

GLACIACIONES CUATERNARIAS EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA (1)

VICTOR OPPENHEIM

Geólogo del Ministerio de Minas y Petróleos—Bogotá
Geólogo ad-honorem del Gobierno del Ecuador

Introducción—Cordillera Oriental: a) Bosquejo fisiográfico; b) Bosquejo geológico—Nivel de nevé—Causas de la glaciación en la Cordillera Oriental—Evidencias de la glaciación—Períodos y niveles glaciales—Probable espesor de la capa de nevé—Consideraciones sobre los “varves”—Regiones de glaciación pleistocénica en la Cordillera Oriental—Páramo de Sumapaz—Nevado del Cocuy—Páramo de Santurbán—Páramo de la Mesa Colorada—Páramo de Tamá—Páramo del Almorzadero—Glaciación en otros páramos de la Cordillera Oriental—Correlación de las glaciaciones pleistocénicas en América del Sur: Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile. Conclusiones. Bibliografía.

INTRODUCCION

A pesar de que las glaciaciones pleistocénicas en Norte América y en el norte de Europa han sido estudiadas por muchos años en considerable detalle, se sabe relativamente poco sobre la época glacial aparentemente contemporánea en Sur América.

La obra sobre glaciación cuaternaria en Patagonia y Tierra de Fuego por C. Caldenius lanzó mucha luz sobre las pasadas glaciaciones en el sur de este Continente y el estudio de comparación de los “varves” con la escala de glaciación sueca, a pesar de que es muy discutible, demostró una probable contemporaneidad de las glaciaciones en los hemisferios Norte y Sur.

La glaciación en los Andes a través del Continente parece indicar que fue contemporánea con la de Patagonia y probablemente con la de Norte América, a pesar de que los datos y observaciones hasta hoy conocidos son fragmentarios y muchas veces incompletos.

La parte de los Andes donde los estudios de pasadas glaciaciones pleistocénicas son muy deficientes e incompletos es la de las Cordilleras de Colombia, lo que ha motivado nuestras investigaciones y el presente estudio.

Durante varios años el autor ha tenido oportunidad de observar los restos de pasadas glaciaciones en distintas partes de las Cordilleras sur-americanas, pero en la presente contribución, a pesar de que se harán algunas indicaciones sobre glaciaciones en distintas partes de los Andes, sólo trataremos detalladamente de la glaciación en la Cordillera Oriental de Colombia.

Las observaciones en la Cordillera Oriental fueron hechas durante varias excursiones a los páramos y nevados a fines de 1939 y principio de 1940, por cuenta tanto del Gobierno como del autor.

El autor debe hacer constar sus agradecimientos y reconocimientos por la valiosa ayuda que le han prestado en esos trabajos al Dr. Jorge Gartner, ex-

Ministro de la Economía Nacional; al Dr. Gabriel E. Gómez, ex-Director del Departamento de Minas y Petróleos, y al Dr. Benjamín Alvarado, Geólogo Jefe del Servicio Geológico Nacional.

Dada la gran extensión de la región estudiada describiremos solamente los principales rasgos de la geología glacial y dejamos amplio campo para futuros estudios de la geología pleistocénica de la alta Cordillera de Colombia.

* * *

CORDILLERA ORIENTAL

a) Bosquejo fisiográfico.

La Cordillera Oriental de Colombia *sensu strictu*, se bifurca del principal macizo de los Andes en cerca de 1°30' lat. N. y se extiende como una cordillera distinta hacia el nordeste hasta cerca de 8° lat. N. en la frontera con Venezuela, en donde se divide en dos ramales: la Sierra Nevada de Mérida y la Sierra de Perijá, separadas una de otra por la gran depresión del Lago Maracaibo.

Hacia el oeste en toda su extensión la Cordillera Oriental limita con la gran cuenca del Magdalena y hacia el este con las planicies de los Llanos.

Formando una cadena relativamente estrecha al sur de Sumapaz, la cordillera se extiende como un ancho cinturón de serranías más o menos paralelas hacia el norte. Las cadenas del norte son mucho más elevadas que las del sur. Así, el pico más elevado del Nevado del Cocuy es Ritacuva, de 5.493 metros. El Nevado del Cocuy es el único macizo de la Cordillera Oriental que tiene glaciares permanentes. Muchos otros picos elevados de la cordillera, a pesar de que aparecen ocasionalmente con nevé, están debajo del límite de la nevé permanente. El más alto de éstos es el Nevado de Sumapaz, de 4.650 metros; ocasionalmente aparece con nieve, pero no tiene nevé permanente.

Hacia el sur del macizo de Sumapaz la cordillera es mucho menos elevada y en el paso entre Uribe y Colombia, en el páramo de Rucio, apenas alcanza



Vista de los Llanos Orientales, desde las cumbres del Nevado del Cocuy. (La fotografía fue tomada en dos secciones distintas).



Nevado del Cocuy. (Pico “El Pulpito” a la derecha). Morenas frontales actuales.



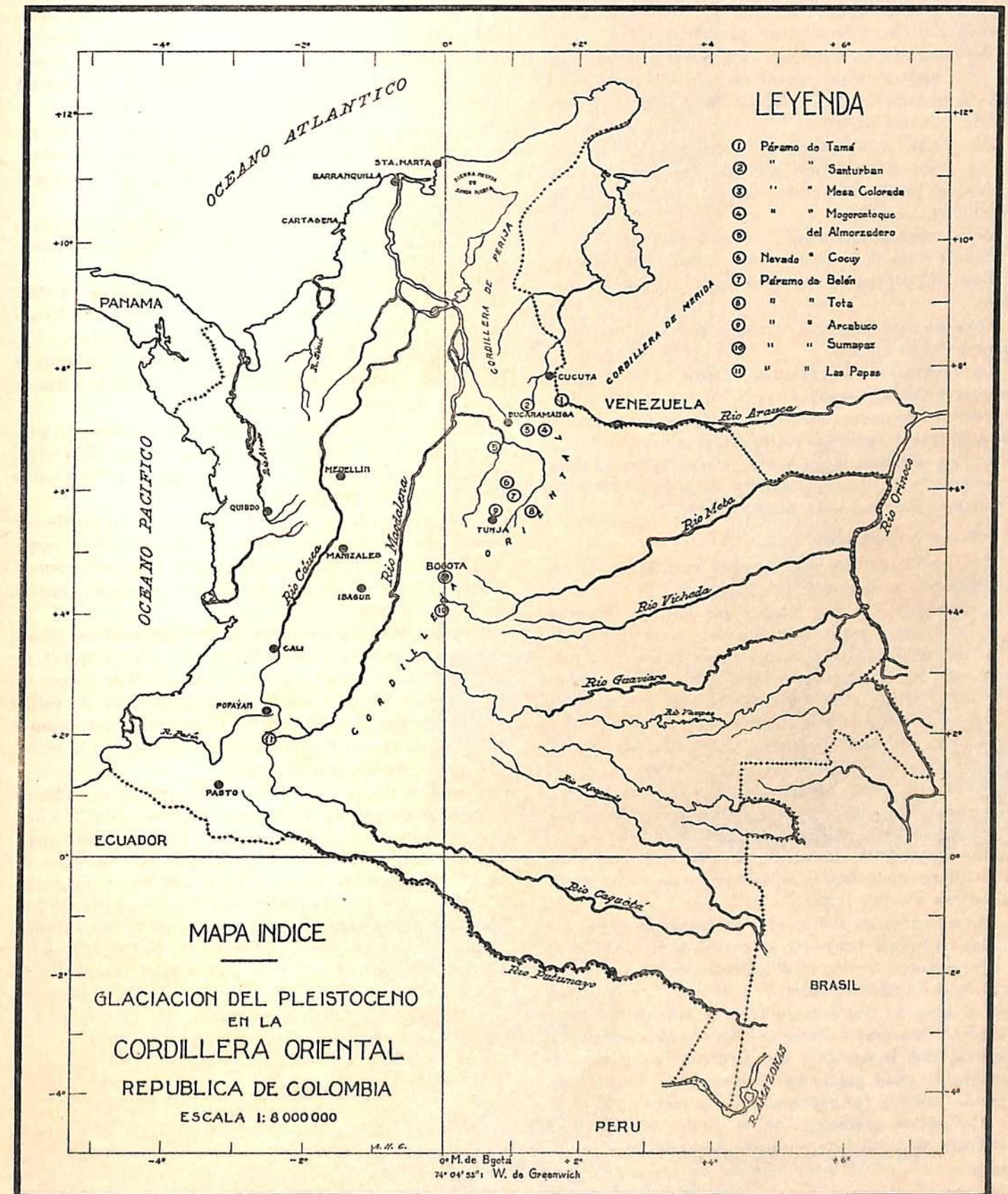
Nevado del Cocuy. Pico “Alto Ritacuva” a ± 5.493 metros sobre el nivel del mar. (La línea de “nevé” se ve en el fondo, arriba de las morenas actuales).

Fotografías del autor.

(1) Publicado con autorización del Ministerio de Minas y Petróleos.

a unos 2.100 metros. Más hacia al sur la cordillera se eleva nuevamente y en la unión con la Cordillera Central alcanza aproximadamente a 4.000 metros. Los ramales del norte de la Cordillera Oriental,

la Sierra de Perijá y la Sierra Nevada de Mérida tienen también características fisiográficas distintas, a pesar de que geológicamente forman parte de la misma cuenca de deposición meso-cenozoica.



La Sierra de Perijá es relativamente baja y generalmente buza hacia el norte. La Sierra Nevada de Mérida sigue hacia el noreste uniéndose con la cordillera de la costa de Venezuela; el pico más

elevado de esta Sierra es el de Bolívar o la Columna, de 5.005 metros.

A pesar de que existen varios caminos y senderos que cruzan la Cordillera Oriental en distintas par-

tes, las regiones más elevadas, así como la mayor parte de su flanco oriental permanecen aún poco estudiados y en parte completamente desconocidos. El sistema de drenaje presentado en la mayoría de los mapas publicados es vago y, frecuentemente, apenas ficticio. Entretanto, los métodos modernos de levantamientos aéreos e intensas exploraciones de las Compañías petroleras están elucidando considerablemente tanto la fisiografía como la geología de aquellas regiones.

Las condiciones climáticas de la Cordillera Oriental, a pesar de que parcialmente dependen de las latitudes, pueden generalmente subdividirse en las siguientes zonas:

Zona tropical hasta más o menos 800 metros.

Zona templada de más o menos 800 a 2.000 metros.

Zona sub-alpina de más o menos 2.000 a 3.000 metros.

Zona de páramo o fría de más o menos 3.100 hasta más de 5.000 metros.

La vegetación es extremadamente variada, pero la presencia de bosques y vegetación de árboles desaparece cerca de los 3.000 metros. Toda la vegetación de arbustos desaparece de los 3.600 metros, dejando los altos páramos apenas con herbáceas, gramíneas y musgo, y finalmente, exenta de toda vegetación la región próxima a la línea de nevé.

b) *Bosquejo geológico.*

La Cordillera Oriental consiste esencialmente en sedimentos mesozoicos y cenozoicos. Predominan las areniscas, los esquistos y las calizas de edad cretácea. Estos están sobrepuestos en el flanco occidental de la Cordillera, así como en varias áreas centrales por capas concordantes de sedimentos terciarios; éstos también ocurren en fajas estrechas en la parte central de la Cordillera entre los paralelos 6° y 3° de lat. N., así como al sur del macizo de Sumapaz entre 5° y 2° de lat. N.

Al sur de los 2° de lat. N., la Cordillera se compone esencialmente de rocas cristalinas y metamórficas hasta su unión con la Cordillera Central. Al norte de los 5°40' de lat. N. la cadena central de la Cordillera nuevamente se compone de rocas metamórficas e intrusivas.

Se encontraron sedimentos jurásicos en áreas aisladas en las partes norte y central de la Cordillera.

Se conocen sedimentos paleozoicos al pie oriental de la Cordillera entre 5° y 3° lat. N., ocurriendo en el área de Gachalá-Quetame y más al sur en el área del Macarena. Estos son sedimentos del Carbonífero, del Devoniano, del Ordoviciano y posiblemente de edad cámbrica superpuestos discordantemente con las formaciones del Cretáceo inferior.

Las series cretácicas de la parte central de la Cordillera están intensamente desarrolladas, alcanzando un espesor total máximo de cerca de 10.000 metros.

Los elementos predominantes son las capas del Cretáceo superior medio seguidas en importancia por las capas del Cretáceo medio a inferior. Los sedimentos más inferiores del Cretáceo, que son la

serie del Cocuy y las areniscas de Cáqueza, ocurren bien desarrollados principalmente en la parte norte y este de la Cordillera.

Los sedimentos terciarios ocupan toda la cuenca baja del valle del Magdalena entre el flanco occidental de la Cordillera Oriental y el flanco oriental de la Cordillera Central, hasta los 2° lat. N. Estas capas se hallan bien desarrolladas desde el Eoceno inferior al Mioceno, Plioceno y Pleistoceno.

La misma sucesión estratigráfica con facies regionales distintas se extiende a través de la prolongación septentrional de la Cordillera en Venezuela y la Cordillera de Perijá.

Facies de estas formaciones aparecen solamente en el sur, a todo lo largo del pie de los Andes ecuatorianos.

El macizo principal de los Andes al sur de la Cordillera Oriental, como a través del norte del Ecuador, se compone de sedimentos bien distintos.

Tectónicamente, la Cordillera Oriental representa un macizo complejo con extensas fallas longitudinales, y algunas transversales.

Fallas de bajo ángulo o de sobreescurrecimiento predominan en la parte norte y central de la Cordillera, mientras la parte sur parece afectada más bien por fallas normales.

Una extensa falla de sobreescurrecimiento puede ser observada en la parte central de la Cordillera entre Soatá y Cúcuta. Fracturamientos y plegamientos en varios grados de desarrollo ocurren en todas partes de la Cordillera.

Fallas principales de carácter regional se observan principalmente a lo largo del pie oriental de la Cordillera; éstas son en muchos casos fallas de bajo ángulo en el norte, y forman bloques de fallas verticales hacia el sur de la Cordillera, así como a lo largo de su continuación tectónica en el pie oriental de los Andes ecuatorianos.

La edad de la Cordillera Oriental es la más reciente de todas las cordilleras de Colombia.

Por observaciones de campo y deducciones estratigráficas parece que el principal plegamiento de la Cordillera tuvo lugar a fines del Plioceno y continuó en el Plioceno-Pleistoceno, como se puede juzgar por las capas de esta edad afectadas intensamente en varias partes elevadas de la Cordillera.

También parece evidente por la posición de las terrazas cuaternarias, que el proceso orogénico aún no ha cesado y continúa actualmente en varias partes de la Cordillera Oriental.

* * *

NIVEL DE LA NEVÉ

El nivel de la *nevé* no se muestra permanente en las regiones elevadas cubiertas por ella. En tales regiones el nivel de la *nevé* depende principalmente de las condiciones locales, de los cambios climáticos, condiciones de temperatura y precipitación.

La línea de la *nevé*, si permanece más o menos constante, puede crear glaciares que van considerablemente abajo de esta línea.



Nevado del Cocuy. Pico "Campanario", con un extenso muro de morenas frontales.



Páramo de Sumapaz. Morenas laterales en la confluencia de dos glaciares.



Nevado del Cocuy. Morenas de fondo con pulimento y estrias glaciares con elevación de \pm 4.050 metros sobre el nivel del mar.



Páramo de Santurbán. "Nunatak" en el circo glacial de las cabeceras del río Mutiscua. En el primer plano las lagunas glaciales. (La fotografía fue tomada en dos secciones distintas).



Páramo de Sumapaz. "Roches Moutoneés" con elevación de ± 4.000 metros sobre el nivel del mar.



Páramo de Sumapaz. Laguna glacial.

Entretanto, en los Andes ecuatoriales y subtropicales de Sur América, la línea de *nevé* y el nivel de glaciación frecuentemente coinciden.

Son raros verdaderos glaciares del tipo alpino y los glaciares actuales son generalmente del tipo de circos, o glaciares colgantes.

Las elevadas cumbres de la alta Cordillera con nieve perpetua representan más bien carácter de glaciación de *plateau* similar a la glaciación de la altiplanicie escandinava. Hay muchos indicios de que también las glaciaciones pasadas en las cordilleras andinas tenían el mismo carácter.

La importancia de las condiciones de precipitación en la formación de la *nevé* se pone particularmente de relieve si se considera que en la región andina de Puna, con clima muy seco, —Andes de Chile-Argentina en los 22° a 26° lat. S.—, la línea de *nevé* esté a 6.000 metros, mientras en los picos nevados en el Ecuador, en la latitud de 0°, la línea de *nevé* y nivel de los glaciares se encuentran más o menos a 4.700 metros.

CUADRO COMPARATIVO DE LA LINEA DE NEVE EN
DISTINTAS PARTES DE LOS ANDES SURAMERICANOS

Localidad	Latitud aproximada	Elevación aproximada del nivel de la <i>nevé</i>
<i>Chile</i>		
Estrecho de Magallanes	52° L.S.	± 1.100 mts.
<i>Argentina</i>		
Patagonia	42° L.S.	± 1.400 "
<i>Chile-Argentina</i>		
Cordillera de los Andes	33° L.S.	± 5.000 "
<i>N. E. Argentina</i>		
Cordillera de los Andes	24 L.S.	± 4.000 "
<i>Argentina-Bolivia</i>		
Cordillera de los Andes	22°-26° L.S.	± 6.000 "
<i>Perú</i>		
Cerro de Pasco	9° L.S.	± 5.200 "
<i>Ecuador</i>		
Cordillera Oriental	0°	± 4.700 "
<i>Colombia</i>		
Nevado del Cocuy	6°30' L.N.	± 4.790 "
<i>Venezuela</i>		
Sierra Nevada de Mérida	8°40' L.N.	± 4.650 "
<i>Colombia</i>		
Sierra Nevada de Santa Marta	10°50' L.N.	± 4.650 "

* * *

CAUSAS DE LA GLACIACION
EN LA CORDILLERA ORIENTAL

La glaciación pleistocénica en el continente suramericano presenta características algo distintas a la de Norte América.

Hasta los 44° de lat. S. los hielos cubrían la parte occidental del Continente con una capa continua de glaciares continentales, los cuales forma-

ban en sus bordes extensas lenguas tanto hacia las pampas argentinas como hacia el mar Pacífico. Al norte de los 44° de lat. S., los glaciares se extendían por las elevadas Cordilleras de los Andes en fajas interrumpidas por las grandes depresiones orográficas. La glaciación no era del tipo propiamente alpino sino más bien presentaba glaciares de *plateau*, recordando el tipo de glaciación escandinava con numerosos glaciares de valles colgantes y circos, tipo de glaciación que en parte se conserva también actualmente en los Andes.

La *nevé*, habiéndose formado en niveles considerablemente más bajos que el actual, comprendía extensos glaciares y capas de hielo que se extendían sobre vastas áreas de la Cordillera, principalmente con rumbo norte-sur.

En la Cordillera Oriental de Colombia los centros de formación de la *nevé* aparentemente no fueron numerosos y los glaciares no eran continuos, sino separados unos de otros por valles y depresiones, en tanto que en el tiempo pleistocénico no fueron tan numerosos como en el cuaternario más reciente.

A la luz del conocimiento actual sobre las glaciaciones pasadas y la paleoclimatología, solamente dos causas podrían explicar la glaciación pleistocénica en los Andes y en particular en la Cordillera Oriental de Colombia.

I) Cambios radicales climáticos debidos a gran reducción de temperatura anual y subsecuente aumento de precipitaciones atmosféricas. Este cambio climático ocasionó el crecimiento y extensión de la capa de *nevé*, formando un exceso de crecimiento de la capa de *nevé* sobre el desgaste debido al derretimiento y, consecuentemente, estimuló el avance y expansión de los primeros glaciares del Pleistoceno.

II) Movimientos isostáticos negativos de la Cordillera que pudieron bajar de las altas cumbres cubiertas por glaciares en el pasado, a los niveles actuales.

Esta segunda causa evocada por Reiss es obviamente inaplicable a los Andes, cuyo principal elevamiento tuvo lugar a fines del Mioceno-Plioceno y siguió en el Pleistoceno, de lo que hay numerosas evidencias geológicas. La elevación de los Andes, en parte, sigue hasta el presente.

Por lo tanto queda sólo la primera causa debida a condiciones climáticas, la cual parece indudablemente la causa de la glaciación en los Andes suramericanos, como lo es, según la mayoría de los autores modernos, la principal de las glaciaciones contemporáneas en Norte América y Europa.

EVIDENCIAS DE GLACIACION

Las evidencias de pasadas glaciaciones son numerosas y pueden encontrarse en la Cordillera Oriental en la mayor parte de los cerros a niveles superiores de más o menos 3.200 metros. Estas son:

I) Topografía glacial típica expresada en circos glaciales "horns", "nunataks", valles en "U" profundamente cavados, con los flancos pulidos y nu-

merosos valles tributarios colgantes. (PL. III, IV, V).

II) Estrías y "roches moutonnés". Superficies pulidas por el movimiento de los glaciares, como puede observarse en varios páramos a nivel cerca de más o menos 4.000 metros. (PL. II - VI).

III) Aglomeraciones de morenas laterales a lo largo de los valles glaciales formando hileras de morenas en sus desembocaduras. Morenas de fondo, esparcidas en grandes extensiones de los páramos. Arcos de morenas terminales. (PL. I, II, IV, VI).

IV) Numerosos lagos glaciales formados sea en valles glaciales represados por morenas terminales, o lagos-circos formados por la erosión de la excavación de los glaciares. (PL. III, V, VII).

V) Depósitos fluvio-glaciales en los cursos superiores de los valles modernos. (PL. VI).

La topografía glacial y los efectos de la glaciación están más desarrollados en los macizos más elevados, pero se encuentran también hasta alturas inferiores a 3.200 metros.

A pesar de que se encuentran arcos de morenas terminales bien desarrollados en las zonas de retroceso de los glaciares actuales, las morenas terminales en los glaciares pleistocénicos no se presentan en forma tan desarrollada. Notestein supone que esta falta de morenas terminales se debe a un retroceso rápido de los glaciares después de un avance igualmente rápido. Es importante anotar que esta consideración no parece confirmarse en relación con la glaciación pleistocénica en el Ecuador y Perú. El mayor o menor desarrollo de las morenas terminales depende en parte de la composición de las rocas erosionadas por los glaciares. Indu-

Páramo de Tamá	7°30' N.	(Frontera de Colombia-Venezuela)	± 3.250.00 m.
Páramo de Santurbán	7°15' N.	(Entre Silos y Vetas)	± 3.180.00 m.
Páramo del Almorzadero	7°00' N.		± 3.250.00 m.
Nevado del Cocuy	6°25' N.	(Páramo Cuchirí, Chita, etc.)	± 3.200.00 m.
Páramo de Belén	5°50' N.	(Páramo Casablanca)	± 3.250.00 m.
Páramo de Arcabuco	5°40' N.		± 3.200.00 m.
Páramo de Tota	5°30' N.		± 3.250.00 m.
Nevado de Sumapaz	4°20' N.	3°40' N. (Al E. de Pasca)	± 3.180.00 m.
Páramo de las Papas	1°50' N.	(Cabeceras del río Magdalena)	± 3.250.00 m.

El segundo nivel superior de glaciación es el más claramente delineado y los efectos de esta glaciación entre los niveles de 3.400 a 3.500 metros ocurren extensamente en la mayoría de los páramos de la Cordillera Oriental. Parece que, en este nivel, que representa el segundo período glacial, las capas de hielo aparecieron estacionadas durante un tiempo más largo, que en cualquier otro, dejando numerosos restos glaciales a lo largo de casi todas las altas cordilleras de Colombia desde la Sierra Nevada de Santa Marta hasta el Ecuador.

La topografía y material de abrasión glaciales fue-

dablemente, los efectos de la erosión debían haber obliterado los arcos conspicuos de estas morenas.

PERIODOS Y NIVELES GLACIALES

La falta de arcos de morenas terminales bien desarrollados en la mayoría de los páramos observados en la Cordillera Oriental, así como la falta de arcillas "várnicas" (*varve-clays*) en las regiones tropicales de la Cordillera de los Andes hacen que con los conocimientos actuales sea muy difícil limitar la periodicidad y duración de las glaciaciones pasadas en esta parte de la Cordillera de los Andes.

Por otra parte, coordinando las distintas observaciones sobre evidencias glaciales en la Cordillera Oriental de Colombia, nos parecen bastante bien delineados tres niveles de abrasión y erosión glacial. Estos pueden presentar, bien períodos de estacionamiento en el retroceso general de los glaciares, o también, pero no necesariamente, período de glaciación renovada y de reavance de los glaciares.

Los tres niveles mencionados son los siguientes:

El nivel más bajo está en 3.200 metros. Aquí, los rastros de erosión glacial fueron dejados de los glaciares más avanzados. La topografía glacial se encuentra aquí en gran parte obliterada y erodada. Este hecho puede ser debido tanto a la mayor edad del nivel inferior de glaciación como también, posiblemente, al efecto poco profundo de las lenguas de glaciares avanzados, que se retiraron de estos niveles poco después de su avance.

Efectos de erosión y restos glaciales se observaron en este primer nivel en los siguientes páramos de la Cordillera Oriental. (Todas las observaciones de alturas se hicieron con aneroide y son algo aproximadas):

ron observados por el autor en los siguientes páramos:

Páramo de Santurbán	± 3.500.00 m.
Páramo de Torrecilla	± 3.450.00 m.
Páramo de Cornal	± 3.350.00 m.
Páramo del Almorzadero	± 3.350.00 m.
Nevado del Cocuy	± 3.500.00 m.
Nevado de Sumapaz	± 3.350.00 m.
Páramo de las Papas	± 3.450.00 m.

Se encuentran también en gran número entre el primero y segundo nivel glacial morenas y bloques erráticos dejados por los glaciares al retirarse, en

número mayor donde éstos fueron más extensos y bajaban de cumbres más elevadas. La extensión y movimiento de las capas de hielo fueron controlados, principalmente, como lo son también actualmente, tanto por las precipitaciones atmosféricas, como por la topografía regional. En las áreas del Cocuy y Sumapaz el flanco occidental de la Cordillera parece haber estado afectado más intensamente por la glaciación que en el abrupto y escarpado flanco oriental.

El *plateau* elevado de Sumapaz fue aparentemente cubierto por una continua capa de hielo de la cual bajaban numerosas lenguas de hielo y glaciares de valle.

Un aspecto similar presentan las regiones elevadas del nevado del Cocuy y los páramos de Santurbán y Mesa-Colorada.

El tercer nivel más elevado de glaciación pleistocénica en la Cordillera Oriental puede observarse bien, aproximadamente entre los 4.000 y 4.100 metros, donde, además de la topografía glacial profundamente esculpida, se encuentran numerosas "roches moutonnés" con superficies estriadas. Estas se observaron en los siguientes niveles:

Nevado del Cocuy	± 4.100.00 m.
Nevado de Sumapaz (Laguna de Vergenales)	± 4.010.00 m.
Nevado de Sumapaz (Hoya de los Colorados)	± 4.100.00 m.

De este último nivel superior de la glaciación pleistocénica se extienden arcos de morenas y bloques erráticos hasta el límite de los glaciares actuales, o desembocaduras de antiguos circos glaciales, en las regiones elevadas de donde desapareció la *nevé* actualmente.

Parece que el retroceso de los glaciares fue particularmente intenso en tiempos recientes. En las actuales regiones nevadas se encuentran, inmediatamente debajo de la línea de la nieve y al pie de los glaciares, muros de morenas con lagos represados en círculos sucesivos. Las morenas y el barro o polvo glacial tienen un color muy claro, típico de morenas recientes.

En el valle del río Nevado de la región del Cocuy pueden observarse unos 8 arcos sucesivos de morenas, entre las cuales, algunas alcanzan unos 300 metros de ancho en la base y de 80 a 100 metros de alto.

Depósitos fluvio-glaciales, tales como aglomerados de arcillas y bloques erráticos se encuentran abundantemente distribuidos a lo largo de los cursos superiores de los ríos actuales en las regiones afectadas por la glaciación y ocurren bastante abajo del nivel inferior de la glaciación pleistocénica. Así, en los valles más grandes ocurren depósitos fluvio-glaciales a niveles de 2.800 metros y más abajo. Estos, sin embargo, pueden distinguirse de los depósitos propiamente glaciales, por no estar acompañados de otros indicios, ni observarse topografía glacial típica.

A pesar de la existencia, en la Cordillera Oriental, de numerosas y grandes cuencas de antiguas la-

gunas glaciales, así como numerosos lagos glaciales actuales, en ninguna de éstas se encontraron depósitos de "varves". No se han hecho estudios con perforaciones, pero, en la opinión del autor, los "varves" cuaternarios, típicos en las regiones de altas y bajas latitudes de la tierra, donde los cambios periódicos de las estaciones anuales forman depósitos de arcillas *várnicas* (*varve-clays*), no son características para regiones subtropicales. Los "varves" aquí aparentemente son substituídos apenas por tillitas y arcillas glaciales. Debe advertirse que esta tesis necesita su confirmación haciendo perforaciones en las cuencas o antiguos lagos glaciales, pero estudios de esta índole aún no se han efectuado en la Cordillera Oriental y parece que ni en otras partes de los Andes ecuatoriales o subtropicales.

* * *

PROBABLE ESPESOR DE LA CAPA DE NEVÉ

Con los datos hasta el presente conocidos, parece difícil la determinación del espesor de la capa de *nevé* que cubría la alta Cordillera Oriental. Las únicas bases para esta determinación pueden encontrarse en los "nunataks", o elevados picos que dominaban los centros glaciales sin ser cubiertos por la capa de *nevé*. También una indicación aproximada del espesor de los glaciares en varios centros de glaciación pueden estimarse por la profundidad de los circos y hoyas glaciales, así como por la elevación de los muros de morenas.

Un típico centro de glaciación pleistocénica se observó en el Cerro Torrecilla, del Páramo Santurbán, que en sí representa un "nunatak". Este cerro tiene 3.850 metros de altura y está rodeado por profundos circos, indicando un proceso de erosión glacial muy avanzado, a pesar de que actualmente no se conserva nieve alguna en toda esta región. La base de los circos está a unos 3.600 metros de elevación. El pico de Torrecilla está muy erosionado y a unos 30 metros de su cima hay rastros claros de la acción de hielo en movimiento.

El espesor máximo de los glaciares en este centro de glaciación, medido en el Cerro de Torrecilla, sería de unos 220 metros. Naturalmente, hacia la periferia el espesor de la capa glacial debía ser considerablemente más reducido.

En el Páramo de Sumapaz, el Cerro de Media-Naranja, de 4.300 metros de altura aproximada, es también un típico centro de glaciación; la capa de hielo aquí parece haber tenido unos 250 a 300 metros de espesor.

En general, como dato promedio, se puede considerar el espesor de la capa de hielo y nieve, que cubría la alta Cordillera Oriental de unos 150 a 200 metros.

Indudablemente, la remoción de este considerable volumen de hielo, a fines del Cuaternario, debió haber afectado algo el equilibrio isostático de la mayor parte de la Cordillera, acentuando el proceso de la elevación paulatina de ésta, que, aparentemente, continúa en el tiempo actual.

* * *

CONSIDERACIONES SOBRE LOS "VARVES"

No fueron observados depósitos de "varves" (*varve-clays*) en ninguna parte de la Cordillera Oriental, y el autor no conoce referencias sobre ocurrencias de ellos en otras regiones tropicales de los Andes al norte de los 40° de lat. S. Pesquisas y estudios especializados con perforaciones, aparentemente, aún no se han hecho con el objeto de aclarar este problema de geología pleistocénica andina.

La opinión del autor sería, que depósitos típicos de "varves" difícilmente podrían encontrarse en las regiones de latitudes ecuatoriales o tropicales, donde faltan las estaciones bien definidas de verano e invierno, caracterizadas por el derretimiento de los hielos en el verano y crecimiento de la *nevé* con precipitaciones en el invierno. Consecuentemente, los sedimentos depositados en los lagos, en la periferia de los glaciares retrocedentes, no deberían presentar una sucesión típica de depósitos anuales bien definidos por las estaciones, sino una masa heterogénea de arcilla, glacial y tillitas.

Este hecho, si se comprobara por las perforaciones, descartaría la posibilidad de una correlación gradual entre las glaciaciones de los hemisferios norte y sur, según la escala de tiempo sueca, preconizada por Caldenius en sus estudios de la glaciación pleistocénica en el sur de Argentina y por De Geer y Antevs en el hemisferio norte. Por tanto, deben buscarse otros criterios de correlación exacta de los períodos glaciales en los dos hemisferios y de su contemporaneidad sobre la tierra.

El hecho de haber encontrado depósitos de "varves" bien desarrollados en los sedimentos permiaños gondwánicos en el sur del Brasil, zona actualmente tropical, podría servir de prueba muy significativa en favor de la teoría de migración de los polos terrestres, pues implica conexiones climáticas que solamente podrían existir en latitudes mucho más bajas que las actuales.

Las presunciones de algunos geólogos brasileños, como W. Leinz, que creen haber resuelto el problema del movimiento general de los hielos gondwánicos en el sur del Brasil, por la dirección de las estrías en algunos bloques erráticos, nos parecen muy poco fundadas y demasiado especulativas para ser científicamente aceptables.

* * *

REGIONES DE GLACIACION PLEISTOCENICA EN LA CORDILLERA ORIENTAL

Páramo de Sumapaz

Esta región ha sido estudiada entre Pasca, El Hato y la hoya del Nevado.

A pesar de que la región es conocida como Nevado de Sumapaz, actualmente en ninguna parte de ésta hay nieve permanente y los mapas que lo indiquen deben ser corregidos; los picos más elevados de la región no sobrepasan de 4.650 metros de altura y solamente aparecen con *nevé* durante los días más fríos.

Los primeros rastros de glaciación pleistocénica aparecen cerca de Constancia, a los 3.180 metros

de altura. La hacienda de Constancia se encuentra a 3.350 metros y al suroeste de ésta se abre un gran circo glacial de unos 4 km. de ancho. Arcos de morenas atraviesan el fondo de la depresión, que está limitada al sur por la colina escarpada de La Senda. Parece que el glaciar del circo tenía una salida al nordeste por el boquerón de Juan Viejo. Unos 10 km. al este, aparecen las cumbres elevadas de los cerros de Corrales de unos 4.200 metros de altura aproximadamente, con hondas señales de la abrasión glacial, circos y "horns" circundados por lagunas glaciales, como las de Chisacá al este de los Corrales. Los cerros de los Corrales indudablemente representan un antiguo centro glacial de donde descendían extensos glaciares formando lenguas de hielo hasta Constancia. El circo de Constancia, como los cerros de los Corrales, sugieren que la capa de hielo aquí debió haber alcanzado unos 250 a 300 metros de espesor. El Alto de Amarillán, que forma la parte más elevada de la pared del circo, está a 3.700 metros de altura.

La región al sur del Alto de Amarillán representa un *plateau* elevado de 4.000 a 4.100 metros de elevación, con numerosos restos de morenas de fondo, bloques erráticos, lagos glaciales y superficies de rocas pulidas por los hielos. Los bordes de este *plateau* están profundamente cavados por circos en distintos estados de desarrollo de la erosión, indicando que la región ha sido cubierta por una extensa capa de hielo, cuyos bordes bajaban en circos hacia el este y oeste, formando las cabeceras del sistema de drenaje actual.

En medio de este *plateau* se elevan grupos de cerros que constituían centros de formación de la *nevé* y de glaciares. El grupo de cerros llamados Media Naranja, a unos 20 km. al sur de los cerros de Corrales, es uno de estos centros de glaciares.

En las cabeceras de la quebrada Rúchica, a la altura de 4.100 metros aproximadamente pueden observarse grandes extensiones de "*roches moutonées*" con estrías glaciales, indicando el movimiento de los hielos hacia el oeste.

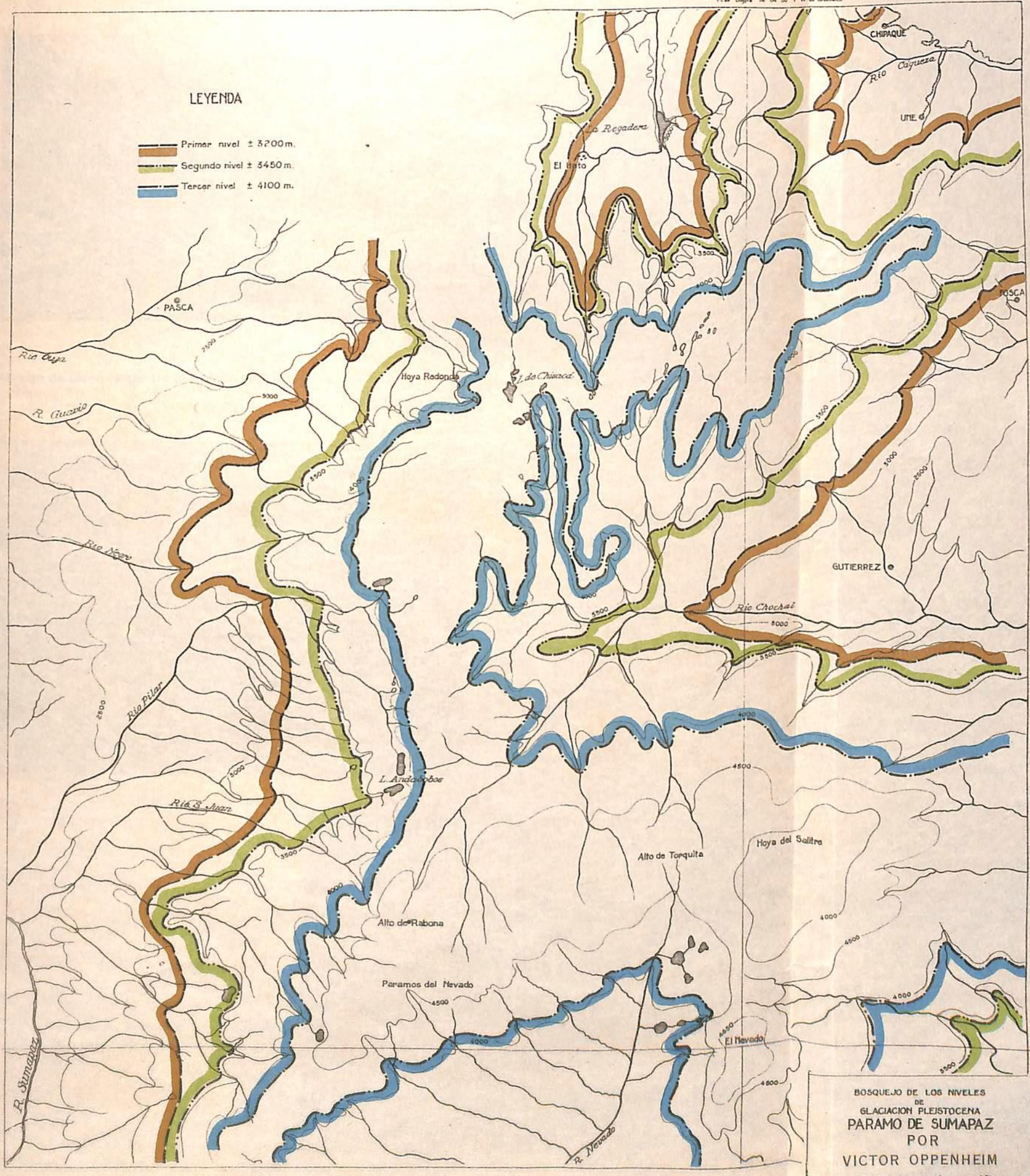
Más al sur, en el Alto de Andabobos y Alto San Juan, la erosión en circos está muy desarrollada y evidentemente grandes glaciares bajaban de estas escarpas elevadas a los valles hacia el norte y nordeste.

Capas de hielo aparentemente cubrían los valles superiores en "U" que se hallan intensamente cortados por abrasión glacial y líneas de circos, como se observa en el río Charcos, Quebrada de los Cáquezas, Quebrada Salitre, etc., y se extendían del Alto de Tarquita hasta el valle superior del río Nevado.

Sin entrar en detalles de la descripción de cada localidad de erosión glacial de la región, lo que parcialmente puede ser observado en las fotografías incluídas, se puede decir que toda la región elevada que actualmente forma el *divortium aquarum* entre los principales sistemas de drenaje, tales como: río Sumapaz, río Nevado, río Cáqueza y río

LEYENDA

- Primer nivel ± 3200m.
- Segundo nivel ± 3450 m.
- Tercer nivel ± 4100 m.



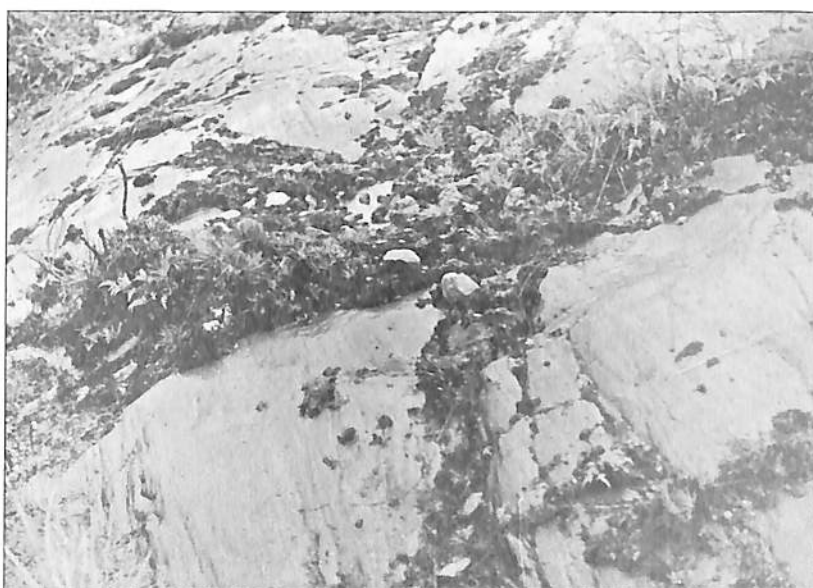
BOSQUEJO DE LOS NIVELES
DE
GLACIACION PLEISTOCENA
PARAMO DE SUMAPAZ
POR
VICTOR OPPENHEIM



Páramo de Santurbán. Un gran circo glacial que desemboca hacia el S. O. (La fotografía fue tomada en dos secciones distintas).



Páramo de Sumapaz. Morenas de fondo a \pm 3.400 metros sobre el nivel del mar.



Páramo de Sumapaz. Estrias glaciales a \pm 4.000 metros sobre el nivel del mar.

Blanco, región ésta conocida como Páramo de Sumapaz, ha sido indudablemente cubierta por una capa de hielo con numerosos centros de glaciación. Los glaciares de circos en los bordes de la capa de hielo formaban glaciares que bajaban por los valles superiores de los sistemas de drenaje mencionados.

El nivel principal de los hielos estaba a unos 3.500 metros aproximadamente, pero parece que varios glaciares más grandes bajaban hasta unos 3.150 metros.

La totalidad del área afectada por la glaciación en la región del Páramo de Sumapaz puede ser estimada aproximadamente en unos 2.000 kms. cuadrados entre los 3°30' y 4°20' lat. N.

Considerando un espesor de la capa de hielo de 200 metros, el volumen de los hielos que se extendían sobre la región de Sumapaz, de unos 400 kms. cúbicos, pudo haber sido una estimación muy aproximada.

Geológicamente la región del Páramo de Sumapaz consiste en vastas extensiones de rocas de edad del Cretáceo inferior o superior, cubierto hacia el norte por capas de sedimentos terciarios.

El Cretáceo superior a medio, indudablemente representa el equivalente de la serie de Guadalupe, en otras partes de la Cordillera Oriental. Cretáceo medio a inferior con exposiciones de calizas fosilíferas y esquistos negros, corresponde a la serie de Villeta. El Terciario medio a superior forma la depresión de La Regadera hacia el norte y probablemente se extiende en la parte meridional de la región de Sumapaz.

Tectónicamente la región está plegada en largos anticlinales y sinclinales extendidos en dirección norte-sur. Un sistema de fallas corta el macizo tanto longitudinal como transversalmente.

El estudio recientemente presentado al Ministerio de Minas y Petróleos e intitulado "Reconocimiento geológico del Páramo de Sumapaz" ilustra la estructura y estratigrafía general de aquella región.

Nevado del Cocuy

El Nevado del Cocuy, también conocido como Nevado de Chita o Güicán, es actualmente la única parte de la Cordillera Oriental que lleva aún glaciares y nieve perpetua.

El presente nivel de *nevé* está aproximadamente a 4.750 metros, en tanto que bordes y lenguas de los glaciares bajan hasta 4.600 metros. Las cumbres más elevadas del Nevado del Cocuy, tales como Alto Ritacuva, de 5.493 metros, fueron determinados por Notestein y King en 1930, y el autor ha tenido oportunidad de confirmar en 1939 muchas de las observaciones de ellos. El área actualmente cubierta por *nevé* y glaciares se extiende en unos 18 a 20 kms., formando una serranía escarpada y algo arqueada de norte a sur. La anchura del Nevado es de unos 2 a 5 kms. en la parte central, cubriendo así una área de unos 80 kms. cuadrados.

El Nevado del Cocuy con sus principales glaciares fue ya descrito por los geólogos arriba mencio-

nados, en la nota de "Geographical Review" de julio de 1932, y el autor no entrará aquí en descripciones más detalladas sobre el particular.

Los primeros vestigios de glaciaciones pasadas, como restos de morenas terminales y valles en "U" pueden encontrarse en esta región en la laguna Ternerero, situada a unos 3.200 metros de altura.

La topografía adquiere un carácter totalmente de abrasión glacial cerca de los 3.450 metros; aquí los arcos de morenas bien preservados, las morenas de fondo y las morenas laterales se extienden a lo largo de los principales valles, todos éstos con restos de profunda abrasión glacial, tales como: las quebradas La Cueva, San Paulín y el río del Nevado, hasta los glaciares actuales, como por ejemplo, el glaciar Lagunillas, Pulpito, Cóncavo y San Paulín. El gradual retroceso de los glaciares del pasado hasta los niveles actuales puede observarse bien, principalmente, a lo largo del flanco occidental de la Sierra Nevada. El flanco oriental de la Cordillera, formado por muros de roca, es aquí escarpado y muy abrupto y domina la región de los Llanos. Los glaciares de este flanco se reducen a masas de hielo colgantes y algunos glaciares pequeños poco desarrollados, a pesar de que la precipitación del lado oriental de la Cordillera es considerablemente superior a la del flanco occidental. También el carácter abrupto y poco accesible de este flanco oriental del Nevado hace que los estudios detallados sean muy difíciles.

Los valles glaciales del flanco occidental del macizo, aparentemente fueron extensos y solamente el glaciar de la quebrada La Cueva debió haber alcanzado unos 15 kms. de extensión. Morenas laterales y medianas están en esta área muy bien desarrolladas y algunas alcanzan hasta 150 metros de altura.

Numerosas lagunas y lagos glaciales aparecen en estas latitudes, formando cadenas de lagos sucesivos.

La glaciación pleistocénica se desarrolló bien en esta parte de la Cordillera, extendiéndose aproximadamente entre los 6°40' de lat. N., cubriendo un área aproximada de unos 100 kms. de suroeste a noreste y unos 18 kms. de oriente a occidente, o sea una superficie de aproximadamente 1.800 kilómetros cuadrados. Considerando un espesor promedio de la capa de hielo y nieve, de 200 metros, espesor que para esta región puede parecer reducido, ya que los glaciares actuales alcanzan un espesor de cerca de 100 metros, el volumen total de la capa de hielo en la región del Cocuy debió haber sido de unos 360 kilómetros cúbicos.

Geológicamente la Sierra Nevada del Cocuy consiste en sedimentos del Cretáceo inferior, llamados por Hettner, cuarcitas del Cocuy. Consisten éstos en areniscas cuarcíticas blancas a gris amarillas, duras y de grano grueso, intercaladas con capas delgadas de esquistos arcillosos, algunos algo carbonosos. El espesor de esta serie del Cocuy es considerable, alcanzando unos 3.000 metros. Estas areniscas forman el alto escarpado del Nevado del Co-

cuy. Al occidente, en La Manga, están sobrepuestos por calizas oscuras, fosilíferas, del Cretáceo medio, serie Villeta, formando el sinclinal de La Manga. Los estratos del Cretáceo medio se extienden casi hasta el pueblo del Cocuy.

Estructuralmente, el macizo del Nevado del Cocuy representa una extensa escarpa formando parte de la gran falla de sobrecurrimiento del flanco este de la Cordillera Oriental. El flanco occidental del macizo es de carácter monoclinial, aunque también está intensamente plegado y fracturado.

Páramo de Santurbán

Una elevada cordillera se desprende del macizo del Nevado del Cocuy hacia el noroeste formando el *divortium aquarum* entre los valles principales de los ríos Chicamocha y Lebrija con sus numerosos tributarios al sur y al oeste, y el río Chitagá con sus tributarios al nordeste.

Esta cordillera se extiende en unos 90 kilómetros entre 1°10' longitud este y 6°40' latitud norte, extendiéndose a través del Alto Siachoque, páramo del Almorzadero, Mogorontoque y Mesa Colorada, al páramo de Santurbán. Las cumbres y mesas elevadas de esta Cordillera llevan claras y profundas huellas de la glaciación pleistocénica, a pesar de que ninguna de éstas tiene actualmente nieve perpetua.

Esta cordillera es de unos 130 kilómetros de largo y termina al noroeste del macizo de Santurbán. El pico más elevado de este macizo es el cerro Torrecilla, cuya geología glacial fue estudiada por el autor en enero de 1940.

Las morenas de fondo, los bloques erráticos y los valles en "U" aparecen a unos 3.180 metros de altura. A una altura aproximada de 3.500 metros aparecen los arcos de morenas terminales y laterales, de unos 50 a 80 metros de altura. La hoya de Torrecilla que representa un típico circo glacial se abre hacia el este; el antiguo glaciar bajaba hasta unos 3 a 5 kilómetros del pico principal (*horn*). El proceso de formación de circos estuvo muy adelantado en este centro de glaciación. Atravesando un boquerón elevado del principal pico Torrecilla aparece otro circo glacial profundamente cortado —"Hoya de los Salados"— que se abre al nordeste hacia Mutiscua con una cadena de lagos glaciales y un valle glacial antiguo de varios kilómetros de largo. El principal glaciar fue aquí dividido en dos por el cerro de Los Salados, formando una división entre los dos glaciares que se juntaron en su curso inferior. Al noroeste de este circo se extiende el *plateau* elevado del páramo Hato Viejo.

Al sur del pico principal o "numatak" de Torrecilla se abre otro circo glacial —"Hoya de Plata"—, el cual tiene unos 3 kilómetros de largo por 2 de ancho y aparentemente fue ocupado por un lago hasta tiempos recientes.

Unos 30 metros abajo de la cima de Torrecilla de 3.850 metros de altura son bien visibles los restos del pulimento debido a los glaciares, los cuales apa-

rentemente no cubrían la cúspide. De este modo, el cerro de Torrecilla está indicando el espesor de la capa de hielo en este centro de glaciación pleistocénica. Al este de Torrecilla, el páramo continúa hacia el norte de Silos. El nivel glacial más bajo puede observarse aquí a 3.250 metros. Aquí son muy numerosos los rastros de glaciación pleistocénica en el pico de Cornal de 3.630 metros y el pico de Media Luna, que representa otro centro glacial de este páramo.

Los glaciares de Cornal aparentemente bajaban hacia el norte hasta unos kilómetros y al oeste se juntaban con los glaciares de Torrecilla. Los circos del Cornal se abren hacia las cabeceras del río Zulia.

Geológicamente, el páramo de Santurbán, como el cerro Torrecilla, están constituidos de rocas metamórficas del basamento, tales como esquistos y filitas.

Los picos de Cornal y Media Luna también están constituidos por rocas metamórficas en su base, pero en su parte superior éstas están cubiertas por cerca de 500 metros de sedimentos del Cretáceo inferior, como areniscas cuarcíticas y calizas que reposan discordantemente sobre el basamento con un hiatus de las capas coloradas del Girón jurásico, el cual aflora más hacia el suroeste en la bajada del páramo de La Mesa Colorada.

Páramo de La Mesa Colorada

Este páramo es la continuación del de Santurbán hacia el suroeste, y ambos se extienden en dirección suroeste-nordeste en unos 40 kilómetros. El páramo aparece como un *plateau* con elevación de unos 3.150 a 3.400 metros.

La mayor parte de este *plateau* aparece con relieve típicamente glacial con restos de morenas de fondo y bloques erráticos.

Tillitas y areniscas glaciales aparecen en algunas secciones y derrumbes del camino, pero en ninguno de éstos se observaron "varves" (*varve-clays*), o depósitos anuales.

Evidentemente, gran parte de la Mesa Colorada ha sido cubierta por una capa de hielo y nieve. Entretanto los glaciares no fueron aquí muy activos, y a esto se debe que la topografía de la región no fuera profundamente afectada por la abrasión glacial.

Geológicamente, el páramo de La Mesa Colorada consiste principalmente en rocas metamórficas con abundantes intrusiones de rocas básicas y granito —pórfiros. En el borde sur-occidental del páramo en la bajada a Bucaramanga aparecen calizas fosilíferas en contacto discordante con conglomerados y esquistos colorados de la parte inferior, jurásica, de la serie de Girón.

Páramo de Tamá

Este páramo es el más septentrional de la Cordillera Oriental en la frontera con Venezuela, está situado a los 7°25' lat. N., aproximadamente, y con alturas que exceden a 3.400 metros.

Indicios de abrasión glacial y bloques erráticos ocurren a unos 3.250 metros y en las cabeceras del

río Oirá, cerca de los 3.150 metros, hay numerosos lagos glaciales. Los escarpes del cerro de Babilonia, cerro de la Ventana y otros, hacia Revancha, del lado venezolano del páramo, se presentan con circos glaciales. En este páramo no observamos centros de glaciación conspicuos y por falta de morenas bien desarrolladas se puede deducir que la capa de nieve no fue aquí muy espesa y no afectó profundamente el relieve topográfico de la región. Se puede observar formación de circos solamente en los bordes externos del páramo.

Geológicamente, el páramo de Tamá se compone de areniscas del Terciario inferior con capas de carbón. El espesor total de la formación es de 500 metros aproximadamente. El Terciario se sobrepone a la sucesión normal del Cretáceo superior hasta el inferior. El basamento metamórfico aparece aquí en el valle del río Quinimarí, del lado venezolano de la frontera.

Páramo del Almorzadero

El páramo del Almorzadero de 3.650 metros y el de Mogorontoque de 3.790 de altura, representan parte de la serranía que se extiende entre el Nevado del Cocuy y el de Santurbán, encontrándose en los 7° lat. N., aproximadamente. Indicios de glaciaciones pasadas se encuentran también aquí cerca de los 3.250 metros y la abrasión glacial ha cortado profundamente las cumbres de los páramos a los 3.500 metros y a niveles superiores.

Geológicamente el páramo del Almorzadero y el de Mogorontoque exponen areniscas del Cretáceo inferior formando aparentemente la continuación de las capas cuarcíticas del Cocuy.

Considerando la extensión de la serranía entre el Nevado del Cocuy y el Páramo de Santurbán de unos 90 kilómetros y el ancho del área afectada por la glaciación en unos 10 kilómetros, entre los bordes norte y sur de los páramos, el área cubierta por los glaciares pleistocénicos en esta serranía sería de unos 900 kilómetros cuadrados. Admitiendo una capa de *nevé* y hielo de unos 200 metros, el volumen total de la capa de hielo que cubrió esta serranía sería de unos 180 kilómetros cúbicos.

Glaciación en otros páramos de la Cordillera Oriental

Entre los principales páramos elevados e intensamente afectados por las glaciaciones pasadas que describimos, hay numerosas serranías, páramos y cumbres con huellas de abrasión glacial. Algunos de éstos fueron observados por el autor, y se encontraron vestigios indudables de glaciaciones a un nivel de cerca de 3.250 metros. Estos son:

Páramo de Belén:	
5°50' L.N. (Páramo de Casa Blanca)	3.250 mts.
Páramo de Arcabuco:	
5°40' L.N.	3.270 mts.
Páramo de Tota:	
5°30' L.N.	3.250 mts.

Además, hay muchas otras áreas elevadas de la Cordillera Oriental afectadas por la glaciación, que aún no han sido visitadas.

Estudios glaciológicos deberán revelar condiciones y períodos de glaciación en la Cordillera Central y en la Sierra Nevada de Santa Marta, probablemente similares a las descritas en la Cordillera Oriental, pero estos estudios serán dejados para el futuro.

* * *

CORRELACION DE LAS GLACIACIONES PLEISTOCENICAS EN SUR AMERICA

La reducción de la temperatura media anual y el aumento de precipitación en los tiempos pleistocénicos fueron fenómenos de carácter continental. A pesar de esto una reflexión sobre las condiciones climáticas prevalecientes en tiempos pleistocénicos se puede deducir del considerable material de sedimentación cuaternaria que fue observado por el suscrito en varias partes del lado atlántico de este Continente y particularmente en el Brasil, en los Estados de Minas Geraes y Matogrosso; estos sedimentos cuaternarios pertenecen al período diluvial correspondiente a las glaciaciones pleistocénicas más intensas en la parte sur y oeste del Continente.

Glaciares actuales de tipo alpino existen en las cumbres elevadas de los Andes desde la parte más meridional a la más septentrional del Continente, y existen numerosas pruebas evidentes de que en los tiempos glaciales pleistocénicos las capas de hielo se extendían a lo largo de los Andes en una faja considerablemente más continua y unida.

A causa de la falta de estudios más profundos sobre la geología pleistocénica de Sur América no podemos hacer aún correlaciones exactas a larga distancia de períodos glaciales diferentes, tales como los expresados en distintos niveles de glaciación; nuestras observaciones, así como el balance de los datos conocidos en otras partes del Continente, permiten establecer un bosquejo de las condiciones de glaciación pleistocénica en distintos países suramericanos, como sigue:

Venezuela

Restos indudables de glaciación pleistocénica se conocen en la Sierra Nevada de Mérida y fueron descritos por primera vez por Sievers. Fueron también observados por el suscrito en el páramo de Mucubají y en la región de Mucuchíes a niveles aproximadamente de 3.400 a 4.000 metros de altura, estando el nivel actual de las nieves a unos 4.600 metros de altura. Restos de glaciación pleistocénica se observaron también en la Cordillera Occidental de la Sierra Nevada, Páramo de los Conejos, actualmente desprovisto de nieve. Desgraciadamente allí no se hicieron observaciones altimétricas seguras.

Los datos y observaciones de altura de las pasadas glaciaciones son actualmente demasiado incompletos para poder definir niveles glaciales, siquiera aproximadamente. Pueden suponerse varios niveles, pero su estudio debe dejarse para el futuro.

No obstante, en ninguna parte al oriente de los Andes se han observado indicios de glaciación pleistocénica, por ser el relieve general de esta parte del continente demasiado bajo.

Ecuador

Los límites de la *nevé* en las Cordilleras Oriental y Occidental del Ecuador son de alturas algo distintas. W. Reiss estableció un promedio para toda la Cordillera Oriental de 4.623 metros y para la Cordillera Occidental de 4.722 metros de altura. No obstante, en los últimos cuarenta años, desde que se hicieron estas medidas esos niveles debían haber subido algo y según las observaciones de H. Mayer podrían alcanzar actualmente a 4.700 metros para la Cordillera Oriental y 4.800 para la Cordillera Occidental. En algunas zonas de la glaciación más intensa, las lenguas de glaciares pueden bajar de 200 a 300 metros de estos niveles.

La glaciación actual en los Andes ecuatorianos fue descrita con mucho detalle por Reiss, Wolf, Stübel, Whymper, Mayer y otros.

H. Mayer hace referencia a dos niveles de glaciación cuaternaria expresados por cinturones de morenas bien delineadas en elevaciones de 3.700 a 3.800 metros y 4.200 a 4.250 metros de altura; también indica morenas más antiguas con escombros glaciales en un nivel bastante más bajo, pero que se encuentra actualmente en parte cubierto por sedimentos posteriores y obliterado por la erosión; de este nivel se encuentran restos en el lado nordeste del Chimborazo, así como en el flanco oeste del Altar. Estos restos son indudablemente del primer nivel de glaciación inferior.

Las observaciones del autor en la Cordillera Oriental del Ecuador probaron la existencia de un nivel de glaciación inferior que se encuentra entre 3.200 a 3.300 metros, demostrado por rocas estriadas y morenas en Papallacta, en el páramo de Antisana, así como en Yana-urcu, al sureste de Riobamba, en elevación de 3.300 metros aproximadamente. Estas observaciones pueden ser asociadas con los numerosos lagos glaciales aproximadamente en el mismo nivel y confirman la presencia en el Ecuador de por lo menos tres niveles de glaciación pleistocénica correspondientes a los tres niveles descritos en la Cordillera Oriental de Colombia.

Perú

El límite de la *nevé* varía considerablemente en los Andes peruanos, dependiendo esencialmente de la precipitación y condiciones climáticas. Así, en la parte norte del Perú, en las serranías de Conchucos el nivel de *nevé* está a 4.800-4.900 metros de altura. En la región del Cerro de Pasco, en cerca de 5.200 metros y más al sur, en la Cordillera Oriental sube hasta 5.300-5.400 metros. En la parte más meridional de la Cordillera Occidental este nivel sube de 5.500 hasta 6.000 metros de altura. Los glaciares bajan mucho de esta línea de *nevé* y en el norte del Perú alcanzan a 4.700 metros.

Hettner, Sievers, Steimann, Bowman y otros citan dos o tres períodos glaciales en el Pleistoceno del Perú.

Los tres niveles de glaciación pleistocénica pueden ser localizados entre 3.300 metros el más bajo y 4.200 el más alto. Las observaciones hechas en distintas partes del país muestran que los niveles con topografía glacial más desarrollada están a 3.400 y 4.000 metros de altura.

Así podemos asumir que los tres niveles principales de glaciación pleistocénica del Perú están entre 3.300 a 3.400 metros y 4.000 a 4.200 metros, correspondiendo a los tres niveles glaciales en Colombia y Ecuador.

Queda el problema de si la elevación de la línea de *nevé* actualmente observada en la parte meridional del Perú ha tenido su equivalente en tiempos pleistocénicos, lo que equivaldría a conocer las condiciones climáticas de aquella región actualmente árida del Perú en los tiempos de glaciación pleistocénica.

Bolivia

El nivel de la *nevé* varía actualmente en Bolivia de 4.600 metros hasta 5.000 metros en la zona del clima árido y seco de la parte occidental de los Andes. Las evidencias de glaciaciones pasadas fueron estudiadas por Conway, Hock, Steinmann, Hauthall y otros, y recientemente por Troll. La mayoría de estos observadores concuerdan sobre la existencia de dos períodos glaciales con un período seco interglacial correspondiente al supuesto período interglacial conocido en el Perú y Ecuador.

El nivel inferior de glaciación pleistocénica se encuentra cerca de los 3.200 metros en Chañi (24° lat. S.), otro nivel cerca de 3.600 metros en Illimani y en el flanco oriental de la cordillera. Los restos glaciales fueron también encontrados a 2.600 metros, a pesar de que faltan datos más detallados sobre este hallazgo y puede tratarse de restos fluvio-glaciales.

El nivel superior de la glaciación pleistocénica en Bolivia está a unos 4.500 metros de altura.

A pesar de que la mayor parte de los autores concuerdan sobre la existencia de dos niveles de glaciación en Bolivia, Hauthall menciona un tercer nivel de glaciación que él aparentemente encontró en la Cordillera Occidental. Confirmada esta observación, el número de glaciaciones pleistocénicas en Bolivia coincidiría con el mismo número en otras partes de los Andes a los indicados para los países ya enumerados.

Además de los restos de glaciaciones pleistocénicas en Bolivia, se encuentran también numerosos indicios de condiciones climáticas bien distintas y mucho más húmedas en tiempos pleistocénicos, como los indicados en los antiguos niveles superiores de lagunas y numerosas terrazas aluviales.

Argentina

Los primeros estudios de glaciación en Argentina fueron principados, aun en el siglo pasado, por Mo-



Páramo de Sumapaz. "Cerros de Media Naranja" a \pm 4.300 metros sobre el nivel del mar. (Uno de los centros de glaciación pleistocénica).



Páramo de Sumapaz. Típicos "Roches Moutoneés" a \pm 4.000 metros sobre el nivel del mar.



Páramo de Sumapaz. Paisaje de abrasión glacial.



Páramo de Sumapaz. Grandes morenas de fondo a \pm 3.600 metros sobre el nivel del mar.



Páramo de Sumapaz. Estrias y pulimento glaciales en elevaciones de \pm 4.100 metros sobre el nivel del mar.



Páramo de Sumapaz. Tilitas cuaternarias a \pm 3.500 metros sobre el nivel del mar.



Páramo de Sumapaz. "Cerros de los Corrales". Uno de los centros de la glaciación pleistocénica. (Son visibles circos y "horns" glaciales).



Páramo de Sumapaz. Cabecera de un circo glacial en la región de Chisacá.



Páramo de Sumapaz. Antigua laguna glacial, actualmente seca.

reno y posteriormente desarrollados por Nordenskjöld, Hauthall, Revoredo, Steinmann y otros, hasta ser completados con estudios detallados basados en la escala geocronológica sueca por Caldenius en 1928.

La mayor parte de las investigaciones hechas por distintos autores están en desacuerdo sobre el supuesto número de glaciaciones pleistocénicas de la Argentina. Así, Steinmann opina que no hubo más de dos glaciaciones en Patagonia, mientras Hauthall sostiene que hubo tres y Revoredo cuatro. No obstante, Caldenius demuestra a base de sondeos y medidas exactas cuatro períodos glaciales con los correspondientes niveles de glaciación pleistocénica para el sur de la Argentina.

Los niveles de glaciaciones pasadas como los actuales varían aquí entre el nivel del mar en el extremo sur del Continente a 6.000 metros en las partes secas de la alta cordillera.

Los indicios de las glaciaciones pleistocénicas en Argentina gradualmente suben de niveles bajos en Patagonia hasta muy elevados en la parte norte del país. Así, en la Cordillera del Plata (pre-cordillera) el nivel inferior está a 2.700 metros, y en la Cordillera de los Patos (Mendoza), sube hasta 4.000 y 5.000 metros.

Chile

Lo mencionado respecto a las glaciaciones pasadas en la Argentina puede ser muy bien adaptado a las condiciones de glaciaciones actuales pleistocénicas en Chile.

Bruggen concluye que en Chile existían apenas dos períodos de glaciación pleistocénica, lo que radicalmente no está de acuerdo con los estudios detallados y las conclusiones de Caldenius. Indudablemente las condiciones climáticas en el Pleistoceno del sur de Argentina y sur de Chile eran idénticas. Lo mismo también se puede decir en rasgos generales de las condiciones de glaciaciones pasadas y actuales en el resto de los Andes argentino-chilenos, considerando las condiciones del clima seco y árido del noroeste de la Cordillera de Chile y más húmedo del este de las cordilleras argentinas, lo que debía ser reflejado en las líneas de *nevé*, distintas en los dos flancos de la parte septentrional de la Cordillera de los Andes argentino-chilenos.

* * *

CONCLUSIONES

Tres glaciaciones pueden ser distinguidas en el Pleistoceno de la Cordillera Oriental de Colombia, con niveles medios de, aproximadamente, 3.200, 3.500 y 4.100 metros, sobre el nivel del mar. Localmente el nivel inferior puede encontrarse bastante más abajo de los 3.200 metros.

Aunque estudios glaciológicos deben ser profun-

NOTA DE LA DIRECCION—Recomendamos la lectura del estudio anterior por ser él la primera exposición sistemática que conocemos a este respecto. Es verdad que anteriormente, en 1925, los geólogos alemanes Otto Stutzer y E. A. Scheibe ya se habían ocupado de este asunto y trataron de explicar ciertas formaciones características de la Sabana de Bogotá, en las cercanías de la ciudad, por el oriente, en la quebrada de San Cristóbal, como demostraciones de una probable época glacial de

dizados, se presume que depósitos de típicos "varves" (*varve-clays*) se hallan ausentes de la Cordillera Oriental.

Los datos actualmente conocidos, parecen indicar estrecha relación entre las glaciaciones pleistocénicas en la Cordillera Oriental de Colombia con las del Ecuador y Perú. Parece evidente que tal relación debía existir con las glaciaciones en las demás cordilleras de Colombia, así como con las de la Sierra Nevada de Mérida, en Venezuela.

Con todo, la falta de estudios detallados de las condiciones paleoclimáticas y de la geología pleistocénica en general dejan abiertos muchos problemas de la glaciación pleistocénica en los Andes suramericanos cuya solución debe ser dejada para el futuro.

Bogotá, junio de 1940.

BIBLIOGRAFIA

- Antevs, E.—*The last Glaciation*. Geogr. Soc. America, Special Publ., n° 17. 1932.
- Bates, H. W.—*Introduction*, in Edward Whymper, *Supplementary appendix to Travels amongst the Great Andes of the equator*. London, 1891.
- Bowman, I.—*The Andes of Southern Peru*. New York, 1916.
- Caldenius, C.—*Las glaciaciones cuaternarias en Patagonia y Tierra de Fuego*. Minist. Agricultura. Rep. Argentina. Buenos Aires, 1932.
- Conway, M.—*The bolivian Andes*. London-New York, 1901.
- De Geer, Gerard—*Correlation of late-glacial clay varves in North America with the Swedish time scale*. Geol. Fören. Förhandl., vol. 43, pp. 70-73. Stockholm, 1921.
- Hauthall, R.—*Gletscherstudien aus der argentinischen Cordillere*. Globus, 1895, p. 37.
- Hauthall, R.—*Zur Geschichte der glazialen Erforschung Sudamerikas*. Petermanns Mitt., vol. 54, pp. 271-284. 1908.
- Mayer, H.—*En los altos Andes del Ecuador—Chimborazo, Cotopaxi, etc. (1907)*. An. Univ. Central del Ecuador (Traducción). Quito, 1938.
- Ministerio de Industrias y Trabajo, Dpto. de Minas y Petróleos.—*Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia, 1917-1933*, t. II, pp. 7-15-24. Bogotá, 1938.
- Ministerio de Industrias y Trabajo, Dpto. de Minas y Petróleos.—*Estudios geológicos sobre la Cordillera Oriental de Colombia*. Parte I^a, pp. 43-45. Bogotá-Berlin, 1938.
- Notestein, F. B., in Cabbot, T. D.—*The Cabbot Expedition to the Sierra Nevada de Santa Marta de Colombia*. Geogr. Rev., vol. XXIX, Append. II, pp. 616-621. 1939.
- Notestein, F. B. and King, R. E.—*The Sierra Nevada de Cuy*. Geogr. Rev., vol. XXII, pp. 423-430. 1932.
- Nordenskjöld, Otto. *Svenska Expeditionen till Magallans Länderna*. Bol. I, n° 2. Stockholm.
- Oppenheim, V.—*Contribution to the Geology of the Venezuelan Andes*. Bol. Geol. and Min., t. I, n° 2 a 4, Caracas, 1937.
- Reiss, W. und Stübel, A.—*Das Hochgebirge der Republik Ecuador*. 1896-1902.
- Sievers, W.—*Reise in Peru und Ecuador, 1909*. Wiss. Verh. Gesell. für Erdkunde zu Leipzig, vol. VIII. Leipzig, 1914.
- Steinmann, G.—*Glaziale Topographie in der Cordillere Nordargentiniens*. Geol. Rundschau, Vol. II, pp. 271-272. 1921.
- Steinmann, G.—*Geologie von Peru*. Stuttgart, 1928.
- Schuchert, C.—*Historical Geology of the Antillean Caribbean Region*. New York, 1935.
- Troll, K.—*Forschungen aus dem Hochlande von Bolivien*. Zeitschr. Gesell. für Erdkunde zu Berlin, 1927, pp. 226-230. Berlin, 1927.
- Woodworth, J. B.—*Geological Expedition to Brazil and Chile, 1908-09*. Bull. Mus. of Comp. Zool. at Harvard College, vol. LVI, n° 1 (Geol. Serv., vol. X), Harvard, 1912.
- Windhausen, A.—*Geología Argentina*. t. II. Buenos Aires, Ed. Pensar, 1932.

gran extensión. Para llegar a esta conclusión se basaron en la afirmación de Hettner de que en el Nevado del Cocuy el límite actual hasta el cual desciende la nieve alcanza una altura de 4560 metros sobre el nivel del mar y de que en la Sierra Nevada de Santa Marta, Sievers encontró morenas a 3.600 metros, es decir, a 1.000 metros por debajo del actual límite de las nieves perpetuas. Sobre este punto Hettner se expresó así: "Aún hoy día estoy lejos de respaldar la opinión según la cual un terreno glacial antiguo tan extenso pudiera haber existido; y, sin embargo, no la puedo rechazar tampoco con certeza, y quisiera, por lo tanto, llamar especialmente la atención de futuros exploradores hacia este asunto. Según mis propias observaciones, las arcillas con bloques que se hallan en la Sabana de Bogotá no representan, en su mayor parte, indicios de morenas. Se trata de acarreo de rocas que se halla envuelto en una matriz arcillosa, la cual originalmente consistía de tobas volcánicas que los vientos arrastraron desde los volcanes de la Cordillera Central".

Sabedores nosotros de esta opinión de Hettner y llenos de curiosidad, observamos tales accidentes en diversos lugares, y, aún cuando profanos en la materia, si pudimos darnos cuenta de que tal opinión parecía un poco precipitada. Por eso, posteriormente, nos llamó grandemente la atención el punto de vista de Stutzer respecto de los depósitos aluviales existentes en la quebrada o río de San Cristóbal, al sur de Bogotá, los cuales no podían interpretarse como fluviales sino como materiales de acarreo o morenas.

Hablando sobre este asunto dice Stutzer: "El terreno al oriente de San Cristóbal asciende por depósitos flojos de acarreo, bajo los cuales yacen las arcillas eocenas del piso de Guaduas y sus intercalaciones areniscosas. El rumbo de los estratos de Guaduas en esta parte es norte-sur, y la inclinación de 40° al oeste. Los depósitos de acarreo no manifiestan indicio alguno que permita identificarlos como de origen fluvial: ante todo carecen de estratificación. Fragmentos angulosos de roca, provenientes en la mayor parte de las areniscas del piso de Guadalupe, se hallan depositados confusamente. A veces ocurren también unos como paquetes esquinados de arcilla esquistosa oscura y blanda, desprendidos del piso de Guaduas. En el yacente hay algunos bloques grandes dentro de arcilla redepositada. La ausencia de todo indicio de estratificación, así como la forma angulosa de los fragmentos, demuestran que sólo puede tratarse del acarreo de los cerros o de morenas. Me inclino a suponer que se trate de una morena (o morrena), a favor de la cual habla la ordenación en hileras normales al desarrollo del valle, que muestran las masas de acarreo. Las hileras son tres: entre ellas la tercera se halla abajo de la quebrada de San Isidro y contiene numerosos paquetes frágiles, y acantilados de marga. Los depósitos que considero relacionados con morenas están en su mayor parte constituidos a manera de material acarreado. Sólo en la parte baja, donde participa la arcilla del piso de Guaduas, el aspecto es semejante a arcilla típica de corrimiento. Las masas que se asemejan al acarreo probablemente son en realidad el acarreo que caía desde las pendientes abruptas de la derecha y de la izquierda sobre los glaciares y que luego era transportado en su superficie hasta el borde terminal de los vestisqueros".

Esta opinión autorizada y que sólo puede criticarse suponiendo cuán extensa fuera la zona de glaciación que ello obligara a suponer, hubo de impresionarnos grandemente cuando recorrimos posteriormente los terrenos situados al oriente de San Cristóbal; y por eso la hipótesis de una o varias épocas glaciales nos ha servido en tiempos posteriores para explicarnos muchos fenómenos geológicos que se observan con gran frecuencia en variados lugares del territorio nacional.

Pero con ser de tanto peso la opinión citada, verdaderamente sólo hasta la publicación del presente estudio puede considerarse la cuestión de las glaciaciones pleistocénicas en Colombia abordada con fundamentos de peso y en forma sistemática. Por ello se explica el entusiasmo con que hemos acogido en estas columnas el trabajo del Profesor Oppenheim, que habrá, según nuestro más que modesto concepto de revolucionar muchas de las antiguas ideas que aquí se tenían sobre ciertos fenómenos geológicos de acarreo.

Estas ideas, absurdas en su mayor parte, hallaron acogida entre ingenieros de prestigio, como el Dr. Ramón Guerra Azuola, quien explicó con imaginaciones fantásticas los bloques erráticos de Fusagasugá. Tal vez de haberse conocido oportunamente las tesis del Profesor Oppenheim, se hubieran abstenido los directores de la fenecida Revista Geográfica del Instituto Geográfico Militar, de reproducir la más desgraciada producción científica del Dr. Guerra Azuola y que sólo se explica por lo remoto de la época en que ella se escribió.

Hacemos esta digresión porque nos interesa llamar la atención de nuestros lectores sobre un tema de tanta importancia como el tratado por el Profesor Oppenheim y que sugirió a Stutzer, como conclusión de su breve trabajo, la reflexión siguiente:

"Las investigaciones que hemos hecho deben revestir también interés para los círculos geológicos de fuera de Colombia, porque los lugares en que se encontraron los rastros antiguos de glaciación tan sólo se hallan a 4°30' al norte del ecuador, es decir, dentro de la propia zona tropical. Los glaciares se formaban aquí a 3.500 metros de altura, y bajaban algunos cientos de metros. Así se evidencia nuevamente que la disminución de la temperatura durante la época glacial era general en todo el globo terrestre. El trópico suramericano, y en especial el territorio colombiano, no constituían una excepción del fenómeno".

