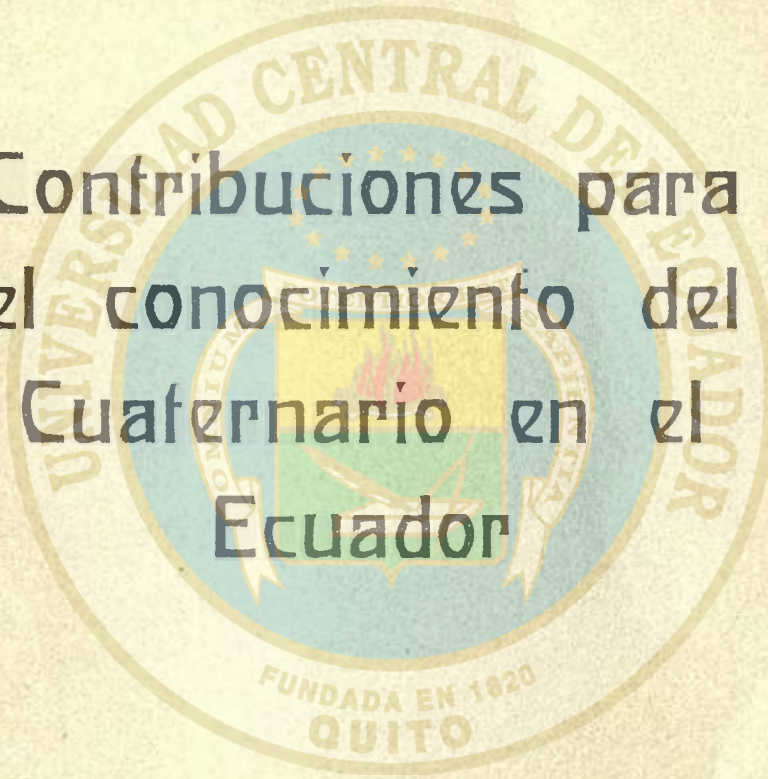


26669



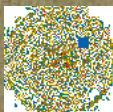
Dr. Ing. WALTER SAUER



Contribuciones para el conocimiento del Cuaternario en el Ecuador

Imp. de la Universidad
QUITO - ECUADOR

— 1950 —



BASE LEGAL PARA DIGITALIZACIÓN DE LIBROS CON DERECHOS DE AUTOR



El Sistema Integrado de Bibliotecas de la Universidad Central del Ecuador, digitalizará su acervo bibliográfico siempre y cuando sea para fines educativos y de investigación. No se permite la reproducción y distribución para la comercialización directa e indirecta del mismo

La digitalización del material bibliográfico se lo realiza de acuerdo al Código Orgánico De La Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación **Art. 212 numeral 9, Literal ii** “(...) Una biblioteca o archivo podrá, además, realizar los siguientes actos (...) La reproducción electrónica y comunicación pública de obras de su colección para ser consultadas gratuita y simultáneamente hasta por un número razonable de usuarios, sólo en terminales de redes de la respectiva institución o para usuarios de esa institución bajo su control, en condiciones que garanticen que no se puedan hacer copias electrónicas de esas reproducciones” y literal vii “La reproducción, adaptación, traducción, transformación, arreglo, distribución y comunicación de una obra protegida por derechos de autor o una prestación protegida por derechos conexos, en uno o más formatos accesibles para el uso exclusivo de personas con discapacidad”

Este material se considera un producto intelectual a favor de su autor; por tanto, la titularidad de sus derechos se encuentra protegida por el Código Orgánico De La Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación. La violación a dichos derechos constituye un delito que será responsabilidad del usuario.





Contribuciones para el conocimiento del Cuaternario en el Ecuador

PRIMERA PARTE

QUITO — ECUADOR

Imp. de la Universidad

— 1950 —

INDICE

- 1.—Tectónica general y repartición de las formaciones cuaternarias en el país.
- 2.—La zona andina de la parte septentrional del país.
 - 1) Los movimientos verticales epirogénicos.
 - 2) La actividad volcánica, las glaciaciones pleistocénicas y las formaciones de origen igneo y sedimentario.
 - a) Ordenación y clasificación de los tiempos glaciares e interglaciares con sus fenómenos tectónicos, volcánicos y glaciares.
 - b) Las formaciones sedimentarias y volcánicas de los diferentes tiempos cuaternarios.
 - c) La extensión máxima del hielo glaciario pleistocénico.
- 3.—La zona andina de la parte meridional del país.
 - 1) El significado del arco de superposición de la cordillera oriental.
 - 2) El volcanismo.
 - 3) Los movimientos epirogénicos y las glaciaciones.
- 4.—La llanura baja oriental.
- 5.—El occidente y la costa.

CONTRIBUCIONES PARA EL CONOCIMIENTO DEL CUATERNARIO DEL ECUADOR.

Anteriormente publiqué una serie de detalles del cuaternario en revistas, anales y conferencias que se han referido preferentemente al glaciario, al volcanismo y a la tectónica de la región serrana del país. La memoria explicativa de mi Mapa Geológico de los alrededores de Quito suministra en parte el conocimiento de estos fenómenos geológicos y de su influencia en el origen de las formaciones cuaternarias de las zonas interandinas.

Ahora se trata de reunir y ordenar mis investigaciones geológicas hechas en diferentes lugares de todo el país.

Los resultados de la actividad de los agentes geológicos ecuatorianos son tan distintos en las diferentes regiones del país, que es necesario hacer su descripción regionalmente diferenciada. De este modo, en la costa hay que tomar en cuenta la importancia especial de los movimientos epirogénicos a causa de los cuales emergieron del mar las tablas. Las regiones bajas del occidente y del oriente están caracterizadas por la sedimentación fluvial. Mientras las cordilleras fueron sometidas a la acción combinada y muy compleja del volcanismo, glaciario y de los movimientos verticales rupturales de levantamiento y hundimiento continentales. Además existen diferencias fundamentales en la manera de presentarse las formaciones cuaternarias del norte y sur del país.

1.—TECTONICA GENERAL Y REPARTICION DE LAS FORMACIONES CUATERNARIAS EN EL PAIS.

Para la mejor comprensión de las explicaciones que seguirán, es necesario exponer a grandes rasgos la tectónica del país. Desgraciadamente hasta ahora no se ha podido

realizar la publicación de mi Mapa Geológico General del Ecuador, con cuya base sería fácil conocer los elementos tectónicos principales y sus reflejos en las formas topográficas.

El croquis tectónico adjunto N° 1, en escala aproximada 1: 4.000.000, elaboré como síntesis de mi Mapa Geológico General en escala 1: 1.000.000. Para hacer resaltar bien las estructuras geológicas y, naturalmente, también a causa de la escala muy reducida, fué necesario suprimir muchos detalles hasta poder representar las diferentes formaciones de una época sólo con un signo único. Lo importancia especial del vulcanismo exigió que los productos volcánicos fueran separadas de los sedimentos acuosos del mismo período.

Las formaciones mesozoicas incluyen la interesante formación diabásica, que ocupa grandes fajas en las faldas occidentales de la cordillera occidental y que aparece también en las cordilleras pequeñas castañosas, bordeando así la depresión extensa que se desarrolla entre la cordillera occidental y la costa septentrional y media del país.

Las capas semimetamórficas se encuentran reunidas en el croquis con las capas paleozoicas a pesar de que su edad todavía no está bien determinada. Las rocas metamórficas cuyo origen, posiblemente es precámbrico, se caracterizan por su rumbo bien definido de las texturas pizarrosas, fajeadas paralelas. Las líneas ligeramente onduladas indican los direcciones generales de las texturas y forman así líneas bien marcadas de la tectónica.

Las intrusiones en primer lugar, grano-dioríticas y también sieníticas pertenecen preferentemente a la época terciaria. Sus formas alargadas se insertan en las líneas generales, estructurales del subsuelo.

Un signo especial reproduce el rumbo de los anticlinales y monoclinales principales de las rocas sedimentarias terciarias y mesozoicas. En las cordilleras costaneros o veces se manifiesta la existencia únicamente de monoclinales.

Las fallas y grietas tienen su origen en el levantamiento epiragénico cuaternario que afectó a las macizos centrales de las cordilleras, en mayor grado que a las partes bajas del país y produjo la ruptura de la corteza terrestre o lo largo de las fallas y zonas rupturales, por el movimiento vertical desigual. De este modo se originó especialmente la de-

presión interandina de la parte septentrional del país y el reavivamiento del volcanismo cuaternario en la misma región del norte.

La armazón tectónica consta de las cordilleras levantadas por plegamiento y dislocación a causa de presiones orogénicas horizontales y posteriores movimientos epirogénicos verticales. Tenemos que distinguir las cordilleras occidental, oriental y, al este de la última, la tercera cordillera, cuyo desarrollo en nuestro país, no es tan pronunciada como en los países vecinos.

Es mérito indiscutible del geógrafo ecuatoriano Luciana Andrade Marín el haber indicado, por primera vez, la existencia individual de la Tercera cordillera al Este de la cordillera oriental. Las Geólogas de la Shell Company of Ecuador han podido comprobar que se trata, por ejemplo en la zona de la cordillera de Cutucú, de una faja anticlinal, paralela a la cordillera oriental, pero, bien separada de ella, por la depresión ancha del río Upano. Además en éste sitio su composición petrográfica es muy distinta de la composición petrográfica de la cordillera oriental. El núcleo contiene capas paleozoicas, las flancos y la continuación hacia el sur pertenecen al mesozoico.

De interés muy especial es la forma de las cordilleras. Consideremos, en primer lugar, la cordillera oriental como la más antigua y caracterizada por su composición predominante de rocas metamórficas y de intrusiones graníticas. Desde el norte hasta la mitad del país su dirección es NNE-SSW a N-S. Desde la mitad del país hacia el sur toman los rumbos, poco a poco, las direcciones SSW, SW y W para producirse una verdadera ramificación en forma de una curva hacia el Oeste que llega al borde occidental de las montañas en la provincia de El Oro. Otra rama sigue en dirección SSW en las partes meridionales del país, donde, desde la zona de Loja adquiere direcciones pronunciadamente N-S. En esta zona toda la masa de las cordilleras se abre como un abanico con direcciones estructurales de N-S al borde oriental de la provincia de Loja, cambiando más y más, las direcciones hacia el SW y hasta llegar en la provincia de El Oro a la dirección E-W. A causa de estos fenómenos en el sur no se puede distinguir más, la cordillera oriental de la occidental, ni geográficamente ni geológicamente, porque existen filas de montañas, una al lado de otras, separadas

por depresiones longitudinales, formando, de este modo, pliegues del abanico tectónico. En este lugar, existen las depresiones principales de los ríos: Arenilla, Puyango, Alamor, curso inferior y superior del Catamayo y Chinchipe, con direcciones de E-W hasta N-S, y las estructuras geológicas del subsuelo forman valles longitudinales.

En la región de Cuenca todavía se distingue claramente la cordillera occidental de la oriental. Sin embargo las direcciones estructurales de la occidental presentan el rumbo pronunciado NE-SW.

La cordillera occidental tiene en el norte del país rumbos tectónicos parecidos a los de la cordillera oriental y está separada de la última por una ancha depresión ruptural bien marcada hasta el nudo de las elevaciones volcánicas al sur de Riobamba. Desde esta latitud empieza el desvío pronunciado de los rumbos en dirección NE-SW. Desde Bucay se desprende una ramificación hacia el Oeste en forma de una guirnalda de cerros aislados al sur de Boliche y Taura hasta Punta Piedra. Otra ramificación sale de la región de Babahoyo y después de la interrupción entre Babahoyo y Durán tiene su prolongación visible en las cordilleras de Chongón y Colonche. De allí curva hacia el norte a lo largo de la costa y aparece en forma de los cerros de Jipijapa y de Montecristi. Más hacia al norte se presenta en las montañas de Canoa, en los Cerros de los Liberales, en las montañas de Jama y de Cuaque. De aquí toma la dirección hacia el NE, después de haber sido interrumpida por la depresión del río Esmeraldas y sus tributarios para unirse con las estribaciones de la cordillera occidental en la región de Alto Tambo (véase croquis N° 1).

Entre la cordillera occidental y la costa se formó una depresión extensa, porque emergieron del mar por el plegamiento terciario y la subsiguiente elevación epirogénica, en primer lugar, las cordilleras y los cerros de la costa arriba mencionados con los terrenos adyacentes. Quedó una larga y ancha entrada del mar que cubrió la zona ocupada hoy por las cuencas hidrográficas de los ríos: Daule, Quevedo y Babahoyo, prolongándose hacia el norte hasta los ríos Blanco y Guayllabomba. Es esto la gran faja de sedimentos cuaternarios que actualmente representan la enorme planicie fértil del occidente.

Otra zona extensa de formaciones cuaternarias está comprendida por la depresión interandina entre las crestas de las cordilleras occidental y oriental, desde la frontera norte hasta la comarca de Guamate. La dilatación horizontal tectónica como repercusión del plegamiento, y el levantamiento desigual epirogénico han causado la fragmentación de las cordilleras o la larga de fallas longitudinales y transversales, las últimas en menor escala. (Véase croquis N° 1). De este modo las partes centrales de las cordilleras se elevaron más que las partes laterales exteriores y más que las situadas entre las cordilleras. Entre ellas quedó una hondonada alargada y ancha con sus interrupciones características, que se llaman nudas. En los diferentes hoyos y en las alturas circundantes se desarrollaron las formaciones cuaternarias complejas, bajo la influencia mutua del volcanismo, glaciario y movimiento epirogénico.

Finalmente habrá que mencionar los sedimentos del cuaternario en el Oriente. Entre las capas fluviales y lacustres, la extensísima concha de deposición del río Pastaza llama especialmente la atención. Las masas pétreas volcánicas transportadas por el río desde los dos hoyos grandes de Riabamba y Ambato-Latacunga, a la planicie oriental, han cubierto una área semicircular plana y tendida en la llanura baja del Oriente, al pie de la cordillera oriental con su centro en el sitio donde sale el río Pastaza de la cordillera. La superficie poco inclinada desde el centro hacia los bordes del abanico sedimentario, se reconoce en el terreno como meseta, actualmente cortada y separada por la erosión fluvial en un sinnúmero de trazas planas, alargadas en sentido radial del semicírculo de mayor o menor extensión horizontal. El máximo diámetro del abanico alcanza a más de 100 kilómetros. (Véase croquis N° 1).

2.—LA ZONA INTERANDINA DE LA PARTE SEPTENTRIONAL DEL PAÍS.

Las formaciones cuaternarias, las que he podido estudiar en todos sus detalles, son las acumulaciones múltiplemente diferenciadas en la región andina del norte del país. Aquí me fue posible hacer una clasificación según la edad, estableciendo diferentes pisos y horizontes en estas masas aparentemente caóticas, a cuya formación han contribuido

tres agentes geológicos, de especial importancia en el cuaternario, siendo éstos:

1º—Los movimientos verticales epirogénicos.

2º—La actividad volcánica.

3º—Las glaciaciones pleistocénicas.

Las acciones de estos tres factores geológicos se produjeron, por lo general, simultáneamente, de manera que sus productos se intercalan y se recubren mutuamente con gran irregularidad, no sólo en el espesor de las capas y su modo de acumulación sino también en los materiales que las forman.

1º Los movimientos verticales epirogénicos. Levantamientos y hundimientos.

Tanto el volcanismo cuaternario, como las glaciaciones de la misma época, están influenciadas en mayor escala por los levantamientos y hundimientos epirogénicos del país, especialmente de la cordillera. La actividad volcánica ha suministrado las cantidades inmensas de materiales, por las que se destacan las formaciones cuaternarias de la región interandina de la mitad septentrional del país.

La comprobación inmediata del alzamiento continental está dada en el origen de las terrazas marinas, de los así llamados tablazos que emergieron durante el pleistoceno en diferentes lugares de la costa, donde los movimientos de levantamiento, con toda evidencia se han realizado. Por otra parte, las capas marinas miocénicas, en muchos lugares a gran distancia de la costa, se encuentran en posición, originalmente, horizontal o sólo poco inclinada pero a 200 o 300 metros sobre el nivel del mar, las que confirman así un levantamiento vertical efectuado después de su sedimentación al fin del terciario.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que no todas las partes del país bajo, experimentaron levantamientos. En las costas acantiladas se puede observar los efectos de hundimiento, después de que habían emergido del mar formaciones terciarias marinas plegadas o dislocadas por las fuerzas orogénicas, en mayor o menor grado, según su edad geológica. En los alrededores de Bahía de Caráques y en la costa de Esmeraldas ha habido hundimientos y levantamientos alternantes y la parte plana costanera de la Provincia de El



Oro emergió del mar únicamente en la última fase del pleistoceno, después de haber experimentado hundimientos en mayor escala.

Un fenómeno tectónico especial diferencia la parte septentrional del país de su parte meridional. En el norte se levantaron durante el cuaternario las partes centrales de las cordilleras en mayor grado que las faldas y las estribaciones, causando así rupturas longitudinales a lo largo de las cordilleras. En general, la masa total de las cordilleras se ha levantado, mientras que simultáneamente se realizaban fuertes hundimientos rupturales en la región interandina y en los flancos exteriores de las cordilleras, es decir, hundimientos únicamente relativos con respecto a las partes centrales levantadas en mayor escala por el alzamiento desigual de la corteza terrestre en estas zonas. Con otras palabras: las fajas relativamente hundidas de las cordilleras quedaron atrazadas en los movimientos del levantamiento general, representando así hundimientos relativos, como muestra con toda claridad la depresión interandina. (Perfil esquemático N° 2).

La escala de los levantamientos puede, por consiguiente, ser muy diferente en las diversas partes del país en contraposición al estado en que estuvieron al final del período terciario y llegan, según las circunstancias a centenares o a más de mil metros. Así, al comienzo de la época cuaternaria los más altos cerros de las cordilleras se alzaron sólo, en casos raros por encima de los 3.000 metros de altitud, mientras en la actualidad los zócalos de los volcanes, que han servido como fundamento para estos gigantes, llegan generalmente a alturas de 4.000 a 4.500 metros.

Fallas longitudinales.

Como los fuertes movimientos tectónicos verticales han perdurado hasta muy próximamente el período actual, las dislocaciones producidas por ellos sólo están poco velados por la erosión y sedimentación subsiguientes, las cuales únicamente fueron de corta duración relativa. En la quebrada de Nayón, al NE de Quito se presentan fallas con una altura de desnivel total de cerca de 200 metros, que forman un detalle del gran hundimiento escalonado ruptural de la depresión interandina. (Perfil N° 3).

El hundimiento de lo hoyo de Quito se efectuó a lo largo de fallas con dirección aproximada N-S, y principalmente en su parte occidental, en forma de rupturas escalonadas.

Las capas y la superficie de los diferentes escalones, inmediatamente al norte de Quito, muestran una inclinación poco acentuada hacia el oeste como efecto del hundimiento con ligero movimiento giratorio en plano vertical; en cambio las fallas empujados a lo largo de las cuales se realizó el hundimiento relativo, buzan hacia el este. Así la meseta de Quito, y su prolongación hacia el norte y sur, forma el escalón superior de la gradería tectónica que descende al fondo de la depresión interandina de la hoya de Quito. (Perfil N° 4).

El perfil N° 5 que cruzó por el lado meridional de Quito, desde las faldas del Pichincha en dirección oriental, hacia la depresión interandina, nos enseña cómo por los movimientos rupturales verticales se formó el "Horst" de "Las Monjas" entre el río Mochángaro y la depresión interandina.

Otros detalles del conjunto tectónico de los alrededores de Quito, están expuestos en la memoria explicativa del Mapa Geológico de Quito.

En la Provincia de Imbabura (norte del país) unos escalones rupturales al norte de Ibarra, con salto total de 300 a 400 metros, a lo largo de fallas con rumbo N-S, comprueban los valores apreciables de los movimientos rupturales del levantamiento en esta localidad.

De manera parecida podemos revelar las condiciones tectónicas de las demás regiones de la depresión interandina hasta la hoya de Riobamba. Unas veces las rupturas se han producido a lo largo del borde occidental, otras veces, han preferido el borde oriental de la depresión ruptural y han formado con regularidad escalones con saltos de 300 a 400 metros.

Tenemos al Sur de Salcedo la Laguna de Yambo, que se formó a causa de los efectos tectónicos. En esta zona se hundió el fondo de la depresión muy unilateralmente a lo largo de su borde oriental. Dando lugar a que las capas del subsuelo, originalmente horizontales, adoptaran una inclinación marcada hacia el Este; por este movimiento giratorio se produjo en el sitio de la laguna una flexión y finalmente la ruptura de las capas cuaternarias, de manera que se for-

mó una brecha cuneiforme prismática profunda que tiene extensión longitudinal, paralela al borde oriental de la depresión. Por lo tanto el buzamiento oriental de las capas que forman las laderas empinadas de la laguna es mucho más fuerte en la ladera oriental que en la ladera occidental.

Fallas centrales.

Existen también fallas y grietas longitudinales centrales en la depresión interandina (Ver croquis N° 1), como comprobó la construcción de las isosistas del terremoto de 9 de agosto de 1938 en el valle de los Chillos (véase croquis N° 6). Es posible deducir de la forma y situación de las isosistas que el epicentro se encontró entre los volcanes apagados, Ilaló y Pasocha, en figura completamente alargada, reflejando un hipocentro formado por un plano de falla longitudinal de dirección norte-sur en posición central en la depresión interandina. La ruptura de la corteza terrestre a lo largo de esta falla fué seguramente, la causa de origen de los volcanes, Pasocha e Ilaló.

Rupturas transversales.

Sobre otras grietas centrales se edificó más al norte el potente volcán Imbabura, mientras que las rupturas transversales han originado los macisos volcánicos que separan una de la otra, las diferentes hayas de la depresión interandina. (Véase croquis N° 1).

Terrazas fluviales.

El alzamiento ruptural de las cordilleras dejó también en las faldas exteriores sus huellas. La erosión fuerte y siempre renovada por cada fase de levantamiento ha dificultado el reconocimiento de las fallas por su configuración morfológica. Sin embargo existen lugares con indicaciones bastante precisas para poder deducir la existencia de fallas. Comprobaciones más generales se ofrecen en la formación de potentes terrazas fluviales con grandes diferencias altitudinales en la región de las estribaciones de las cordilleras. Las huellas glaciarios, con su erosión característica, y las

morrenas ayudan también a determinar los movimientos epirogénicos.

Fallas en las faldas exteriores de las Cordilleras.

Las diferentes formaciones geológicas de la cordillera oriental están muchas veces separadas por fallas claramente visibles. Se presentan también depresiones rupturales entre la cordillera oriental y la tercera cordillera, pero mucho menos pronunciadas que la gran depresión interandina. En el perfil N° 2 tomado a lo largo del cauce del río Pastaza se extiende esta depresión secundaria entre el macizo principal de la cordillera oriental y el batolito granítico del cerro Abituagua. Más al sur en el río Llushin he observado fallas entre las formaciones terciarias, semimetamórficas y metamórficas. Las enormes terrazas fluviales del río Pastaza cerca de Mera tienen entre sí diferencias de altura hasta 100 y más metros a causa de un fuerte levantamiento epirogénico de la cordillera.

Condiciones algo parecidas se presentan más al norte en la región de Baesa, en donde las pizarras cristalinas están limitadas por fallas de las rocas semimetamórficas.

Las faldas occidentales de la cordillera occidental bajan a las llanuras costaneras en dos escalones principales (véase croquis N° 1), que aparecen por ejemplo entre la cordillera de Zumbagua y Quevedo donde los planos de Pilaló y Macuchi forman las terrazas tectónicas. De manera parecida se presentan los escalones entre sí separados por fallas en las regiones de Guaranda, San Miguel, Babahoyo y al Oeste de Quito: Saloya, Santo Domingo de los Colorados. También, como anteriormente mencionamos, las terrazas fluviales en diferentes alturas indican los efectos del levantamiento epirogénico.

2) La actividad volcánica las glaciaciones pliocénicas y las formaciones de origen ígneo y sedimentario.

o) **Ordenación y clasificación de los tiempos glaciares e interglaciares con sus fenómenos tectónicos volcánicos y glaciares.**

Volcanismo pliocénico.

Es muy característica la diferencia, que existe entre la actividad volcánica del terciario y la del volcanismo revivido del cuaternario.

Al fin del terciario especialmente en el período pliocénico ha habido derrames de extensos mantos lávicos por grietas longitudinales. Naturalmente produjéronse también explosiones violentas con el resultado de que se han acumulado potentes masas de material suelto fino y grueso, encima de los mantos lávicos o como intercalaciones entre ellos. Hoy día las capas de arena y cenizas volcánicas de esta época forman tobas volcánicas bien endurecidas, que sirven en muchos lugares del país como piedras sólidas de construcción.

Los mantos pliocénicos de lava y tobas han sufrido una reducción fuerte por la erosión sin embargo constituyeron todavía al principio del cuaternario áreas compactas como coladas extensas vertidas sobre las montañas las cuales en el sur se ofrecen directamente a la observación mientras en el norte han servido como base para el desarrollo de las formaciones volcánicas del cuaternario. (Véase croquis N° 1).

Volcanismo pleistocénico.

En el cuaternario a continuación de los movimientos rupturales verticales se abrieron sólo aislados canales y chimeneas de erupción a lo largo de las fallas tanto longitudinales como transversales pero casi exclusivamente en la mitad septentrional del país, mientras la región del Sur permaneció inmune al nuevo resurgimiento del volcanismo pleistocénico.

Las glaciaciones pleistocénicas.

La mayor importancia para la clasificación de las formaciones cuaternarias la tienen los diversos períodos de glaciaciones, las cuales por su parte fueron influenciados por los efectos de los movimientos epirogénicos verticales de los Andes.

Esta influencia fué tal, que se hace difícil el deciframiento de las huellas que los períodos glaciarios han dejado como formaciones de erosión y sedimentación.

Las masas de hielo glaciario que se observan aún en la actualidad en las más altas cimas de las cordilleras son los restos de los montos y corrientes de hielo —mucho más extensos en el Pleistoceno—, los cuales, con relación al nivel actual más alto del límite de la nieve perpetuo, han retrocedido a estas elevaciones.

Glaciaciones y períodos interglaciarios.

Correlativamente, a las oscilaciones cuaternarios del clima, descendió el límite de la nieve durante los períodos glaciarios y por el contrario, ascendió en los períodos interglaciarios y en el postglacial. Las consecuencias de estas oscilaciones altitudinales de los límites de la nieve perpetuo fueron robustecidas o debilitadas en el país por los levantamientos y hundimientos tectónicos de la región andina. (Verse perfil N° 7).

Como ya mencioné, al comienzo de la época cuaternario, los más altos cerros de la cordillera se alzaron sólo muy poca por encima de los 3.000 metros de altitud de manera que sólo en pequeña proporción sobrepasaron el nivel altitudinal de la nieve perpetua, el cual descendía al empezar el Pleistaceno. A consecuencia de esto, el descenso general de temperatura ocasionó en primera línea, en las alturas todavía reducidos de los cordilleras, un período pluvial sin fenómenos de glaciación importantes.

Sólo reconocemos los restos de glaciaciones diluviales y su mayor extensión con claridad más precisa cuando en los períodos siguientes de glaciación, que estuvieron acompañados del levantamiento creciente de la región cordillerana y del descenso más fuerte del límite de la nieve perpetua, pudieron extenderse en áreas más amplias las acumulaciones de la nieve y su transformación en hielo glaciario.

El desarrollo de los diversas formas de glaciación en los tiempos siguientes, muestra de igual modo realmente, una más grande diversidad, especialmente porque aparece en el escenario de las actividades geológicas el tercer factor que es el volcanismo. Sobre las cadenas montañosas, todavía bastante planas al principio del período del alzamiento cua-

ternario fueron construídas uno tras otro, los potentes macizos volcánicos con lo cual enormes masas montañosas entraron en las alturas heladas, superponiéndose sobre el alzamiento tectónico y aumentando así las regiones de alimentación de los glaciares.

Las investigaciones hasta ahora realizadas, en parte, junto con mi anterior ayudante Abelardo Estrada, han descubierto la existencia de cuatro principales períodos glaciares incluyendo el primer período pluvio-glacial, que se han hecho reconocibles por los restos dejados en la acción directa o indirecta de las fuerzas glaciares y naturalmente también por la aparición de los períodos interglaciares.

El período pluvio-glacial llamaremos en adelante abreviadamente primera glaciación.

Estudiando los vestigios y los sedimentos originados por los glaciares en la forma característica de las morrenas y formaciones fluvio-glaciares, e investigando además sus efectos erosivos, como lo representan los característicos valles de forma de "U", las rocas aborregadas, estriadas y pulidas, es entonces posible fijar la extensión areal de las distintas glaciaciones diluviales del país.

Por otra parte, las diferentes sedimentaciones de los tiempos interglaciares ofrecen la posibilidad de establecer y clasificar las glaciaciones según su orden de edad.

Carácter petrográfico de los sedimentos cuaternarios.

De una manera general, puede decirse que el material de que se componen las rocas cuaternarias en la región andina del norte del país, consiste casi completamente de productos volcánicos porque como hemos visto, en esta región valió a aparecer, en el cuaternario, la actividad volcánica con nueva violencia.

Las depresiones interandinas son los sitios de mayor potencia de los depósitos lacustres y fluviales. Hacia las montañas y en los flancos mismos de ellas disminuyen los sedimentos y desaparecen completamente en las laderas más inclinadas, que son los lugares de erosión predominante. Las partes más profundas de las depresiones se han rellenado casi exclusivamente de estratos lacustres, fluvio-lacustres y glacio-lacustres del cuaternario más antiguo. Sólo cuando se investigo los capos superiores se encuentran

intercalaciones eólicas, las cuales demuestran que, temporalmente, durante los períodos interglaciarios secos, han tenido lugar desecaciones de las depresiones, originando sedimentos propiamente terrestres encima de los depósitos lacustres y fluviales. Los alzamientos continuos de la cordillera han profundizado las bases de erosión de las hoyas interandinas, bases situadas en los flancos exteriores de las cordilleras, y así han ahondado los lechos de los ríos, los cuales efectúan el desagüe de las hoyas y contribuyen de tal modo a la desecación periódica de las hondonadas interandinas.

Los renovados hundimientos rupturales en las regiones interandinas, motivaron nuevas posibilidades para la reaparición de acumulaciones extensas de agua en tales regiones, acompañadas de patentes sedimentaciones acuosas que aumentaron cada vez más en la misma proporción que la de las lluvias y aguas del deshielo durante los períodos glaciarios y su declinación. Sin embargo, existe una clara tendencia a disminuir las potencias de las formaciones lacustres hacia las partes superiores de los perfiles de las capas cuaternarias y por el contrario, la aumentan la potencia de las intercalaciones eólicas terrestres, hasta que, finalmente, en el tercer período interglaciario, han llegado a tener tanta potencia, que los subsiguientes sedimentos glaciarios y lacustres de la cuarta glaciación han disminuído en importancia casi completamente. Sólo en las depresiones locales pueden estos últimos aumentar en mayor cantidad, como por ejemplo, en la meseta al Norte de Quito.

Dificultades especiales ofrece la tarea de llevar a cabo la correlación y sincronización de la edad de las diferentes clases de depósitos del cuaternario antiguo. De sitio en sitio cambian las acumulaciones volcánicas en cuanto a su naturaleza petrográfica, en cuanto a su magnitud, y a su posición geológica, según estén más cerca o más lejos de los volcanes vecinos según la actividad de estos volcanes y el carácter petrográfico de sus productos según su posición respecto a las direcciones principales de los vientos y según la dirección y fuerza de los ríos y ventisqueros.

De tal modo en pequeñas áreas pueden determinarse cambios bien marcados en los depósitos completamente variables en todo sentido. No se puede deducir de la potencia de las series particulares de capas, posibilidades de comparación absoluta respecto a su duración, si sólo se toma en

cuenta perfiles en un sólo lugar de observación. A esto se agrega aún la falta de constancia del nivel altitudinal de las sedimentaciones eólicas periclinales para completar el caos aparente.

Estratos guías.

Pero felizmente, ciertos estratos están caracterizadas, sea por su composición petrográfica, sea por su origen geológico, sea por sus restos paleontológicas, de tal manera que pueden servir, como estratos guías.

En primera línea hay que considerar las marrenas glaciarias como capas de guía, especialmente las marrenas basales. Pero existe la desventaja de que estas sedimentos muestran una marcada variabilidad, en cuanto a su potencia y a su aparición restringido a determinados lugares. Sus prolongaciones, o mayor distancia, consisten en sedimentos fluvio-glaciarias, lacustres y glacio-lacustres.

Las enormes depósitos sedimentarias, de centenares de metros de potencia en las depresiones interandinas, no se han formado propiamente, a causa de la acción erosiva del agua originada en las regiones montañosas, sino que son más bien el resultado de la acción acumuladora del agua fluvial y lacustre que concentró en las depresiones interandinas las masas sueltas incesantemente arrajadas por los volcanes. Esta acción acumulativa del agua corriente la podemos observar hasta la tercera glaciación inclusive, depositándose poco a poco, enorme cantidad de sedimentos en las hondonadas. Por otra parte, los glaciares acumulaban marrenas de gran extensión al pie de las faldas de las cordilleras.

Los glaciares de la tercera glaciación produjeron en este período de máxima intensidad glaciaria los más fuertes efectos de erosión, excavando extensos valles glaciarios, que en la actualidad son todavía relevantes con sus tan características y canchadas formas topográficas.

Sólo en el tiempo de la declinación de la tercera glaciación y en la post-glacial tuvo lugar la erosión del agua corriente en mayor extensión para formar valles profundos en el fondo de la región interandina. Estas valles se presentan ahora con característica forma de profundas cañones, con laderas verticales que han dejado al descubierto amplios

perfiles de los sedimentos acumulados. Naturalmente, en la región del Sur ecuatoriano no existen estos cañones, porque allá faltaron las grandes acumulaciones cuaternarias de origen volcánico. Esta es la causa de que el aspecto de esta última región sea diferente de la del Norte.

Otras capas características del segundo y del tercer interglacial corresponden a la cangagua eólica antigua y moderna, que existen en arenas finas y polvos volcánicos endurecidas para formar tobas con bolas de cangagua, que sirven como horizontes de guía. Una especie típica de escarabajos fué la constructora de estas bolas, que fueron originalmente huecas y sirvieron así como viviendas para la procreación de estos insectos. Hallazgos de mamíferos fósiles ha habido siempre en capas pertenecientes al tercer interglacial y al post-glacial.

Restos fósiles de mamíferos.

Al estudiar detenidamente las condiciones geológicas de la interesante quebrada de Chalán, cerca de Punín (Prov. de Chimborazo), no se puede llegar a los mismos resultados de las conclusiones geológicas de anteriores autores, respecto a la determinación de la edad geológica de los restos fósiles de mamíferos acumulados allá en capas cangaguosas. Según mis investigaciones esa cangagua fosilífera corresponde al tercer interglacial en los sitios donde fué posible establecer precisas observaciones sobre su edad, mientras los investigadores anteriores colocaron esta capa fosilífera en el pleistoceno inferior. De estos resultados se desprende que en la región interandina central y septentrional, los más antiguos restos fósiles de mamíferos no se remontan más allá del tercer interglacial; hecho que se explica por las condiciones climáticas particulares de los períodos anteriores al tercer interglacial. Según la extensión y potencia de las formaciones volcánicas y de los sedimentos glaciares, lacustres y fluviales se concluye, fácilmente, que, en el cuaternario antiguo las regiones interandinas quedaron inhabitables para los mamíferos, no sólo en los períodos glaciares, sino también en los interglaciares, a excepción de reducidas regiones terrestres del segundo interglacial, por no existir adecuadas condiciones geográficas para el desarrollo de los mamíferos. En las copas eólicas del

segundo interglacial se observa sólo la existencia de bolas de cangagua como restos fósiles de la fauna.

b) Las formaciones sedimentarias y volcánicas de los diferentes tiempos cuaternarios.

El Pluvio - glacial.

Probablemente los restos morrenicos del primer período pluvio-glaciario fueron de muy reducida extensión en las partes más altas de las montañas, y con seguridad fueron destruidos por la acción erosiva de las glaciaciones siguientes. En cambio, en las depresiones interandinas encontramos series potentes de sedimentos fluvio-glaciales, especialmente de material volcánico flojo, en forma de numerosos bancos superpuestos y alternantes con guijarros, gravas y arenas gruesas, y en múltiple repetición monótona. El material proviene de la destrucción de los mantos lávicos originados o través de largos grietas en los derrames efusivos del terciario superior. Estos sedimentos, muy característicos del primer período pluvio-glacial ocupan el fondo de las depresiones interandinas como capas basales de la segunda glaciación.

El Primer Interglacial.

El primer Interglacial se vuelve reconocible a expensas sólo de las interrupciones en la sedimentación fluvio-lacustre causadas por levantamientos y también por indicaciones de erosión fluvial acompañada de sus respectivos sedimentos de verdadero aluvión. Estas condiciones encontramos bien desarrolladas en los perfiles de los cauces de los ríos profundamente excavados en el fondo de la región interandina.

La segunda Glaciación.

En el perfil del río Chiche encontramos encima de las formaciones antes mencionadas, interesantes sedimentos lacustre-glaciales. Durante la segunda glaciación se extendió un enorme glaciar desde los cerros de Guamaní, que sirvieron en toda su extensión como grande cuenca de alimen-



UNIVERSIDAD CENTRAL
CONTROL DE BIENES



tación de neviza, y llenó el actual valle de Paluguillo con sus potentes masas de hielo. A la salida de este valle el glaciar se extendió a mayor anchura, cubriendo una importante área del país, al pie de la montaña, antes de desembocar sus partes extremas de hielo en la laguna que ocupó la región interandina. Grandes bloques y trozos de hielo que llevaron fuertes masas de morrena basal incluídas en su parte inferior, se separaron de la masa principal para deslizarse por encima del agua de la laguna hasta que se realizó el deshielo superficial de estas masas, y la carga de la morrena causó el hundimiento de los bloques reducidos de hielo, los que se asentaron en el fondo de la laguna. Después de la fusión completa del hielo, las masas morrenicas quedaron formando pequeños amontonamientos de morrenas para constituir después, intercalaciones dentro de masas de lodo y arena fina de la sedimentación lacustre. En los bloques más grandes de estas aglomeraciones morrenicas puede comprobarse, indudablemente, tanto el pulimento como las estrías glaciarias. Los horizontes de estos singulares sedimentos lacustre-glaciarios se repiten, muchas veces, en estrechas capas que señalan los repetidos avances del glaciar hasta la región de la laguna.

En otros lugares de las depresiones interandinas, a lo largo de los bordes de las faldas suaves de la cordillera todavía relativamente baja puede reconocerse la segunda glaciación a manera de extensas capas de morrena basal de mayor o menor potencia. En las mismas cordilleras las masas de hielo glaciario se encontraron albergadas en amplias cuencas de alimentación de las cuales salieron los glaciares de valle que recibieron en su trayecto pequeños glaciares tributarios de valles afluentes, para constituir una sola corriente de muchos kilómetros de extensión longitudinal. Estas mismas masas de hielo formaron, por su fuerte excavación, los característicos valles anchos en forma de la letra "U" y en muchos casos desembocaron en una laguna interandina como el glaciar de Paluguillo.

Hacia las partes exteriores de las cordilleras descendieron, pues, los potentes glaciares de valle llegando a abarcar zonas hondas, muy abajo del límite de la nieve perpetua como así se comprobó en la zona de Macuchi a la altura de 1.600 metros sobre el nivel del mar. Los restos morrénicos de estos glaciares de la segunda glaciación se han conserva-

do hasta ahora sólo en los lugares donde pudieron quedar protegidos por la sedimentación siguiente, contra la posterior erosión de la tercera glaciación. De esta manera se encuentra, con regularidad, restos de morrena basal, ya que las morrenas terminales y laterales desaparecieron por la posterior destrucción del agente erosivo.

La Cangagua.

Desde la segunda glaciación aparece en los sedimentos el predominante material volcánico fino, como reactivación de la actividad volcánica explosiva en este período, material intercalado en los sedimentos fluviales y lacustres que rellanaron las depresiones interandinas. Así, pues, estos sedimentos contienen bancos alternantes de arenas volcánicas gruesas y finas, en estado regularmente arcilloso, y a veces mezclado con piedra pómez gruesa. En los tiempos interglaciarios predomina cada vez más, la característica toba eólica volcánica endurecida, o sea, la llamada "cangagua eólica". Este producto volcánico tiene gran semejanza con el loess pero difiere de este por la composición mineral. Las partículas de esta toba, que es un sedimento fino de polvo volcánico y de arenas, son en su mayor parte, plagioclasas intermedias hasta básicas, hornblenda, augita, biotita, y a veces, cuarzo; es decir corresponden a la composición mineralógica de las andesitas y dacitas de las lavas cuaternarias que se presentan desde la segunda glaciación. Sólo en reducidas cantidades aparece el elemento arcilloso en la cangagua. También las cangaguas más modernas se han endurecido a expensas de sus propiedades hidráulicas. Además, a semejanza del loess, la cangagua forma características paredes verticales en las quebradas profundas y angostas, labradas fácilmente por su poca resistencia a la erosión lineal profunda. Esta toba posee también la disyunción prismática vertical, tal como el loess, pero difiere por la falta de carbonato de calcio que tanto caracteriza al loess. Sin embargo, existen zonas reducidas, donde aguas termales cargadas de carbonato de calcio han impregnado secundariamente la cangagua con materia calcárea.

Según su origen tenemos que distinguir dos clases de cangagua: 1º la cangagua eólica que se encuentra como cangagua antigua en el segundo Interglacial, y como can-

gagua eólica moderna en el tercer Interglacial y además, como cangagua reciente en el Postglacial; 2º la cangagua lacustre que aparece desde la segunda glaciación hasta la cuarta glaciación inclusive. El material de ambos tipos es de origen volcánico. Las violentas erupciones explosivas de los volcanes suministraron enormes masas de material suelto, fina y finísimo, que se esparció ampliamente en la atmósfera en forma de arenas y polvas finos, depositándose como cangagua eólica en las superficies de tierra seca y como cangagua lacustre en las depresiones llenas de agua.

La estratificación del tipo lacustre fue originalmente horizontal, pero muchas veces fue perturbada por las dislocaciones tectónicas aparecidas hasta el tercer interglacial. En cambio, la sedimentación periclinal es característica de la cangagua eólica, que forma una cubierta de aglomeración uniforme sobre valles y montes, hasta alturas de 3.500 metros más o menos. Es natural que ha influido en la potencia de la cangagua eólica la mayor o menor inclinación del terreno y la dirección e intensidad del viento.

La cangagua eólica moderna, desarrollada en mayor escala, aflora, casi en todas partes, en las regiones interandinas y en la provincia de Bolívar también las depresiones de los ríos Chimba y Salinas, y con su color gris amarillento presta al paisaje una nota muy característica. La cangagua lacustre y la cangagua antigua eólica de la segunda glaciación exhiben más bien, una coloración amarillo-parduzca. Las capas de cangaguas antiguas, sean eólicas o lacustres, no solamente son más oscuras y parduzcas por la descomposición inicial de sus componentes ferruginosas, sino más fuertemente endurecidas, y por lo tanto más sólidas. También en las marrenas glaciales y sedimentos fluvio-glaciales forma la cangagua, como media de cementación de los guijarros y bloques, una parte importante, que muchas veces predomina, de manera que hay que suponer que este material fino no proviene únicamente de la erosión de masas cangaguosas anteriores sino que la actividad volcánica continuó durante los tiempos glaciales propiamente dichas.

Las bolas de cangagua.

Como ya hemos indicado hay que considerar como importantes fósiles de guía del segundo y tercer interglacial

las bolas de cangagua tan difundidas en determinados horizontes de la cangagua eólica.

Parecen ser el producto de una especie de escarabajos que hacían rodar por el polvo una bola formada por sus huevos mezclados con estiércol, polvo que se adhería y endurecía en forma de una capa esférica protectora, preparando así un nido para las larvas que salían después de la esfera hueca practicando uno o dos orificios. Las bolas tienen un diámetro externo de 5 a 10 centímetros y el espesor le da corteza alcanza de 6 a 15 milímetros. Posteriormente, en el espacio hueco interior ha penetrado polvo volcánico donde a veces, se puede encontrar excremento de gusanos.

Según la opinión de unos entomólogos se podría tratar de avispas (*polybia amaciata*) las cuales habrían colgado sus nidos, hechos de polvo y arena en forma más o menos redonda, en los arbustos raquíticos de las estepas. Me inclino más a la suposición anteriormente expuesta, por la forma casi geométricamente esférica de las bolas. Los nidos de avispas, que se puede observar en la actualidad regularmente muestran en los lugares, por los cuales pasan las ramitas de los arbustos, deformaciones cónicas en la superficie de la bola.

Sea como sea, estos insectos se presentan como los habitantes comunes y característicos de las estepas interandinas durante el segundo y tercer Interglacial, y así encontramos, en la cangagua eólica antigua y moderna horizontes de unos dos metros de potencia, que a trechos están rellenos abundantemente de estas esferas. (Vea foto N° 8).

Es claro que las bolas se hallan sólo en lugares originalmente horizontales o poco inclinados. Aunque las bolas pertenecen a una formación eólica pueden presentarse en depresiones locales como yacimientos secundarios fluviales, incluidos en materia detrítica de las aguas corrientes. Del mismo modo se encuentran capas lacustres como intercalaciones de la cangagua eólica, las cuales corresponden a las ya citadas acumulaciones fluvio-lacustres de las estepas generalmente secas.

La cangagua eólica contiene también estratos limoníticos delgados que corren paralelos a las capas periclinalmente colocadas de sedimentación eólica e indican la posición de las antiguas superficies, cuando en los períodos húmedos, se pudieron formar y concentrar superficialmente

impregnaciones de hidróxido de hierro por la descomposición de los elementos ferruginosos de la cangagua eólica.

El endurecimiento de las tobas de cangagua debe haber sido relativamente rápido. Pues, los glaciares de la cuarta glaciación se deslizan sobre la cangagua eólica del tercer Interglacial, sin dejar tras sí huellas de la presión o del movimiento del hielo exceptuando los efectos erosivos en la cangagua endurecida. La presión del hielo glacial produce comunmente, en una base de masas arcillosas o arenosas poco resistentes, fenómenos de plegamiento, amasamiento y allanamiento de las capas.

El Segundo Interglacial.

Al final de la segunda glaciación comienza un período principal de volcanismo pleistocénico. Así, el Ruco Pichincha, el Ilaló, el cráter antiguo oriental del Chimborazo y otros volcanes han principiado su primera actividad inmediatamente después de la segunda glaciación.

El segundo Interglacial se halla caracterizado por la primera aparición de cangagua eólica de poca potencia y con intercalación de reducidos horizontes de bolas de cangagua. Estas capas eólicas se han depositado sobre cangagua lacustre y sedimentos arenosos arcillosos correspondientes a la declinación de la segunda glaciación.

La Tercera Glaciación.

La tercera glaciación que sigue ahora, fué la más intensa de todas y los levantamientos epirogénicos nuevamente actuantes en esta época, reforzaron sus efectos. En el perfil del río Chiche se muestra, por primera vez, una verdadera morrena, aunque de pequeña potencia y extensión, correspondiente al glaciar de Palugullo, el cual al dilatarse en área extensa a la salida del valle, avanzó muy lejos sobre el abtiplano. Sus masas de hielo así extendidas se unieron con los de los glaciares vecinos formando una glaciación del tipo Malaspina de Alaska. Probablemente una serie de otros glaciares al avanzar dentro de la región interandina pudieron también haber formado este tipo de glaciar, puesto que en muchas regiones, como en la zona interandina, al pie de las cordilleras, se encuentran morrenas de gran extensión areal

y de apreciable potencia, relacionadas a la tercera glaciación. Los valles principales de las cordilleras, parcialmente formados antes por glaciares de la segunda glaciación, son los que albergaron los gigantescos glaciares de la tercera glaciación, cuyos efectos erosivos fueron los de excavar aun en mayor escala, los mismos valles.

Los cerros volcánicos formados desde la declinación de la segunda glaciación recibieron, entonces, las primeras y profundas heridas causadas por la erosión de la tercera glaciación, como así lo demuestran los volcanes orientales del Chimborazo y del Pichincha, el Carihuayrazo, el Ilaló y otros. En la depresión existente entre el Chimborazo y El Carihuayrazo quedó erosionado un valle glaciario ancho y profundo en el cual se reunieron los glaciares que descendieron del lado septentrional del viejo Chimborazo oriental y del lado sur del Carihuayrazo, abriendo así una profunda brecha en los potentes mantos lávicos pliocénicos, la cual se presenta como el ancho valle de Abraspungo. (Vea foto N° 9).

Como el cráter antiguo oriental del Chimborazo no se construyó directamente en la parte más alta de la cresta de la cordillera sino en la pendiente oriental, ya los glaciares antiguos descendentes de su falda septentrional, como son los glaciares de Carlos Zambrano y Teodoro Wolf, tuvieron que tomar una dirección hacia el N-E y desembocar en el valle de Abraspungo.

En los valles exteriores de las cordilleras se manifiestan con claridad las terrazas fluvio-glaciarias provenientes de la tercera glaciación y situadas en la mitad de la altura del perfil del valle: pueden estas terrazas llamarse terrazas medias respecto a las terrazas altas que corresponden a la segunda glaciación y a las terrazas bajas de la cuarta glaciación.

El Tercer Interglacial.

A expensas de un prolongado período de declinación de la tercera glaciación se desarrolló el tercer Interglacial.

Fuertes dislocaciones causadas por nuevos levantamientos a lo largo del armazón de las cordilleras, junto con hundimientos rupturales, son las causas que propiamente dieron lugar a un reavivamiento de la actividad volcánica.

De esta manera se originó una serie de nuevos volcanes, como las occidentales en el Chimborazo y en el Pichincha, dando lugar a que estos cerros se presentasen ahora como volcanes dobles. Las masas arrojadas por los volcanes se acumularon en las depresiones interandinas como formaciones lacustres en las lagunas nuevamente estancadas, las que, posteriormente, por las fuertes dislocaciones siguientes fueron disecadas casi completamente durante el tercer Interglacial.

La aparición del volcán occidental del Chimbarazo, completó la configuración del gigantesco macisa volcánica. En la depresión de la unión de los dos conas, de los cuales el antiguo oriental había ya sufrido una erosión glaciaria muy avanzada, se formó el glaciar Reschreiter (véase croquis N° 11), cuya extensa cuenca de alimentación se extiende entre la cima meridional y la cima austral a Ventimilla, hecho que explica sus enormes proporciones longitudinales de más de 5 kilómetros; en cambio, el glaciar Hans Meyer proviene de la cumbre Norte y alcanza menor extensión longitudinal.

El geógrafo Hans Meyer en sus excursiones, no pudo observar las partes superiores de estos glaciares, por el mal tiempo. En su mapa (vea croquis N° 10) él prolongó, hacia arriba, estos glaciares en la dirección de sus extremos inferiores, únicamente visibles para él, y de esta manera colocó el origen de ellos erróneamente en el cráter oriental, dando así a los glaciares del lado septentrional del Chimbarazo formas y situaciones completamente equivocadas. En otra oportunidad publicaré más detalles de los resultados de mis estudios alrededor del Chimborazo.

En el perfil del río Chiche se superpone encima de la morrena de la tercera glaciación primero una capa de cangagua eólica de 1,5 metros de potencia con bolas y huellas de antigua superficie del terreno y más arriba una capa de cangagua que sufrió, parcialmente, transformación en masas arcillosas, con fragmentos de fósiles de vertebrados. Sólo desde la formación de este piso de las sedimentos se realizó el nuevo hundimiento de la zona interandina con la subsiguiente sedimentación de la cangagua lacustre, arenosa o mezclada con piedra pómez menuda o con intercalaciones de capas delgadas de piedra pómez.

Las fuertes erosiones subsecuentes, ocasionadas por los desagües de las hoyas interandinas, produjeron la desecación casi completa de las hoyas del Norte del País, en las cuales se puede acumular entonces la cangagua eólica moderna de muchos metros de potencia, comunmente con un horizonte de balas y a trechas también con das, y además con intercalaciones de estratos de piedra pómez y arenas gruesas y finas. Como mencionamos anteriormente, se interponen formaciones fluviales y lacustres de poca espesor y localmente limitadas. A causa de la desecación de la depresión, es decir, a causa de la profundización de las bases de erosión extra-andinas, recomenzó la erosión en las partes más planas de la región interandina, de manera que, aquí se desarrollaron formas topográficas múltiplemente desmembradas, además de las variaciones de la orografía originadas por las dislocaciones tectónicas. Sobre las nuevas formas orográficas superficiales se extendió, como una cubierta, la potente capa de cangagua eólica moderna, ocultándolas muy poco, a causa de su peculiar carácter de sedimentación periclinal.

La Cuarta Glaciación.

La cuarta y última glaciación es la que ha dejado sus restos inmediatamente encima de la cangagua eólica moderna, en forma de delgadas y escasas acumulaciones de morrena basal y de bloques erráticos. Sus glaciares descendieron por los grandes valles y depresiones formadas por la tercera glaciación, llegando, muchas veces, hasta la profundidad de la última y a pesar de la poca intensidad de esta cuarta glaciación respecto de la anterior. Ya dejamos indicado que este hecho se explica por la influencia de los nuevos levantamientos de la cordillera, de manera que los glaciares, poco fuertes, han podido alcanzar o sobrepasar las mismas regiones bajas, como el hielo potente de la tercera glaciación. Por lo tanto se comprende la falta de morrenas terminales de la tercera glaciación, que fueron borradas, generalmente, por los glaciares de la cuarta glaciación.

Del período glacial de la cuarta glaciación se han conservado morrenas terminales y de retraceso. Sólo en pocos casos se produjo la desembocadura del glaciar en una laguna como lo demuestran, por ejemplo, los restos morrénicos

del Pichincha, cuyo glaciar de cuarta glaciación, desembocó en la laguna de la antegrada quiteña; algo parecido ocurrió en el cerro Cusin, donde el glaciar desembocó en la laguna de San Pablo, estancada ya por la barrera de corrientes de lava que vinieron de los cerros Imbabura y Mojanda. La antigua laguna de Quita hizo su desagüe por la erosión de la quebrada Molinahuaicu después de que la laguna fué rellena paulatinamente con potentes sedimentos lacustres de la cuarta glaciación y del pot-glaciol.

Los tipos glaciares de la cuarta glaciación fueron: débiles glaciares de valle, que con reducidas masas glaciares ocuparon los antiguos valles preparados por las glaciaciones anteriores; glaciares colgantes con pequeñas cuencas de alimentación, o cuencas locales de nevizo sin formación de morrenas.

También se puede observar en las partes poco inclinadas de las faldas de las cordilleras, morrenas basales de extensión areal, pero sin el desarrollo tan potente como en la tercera glaciación.

La transición de la cangagua eólica moderna en morrenas de la cuarta glaciación, a manera de un cemento predominante, se presenta muchas veces, pero como indicación de que la actividad volcánica del tercer interglacial tuvo su prolongación dentro del período de la cuarta glaciación.

No raras veces los sedimentos reducidos de la cuarta glaciación aparecen como intercalaciones morrénicas o fluvia-lacustres en las partes superiores de la cangagua eólica moderna. En otros lugares los sedimentos de la cuarta glaciación muestran un desarrollo más patente y se destacan entonces con mayor claridad.

El Postglacial.

Como producto del post-glacial existe una cubierta débil de cangagua eólica extendida sobre las formaciones constitutivas de la cuarta glaciación y cuando han faltado éstas, directamente encima de la cangagua eólica moderna del tercer interglacial, en posición concordante pero mostrando como separación una capa de élar obscuro, que representa un suelo fósil. Capas de esta clase se intercalan con frecuencia en acumulaciones de mayor espesor del post-glacial.

También discordancias de erosión pueden separar las formaciones del post-glaciario de las anteriores.

Petrografía de las rocas ígneas cuaternarias.

Detalles de la composición de las masas pétreas y lavas pleistocénicas se encuentran en la memoria explicativa del Mapa Geológico de Quito.

Las formaciones de las demás regiones de la depresión interandina están correlativamente, vinculadas por su mismo origen, entre sí y con las formaciones de la zona de Quito. Consiguientemente podemos restringirnos a las exposiciones hechas, sin tener la necesidad de seguir con descripciones detalladas de cada zona cuya publicación ofreceré en tiempo oportuno.

Las rocas efusivas del período cuaternario fueron investigadas en tiempos anteriores por diversos autores. La composición mineralógica y química de las materias volcánicas sueltas que forman las enormes acumulaciones de los sedimentos diluviales, corresponden a la composición de las respectivas rocas efusivas, que fueron determinadas como dacitas, andesitas y en cosas raras como basaltos, con sus diversos aspectos de estructura, textura y disyunción. Sin embargo, sería muy útil revisar las investigaciones, para obtener resultados que, con seguridad revelarían nuevos detalles, de gran interés.

Perfil de Guanoapolo.

Las regiones bajas de las cordilleras ofrecen la revelación necesaria acerca de la extensión así como de la cronología de los períodos glaciarios e interglaciarios. En las altas regiones de las cordilleras ha predominado la acción erosiva del hielo glaciario, de manera de encontrarse allí todas las características de la acción erosiva de los glaciares antiguos, como son las formas de valles en "U", rocas aborregadas y estriadas, y morrenas de retroceso de la última glaciación.

Me parece útil hacer explicaciones detalladas de una zona, que muestra las condiciones geológicas sumamente complejas por la existencia de discordancias de erosión y de

tectónica. Se trata de los terrenos entre Ilaló y Puengasí al Este de Quito.

El perfil N° 12 fué tomado para representar el corte artificial en el terreno inmediatamente al lado sur-occidental de la Planta Eléctrica Municipal de Quito que está situada cerca de Guangopolo en la ribera occidental del río San Pedro, al occidente del Ilaló. El barranco empinado del río, fué cortado para la construcción de la mencionada planta y reveló el perfil adjunto particularmente interesante.

Forman la base, potentes tobas volcánicas que buzan ligeramente hacia el SW y provienen de la actividad del volcán Ilaló. Deben ser atribuídas al segundo interglacial. Hacia arriba siguen en discordancia tectónica y de erosión acumulaciones de conglomerados gruesos y de guijarros con bancos arcillosos y arenosos en inclinación hacia el río, cubiertas por cangagua fluvio-lacustre. En el lado Norte de la Planta se observa, que entre las últimas dos formaciones se intercala una masa cuneiforme de morrena glacial con cantos estriados de la tercera glaciación.-

Hasta este nivel pertenecen las formaciones al período de la tercera glaciación con excepción del basamento. Encima descansa, en potente capa, cangagua eólica con bolas que representan el tercer Interglacial coronado por una capa delgada de cangagua post-glacial.

En dirección hacia el río las formaciones mencionadas están abruptamente cortadas por una discordancia de erosión, sobre la cual se acumularon masas detríticas provenientes de la disgregación de los capos cortadas; a este cono detrítico se pegan conglomerados, guijarros y arenas gruesas de formación fluvial, que a su vez están separadas por discordancias de erosión, de trozos de morrenas de la cuarta glaciación, yuxta y sobre puestos; las últimas también erosionadas han servido finalmente como base para la sedimentación fluvial de la declinación de la cuarta glaciación. La morrena está claramente definida por su estructura y el estriamiento de los bloques grandes.

Las morrenas de la cuarta glaciación pertenecen a mantos de hielo que se han deslizado arealmente tendidos, desde las alturas de Puengasí (3.080 m.) al SW de Quito hacia el río San Pedro (2.400 m.)



La quebrada de Guarangapugru.

Las investigaciones en dirección occidental hacia las elevaciones de Puengasí, revelan la falta de morrenas de la tercera glaciación, que regularmente aparecen al pie del Ilaló, frente a las partes terminales de los dos grandes valles glaciarios de las faldas NE y SO del Ilaló. En el fondo de la quebrada de Guarangapugru (ver perfil N° 13) está descubierta la cangagua lacustre y la poca cangagua eólica del segundo Interglacial, sobre las cuales descansan en discordancia de erosión, bancos potentes de guijarros de arenas en disposición horizontal pertenecientes al período de la tercera glaciación más arriba siguen capas arcillosas y arenosas con transición a la cangagua lacustre del tercer Interglacial. De las formaciones anteriores está separada por discordancia de erosión la capa periclinalmente superpuesto de cangagua eólica de balas cuya potencia sólo es de un metro, la cual en su superficie está cubierta de un suelo fósil formando una depresión, en la que yacen arenas arcillosas como base de una morrena de pocos metros de potencia de la cuarta glaciación. Como última capa se superpone un manto delgado del Post-glacial eólico.

En otro lugar de la misma quebrada, la potente capa eólica de la cangagua de bolas del tercer Interglacial se muestra erosionada y separada por discordancia de la morrena de la cuarta glaciación (ver perfil N° 14). En la pendiente hacia Puengasí se encuentran sólo manchas aisladas del Post-glacial en gran parte erosionado y arrastrado, pero frecuentemente mezclado con fragmentos y objetos de alfarería antigua y de puntas de flecha de obsidiana, que indican la presencia del hombre en el período del Post-glacial, es decir, sólo después de la última glaciación. Esta comprobación se hace en toda la zona interandina.

Los fósiles de la quebrada de Chalán. (Punín).

Como mencioné anteriormente el hecho de que existen fósiles de vertebrados grandes únicamente en los sedimentos acumulados desde el tiempo del tercer Interglacial, sería interesante conocer algunos detalles geológicos del lugar, tan famoso por sus ricos yacimientos de restos fósiles de mamíferos, es decir, de la quebrada de **Chalán**.

La descripción más conocida de los restos fósiles de mamíferos de la región de Punín, o mejor dicho, de la quebrada de Chalán se debe a Branco (Die fossile Säugetier fauna von Punín). Como introducción a esta obra Wilhelm Reiss suministró una descripción geológica del yacimiento de los fósiles y llegó a la conclusión de que la capa fosilífera pertenecía al pleistoceno más antiguo.

Franz Spillmann ha descrito diferentes fósiles de la quebrada de Chalán en dos publicaciones. Primeramente los consideró pertenecientes al plioceno pero después se adhirió a la opinión de Reiss y adoptó para ellos una edad correspondiente a un período de glaciación antigua.

Efectivamente pertenecen a la cangagua eólica del último, es decir, del tercer Interglacial. Todos los observadores anteriores no han tomado en cuenta la sedimentación periclinal de la cangagua eólica del tercer Interglacial. El perfil adjunto N° 16 nos muestra en la parte inferior de la quebrada cerca de su unión con el río Pucoyacu, en el fondo, rocas correspondientes al "red bed" del Oriente, es decir, al terciaria inferior. Encima con discordancia tectónica, yacen estratos poco inclinados de brechas y tobas volcánicas cuya edad no puede precisarse; pero sería posible que ya formarían parte del Plioceno. La base de las elevaciones al Este de Punín está formada por el potente batolito sienítico, cuya superficie descompuesta aflora en la parte superior de las quebradas Chalán y El Colegio. Toda esta serie de formaciones sufrieron los efectos de erosión. En discordancia se superponen las capas de cangagua estratificada con intercalaciones de capas de "Pushi" y de "lapilli" en disposición inclinada. Como última capa cubre el terreno, la cangagua eólica con bolas del tercer interglacial mostrando la sedimentación periclinal y conteniendo los fósiles en las laderas de la quebrada, la cual fué erosionada por las aguas torrenciales antes de la sedimentación de la cangagua cólica, que se compone de arenas finas y cenizas, materiales arrojados a la atmósfera por erupciones violentas de los volcanes vecinos. Las masas finas, que cayeron en el fondo de la quebrada, se mezclaron con las aguas calcáreas provenientes de fuentes termales y formaron sedimentos compuestos y estratificados fluviales con gran contenido de guijarras y cantos rodados en su base, los cuales se encontraron en el fondo del cauce del pequeño río. En la

misma manera fueron incluídos los huesos y porciones de esqueletos de los mamíferos que se acumularon por ciertas causas en la quebrado. Así observamos la transición de la cangagua eólica del tercer Interglacial de las laderas, a la cangagua fluvial del fondo del cauce, pero de la misma edad.

La impregnación con soluciones calcáreas endureció fuertemente los depósitos fosilíferos. Sin embargo en la siguiente época lluviosa de la cuarta glaciación y su declinación fueron erosionadas las duras capas gruesas de la cangagua fluvial fosilífera por las aguas torrenciales y ahora forman parte las laderas empinadas de las quebradas Chalcán y el Colegio.

La parte superior de la quebrada "El Colegio" la cual generalmente muestra condiciones parecidas en la formación de las capas cuaternarias, es menos inclinada y profunda, de este modo se encuentra allá horizontes de bolas de cangagua junto con los fósiles de los mamíferos.

De este modo también los fósiles de Punín comprueban que en las zonas interandinas de las cordilleras aparecen las huellas de los grandes mamíferos únicamente desde el tercer interglacial.

El profesor R. Hoffstetter se dedicó al estudio de los fósiles para efectuar una revisión de la clasificación de los restos de estos vertebrados.

c) La extensión máxima del hielo glaciario pleistocénico.

De mucho interés pueden ser, las indicaciones que tratan sobre el máximo de extensión de las glaciaciones diluviales correspondientes generalmente a la tercera glaciación.

Aun cuando en la actualidad existe la posibilidad de determinar un nivel altitudinal de la nieve perpetua bastante uniforme, sin embargo, para los distintos períodos del pleistoceno se oponen a este propósito grandes dificultades porque las posiciones altitudinales de las montañas y de la parte occidental del continente, entonces, se habían desplazado continuamente a causa de los movimientos epirogénicos verticales.

Para hoy día se puede decir, que el nivel medio altitudinal del límite de la nieve perpetua se encuentra en la cordillera oriental entre 4.700 y 4.800 m. y en la cordillera occidental entre los 4.800 y 4.900 m. sobre el nivel del mar, según las experiencias hechas por diferentes autores. Actualmente el límite de la nieve perpetua fácilmente puede ser fijado por el nivel, encima del cual, perdurablemente se conservan capas de nieve, que se transforman durante el curso de años en neviza (nieve endurecida) y hielo, sin que deban ser tomadas en cuenta las lenguas y glaciares que pasan por el límite de la nieve perpetua hacia abajo a veces por muchos centenares de metros. Las cuencas y circos de acumulación de neviza en los cuales se forman masas reducidas de hielo sin salir de ellos lenguas glaciares propias, caracterizan, marcadamente, el nivel altitudinal de límite de la nieve perpetua. Se podría recurrir a formaciones de esta clase para la determinación de la altura del límite nívico de los anteriores períodos de glaciación, al no haberse, entretanto, originado movimientos altitudinales verticales de gran escala, para desplazar estas marcas altitudinales de los períodos pasadas.

En general se ha comprobado que en los períodos de las glaciaciones pleistocénicas el límite nívico debe haber sido situado en alturas mucho más bajas que actualmente. Hans Meyer, quien en el año 1903, durante su permanencia de algunos meses en el Ecuador, ha efectuado estudios detallados sobre las formaciones glaciares en los Altos Andes, determinó el límite pleistocénico de la nieve perpetua, que según él, debe haber tenido en el Ecuador una posición altitudinal únicamente de 500 a 600 m. más baja que la contemporánea, en armonía con sus observaciones en el Kilimandjaro en el Africa Oriental. Hay que tener en cuenta, que él se ocupó en primera línea con los problemas de la glaciación actual y que no ha podido enterarse, durante el corto tiempo de su permanencia en el país, de los detalles muy complicados de las glaciaciones pleistocénicas especialmente a razón de que estas pueden ser completamente canchales y, según su importancia, apreciadas sólo cuando su vinculación con los procesos volcánicos y tectónicos está suficientemente aclarada. Él ha distinguido únicamente las huellas de las glaciaciones pleistocénicas en sus investigaciones de los altos nevados, hecho que es fácilmente com-

previsible por la circunstancia de que estas volcanes, actualmente cubiertos de hiel, tienen su arigen en el segundo Inter-glacial e en el mayor número de casas en tiempos posteriores. Además, Hans Meyer tomó, erróneamente, morrenas de retroceso de la última glaciación, como marrenas verdaderas terminales, llegando así a las cifras anteriormente mencionadas. Él consideró el Chimboraza como volcán "monógeno" y explicó su forma alargada por erupciones lávicas laterales, mientras se trata según mis averiguaciones, realmente de un verdadero volcán doble, como ya mencioné antes y como voy a explicar con mayores detalles en una publicación futura que se basará en datos de una conferencia, que he sustentado en la sociedad geográfica del Ecuador en el año 1937.

Las cuencas de neviza que corresponden a la última glaciación pleistocénica, y que se encuentran en las faldas orientales del Pichincha, permitirían la determinación de la altitud del límite de la nieve perpetua en cerca de 3.200 m. sobre el nivel del mar, es decir, por lo menos 1.600 m. más abajo que el límite actual.

En el norte cerca de Otavala, se observa la posición actual del límite de la nieve perpetua diluvial en el Cushnirumi entre 2.600 y 2.800 m. pero habrá que tener presente posibles hundimientos posteriores por los movimientos rupturales epigénicos.

Las cifras indicadas muestran con seguridad que el límite de la nieve perpetua durante las glaciaciones pleistocénicas, se encontró en un nivel mucho más abajo que 600 m. comparativamente al nivel actual; por lo menos, 1.200 a 1.400 m. más bajo, como se ha podido comprobar en los Alpes Europeas; y todavía más baja si se toma en cuenta que los hundimientos mencionados, son muchas veces solo hundimientos relativos porque el cuerpo total de las cordilleras en el norte del país, sufrió un alzamiento notable, de manera que también en los lugares de hundimiento relativo, puede haberse realizado efectivamente un ligero levantamiento.

Hundimientos absolutos existen en el Sur del país, como veremos después, por ejemplo, en la zona de Piñas-Arenillas en donde el levantamiento es reconocible solo en el Post-glacial.

Con mucha mayor facilidad puede ser determinado el límite de la extensión de los glaciares diluviales por los restos claramente distinguibles, que sus hielos han dejado en forma de morrenas o huellas de erosión. Sin embargo, debería ser muy difícil precisar para las diferentes glaciaciones pleistocénicas un límite medio de glaciares, a razón de que la difusión de los glaciares no sólo depende del límite de la nieve perpetua y del clima sino en gran escala, de la configuración orográfica de la zona glaciaria. Naturalmente las extensas cuencas de alimentación con valles de salida fuertemente inclinados, mandan potentes masas de hielo con velocidad relativamente rápida a niveles inferiores que se encuentran bajo el límite de la nieve perpetua y que no pueden ser alcanzados por glaciares de pequeño volumen colocados en un fondo poco inclinado. Por estas causas, me restringiré a indicar para los diferentes casos, los lugares más bajos (altura actual) hasta donde avanzó el glaciar en el el pleistoceno. Pero siempre hay que recordar, que levantamientos y hundimientos posteriores a la formación del glaciar pleistocénico, han influido las altitudes de los restos glaciales diluviales determinables en la actualidad. como por ejemplo, en el caso de Piñas, en donde el hundimiento de esta región hace aparecer actualmente, la morrena diluvial solamente a la altura de 800 m. sobre el nivel del mar. Los restos morrenicos del antiguo glaciar gigantesco de Paluguillo-Guamaní aparecen, como ya hemos visto, en el perfil del río Chiche a una distancia recta de 20 kilómetros de su cuenca de alimentación en la cordillera de Guamaní de 4.000 a 4.500 m de altura y actualmente libre de nieve perpetua. Cerca de la hacienda de Paluguillo (2.930 m.) salió el glaciar del valle erosionado en forma de la letra "U", de las faldas occidentales de la cordillera oriental para extenderse durante la tercera glaciación, según la manera del tipo "Malaspina" ancha y tendidamente sobre el fondo plano al pie de la cordillera, fondo ligeramente inclinado hacia el oeste. Los hielos llegaron hasta la región actualmente erosionada por el río Chiche y ocuparon una área alrededor de 50 kilómetros cuadrados, calculando únicamente la parte plana del glaciar. En el perfil del río Chiche se refleja la extensión del glaciar correspondiente a cada período de glaciación diluvial.

Cerca de Tumbaco aparecen morrenas basales de los glaciares que han descendido del Ilaló, a la altura de 2.325 m.

En los alrededores de Quito, un glaciar llegó hasta la laguna de la ante-grada quiteño a la altura de 2.800 m. y, cerca de Guangopolo, las mismas morrenas de tercera y cuarta glaciación se encuentran todavía a profundidades más bajas, como al pie del cerro Ilaló a 2.400 m. de altura. En las faldas occidentales de la cordillera occidental, queda todavía al descubierto, en la región de Macuchi, una morrena basal cubriendo su amplio valle en forma de "U", a la altura de 1.600 m.

Una morrena fuerte y con todas las características bien pronunciadas fué descubierta en el valle del Chanchán, río abajo de Sibambe a la altura de 2.240 m.

En la cordillera oriental, los valles que descienden de los Llanganates hasta el río Pastaza, son valles glaciarios muy desarrollados y retienen fuertes morrenas a las alturas de 1.600 a 1.400 m. Cabe mencionar aquí que la cubierta glaciaria de los Llanganates correspondió netamente al tipo escandinavo. De esta manera, en las tendidas alturas de estas montañas se acumuló el hielo glaciario como extenso y grueso manto del cual salieron en diferentes direcciones, lenguas glaciarias como los de los ríos Verde y Blanco, afluentes conocidos del Pastaza. El valle glaciario del río Chimbo, muestra hasta San Miguel, a la altura de 2.370 m., todavía huellas glaciarias.

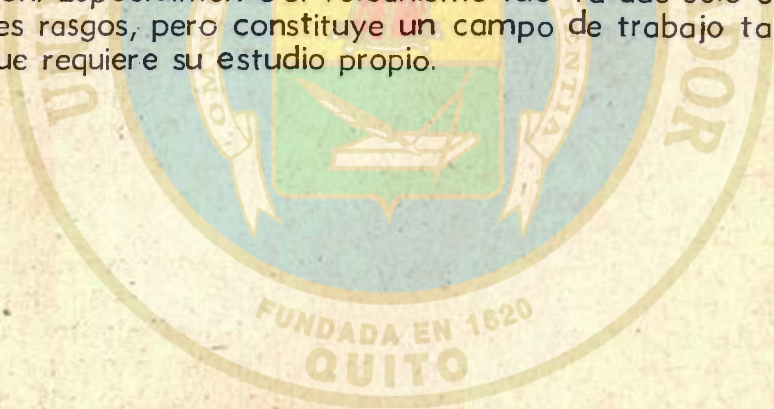
En la región de Piñas yacen pronunciadas morrenas a la altura de sólo 800 m. sobre el mar. Pero, en este último caso, hubo la influencia especial de los hundimientos posteriores que fueron la causa para que el límite de nieve eterna haya estado, seguramente, en posición mucho más alta durante la misma glaciación. Ya este caso indica la dificultad que existe para la determinación y reconstrucción de la posición altitudinal absoluta, en la que deberían haber estado los límites del hielo glaciario durante las diferentes glaciaciones.

El Sur del país muestra glaciaciones diluviales menos intensas a causa de los verdaderos hundimientos, o de los levantamientos en escala reducida.

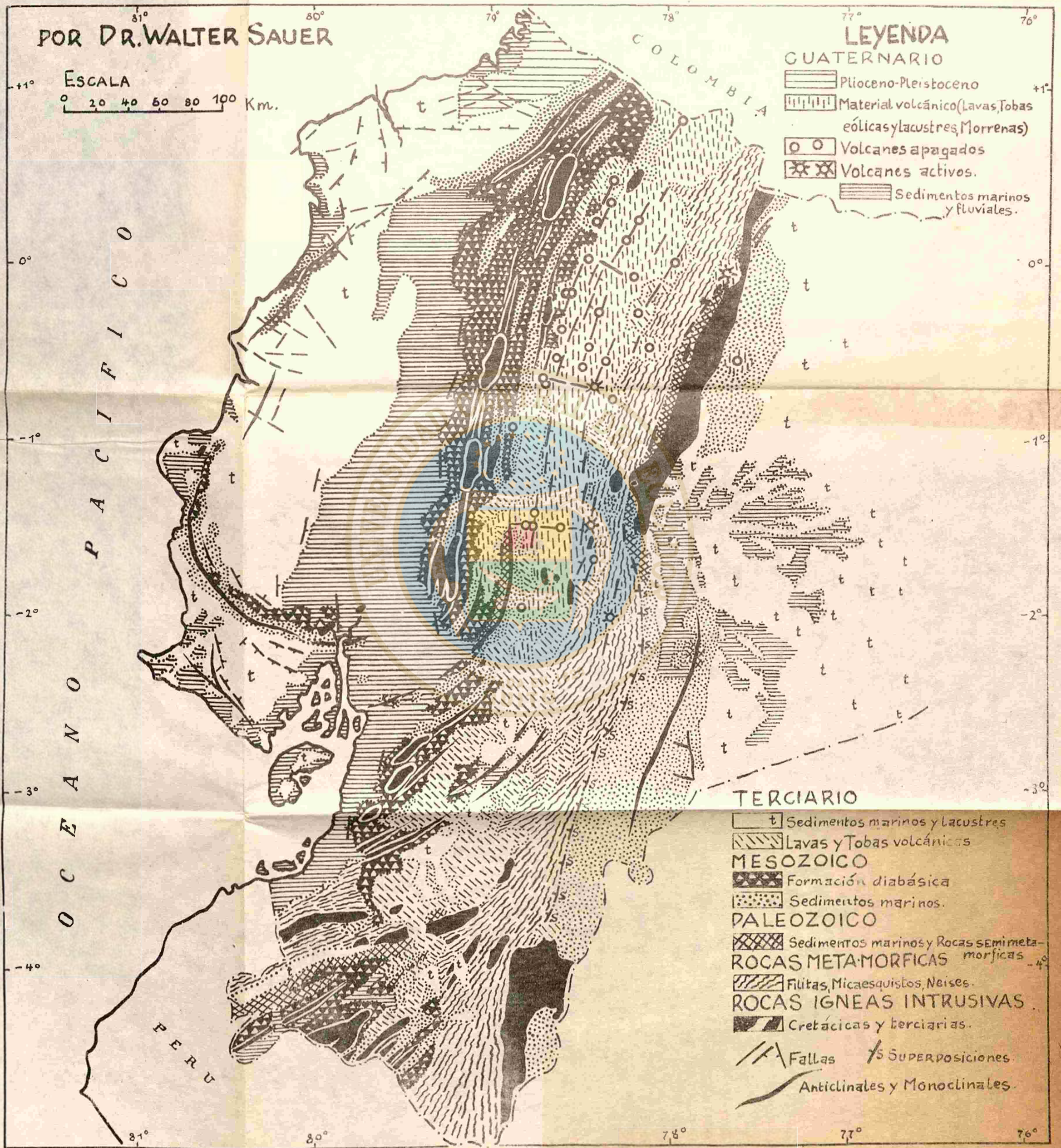
Las morrenas, por ejemplo del valle de Yunguilla al sur de Cuenca, pueden ser observadas hasta 1.800 m. En las

laderas del río León se presentan cuencas de neviza antiguas, en las alturas entre 1.800 a 2.100 m. Sólo menciono unos pocos ejemplos entre los numerosos casos observados en la región montañosa del país sobre la presencia de las morrenas y otras huellas de glaciación diluvial, que me han servido para construir el croquis adjunto N° 15. Este croquis muestra la extensión máxima del hielo glaciario en el pleistoceno. Se deduce que realmente los glaciares han ocupado muy extensas áreas, durante los tiempos pleistocénicos, hecho que nos explica las dificultades que se han opuesto para el desarrollo de la fauna, especialmente de los vertebrados en la zona cordillerano. El profesor R. Hoffstetter nos dará pronto una descripción de sus hallazgos de fósiles de vertebrados en el país, que proporcionará completamente una nueva y correcta aclaración sobre estos animales, que han poblado en el pleistoceno los bosques y estepas del país.

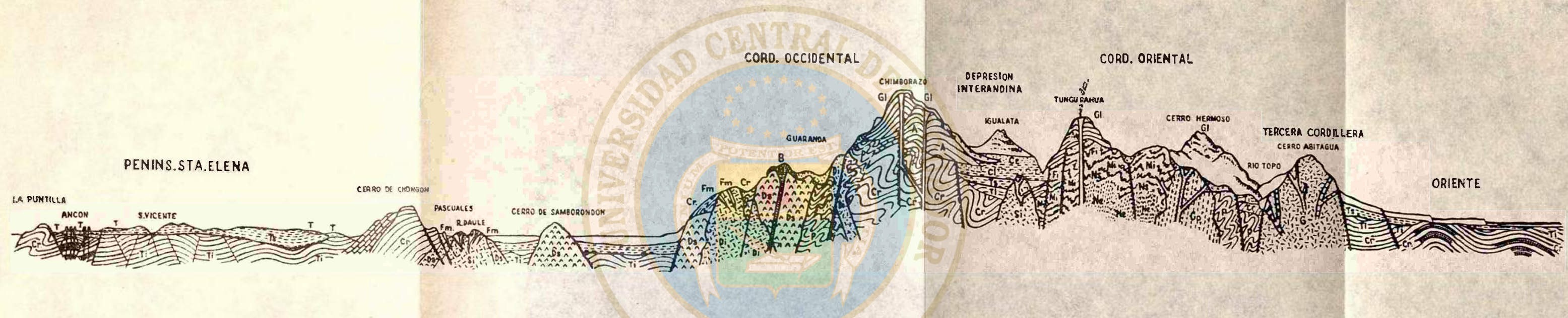
Me doy cuenta que habría que completar todavía, mucho mis exposiciones que, en este momento, presentan más bien el carácter de un resumen de mis trabajos de investigación. Especialmente el volcanismo fué tratado sólo en grandes rasgos, pero constituye un campo de trabajo tan vasto que requiere su estudio propio.



CROQUIS TECTONICO DEL ECUADOR No 1.



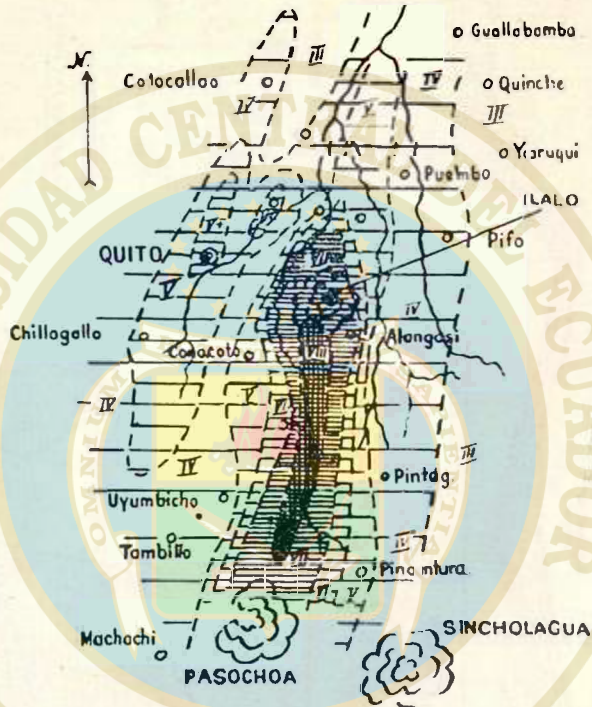
Nº 2 PERFIL GEOLOGICO ESQUEMATICO A TRAVES DEL TERRITORIO DEL ECUADOR LEVANTADO POR EL DR. ING. WALTER SAUER ESCALA APROXIMADA 1:1000 000



CUATERNARIO			TERCIARIO		CRETACICO	FORMACION DE DIABASA-PORFIRITA	PALEOZOICO(?)	PRECAMBRICO (ARCAICO?)	EN DIFERENTES PERIODOS GEOLOGICOS.		
Aluviones.	Congagua lacustre.	Andesita Ab-basaltica	Terciario superior	Sienito	Conglomerados, areniscos Arcillas pizarrosas, calizas	Diabasas, porfiritas i porfidos.	Pizarras oscuras	Filita	Neis eruptivo (Ortoneis)	Aplita	Filón metalifero.
Tablazo marinos	Morenas	Basalto.	terciario inferior Horizontes petrol.	Diorita	Horizontes petroliferos		Granito presionado	Micasquistos		Lamprofido	Fallas.
Congagua eolica	Hielo glacial		Granite.	Diorita porfirica.	Caliza			Neis sedimentario (Parancis)		Porfido cuarcifero.	Superposiciones.



CROQUIS N° 6



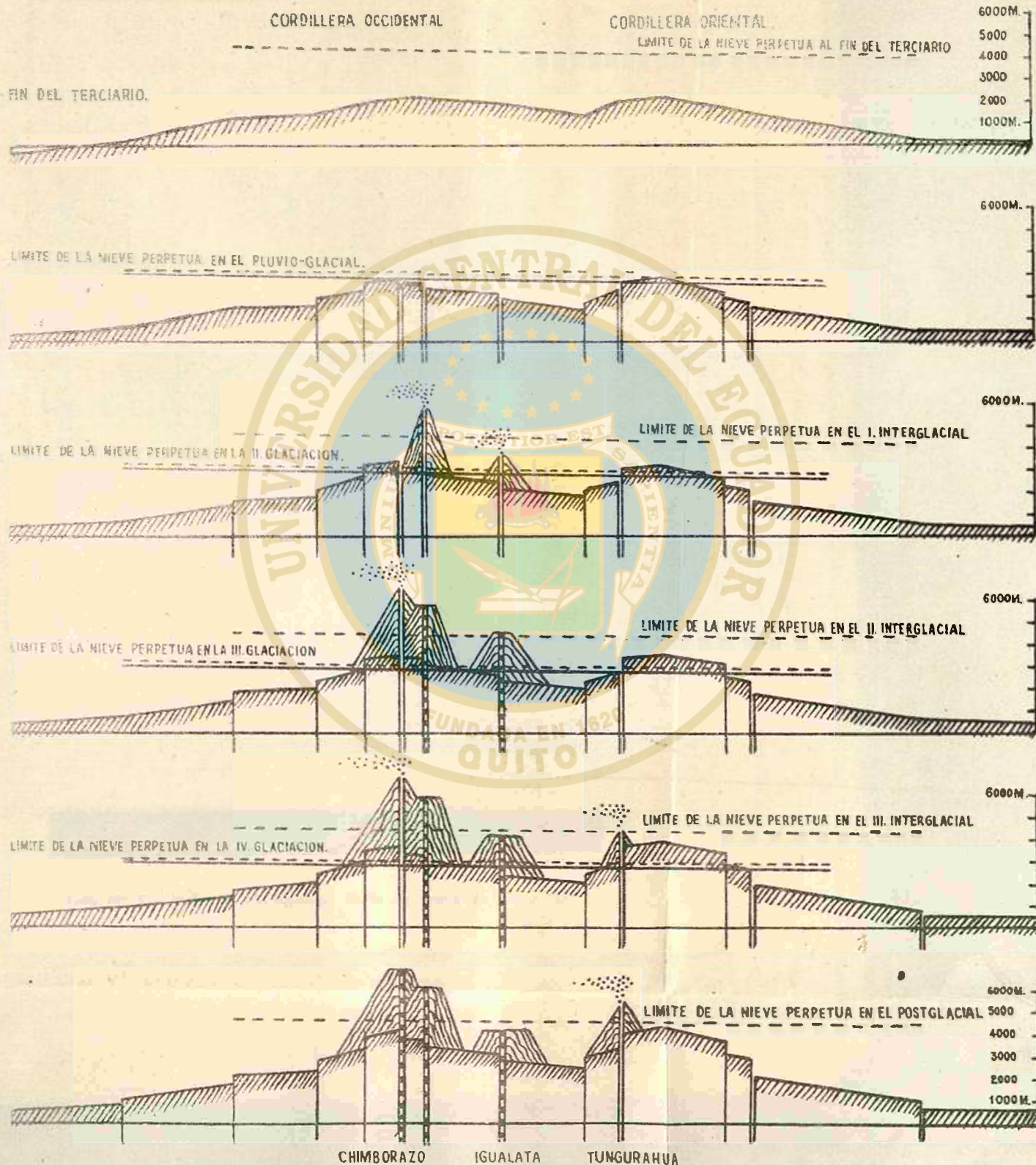
ESQUEMA DE ISOSISTAS DEL TERREMOTO
DEL VALLE DE LOS CHILLOS, AGOSTO 9 DE 1938
INTENSIDADES DE VIII-III (SIEBERG)

Escala 1:450000

W. Sauer

PERFIL ESQUEMATICO

MOSTRANDO LA INFLUENCIA DE LOS MOVIMIENTOS EPIROGENICOS RUPTURALES EN EL DESARROLLO DEL VULCANISMO Y DE LAS ZONAS DE ALIMENTACION DE LOS GLACIARES PLEISTOCENICOS.



Nº 10.

SEGUN HANS MEYER.
1903.

GLACIARES DEL CHIMBORAZO

LEYENDA:

H.M. GLACIAR: HANS MEYER

Rr. " RESCH REITER
CZ. " CARLOS ZAMBRANO
TW. " TEODORO WOLF
G.M. " GARCIA MORENO
Bou. " BOUSSINGAULT
N.M. " NIC. MARTINEZ
C.P. " CARLOS PINTO
HU. " HUMBOLDT
WS. " WALTER SAUER
L.H. GLACIAR: LEA HEARN.

TO. GLACIAR: TOTORILLAS

TRÜ. " TRÜMMERGLETSCHER
TH. " THIELMANN
ST. " STÜBEL
Re. " REISS
Sp. " SPRUCE
Abr. " ABRASPUNGO

N, Oe, S, M, E = CÍMAS: NORTE, OESTE, SUR, MEDIA, ESTE.
P = PIEDRA NEGRA.

Nº 11.

SEGUN WALTER SAUER.
1950.

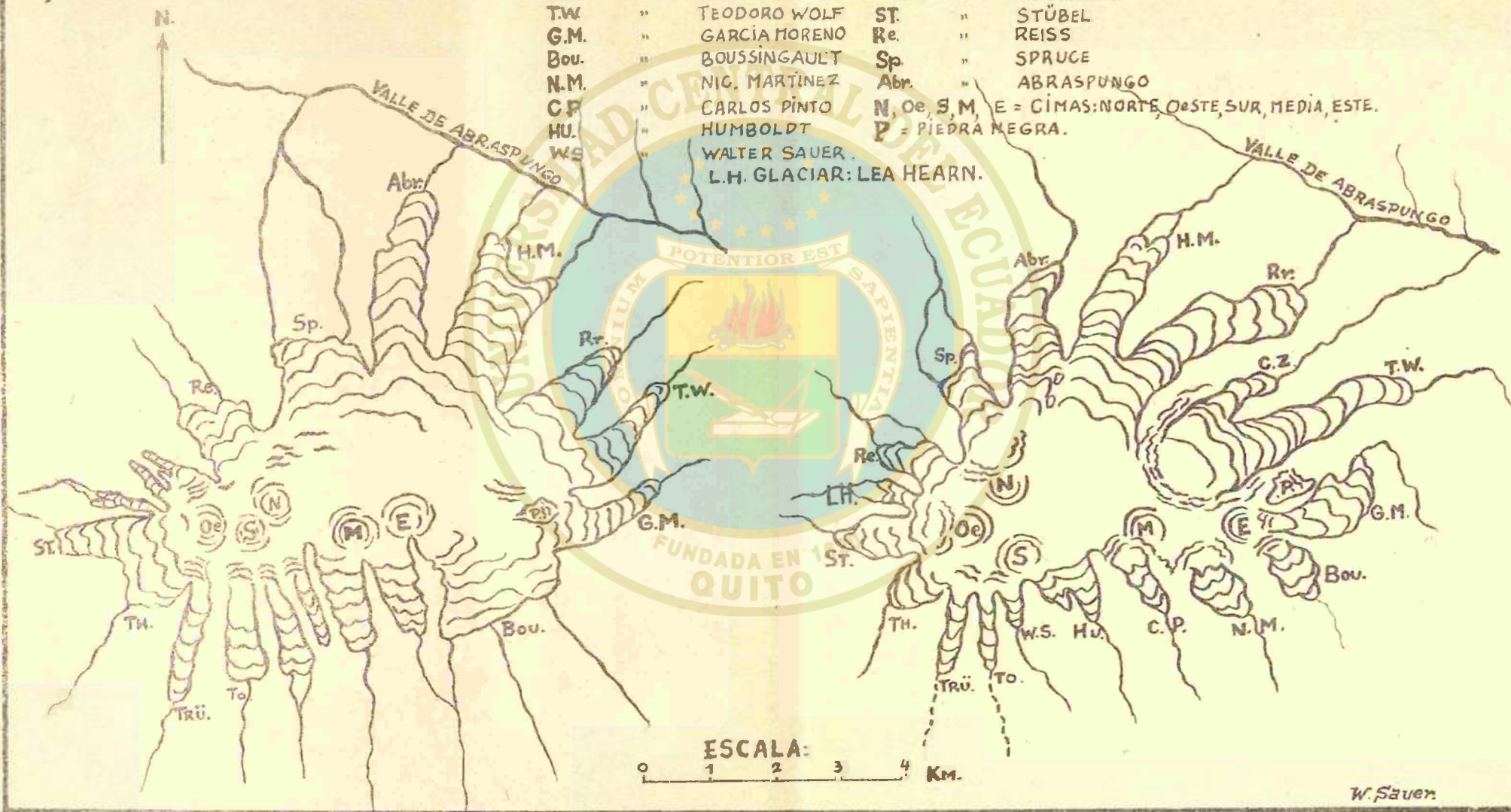




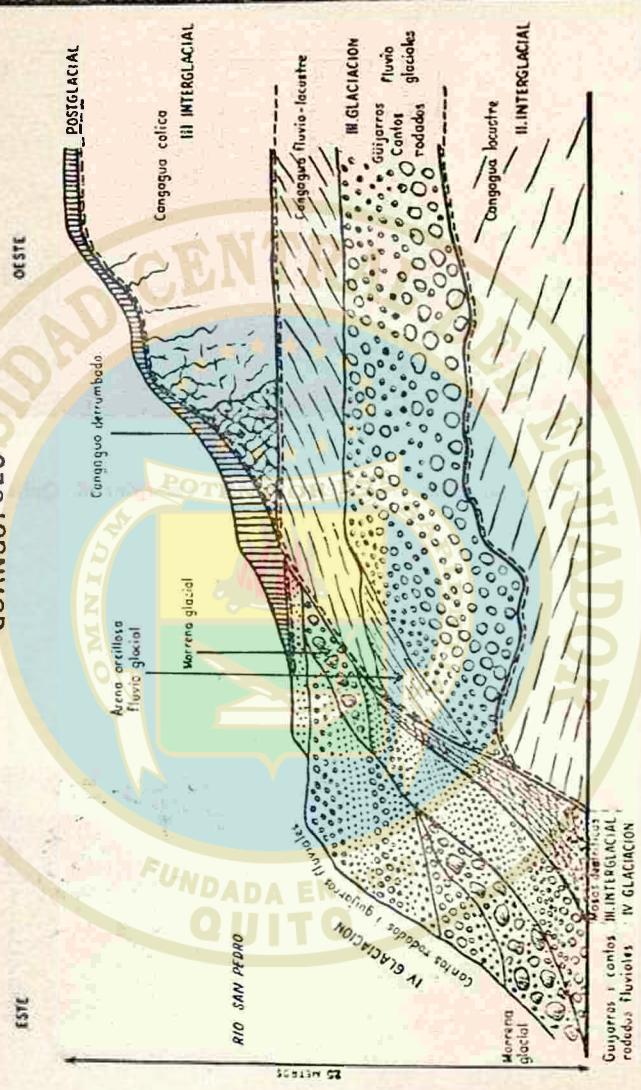
Foto Nº 8.—Cangagua cólica con balas del IIIº Interglacial. Quita, Calle Vargas.



Foto Nº 9.—Valle de Abraspungo. Valle de forma de Letra "U".

PERFIL N° 12

CORTE AL LADO SUR DE LA PLANTA ELECTRICA MUNICIPAL GUANGOPOLO

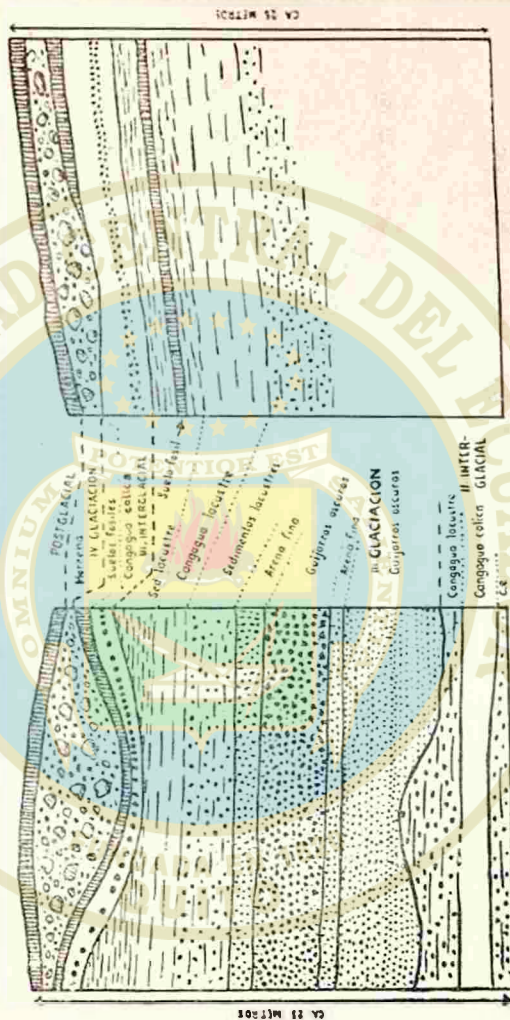


H. Sauer

QUEBRADA GUARANGAPUGRU

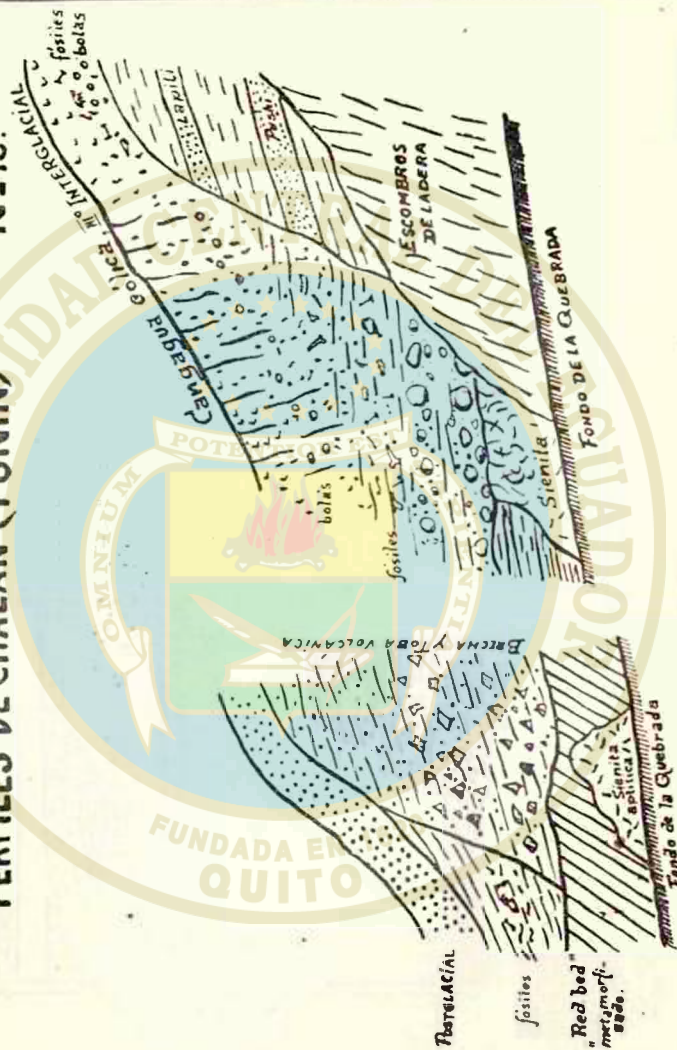
PERFIL N°14

PERFIL N°13



M. Sauer.

No 16.

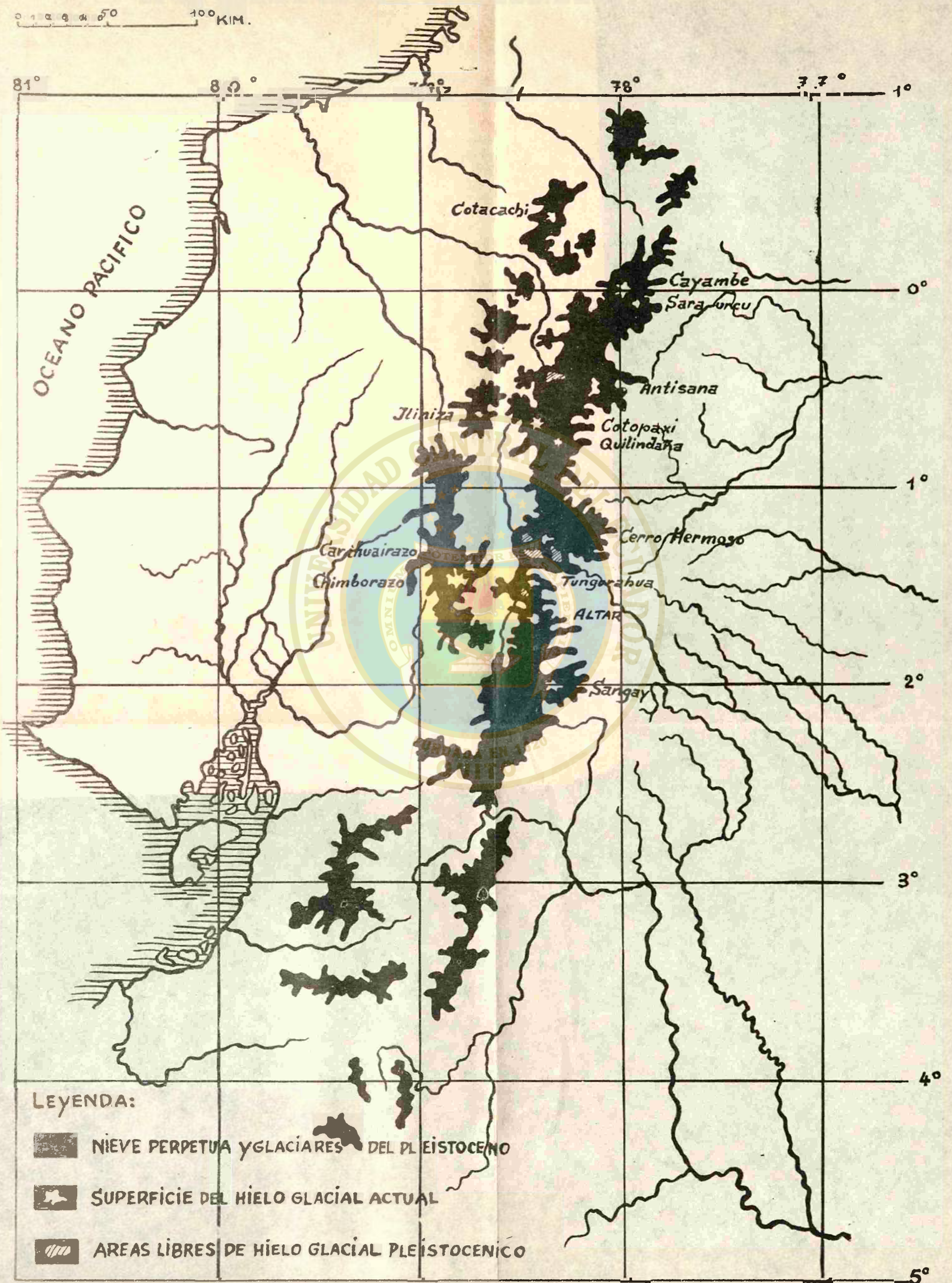


W. Sauer:

EXTENSION MAXIMA DEL HIELO GLACIAL PLEISTOCENICO

(GLACIARES, CUENCAS DE ALIMENTACION, NEVIZA)
DE LA REGION ANDINA ECUATORIANA.

CROQUIS Nº15.







Se acabó de imprimir, el día VIII de Marzo de MCML en los Talleres Tipográficos de la Universidad Central, siendo Rector de ella el señor doctor Don Julio Enrique Paredes C. y Regente de la Imprenta el Sr. Dn. Alberto Araujo Z.



