y Tx1439) también indican una secuencia de edad normal.

La confiabilidad de fechas radiocarbónicas en suelos ha sido tratada, entre otros, por Geyh y otros (1971), los cuales afirman que la contaminación con carbono moderno, uno de los factores principales de error en las fechas, puede ser tan significativo como para producir una serie de fechas estratigráficamente consistentes, pero que refleja únicamente una disminución en la contaminación con la profundidad. Estos mismos autores, sin embargo, indican que este efecto es progresivamente menor a medida que disminuye la edad de la muestra. Así, una contaminación del 1% con carbono moderno en una muestra de 5000 años, arrojará una edad ^{14}C de 4930 años (Geyh y otros, 1971, p. 71). Por lo tanto, se puede tener alguna confianza de que las edades radiocarbónicas determinadas en este trabajo probablemente reflejan edades aproximadamente verdaderas. Sin embargo, no debe olvidarse nunca que lo que se mide en el fechamiento de suelos es el "tiempo de residencia promedio" ("mean residence time") (Geyh y otros, 1971; y Scharpenseel, 1971), el cual puede ser notablemente diferente de la "edad verdadera" ("true age"). Como ejemplos de fechamientos radiocarbónicos de suelos que reflejan una relación consistente con su edad verdadera, o edad verdadera supuesta, se pueden citar los informes de Polach y Costin (1971) y Herrera y Tamers (1971). Este último trata sobre ejemplos venezolanos.

Las edades máximas bajas obtenidas en las dos pruebas estratigráficas descritas arriba, en comparación con las edades obtenidas en los sedimentos similares de la Sierra de Santo Domingo (Schubert, 1970, Tabla 3), estas últimas más antiguas por un factor de 2 o 3, es difícil de explicar. En esa región se obtuvieron edades de 5800 ± 80 y 8790 ± 120 en muestras recolectadas a profundidades de 80 a 90 cms., y 90 a 100 cms. debajo de la superficie. Como los análisis fueron realizados en laboratorios diferentes, una posible explicación para la discrepancia puede ser una técnica distinta de preparación de la muestra, o un nivel de contaminación diferente. Sin embargo, no se conocen datos de este tipo para las muestras de Santo Domingo. Las fechas más antiguas obtenidas de las pruebas estratigráficas en el Páramo de La Culata, probablemente representan una edad mínima para la terraza inferior, (1 a 1,5 m.) la cual está siendo cortada actualmente. Una explicación diferente podría ser que la terraza de 1 a 1,5 m. en ambas regiones (Sierra de Santo Domingo y Páramo de La Culata) tiene una edad diferente y pertenece a ciclos sedimentarios diferentes.

Además se fecharon nueve muestras misceláneas selectas, en un esfuerzo por obtener una cronología radiocarbónica más significativa. A pesar de que sus edades varían ampliamente, discriminaremos entre estas fechas en relación a su localización dentro de los cuerpos sedimentarios descritos arriba.

Se recolectaron dos muestras de la capa superior de suelo de la terraza de 1 a 1,5 m. (Tx1437 y Tx1438). Tres muestras (Tx1436, Tx1441 y Tx1448) se recolectaron en capas carbonáceas dentro de la misma terraza; y una muestra (Tx1449) se recolectó del fondo de la terraza. Como se puede apreciar en la Tabla 4, las edades varían desde 3820 ± 90 y 4780 ± 70 (capa superficial de suelo) a través de 2410 ± 80 , 5060 ± 90 y 5630 ± 70 (promedio de dos determinaciones en la muestra Tx1441) para las capas carbonáceas medias, hasta 3970 ± 60 (promedio de dos determinaciones en la muestra Tx1449) para la capa inferior. Esto es claramente inconsistente y probablemente refleja un origen heterogéneo de la terraza de 1 a 1,5 m., ya que las muestras fueron recolectadas en localidades diferentes; también puede representar diferentes grados de contaminación. Debe realizarse un muestreo más detallado en ésta y otras terrazas para obtener correlaciones intra-depósitos y cronologías radiocarbónicas significativas. Este muestreo se está llevando a cabo actualmente.

Una muestra fué recolectada en una capa limpia, negra y carbonácea, debajo de una pequeña morrena de reavance (Fig. 8), localizada aproximadamente 1 km. al suroeste de El Saladito (Fig. 4), a una elevación de 3600 m. La edad radiocarbónica de 2490 ± 50 determinada en este sedimento (Tx1445) indicaría que un glaciar reavanzó después de esa fecha. Sin embargo, esto es improbable ya que por lo menos una muestra (Tx1448) de sedimentos pertenecientes a una laguna seca, a una elevación de 4000 m. en el mismo valle, arrojó una edad radiocarbónica de 5060 ± 90 años antes del presente.

Finalmente, se recolectaron dos muestras cerca de la superficie de dos lagunas secas, situadas dentro de círcos, en la parte superior del valle de la quebrada La Tapita (Fig. 1). Estas muestras (Tx1446 y Tx1447) probablemente representan la edad aproximada del resacamiento de estas lagunas.

El significado de estas fechas radiocarbónicas es difícil de evaluar. Ciertamente hay inconsistencias en sus valores en relación con su situación geográfica. Meteorización y erosión diferenciales, descubriendo sedimentos de diferente edad en diferentes partes de la región, podría explicar en parte la gran variedad en las edades. Sin embargo, ellas indican que para por lo menos 5000 a 6000 años antes del presente, la naturaleza fluvial de los sedimentos es evidente; esto es evidencia de que antes de ese tiempo, los glaciares habían retrocedido más allá de las partes altas del valle del río Mucujún. Un muestreo más detallado de muestras para fechamiento radiocarbónico se está realizando como una continuación de nuestros trabajos. Un muestreo estratigráfico detallado, combinado con correlaciones intra-depósitos más detalladas, debe producir resultados significativos sobre la edad de los depósitos glaciales del Páramo de La Culata.

De estos datos (edades radiocarbónicas) y comparaciones entre el Páramo de La Culata y la Sierra de Santo Domingo (similaridad en el aspecto general de las morrenas, sus condiciones de meteorización, su sedimentología y su elevación), parece que el nivel inferior de morrenas (2600 m.) representa el avance glacial máximo Wisconsin. El nivel morrénico principal y superior (3000 a 3500 m.), representa el último avance glacial Wisconsin, el cual probablemente terminó entre 10.000 y 16.000 años antes del presente (por comparación con los datos de Van der Hammen y González, 1960, en la Cordillera Oriental de Colombia).

Las morrenas menores dentro de los valles morrénicos principales, representan pequeños reavances de los glaciares durante el retroceso glacial final del Pleistoceno Tardío. Este retroceso ha continuado a gran velocidad. Se hallaron evidencias de ésto en las áreas que todavía están cubiertas por glaciares en la Sierra Nevada de Mérida (Schubert, 1971), donde se ha observado durante los últimos 60 años una posible reducción de un 80% en esas áreas. La línea de nieve probable durante el último avance glacial Wisconsin está indicada por la elevación de los círcos inferiores, la cual es casi constante a unos 3500 m. en el Páramo de La Culata, Sierra de Santo Domingo y Sierra Nevada de Mérida. Esto representa una depresión en la línea de nieve de aproximadamente 1200 m., comparado con las condiciones actuales. Este valor corresponde con el calculado por otros autores en los Andes septentrionales y centrales (tales como Oppenheim, 1941, p. 54; y Hastenrath, 1967 y 1971, este último para regiones más áridas). Mortensen (1957) informó sobre evidencias de una depresión mayor en la línea de nieve en algunas regiones tropicales y subtropicales pero, como ese mismo autor apuntó (p. 52), esta depresión dependió de condiciones topográficas locales y no se puede predecir con exactitud la depresión en la temperatura glacial y el gradiente temperatura-elevación. No se conoce si la línea de nieve bajó más todavía durante el avance glacial principal Wisconsin (asociado con el nivel morrénico de 2600 m. descrito arriba) porque las únicas evidencias de actividad glacial en este nivel son probables morrenas.

CONCLUSIONES.-

1.- En el Páramo de La Culata, al igual que en la Sierra de Santo Domingo y la Sierra Nevada de Mérida (Andes venezolanos), la Glaciación del Pleistoceno Tardío (Wisconsin) dejó evidencias de su acción en forma de grandes depósitos morrénicos, valles glaciales, círcos, agujas y aristas; y rasgos menores tales como estriás y surcos, roca pulida, rocas aborregadas y en forma de lomo de ballena, y bloques erráticos. El nivel morrénico principal está situado entre 3000 y 3500 m. de elevación, y un nivel inferior a 1600 m. El primero está caracterizado por "till" fresco, no-meteorizado y relativamente no-erosionado, mientras que el segundo está muy meteorizado, erosionado y cubierto por vegetación.

2.- La edad de estos rasgos glaciales se infiere de fechamientos radiocarbónicos y comparaciones con rasgos glaciales y fluvio-glaciales fechados en regiones adyacentes, y correlaciones con rasgos similares en otras partes de los Andes septentrionales (Cordillera Oriental de Colombia). El nivel morrénico principal (3000 a 3500 m.) probablemente representa el último avance de los glaciares de la Glaciación Wisconsin (la cual probablemente terminó antes de 10.000 años antes del presente), y que produjo una depresión de la línea de nieve de aproximadamente 1200 m., comparado con las condiciones actuales. El nivel morrénico inferior (2600 m.) probablemente representa el avance glacial principal del Wisconsin Tardío, anterior al mencionado previamente.

AGRADECIMIENTOS.-

Deseamos agradecer a César Thielen (Mérida) su ayuda generosa durante los trabajos de campo en la región de Mérida. Hans Klinge (del Max Planck-Institut für Limnologie, Plön) y Karl Schubert (Hamburg) proveyeron copias de varios informes previos. Una versión anterior del manuscrito fué revisada por Claus Graf (de la Creole Petroleum Corp., Caracas), quien hizo numerosos comentarios útiles. Agradecemos especialmente la asistencia de Alejandra Varela y Terry López-Cepero en el laboratorio.

REFERENCIAS

- ANDREWS, J.T. y SMITH, D.I. (1970) Statistical analysis of till fabric: methodology, local and regional variability; Quart. Journ. Geol. Soc., London, V. 25, p. 503-542.
- CARDENAS, A.L. (1962) El glaciario pleistoceno en las cabeceras del Chama; Rev. Geog., V. 3, p. 173-194.
- CLAPPERTON, C.M. (1972) The Pleistocene moraine stages of west-central Perú; Jour. Glaciol., V. 11, p. 255-263.
- DAMUTH, J.E. y FAIRBRIDGE, R.W. (1970) Equatorial Atlantic deep-sea arkosic sands and ice-age aridity in tropical South America; Geol. Soc. America Bull., V. 81, p. 189-206.
- FLINT, R.F. (1971) Glacial and Quaternary Geology; John Wiley and Sons, New York, 892 p.
- FOLK, R.L. (1968) Petrology of sedimentary rocks; Hemphill's, Austin, 170 p.
- GARNER, H.F. (1959) Stratigraphic-sedimentary significance of contemporary climate and relief in four regions of the Andes mountains; Geol. Soc. Amer. Bull., V. 70, p. 1327-1368.

- GERBER, E. (1969) Bildung und Formen von Gratgipfeln und Felswänden in den Alpen; Zeit. f. Geomorph., N.F., Suppl. Bd. 8, p. 94-118.
- GEYH, M.A., BENZLER, J.H., y ROESCHMANN, G. (1971) Problems of dating Pleistocene and Holocene soils by radiometric methods; en Yaalon, D.H., ed., Paleopedology, Israel Univ. Press, Jerusalem p. 63-67.
- GIEGENGACK, R. y GRAUCH, R.J. (1972 a) Boconó Fault, Venezuelan Andes; Science, V. 175, p. 558-560.
- (1972 b) Geomorphologic expression of the Boconó Fault, Venezuelan Andes, or geomorphology to a fault; Geol. Soc. Amer. Annual Meeting, Abstracts with Programs, p. 719-720.
- HASTENRATH, S.L. (1967) Observations on the snow-line in the Peruvian Andes; Jour. Glaciol., V. 6, p. 541-550.
- (1971) On the Pleistocene snow-line depression in the arid regions of the South American Andes; Jour. Glaciol., V. 10, p. 255-267.
- HEIM, A. (1951) On the glaciation of South America as related to tectonics; Eclog. Geol. Helv., V. 44, p. 171-182.
- HERRERA, R. y TAMERS, M.A. (1971) Radiocarbon dating of tropical soil associations in Venezuela; en Yaalon, D.H., ed., Paleopedology, Israel Univ. Press, Jerusalem, p. 109-116.
- HOLMES, C.D. (1941) Till fabric; Geol. Soc. America Bull., V. 52, p. 1299-1354.
- JAHN, A. (1912) La cordillera venezolana de los Andes; Rev. Téc. Min. Obras Públ., 40 p.
- (1925) Observaciones glaciológicas en los Andes venezolanos; Cultura Venezolana, No. 64, p. 265-280.
- (1931) El deshielo de la Sierra Nevada de Mérida y sus causas; Cultura Venezolana, No. 110, p. 5-15.
- KOVISARS, L. (1969) Geology of the eastern flank of the La Culata massif, Venezuelan Andes; Doctoral Dissertation, Univ. of Pennsylvania, 212 p.
- (1971) Geology of a portion of the north-central Venezuelan Andes; Geol. Soc. America Bull., V. 82, p. 3111-3138.
- LOPEZ, M.E. (1971) Estudio geomorfológico del valle medio a inferior del río Mucujún; Trabajo Especial de Grado, Escuela de Geografía, Univ. de Los Andes, 102 p.

- MORTENSEN, H. (1957) Temperaturgradient und Eiszeitklima am Beispiel der pleistozänen Schneegrenzdepressionen in den Rand- und Subtropen; *Zeit. f. Geomorph.*, N.F., Bd. 1, p. 44-56.
- OPPENHEIM, V. (1941) Glaciaciones cuaternarias en la Cordillera Oriental de Colombia; *Ciencia*, V. 2, p. 49-63.
- PETTIJOHN, F.J. (1957) *Sedimentary rocks*; Harper and Brothers, New York, 718 p.
- POLACH, H.A. y COSTIN, A.B. (1971) Validity of soil organic matter radiocarbon dating: buried soils in Snowy Mountains, south-eastern Australia; en Yaalon, D.H., ed., *Paleopedology*, Israel Univ. Press, Jerusalem, p. 89-96.
- ROYO Y GOMEZ J. (1959) El glaciacionismo pleistoceno en Venezuela; *Bol. Inf. Asoc. Ven. Geol. Min. y Petróleo*, V. 2, p. 333-357.
- SCHARPENSEEL, H.W. (1971) Radiocarbon dating of soils - problems, troubles, hopes; en Yaalon, D.H., ed., *Paleopedology*, Israel Univ. Press, Jerusalem, p. 77-88.
- SCHUBERT, C. (1970) Geología glacial del alto río Santo Domingo, Andes venezolanos nororientales; *Bol. Inf. Asoc. Ven. Geol. Min. y Petrol.*, V. 13, p. 232-261.
- - - - - (1971) Observaciones geomorfológicas y glaciales en el área de Pico Bolívar, Sierra Nevada de Mérida, Venezuela; *Bol. Inf. Asoc. Ven. Geol. Min. y Petrol.*, v. 14, p. 193-216.
- - - - - (1972 a) Cronología Glacial Tardía y evidencias neotectónicas en los Andes venezolanos nororientales; *Acta Cient. Venezolana*, V. 23, Supl. 3, p. 89-94.
- - - - - (1972 b) Suelos estriados, un tipo de suelo pautado en la zona periglacial de los Andes venezolanos; *Acta Cient. Venezolana*, V. 23, p. 108-114.
- - - - - y SIFONTES, R.S. (1970) Boconó Fault, Venezuelan Andes, evidence of postglacial movement; *Science*, V. 170, p. 66-69.
- - - - - (1972) Boconó Fault, Venezuelan Andes; *Science*, V. 175, p. 560-561.
- SCHUMM, S.A. (1965) Quaternary paleohydrology; en Wright, H.E. y Frey, D.G., eds., *The Quaternary of the United States*, Princeton Univ. Press, Princeton, p. 783-794.

- SIEVERS, W. (1885-1886) Die barometrischen Höhenmessungen des Herrn Dr. W. Sievers in Colombia und Venezuela; *Mitt. Geog. Ges. Hamburg*, Bd. 12, p. 236-250.
- - - - - (1886) Ueber Schneeverhältnisse in der Cordillere Venezuela; *Mitt. Geog. Ges. München*, Heft 10, p. 54-57.
- - - - - (1888 a) Die Cordillere von Mérida nebst Bemerkungen über das Karibische Gebirge; *Geog. Abhandl. (Penck)*, Bd. 3, 238 p.
- - - - - (1888 b) Venezuela; L. Friederichsen, Hamburg, 359 p.
- TRICART, J. (1965) Observations on the Quaternary firn line in Perú; *Jour. Glaciol.*, V. 5, p. 857-863.
- - - - - (1966) Geomorfología del área de Mucuchies; *Rev. Geog.*, V. 7, p. 31-42.
- - - - - y MILLIES-LACROIX, A. (1962-1963) Les terraces quaternaires des Andes vénézuéliennes; *Bull. Soc. Géol. France*, 7e. série, tome IV, p. 201-218.
- VAN DER HAMMEN, T. (1972) Changes in vegetation and climate in the Amazon Basin and surrounding areas during the Pleistocene; *Geol. en Mijnbouw*, V. 51, p. 641-643.
- - - - - y GONZALEZ, E. (1960) Upper Pleistocene and Holocene climate and vegetation of the Sabana de Bogotá (Colombia, South America); *Leidse Geol. Med.*, V. 25, p. 261-315.
- VARESCHI, V. (1970) Lichenologische Beiträge zu Eiszeitproblemen in den Anden; *Deut. Bot. Ges.*, N.F., No. 4, p. 81-88.
- WENTWORTH, C.K. (1936) An analysis of shapes of glacial cobbles; *Journ. Sed. Pet.*, Vol. 6, p. 85-96.
- WILHELMY, H. (1957) Eiszeit und Eiszeitklima in den feuchttropischen Anden; *Petermanns Geog. Mitt.*, Erg. Bd., 262, p. 291-310.

LEYENDA PARA LAS ILUSTRACIONES

- Fig. 1. Mapa índice y mapa geológico-geomorfológico del Páramo de La Culata, Estado Mérida.
- Fig. 2. Valle del río Mucujún, mirando hacia el suroeste desde el flanco de la Sierra de La Culata. 1.- Morrena Mucujún Media (2600 m.). 2.- Nivel morrénico principal (3000 a 3500 m.), mostrando las Morenas La Culata I (abajo a la izquierda) y III (abajo a la derecha). 3.- Fila de La Culata. 4.- Sierra Nevada de Mérida. 5.- Mérida.
- Fig. 3. Morrena La Culata I, el arco morrénico principal que cierra la parte superior del valle del río Mucujún. Nótese las terrazas fluvio-glaciales dentro del valle morrénico. Una morrena media en el primer plano separa el valle del río Mucujún (izquierda) del valle de la quebrada La Corcovada (derecha).
- Fig. 4. Croquis geomorfológico de la parte superior del valle del río Mucujún, mostrando las localidades donde se recolectaron muestras para fechamiento radiocarbónico.
- Fig. 5. "Till" de la Morrena La Culata I, cerca de la salida de ese valle morrénico, a lo largo del río Mucujún. El martillo tiene 26 cms. de largo.
- Fig. 6. Capas de arcilla limosa dentro del "till" de la Morrena La Culata I. Largo del lápiz: 14 cms.
- Fig. 7. Diagramas de frecuencia de 18 muestras de "till" de Morenas La Culata.
- Fig. 8. Morrena terminal menor en la parte superior del valle del río Mucujún, aproximadamente a 1 km. al suroeste de El Saladito. 1.- "till" desordenado gris con lentes carbonáceos limosos negros. 2.- arena limosa estratificada, marrón oscura, algo carbonácea. 3.- limo estratificado marrón oscuro, algo carbonáceo. 4.- igual que 2. 5.- conglomerado de cantos fluvial. 6.- arena conglomerática gris, con estratificación cruzada. Largo total del afloramiento: 30 m.
- Fig. 9. Diagramas de fábrica de "till" de tres localidades en la Morrena La Culata I. Los números pequeños debajo de las proyecciones estereográficas indican el número de guijarros medido.
- Fig. 10. Diagrama de fábrica de 75 guijarros de la Morrena Mucujún Media.
- Fig. 11. Terraza de 3 m. a lo largo del río Mucujún, dentro del arco de la Morrena La Culata I. Nótese la capa gruesa (hasta 1 m.) de suelo en el tope de la terraza.
- Fig. 12. Diagramas de frecuencia de sedimentos fluvio-glaciales de la parte superior del valle del río Mucujún. A.- Conglomerados

- arenosos. B.- Arenas. C.- Arcillas arenosas.
- Fig. 13. Forma de lomo de ballena en rocas graníticas del Páramo de La Culata (mirando valle arriba), cubierta por bloques erráticos graníticos, y mostrando estrías y surcos en la dirección del martillo.
- Fig. 14. Secuencias litológicas de dos pruebas estratigráficas radiocarbónicas. A.- Perfil 1: terraza de 1 a 1,5 m. en la margen derecha del río Mucujún, aproximadamente a 1,5 kms. al suroeste de El Saladito. 1) Suelo arenoso marrón claro; 2) limo carbonáceo marrón oscuro; 3) arena marrón clara; 4) limo conglomerático carbonáceo, marrón oscuro; 5) arena conglomerática gris clara; 6) limo y arcilla carbonáceos negros; 7) conglomerado arenoso. B.- Perfil 2: terraza de 1 m. en la margen derecha del río Mucujún, aproximadamente a 2 kms. al suroeste de El Saladito. 1) Suelo conglomerático negro; 2) arena conglomerática gris, en capas finas; 3) limo arcilloso estratificado negro, con lentes de arena y conglomerado; 4) arena carbonácea marrón oscura y con estratificación irregular, sobre un conglomerado de cantos. Se muestra la localización de las muestras analizadas por radiocarbono.

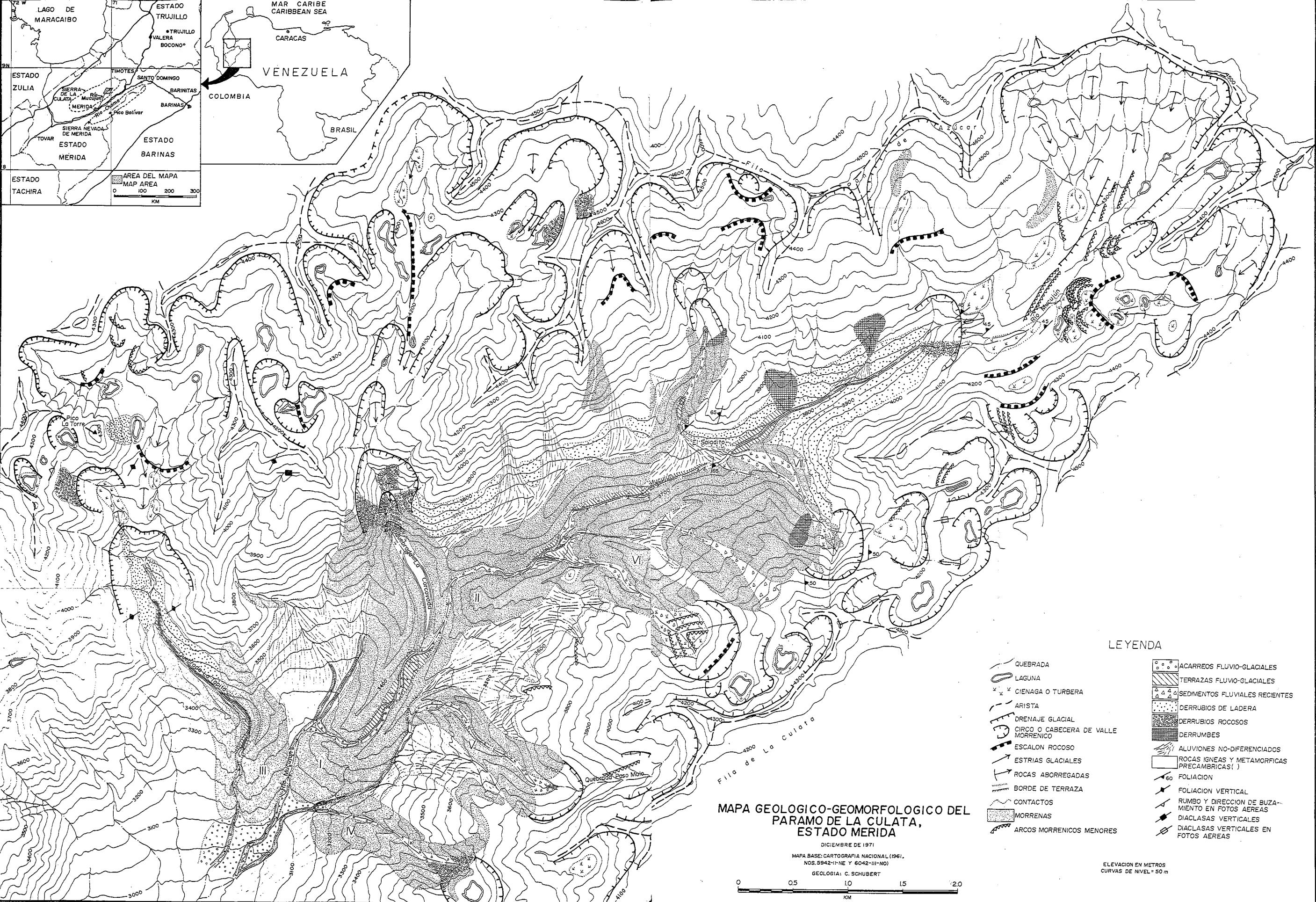




Figura 2

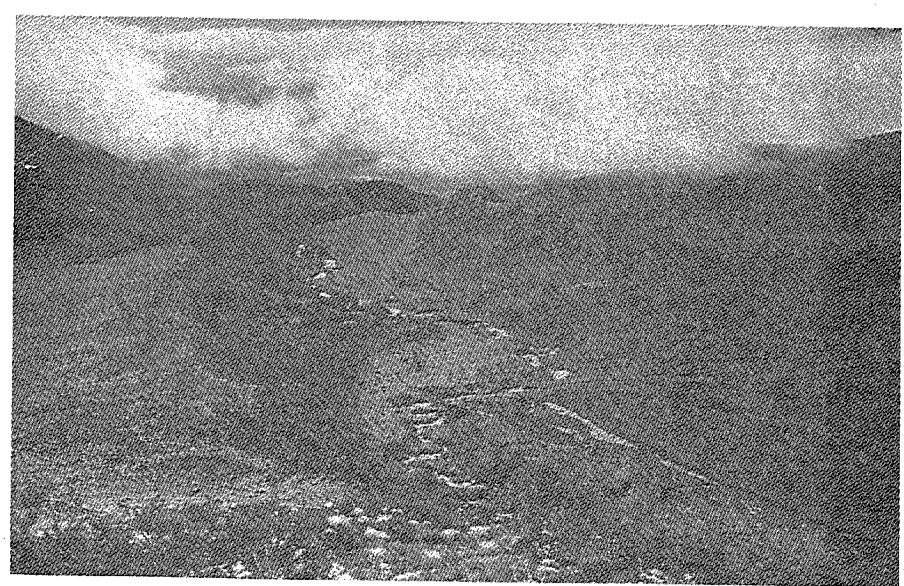
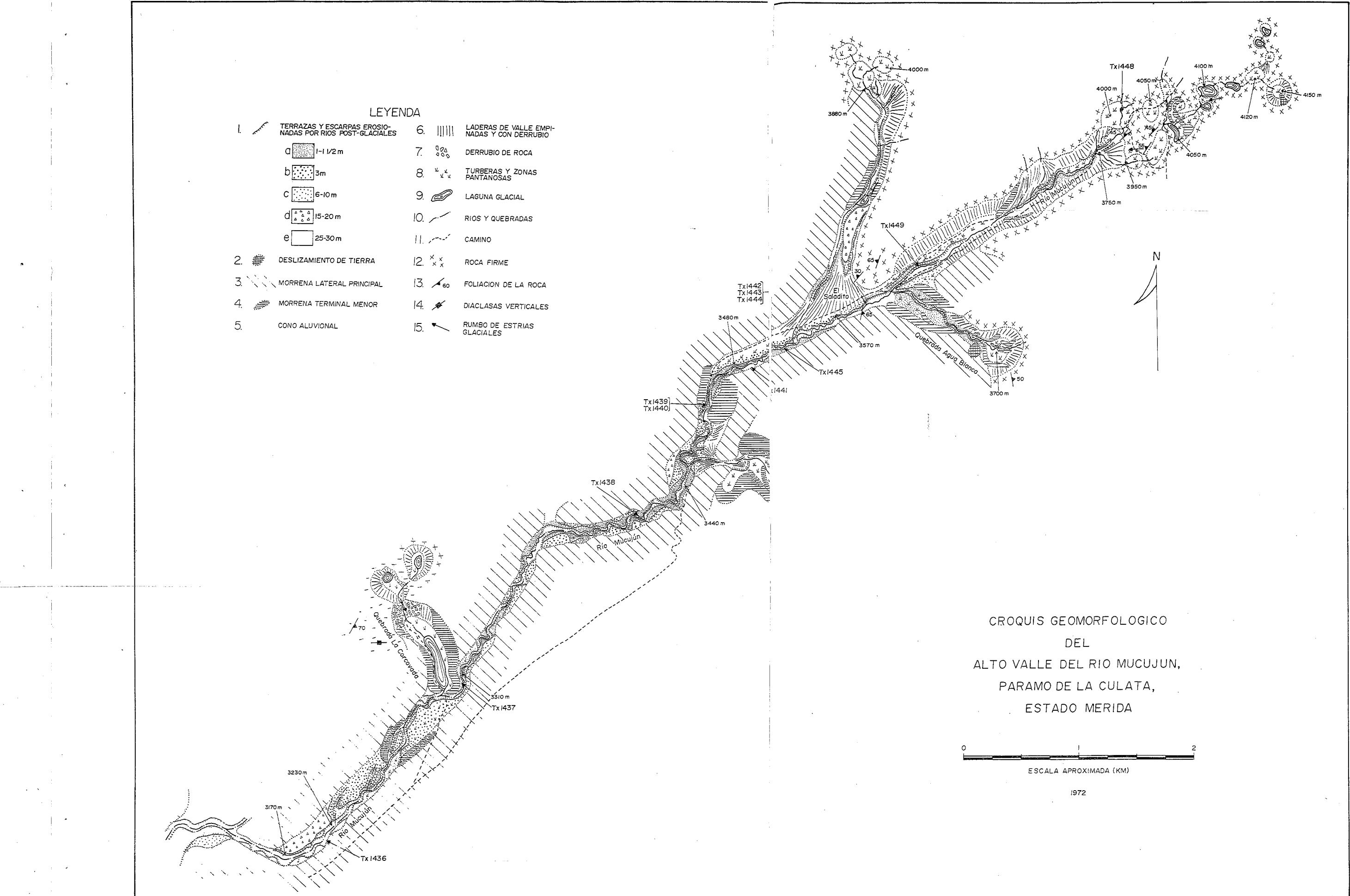


Figura 3



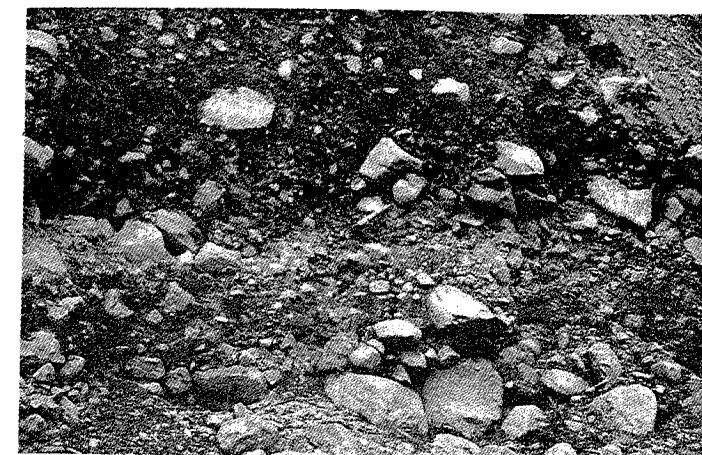


Figura 5



Figura 6

Figura 9

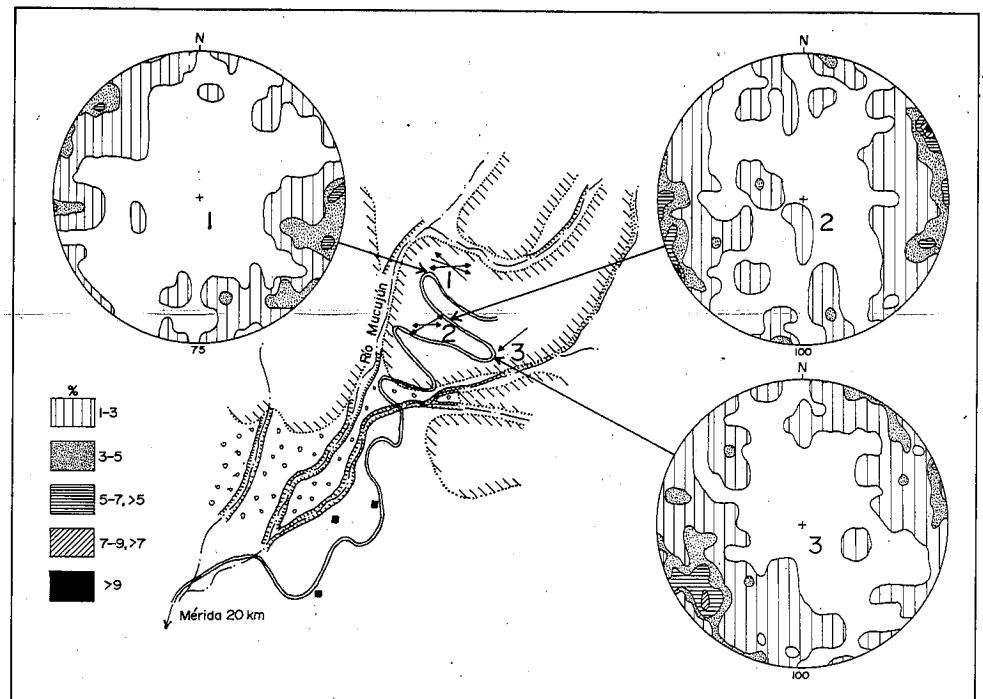


Figura 10

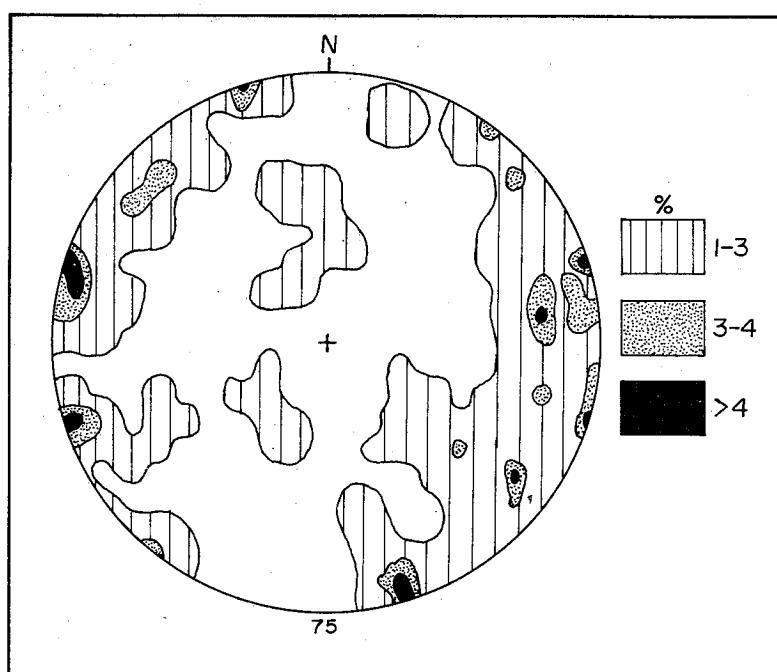


Figura 8

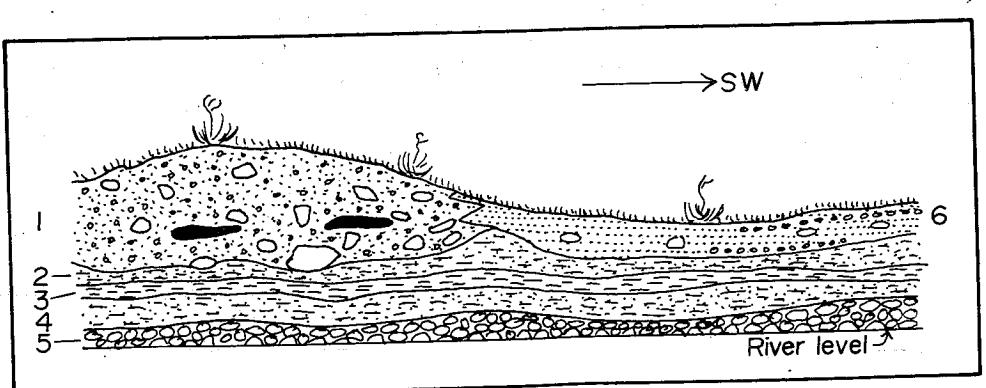
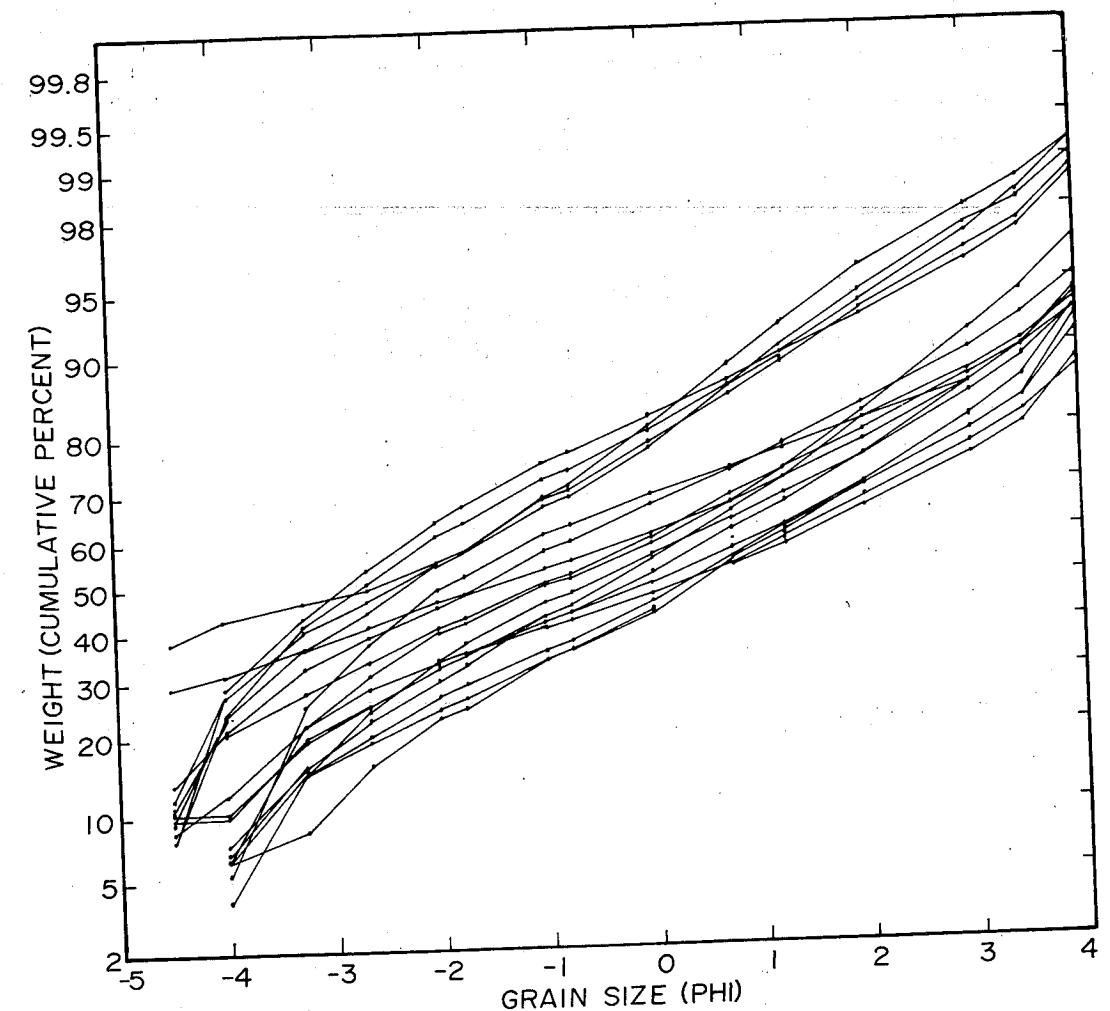


Figura 7



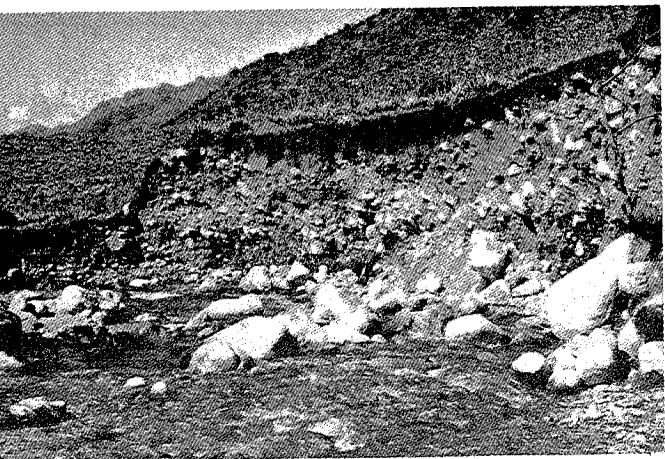
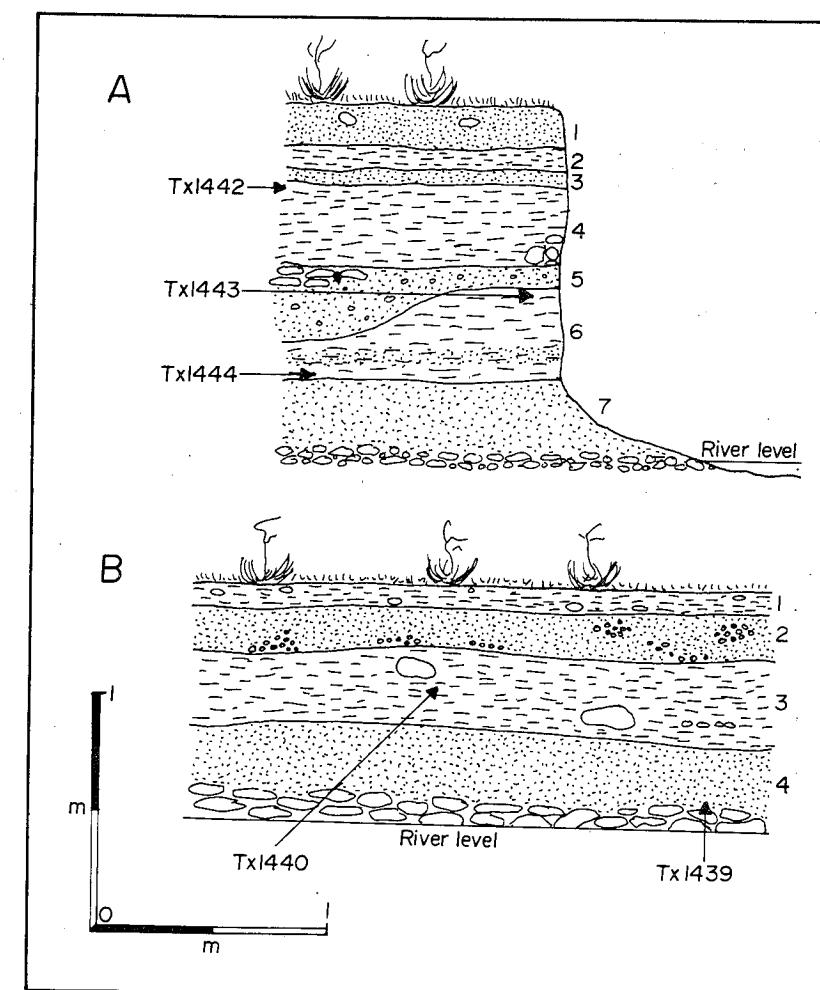
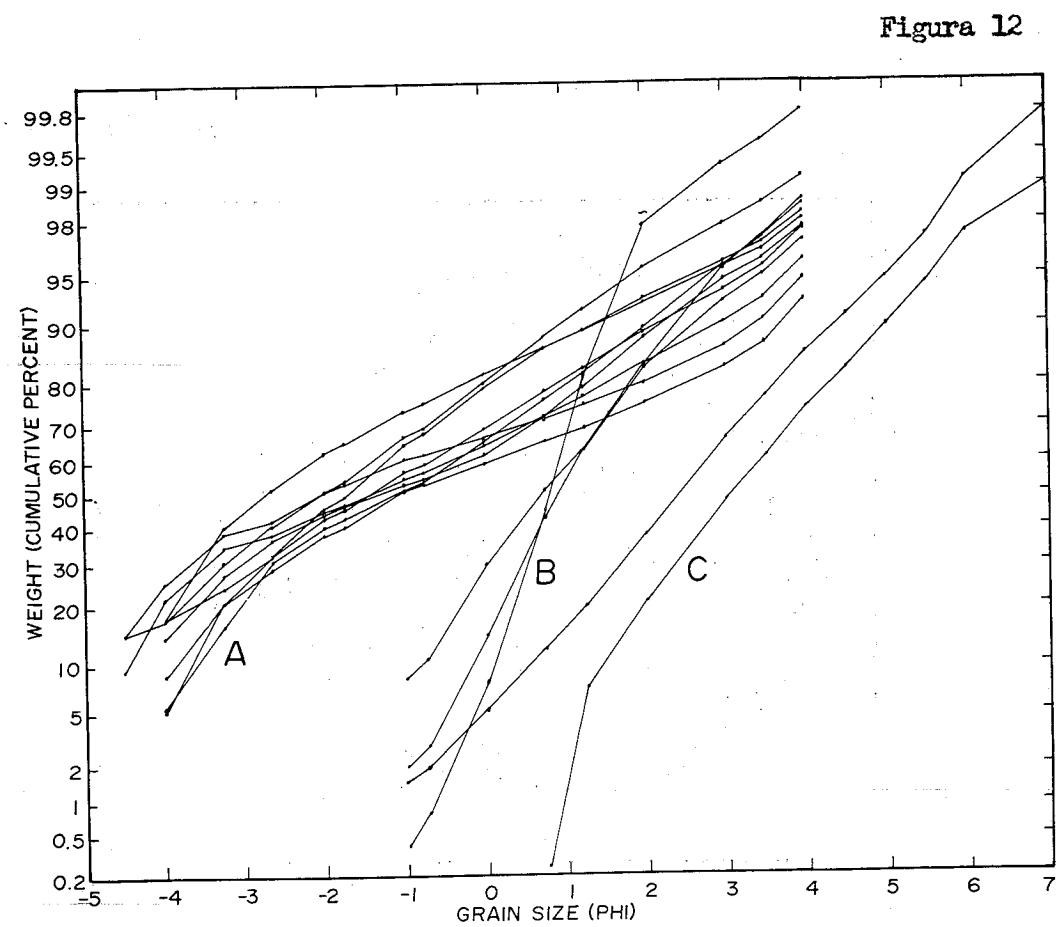


Figura 11



Figura 13

Figura 14



DISTRIBUCION DE FORMAS, REDONDEZ Y LITOLOGIA EN GUIJARROS EN MORRENAS DEL PARMAMO DE LA CULATA

	MORRENA LA CULATA I		MORRENA MUCUJUN MEDIA	
	No de guijarros	%	No de guijarros	%
1.- FORMA (según Wentworth, 1936)				
Prismoidal	30	13,0	1	1,3
Trapezoidal	19	7,0	3	4,0
Piramidal	9	3,3	1	1,3
Prismoidal alargado	106	38,8	54	72,0
Tabular	50	18,3	12	16,0
Triangular	12	4,4	—	—
Prismático puntiagudo	23	8,4	4	5,3
Irregular	23	8,4	—	—
Total	273	99,6	75	99,9
2.- REDONDEZ (según Pettijohn, 1957)				
Subangular	195	71,4	15	20,0
Subredondeado	76	27,0	43	57,3
Redondeado	2	0,7	17	22,7
Total	273	99,9	75	100,0
3.- LITOLOGIA				
Esquistos	45	16,4	11	14,7
Néis	85	30,9	40	53,3
Rocas Graníticas	141	51,3	22	29,3
Pegmatita	2	0,7	2	2,7
Cuarzo	2	0,7	—	—
Total	275	100,0	75	100,0

TABLA 2

TAMAÑO PROMEDIO GRAFICO (M_2) Y DESVIACION NORMAL (σ_G Y σ_I) DE SEDIMENTOS FLUVIO-GLACIALES, MEDIDOS EN LAS CURVAS DE FRECUENCIA DE LA FIGURA 7 (USANDO LAS FORMULAS DE FOLK, 1968, P. 45-46).

A.- Conglomerados Arenosos; B.- Arenas; C.- Arcillas Arenosas.-

	M_2 (phi)	σ_G (phi)	σ_I (phi)
A	-1,9 a -0,37	2,6 a 3,3	--
B	0,53 a 1,1	--	0,60 a 0,96
C	2,5 a 3,2	--	1,4 a 1,5

TABLA 4

DATACIONES RADIOCARBONICAS MISCELANEAS DE SEDIMENTOS FLUVIO-GLACIALES, PARAMO DE LA CULATA,
(BASADAS EN UNA VIDA MEDIA PARA EL ^{14}C DE 5568 AÑOS)

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	EDAD ^{14}C (antes de 1950)
Tx 1436	1.00	Arena muy carbonacea negra	2410 ± 80
Tx 1437	0.75	Arena limosa negra	4780 ± 70
Tx 1438	0.75	Arena limosa negra	3820 ± 90
Tx 1441	0.60	Arena limosa carbonácea negra	5680 ± 120
Tx 1441 (rep)	"	" " " "	5550 ± 80
Tx 1445	1.50	Limo marrón oscuro, algo carbonoso	2380 ± 80
Tx 1445 (rep)	"	" " " "	2600 ± 70
Tx 1446	0.25	Limo arcilloso carbonáceo negro	1950 ± 80
Tx 1446 (rep)	"	" " " "	2180 ± 70
Tx 1447	0.25	Limo arcilloso carbonáceo negro	1230 ± 70
Tx 1448	0.90	Limo carbonoso negro	5060 ± 90
Tx 1449	1.00	Limo arenoso carbonoso negro	3830 ± 80
Tx 1449 (rep)	"	" " " "	4100 ± 100

ANALISIS POR EL LABORATORIO DE RADIOCARBONO, UNIVERSIDAD DE TEXAS (AUSTIN)

TABLA 3

ESTRATIGRAFIA RADIOCARBONICA EN DOS PERFILES FLUVIO-GLACIALES, PARAMO DE LA CULATA
(BASADAS EN UNA VIDA MEDIA PARA EL ^{14}C DE 5568 AÑOS)

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	EDAD ^{14}C (antes de 1950)
PERFIL Nº 1	Tx 1442	0,80	Limo carbonáceo
	Tx 1443	1.20	marrón oscuro
	Tx 1444	1,50	a negro
PERFIL Nº 2	Tx 1440	0.50	Limo arcilloso carbonáceo negro
	Tx 1439	0.90	Arena carbonácea marrón oscura

ANALISIS POR EL LABORATORIO DE RADIOCARBONO, UNIVERSIDAD DE TEXAS (AUSTIN)