

REPUBLICA ARGENTINA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIA
AVENIDA PELLEGRINI 250

INSTITUTO DE FISIOGRAFIA Y GEOLOGIA
"Dr. ALFREDO CASTELLANOS"

Directora Dra. PIERINA PASOTTI

PUBLICACIONES
LIX

**APOORTE A LA GEOLOGIA
DE LAS SIERRAS PAMPEANAS
DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA
(AMBATO, GRACIAN, ANCASTI)**

POR

PIERINA PASOTTI, CARLOS CANOBA y OSCAR ALBERT

ROSARIO - 1975



ALFREDO CASTELLANOS
(1893 - 1975)

El 22 de junio de este año —1975— se apagó la vida de un prototipo de hombre de ciencia: el Doctor Alfredo Castellanos.

Nació en Buenos Aires el 25 de julio de 1893. En 1898 sus familiares se trasladaron a la provincia de Córdoba, al Valle de Los Reartes, donde vivieron hasta 1906. Su padre le impartió los primeros conocimientos y en 1903 ingresó al tercer grado del Colegio Santo Tomás de Aquino de la ciudad de Córdoba donde cursó su escuela primaria. Realizó la educación secundaria en el Colegio Nacional de Montserrat y en 1913 inició la universitaria por deseo de sus padres, en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Córdoba, graduándose de Médico, en 1919. Pero su predilección fueron la Geología, Antropología, Paleontología, Paleoantropología en las que como autodidacta, y estudiando a hurtadillas, perfiló su poderosa per-

sonalidad desde que se inició siendo aún alumno de la Facultad de Medicina. En ellas dejó la huella de sus pasos, su acción orientadora.

Tesonero y batallador, amó profundamente a la ciencia y a nuestro país, haciéndolo conocer y honrándolo por sobre todas las contingencias de su proficua vida y a costa de cualquier sacrificio. Fue un visionario y precursor, por eso un incomprendido en su tiempo y combatido por los que carecían de la llama interior de los elegidos.

Siendo aún estudiante fundó la Sociedad de Ciencias Naturales de Córdoba, donde se agrupó el elemento más destacado que cultivaba esas ciencias en la ciudad. En 1919, de acuerdo con sus gestiones el P.E. de Córdoba creó el Museo de Ciencias Naturales, del cual fue fundador y Director.

En ese mismo tiempo, por designación ministerial, fue Jefe Honorario de la Sección Antropología del Museo de Historia Natural de Buenos Aires, encargándosele estudios de geología, paleontología y paleoantropología en ambas márgenes del río Salado del Norte de la Provincia de Santa Fe.

En 1920, al crearse la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico—Químicas y Naturales de la Universidad Nacional del Litoral, fue llamado para ocupar la cátedra de Mineralogía, Petrografía y Geología, integrando así el primer grupo de profesores titulares de esa alta Casa de Estudios. Además en la enseñanza superior universitaria ocupó cátedras en institutos de enseñanza media.

En 1925, con un grupo de destacados alumnos de dicha Facultad fundó la Asociación Cultural de Conferencias de Rosario, de la que fue Presidente vitalicio.

En 1930, fue designado fundador y Director del Museo de Antropología y Anatomía Comparada de la Facultad de Ciencias Médicas de Rosario.

Seis años después —1936—, lo fue del Instituto de Fisiografía y Geología, de la Facultad de Ingeniería de Rosario, rente al cual estuvo hasta fines de 1951. De 1936 a 1949 lo hizo con carácter *ad-hónorem*. Gracias a él, Rosario cuenta con un centro de investigación científica en los campos de la Geología y Fisiografía.

TRABAJOS

Entre el primer trabajo que data de 1916, siendo todavía alumno universitario, titulado "Una página de la vida de Ameghino. Su estada en Córdoba". Rev. U.N.C. Año III, Nro. 4; y el último "Cuenca Potamográfica del río de la Plata". Geografía de la República Argentina, T. VII. Segunda Parte — Hidrografía. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos Gaea — 1975, su producción científica está expresada a través de más de doscientos trabajos originales, unos pocos de ellos lo fueron en colaboración, los que dado su número no se detallan en esta oportunidad. Algunos aún inéditos; los de mayor relevancia lo fueron en el campo de la Paleontología por eso en el VI Congreso Geológico Argentino se rindió homenaje dedicándole la Sesión de Paleontología.

De los temas tratados que abarcan los campos de la Geo-

logía, Paleontología, Paleoantropología, Geografía Física, varios de ellos figuran en las Publicaciones y Notas del Instituto de Fisiografía y Geología; otros en Boletines y Anales de Universidades Nacionales, de Asociaciones científicas tanto nacionales como extranjeras, y en Actas de Congresos Panamericanos, Latinoamericanos e Internacionales.

Dictó numerosas conferencias de divulgación científica, tanto en Rosario como en centros culturales de otras ciudades.

DISTINCIONES

- Miembro Titular – Sociéte des Américanistes de Paris (Francia), 1923.
- Miembro Correspondiente – Sociedade Portuguesa de Antropologia e Etnología de Porto (Portugal), 1924.
- Redactor Científico de la Revista de la Universidad Nacional de Córdoba en las Secciones Mineralogía, Geología y Antropología, 1923.
- Director del Oficio Argentino del Instituto de Antropología de París (Francia) y miembro del Consejo Internacional de Antropología en la Asamblea de Praga (Checoslovaquia), 1924.
- Director Honorario – Museo Público Municipal de Ciencias Naturales de Cochabamba (Bolivia), 1928.
- Miembro Correspondiente – Sociedad Geográfica de Lima (Perú), 1939.
- Miembro Honorario – Sociedad Linarense de Historia y Geografía de Santiago (Chile), 1942.
- Miembro Correspondiente – Instituto de Estudios Superiores de Montevideo, Sección de Investigaciones Paleontológicas (Uruguay), 1942.
- Miembro Correspondiente – Universidad de la República – Instituto Nacional de Investigaciones Geográficas de Montevideo (Uruguay), 1948.
- Presidente Honorario – Congreso Mundial de Sabios para la celebración del XXV aniversario –1950– de la Fundación de la Federación de Institutos Científicos Asociados. Teherán (Irán).
- Doctor Honoris–causa – Presidium de la Federación de los Delegados del “Senatus Universitatis, Mundusianae Liberalis” del Consejo de Perfeccionamiento de la Academia Asiática. Teherán (Irán). Karachi (Pakistán), 1955.
- Profesor Honorario de la Facultad de Filosofía y Letras de Rosario de la Universidad Nacional del Litoral (hoy de Rosario), 1968.
- Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Rosario, 1969.
- Miembro Honorario – Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA (Argentina), 1969.

PREMIOS

- Municipal de Cultura de Rosario por sus trabajos de Paleontología, 1932.

- Gobierno de Córdoba por sus trabajos sobre el Valle de los Reartes, 1952.
- "Perito Francisco P. Moreno" por sus valiosos trabajos sobre Geografía Argentina, otorgado por la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, de Buenos Aires, 1967.
- "Perito Francisco P. Moreno" por su alta labor científica. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, 1973.

Como justiciero reconocimiento de su titánica obra, por Resolución Nro. 341/75 las Autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario dispusieron que el Instituto de Fisiografía y Geología lleve su nombre.

Expediente Nro. 47.779.

Resolución Nro. 341/75

Rosario, 28 de agosto de 1975.

VISTO:

La solicitud formulada por la Dirección del Instituto de Fisiografía y Geología para que el mismo lleve el nombre del ex Profesor Doctor Alfredo Castellanos, fallecido en el mes de junio del corriente año;

ATENTO:

Que en la aludida presentación se señala el hecho, de público conocimiento, de que el citado Instituto se constituyó sobre la destacada e indiscutible personalidad científica del Doctor Castellanos y el aporte de sus colecciones de minerales, rocas, restos fósiles y perfiles estratigráficos, haciendo referencia asimismo al deseo manifestado por aquél de donar al Instituto su valiosa biblioteca particular;

CONSIDERANDO

Que es deber de la Facultad rendir homenaje póstumo a la memoria del Doctor Castellanos, testimoniando su reconocimiento a quien fuera Profesor Fundador de la Casa y relevante figura en el ámbito universitario y en el campo de la ciencia, durante cuya trayectoria desarrolló una extensa y proficua labor, recibiendo múltiples y honorosas distinciones de instituciones especializadas, tanto del país como del extranjero, que culminaron con su designación como Profesor Emérito de la Universidad

Por ello, de conformidad con la propuesta de Secretaría Académica,

EL DELEGADO RECTORAL EN LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIA

Resuelve:

- Art. 1º. Imponer al Instituto de Fisiografía y Geología el nombre de "Doctor Alfredo Castellanos".
- Art. 2º Colocar en el mencionado local una placa de bronce en homenaje al Profesor Doctor Castellanos, y reconocimiento a la prestigiosa actividad cumplida por el mismo en beneficio de esta Casa de Estudios.
- Art. 3º Disponer, a los fines expresados precedentemente, la realización en su oportunidad de un acto alusivo, encomendando a Secretaría Académica las gestiones necesarias al efecto.
- Art. 4º Comuníquese, sáquese copia, tome nota Secretaría Administrativa y resérvese.

Fdo. Carlos M. Funes – Delegado Rectoral

Miguel A. Ocariz – Secretario Académico.

Juan Carlos Martínez – Secretario Administrativo.

Esta es muy sintéticamente la vida de un hombre que tuvo un gran ideal: la Ciencia.

APORTE A LA GEOLOGIA DE LAS SIERRAS PAMPEANAS DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA

INTRODUCCION

Este trabajo es parte de lo que, como integrantes de la Comisión de Geomorfología, expusimos en la XXXV Semana de Geografía que la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, realizó en la ciudad de Catamarca, en el mes de octubre de 1973. (Pasotti *et al.* 1973).

Dejamos aclarado que definiciones y conceptos básicos están destinados a no especialistas.

El área de la que se ocupó la Comisión de Geomorfología abarca dos aspectos totalmente distintos de la Provincia de Catamarca, que dan una visión de dos ambientes geológicos, geomorfológicos y geográficos de fuertes contrastes entre sí, lo que se hace más notable por el hecho de estar en inmediato contacto. Tienen como linde el filo de la cumbre de una de las más altas Sierras Pampeanas que corresponde al bloque tectónico conocido como sierra de Ambato—Manchao, cuyo punto culminante alcanza los 4.415 m.s.n.m.

Uno de esos ambientes responde a lo que Alfredo de Moussy denominó “anfiteatro” de Catamarca, el otro a la vasta depresión de Pipanaco; del primero se ocupó nuestro equipo.

El límite occidental es el filo de aquel bloque, y lo extendimos en el oriente hasta incluir a toda la sierra de El Alto o Ancasti que continúa al N con la de Guayamba; entre ellas está emplazada lo que se conoce en sentido amplio como sierra de Gracián o de Graciana.

El linde asumido entre los dos ambientes geográficos no es convencional o cómodo para una mejor exposición del tema, sino que constituye una típica barrera climática debida a la altitud, es una frontera entre una zona de marcada aridez y otra en la que las precipitaciones pueden llegar a/y superar los 800 mm. anuales.

Metodología. Hemos contado: con un mosaico de relevamiento aerofotográfico a escala 1:50.000, sin apoyo y que presenta deformaciones, que nos facilitó la Dirección Provincial de Catastro de Catamarca, mas no con pares estereoscópicos; con cartas topográficas en escala 1:200.000 de la Dirección Nacional de Geología y Minería y unas pocas en escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar; además de algunas investigaciones aisladas y de enfoque localizados, publicados. En cuanto a los generales, hace excepción el de Tapia (1941); el de González B. (1950) abarca un limitado sector de nuestra área en estudio. Ultimamente uno de nosotros (Pasotti, 1972) encaró el de una red hidrográfica.

Podemos decir que carecemos de estudios generales y de detalle de una área importante que corresponde a la sierra de Ambato—Manchao y casi del todo de Gracián (o Graciana); estamos lejos pues de llevar a cabo un trabajo de profundidad. Tentativamente expondremos sólo conceptos básicos, traídos de fotointerpretación y de estudios de campo, pero en áreas limitadas. En cuanto a Ancasti, se tienen algunas referencias (Tapia, Rigal, Fernández *et al.* Borrello, Herrera) y desde ya dejamos asentado que tenemos en ejecución uno de detalle para el cual contamos con mosaico de un relevamiento reciente (NOA, I). El hecho de no exponerlo aquí, en esta oportunidad, responde a querer mantener un cierto equilibrio en el tratamiento de los otros dos bloques montañosos citados.

Dado el material disponible, las investigaciones se realizaron a nivel megascópico que es aplicable a aquellas áreas en las que se carece, o casi, de informaciones previas. Se aplica entonces el concepto de *dominio tectónico* que con bases fotogeológicas permite diferenciar áreas de rasgos homogéneos que servirán de apoyo para investigaciones de mayores detalles cuyos alcances son el *mesoscópico* (estudio en el terreno de los afloramientos rocosos y su comportamiento) y el *microscópico* (estudio en el gabinete de cortes delgados de rocas), así como determinaciones geocronológicas y datos geofísicos, a los fines de corroborar la exactitud de las investigaciones realizadas, (Hepworth, 1967).

El estudio megascópico es muy valioso para correlacionar áreas en estudio con otras geográficamente no incluídas en ella, por ejemplo la similitud de estructuras, a nuestro juicio, de las sierras de Ancasti (Catamarca) y Guasayán (Santiago del Estero), para echar las bases para estudios de recursos naturales de una zona, o como en este caso para poner de manifiesto disimilitudes tales como las de los bloques que rodean a la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. En la fig. 1 expresamos sólo rasgos generales, aquellos que no dejan ninguna duda sobre las marcadas diferencias existentes entre los tres. A éstos los denominamos “dominio tectónico Ambato”, “dominio tectónico Gracián” y “dominio tectónico Ancasti”. Las figs. 3 a 6 son aerofotografías ordenadas de W a E, o sea tal como se suceden los tres dominios, la 3 es un sector de Ambato, la 6 de Ancasti.

El concepto de *dominio tectónico* fue sistematizado por Hepworth quien lo aplicó a afloramientos del basamento cristalino en Africa en el N de Uganda, para lo cual contaba, además, con algunos trabajos de campo de otros investigadores. Es un método poco conocido y pocas veces utilizado entre nosotros (Teruggi *et al.* 1973, 1974), por eso insistiremos en él pues ha sido básico y de notables resultados en nuestras investigaciones para las Sierras Pampeanas de Catamarca, a pesar de no poseer pares esteoscópicos. Con esa denominación “*se designa un área en la que predominan estructuras formadas durante un tectonismo particular determinante, estudiadas con métodos fotogeológicos (megascópicos)*”. Es un método cualitativo e impreciso, pero es una técnica práctica en fotointerpretación. Difiere por lo tanto del concepto de *dominio estructural* utilizado en Geología Estructural cuando enmarca áreas de deformación casi homogénea, pero se basa sobre estudios meso y microscópicos, o sea que el método es cuantitativo y preciso. Pero cuando hablamos de *Régimen tectónico* consideramos a un “modelo particular asociado a las estructuras que se formaron en un único y simple movimiento tectónico a gran escala”.

Resultado de la correlación de estructuras mesoscópicas y microscópicas basadas sobre observaciones en el terreno. Es pues un concepto más preciso que el de dominio tectónico, pero éste es previo y orientador, y reduce el tiempo de estudios de campo.

Los criterios sobre los que se funda el método del dominio tectónico son:

1. Unidades fotogeológicas de observación: rumbo, buzamiento, pliegues y determinación de ejes de pliegues;
2. Diferente litología y grados de metamorfismo;
3. Diferente estructura interna;
4. Constancia o divergencia de los rumbos o direcciones;
5. Secuencia tectónica;
6. Relaciones de entrecruzamiento.

Esto último es uno de los más importantes.

Aplicando este método, nuestras observaciones de carácter megascópico se realizaron sobre mosaicos de pequeña escala y los elementos que tentativamente nos permitieron establecer divisiones fueron los distintos tonos y texturas vinculados a la litología y a los lineamientos estructurales y resaltados ambos de modo superlativo por las redes hidrográficas, por eso nos ocuparemos particularmente de éstas.

LOS DOMINIOS TECTONICOS.

Ancasti posee como rasgo fundamental un típico bandeado, que se destaca por las distintas tonalidades en las aerofotografías; su rumbo no es del todo constante. En la fig. 2 hemos representado los lineamientos correspondientes a ese rasgo. El buzamiento (Fernandez *et al.* 1969) varía desde unos 70° hasta la vertical, dado por capas paralelas entre sí, de distinto espesor, el cual en escala megascópica varía de unos 100 a 200 m. lo más frecuentemente, y alcanza los 500 como máximo. El rumbo y paralelismo están perturbados localmente por intrusiones magmáticas que arquearon, ondularon o comprimieron al bandeado, lo que demuestra que ellas son posteriores. En las aerofotografías tienen, en general, contorno elíptico (Fig. 2). Según Herrera (1964) las intrusiones graníticas son más abundantes que en las otras sierras del anfiteatro de Catamarca.

Observando en escala mesoscópica revela estar constituido por micacitas compactas en parte gneíssicas, formadas por una alternancia de capas de un milímetro de espesor de mica biotita, con otras de hasta dos centímetros de cuarzo y feldespato, por filitas cuarzosas y filitas cuarzosas bandeadas y filitas micacíticas. Hay también muscovita, y con menor frecuencia anfíbol, epidota y granate. En las bandas más claras predomina el cuarzo, en las más oscuras la biotita, que llega a adquirir mayor tamaño. Se tienen a veces intercalaciones lentiformes y también nodulosas más compactas que resisten mayormente a la erosión.

En una zona de intrusiones al W de Icaño, las metamorfitas han sido migmatizadas si bien menos intensamente que en Ambato y Gracián (Herrera 1964) hasta llegar a ser una típica migmatita. El todo está inyec-

tado con pegmatitas y gabbros. Este es de grano mediano a grueso, de color verde oscuro y con diques pegmatíticos y cuarzosos. A la mineralización que originó aquellas intrusiones en Ancasti (berilio, litio, tantalio) se le atribuye edad del Precámbrico—Paleozoico inferior, o sea al primer ciclo metalogenético (NOA), lo que coincidiría con la datación de González y Toselli (1974). Por su parte Borrello (1971) alude para Ancasti a afloramientos de masas peridotíticas, transformadas, del dominio geosinclinal, similares a las de la sierra de Umango.

La presencia de esas rocas básicas, puede constituir una manifestación de ofiolitización (o facies ofiolítica) así como lo son de finivulcanismo “las rocas finivulcaníticas, discordantes, que asoman en el campo ‘flyschoid’ precámbrico de la sierra de Ancasti”, “emplazadas como cuerpos filonizados” (Borrello, 1971), en lo que nosotros interpretamos como un ortogeosinclinal del que se habría formado dicha sierra, que posiblemente posea ciclo geomagnético completo.

Ahora bien, el bandeado y su buzamiento sugieren que el dominio tectónico que lo distingue responde a plegamiento de rocas de origen sedimentario esencialmente arcillo—arenosas (ritmitas) dispuestas en capas cuyo aspecto fue acentuado por recristalización metamórfica; por aquel proceso se originaron numerosos pliegues paralelos entre sí —isoclinales y monoclinales— que fueron luego intruidos por rocas magmáticas. Todo esto, por una posterior erosión y peniplanización que cortó los anticlinales y los sinclinales, generó al típico bandeado.

Por la intensidad del plegamiento puede también haberse formado la estructura concertina de Barrow (Rigal 1948) con pliegues asimétricos y de ángulos agudos. Esto proporciona gran compacidad a la roca, y de ahí su comportamiento frente a la gliptogénesis y a la fisuración, acentuada ésta por inyecciones de cuarzo las que en los trechos de fisuras abiertas alcanzan el carácter de venas.

Sólo con estudios de campo y de gabinete se podrán reconocer y reconstruir los pliegues.

A esta estructura la denominamos “dominio tectónico Ancasti” (figs. 1, 2 y 6) en sentido amplio, porque en sentido estricto está constituida por lo menos por cuatro dominios, a los que podríamos indicarlos con letras, tal como es norma; no es nuestra intención hacerlo y preferimos adoptar, por ahora, la calificación de “subdominios”. Al bandeado lo consideramos como dominio.

La terminación septentrional de esta sierra está truncada por tres fallas: una SSE—NNW que se corta con otra aproximadamente E—W, y ésta con una tercera NNE—SSW cuya terminación es la que separa este bloque tectónico del que forma la sierra de Guayamba (Fig. 1). Pues bien, en el sector del cuerpo de Ancasti cortado por la primera dislocación, se tiene la nariz de un pliegue simétrico de unos 10 km. de ancho parcialmente truncado, cuyo eje forma un ángulo de unos 90° con respecto al bandeado, que se desvía por haber sido comprimido contra él (Fig. 2). Es pues evidente que su génesis es anterior al plegamiento del que se originó el cuerpo principal de Ancasti. Por carecer de pares estereoscópicos y de datos de campo, no podemos establecer si se trata de un anticlinal o de un sinclinal, ni qué rocas lo constituyen. Lo consideramos provisoriamente como un subdominio al que denominamos de “Las Cañas”.

En el extremo NNW de ésta y separado por una falla de la ladera oriental de Guayamba, tenemos otro subdominio que es un pliegue fallado que interrumpe y perturba al bandeado, por lo que inferimos que es posterior a éste; es el subdominio "Alijilán". Ambas denominaciones son tomadas de sendas localidades próximas a cada uno.

En Ancasti hay intrusiones apotectónicas de bordes definidos que no migmatizaron las rocas de la caja, sino que dieron lugar a metamorfismo de contacto (fig. 6 tono blanquecino en el centro).

Ascendiendo la ladera, aparecen sobre el bandeado los rasgos típicos de la sierra de Gracián, al que denominamos "dominio tectónico Gracián", que se extiende en los sectores norte y medio en una faja de 6 a 10 km. de ancho, y en el del sur rodea por ese extremo al bloque de Ancasti. En la parte oriental de esa faja es aún reconocible el bandeado, pero a medida que se va hacia las más elevadas de la sierra, o sea hacia el W, dicho rasgo desaparece paulatinamente (fig. 5) hasta presentarse únicamente el del dominio tectónico Gracián (fig. 4).

Lo que clasificamos con este nombre, se manifiesta en las aerofotografías con tonos que van desde los grises claros a los oscuros; su textura está muy bien definida por numerosos lineamientos, más densos en la parte meridional del bloque de la sierra, los que se van espaciando paulatinamente a medida que vamos hacia el N; los correspondientes a las fallas de dirección NNW-SSE que limitan bloques se observan claramente con su textura típica (fig. 4).

En Gracián *s. l.* ese rasgo lo constituyen innumerables cerros y cerritos menos acentuados hacia el N y que uno de nosotros (Pasotti, 1973) lo clasificó como "modelado en cloqué". Petrográficamente consta de esquistos filíticos y micáceos cuarzosos de grano fino y micacítico cuarcíferos finos y densamente plegados e inyectados por material ígneo. No hemos comprobado manifestaciones de vulcanismo.

En el W se adosa y "asciende" a la sierra de Ambato (fig. 1). Analizaremos las relaciones entre ellas (Ambato-Gracián). No caben dudas que sobre el dominio de la primera se apoya el de la segunda, orográficamente forma varios bloques debido a dislocaciones relativamente cortas y de reducido rechazo; son simples fallas y no geofracturas. De E a W los bloques corresponden a Gracián propiamente dicho, al cordón de Fariñango y a la sierra del Colorado.

En cuanto a los rasgos de la poderosa mole Ambato-Manchao, siempre analizando desde el punto de vista megascópico, vemos en él grandes masas intrusivas que en afloramientos alineados ocupan la parte más encumbrada y a lo largo del mayor desarrollo del bloque. Ellas generaron metamorfismo de vasto alcance no sólo areal sino en su esencia regional. Las rocas encajantes, a pesar de esto, permiten reconocer trazos de grandes pliegues (fig. 1).

Dedujimos que se trata de rocas graníticas por aerofotografías de mosaicos, y por rodados que forman el mar de rocas del lecho del río Ambato. No hallamos rocas volcánicas, lo que no significa que ellas están ausentes.

Estamos pues frente a una sierra con rasgos propios (fig. 3) totalmente diferentes de los de las otras dos anteriormente tratadas, por eso denominamos "dominio tectónico Ambato" al del bloque que forma esta sierra.

No incluimos en estos afloramientos al stock situado entre El Rodeo y Las Juntas, cuyo carácter postectónico se deduce del mosaico por el arqueamiento de las rocas encajantes, las que por erosión aparecen como un sistema de estructuras anulares. Podría tratarse de un lacolito. Es un granito de grano grueso, porfiroide, con fenocristales de microclina, con biotita, muscovita, cuarzo, oligo-albita (NOA).

Se observan tonos grises relativamente más claros y una textura gruesa en correspondencia con su carácter macizo. Los relativamente pocos lineamientos presentes están bien distanciados y siguen la dirección NNW-SSE.

LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

De acuerdo con lo expresado anteriormente, nos encontramos frente a tres dominios en los que existe una fuerte influencia de la estructura sobre el modelado. Los tres no constituyen una única zona estructural, o zona geotectónica en el estricto sentido de Belousov (1962), es decir, un estilo estructural particular, ciertas formas estructurales dominantes, por cuanto Ancasti tiene una historia diferente de la de los otros dos (que sí tienen la misma). Con el término estructura pensamos en el control litológico y tectónico y con el de "lineamiento", siguiendo a Lattman (1958), trazo lineal natural determinado por rasgos topográficos (incluyendo sectores de cursos de agua), vegetacionales o alineamientos tonales, visibles en fotografías aéreas o mosaicos, y expresados de un modo continuo, por lo menos por un Km., o bien discontinuamente por varios kms. En nuestra zona en estudio la orientación de los ejes fluviales de mayor jerarquía responde a las fallas de rumbo NNW-SSE. Se destaca entre las mismas la geofractura del valle del río Paclín que sería una "mega traza de fractura" en el sentido de Figuerola (1974), a cuyo largo se elevaron Ancasti, Guayamba, Potrerillo y Quico. Es el curso de agua más importante del área, y el valle por su magnitud y longitud es la mejor vía de comunicación natural hacia el Norte. Las otras fallas que siguen el mismo rumbo están recorridas por cursos de agua subsecuentes cuyas longitudes son menos extensas a causa de la menor repercusión de la tectónica que originó sus valles.

Fracturas de magnitud en dirección aproximadamente ortogonales a las anteriores son escasas, entre ellas se destacan las correspondientes a los valles de los ríos Rodeo-Ambato y Las Trancas-Las Juntas (WSW-ESE). Estos ríos pueden interpretarse como antecedentes, si bien hay rasgos que sugieren posibles procesos de captura, como por ejemplo la desproporción en menos del río capturador con respecto a las cabeceras; esto podrá ser establecido con trabajos de campo y de detalle.

Pero, según González Díaz (1974), el sector austral del macizo de Ambato, que tiene estructura conocidamente distinta, ubicado al sur de la zona analizada por nosotros, se habría elevado en forma vertical, es decir que el bloque no habría soportado vuelco que caracteriza a la mayoría de las Sierras Pampeanas. Basa su interpretación sobre la presencia de la peniplanicie en la parte más alta de la sierra, y explica la asimetría entre la pendiente occidental abrupta y la oriental, haciendo migrar hacia el W la

divisoria de aguas. Esto, según el autor, hace que no se reconozcan las estructuras primitivas.

El dominio tectónico Ambato, se caracteriza por presentar intrusiones graníticas típicas de batolito. Su ladera occidental está definida por el plano erosionado de la geofractura (considerada falla inversa) que la separa de la depresión tectónica de Pipanaco. Su ladera oriental se presenta dislocada por fallas paralelas siempre de rumbo NNW-SSE de menor jerarquía que la occidental; ellas han dado origen a una sucesión de bloques escalonados alargados y angostos que degradan hacia el E. Las dislocaciones, a medida que van hacia el Manchao no se reconocen, posiblemente esto sea debido al más alto grado de metamorfismo ya que los arcos que estimamos corresponden a pliegues del orógeno, son menos manifiestos hacia el N; sin embargo, no excluimos que puedan responder a un particular estilo tectónico.

Aunque se observa cierta transición entre los dominios de Ambato y de Gracián, se puede extender la ladera oriental del primero hasta la dislocación recorrida por un afluente del arroyo El Potrero.

El dominio tectónico Gracián (fig. 4) presenta numerosas fallas que siguen las direcciones regionales, las que delimitan pequeños bloques alargados NNW-SSE volcados hacia el E, cortados casi normalmente por fracturas muy numerosas igualmente definidas, regularmente distanciadas y continuas a través de todos los bloques. Además, Gracián ofrece también numerosas fracturas de dirección NW-SE y NE-SW, todo lo cual conforma un enrejado que al facilitar el desarrollo de los procesos de erosión determinan una morfología particular que recuerda a la que B. Choubert (1957) designó como en *cloqué* para la formación Bonidoro de la Guiana, y por analogía ya empleado, por uno de nosotros en un trabajo anterior (Pasotti, 1972) (fig. 7).

La densidad de este enrejado de fracturas se hace menos nítida a medida que avanza hacia el N. Es probable que su mayor frecuencia en la parte austral de Gracián esté en relación con el mayor levantamiento de Ancasti, evidenciado esto último por el más alto alcance del salto de su geofractura con respecto a la de la sierra de Guayamba; en otras palabras, podría deberse a una mayor compresión asociada al carácter inverso de la dislocación.

En el extremo meridional del dominio Gracián hay algunos bloques de forma triangular con vértice hacia el N que deben haber descendido y basculado hacia el S dando lugar a áreas que favorecen las instalaciones humanas, tal como en el río del Valle. (fig. 4).

Gracián s. I. posee intrusiones magmáticas de rocas graníticas de mucho menor volumen que Ambato. Notable por su morfología es la que constituye la Cumbre de Balcozna que se presenta como un plano inclinado de marcada uniformidad (fig. 8) en el que las precipitaciones han apenas esculpido con someras incisiones que avenan hacia el colector principal con una velocidad mayor a la de los cursos que surcan por el modelado en *cloqué* (fig. 7) en el que se halla como engarzado.

Tales afloramientos son también importantes del punto de vista de su aplicación en obras de ingeniería.

Hacia el septentrión esas rocas, a causa de la mayor influencia del clima húmedo del área tucumana, por intemperización *in situ* se presenta

como *geest*. Esto posibilita contar con material arenoso en áreas de los troncos superiores de los cursos de agua en los que, lógicamente, se carece de ese material para obras.

El dominio tectónico de Ancasti, como ya dijimos, se caracteriza por el bandeado muy evidente que se hace más notorio en la parte oriental del bloque y que lo es menos hacia el W y S al ser remplazado gradualmente por algunos rasgos del dominio tectónico Gracián. Posee, sin embargo, otros que le son propios: líneas de fracturas trasversales a dicho bandeado con distintos rumbos, algunas de las cuales se extienden a la franja del modelado de Gracián sobrepuesto.

De acuerdo con lo observado megascópicamente se puede intentar una interpretación sobre la sucesión de la fracturación y fallamiento en el anfiteatro de Catamarca. Las fracturas de menor jerarquía que aparecen como un sistema conjugado que facilitó la formación del cloqué en la sierra de Gracián, serían las primeras. Esto puede haberse producido previo al proceso de levantamiento del bloque, dado que los mismos rumbos se observan en la franja del dominio Gracián sobrepuesto al de Ancasti. Posteriormente se originaron las fracturas de mayor trascendencia WSW—FNE y las W—E, ya que cortan a las anteriores y a las que se las puede seguir a través de todo el dominio tectónico Gracián, a excepción de los rasgos del mismo sobre Ancasti, o sea esos sistemas de fracturas no pasan a esta sierra.

Por las evidencias del carácter compresivo de los esfuerzos, es probable que las fracturas de mayor longitud de rumbo NNW—SSE casi perpendiculares a las anteriores, les sean sincrónicas. Estas últimas fueron reactivadas en el Terciario y dieron origen a los sucesivos cordones en que está subdividido el dominio tectónico Gracián s. 1., o sea del Colorado, Gracián s.s., Fariñango, etc.

La fracturación que se observa en Ancasti, de rumbo variado y trasversal al bandeado (fig. 6), pudo ser contemporánea a las últimas citadas, cuando reactivadas; sus rasgos responden a la estructura y litología del actual bloque de la sierra la que, por lo expuesto anteriormente y por lo que expresaremos más adelante, debe haberse comportado de manera distinta ante las presiones a que ha sido sometida.

NIVELES DE EROSION

En el fondo de los valles se han conservado sedimentos del Terciario nivelados o aplanados por la erosión (glacis). Se destaca la presencia de dos de ellos, y dado que las capas sedimentarias están inclinadas, puede considerarse como glacis monoclinales (fig. 9).

En nuestro caso, puesto que no nos encontramos en una zona semidesértica, ni de clima mediterráneo, o de clima tropical, o con estación seca prolongada, ellos constituyen paleoformas que se explican por condiciones climáticas más secas que las de hoy, durante las cuales se desarrollaron dichos niveles por erosión mantiforme. El más bajo, conservando sus rasgos, está encajonado, de lo que surge que habría habido aumento de la humedad dado que se encuentra en todo el área. Ambos fueron posterior-

mente modelados en colinas o lomas, a veces lobuladas, con bordes redondeados; en los valles longitudinales se le adosan al pie en algunos casos, terrazas holocénicas las que pueden estar directamente apoyadas sobre el precámbrico¹; en otros se observa solamente una.

La morfología descrita está enmascarada por la cubierta arbórea o por los cultivos, pero se reconoce por el diferente diseño de los cursos de agua ya que éstos son menos numerosos que en las laderas a causa de las distintas texturas y permeabilidad de las rocas metamórficas y sedimentarias (fig. 10 T y C), éstas, como vimos, son del Cuartario y se caracterizan por ser limos fluviales pero especialmente eólicos.

Las sedimentitas del Terciario corresponden a areniscas de variada granulometría y grado de cementación que pueden utilizarse en obras; hay también limos y arcillas. Entre éstas debe tenerse en cuenta una de color verde-grisáceo claro muy expansiva, que en contacto con el agua aumenta tres a cuatro veces su volumen separándose como escamas cóncavo-convexas; cuando se secan el cuarteamiento no es el conocido de las arcillas, sino con tendencia a esferoidal. Esto y el color, ayudan a su reconocimiento en el terreno. Corresponden a protochlorita (información verbal de G. Cetrángolo). Donde los caminos cortan sus bancos, ellos se vuelven muy resbaladizos con las lluvias: son los "jaboncillos", según denominación lugareña.

Otro aspecto importante de las sedimentitas del Terciario, es que por su presencia en plena zona montañosa constituida sólo por rocas del basamento cristalino, se puede contar con arcilla para la construcción de diques de tierra, sin mayores gastos para su acarreo hasta las obras. El dique de Las Piriquitas es un ejemplo, pues el yacimiento del que se extrajo el material se halla a corta distancia de la obra.

Cuando los limos y loess del Cuartario asientan sobre esas arcillas, pueden producirse pequeños deslizamientos, pero sólo si la potencia de aquéllos es de unos pocos metros. Esto es de importancia en los estudios de trazados de caminos, y debe prestársele particular atención (fig. 11).

REDES HIDROGRAFICAS

Rasgos geomorfológicos.

La utilidad que nos han prestado las redes hidrográficas en la interpretación de la tectónica ha sido muy grande, sin desdeñar su importancia como indicadora de sus diseños particulares en la morfología y litología. Los cursos de agua que vamos a tomar como modelos de redes, no son los de mayor jerarquía ya que estos últimos, colectores principales o sus más importantes afluentes, aunque condicionados por la tectónica no reflejan

1. No es nuestra intención, por ser este trabajo destinado también a los técnicos, entrar en el arduo y discutido tema de las denominaciones, subdivisiones, etc. de los tiempos anteriores al Paleozoico. Esto ha sido tratado y analizado por especialistas y por Subcomisiones y Comités *ad-hoc*, sin haberse aproximado a una unánime aceptación (Rankama, 1970).

Utilizamos el de Precámbrico no obstante habérselo considerado como nombre "desafortunado". Con él se entiende que abarca al Arcaico (Precámbrico temprano) y al Proterozoico (Precámbrico tardío).

las estructuras particulares de cada dominio de una manera realmente expresiva.

En Ambato la falda occidental posee una red desarrollada sobre el plano de falla erosionado; no hay disposición estructural y presenta los rasgos típicos de torrentes que dan modelos asociados a abanico aluvial (fig. 12). En la oriental las redes son de textura gruesa pues constan de pocos cursos en valles angostos y profundos; no hay condicionamientos marcados generales, salvo los litológicos que son indicativos de rocas metamórficas y de intrusivas. Los lineamientos principales siguen la dirección NNW-SSE. Son pocos cursos, pero bien desarrollados; hay por lo tanto reducida densidad de avenamiento. En nuestra área la mayor es la del río de Las Trancas, le sigue en ese aspecto la del río Ambato (fig. 13).

Las cumbres, de rocas graníticas, están menos disectadas por los cursos de agua ya que la pendiente es menor (convexidad) y de poca extensión, por otra parte las precipitaciones son principalmente de carácter plástico. El encajamiento que presentan los cursos están asociados a varios factores: altitud, fuerte pendiente, condiciones climáticas y escasa vegetación. De esas características, de la de la pendiente y la de la poca permeabilidad de las rocas derivan el alcance del caudal, la velocidad del avenamiento y el gran volumen de material de arrastre que consta de bloques rodados que pueden alcanzar notable tamaño.

De todo lo brevemente indicado vemos que las redes están formadas por pocos cursos que no poseen orientación especial, en el sentido de ser dirigidos por algún factor tectónico o bien litológico, es decir que no hay lineamientos que se repitan. Al acercarse al valle longitudinal se vuelven más nutridas al entrar en el modelado en cloqué (fig. 13). Ya en dicho valle y antes de penetrar en el cajón que corta transversalmente a la sierra de Fariñango, por la súbita pérdida de pendiente deposita el material de arrastre, que es el que niveló en buena medida el fondo y permitió el asentamiento humano de El Rodeo. Al salir del cajón en La Puerta, el caudal sólido es notablemente de menor alcance.

En el dominio Gracián las redes están regidas por la intensa fracturación y también por la litología, lo que se refleja en dos formas distintas. En unos casos (fig. 14a) la red típica presenta numerosísimas sinuosidades que llegan a ser verdaderos meandros encajonados de pequeños radios de curvatura, lo que se traduce en el modelado *cloqué*. En otros (fig. 14 b) perteneciente al sector meridional que es el más densamente fracturado, la red asume características similares al diseño anterior, pero al ajustarse al fracturamiento, adquiere además el modelo ortogonal.

En el dominio Gracián s.s., quedan contados relictos, en la planicie preterciaria, constituidos por limos del Cuartario. Toda la ladera presenta modelado en cloqué, que es precisamente el que da lugar al escurrimiento y modelo de red particular, propio. Los cursos raramente confluyen, por lo que no es común el modelo dendrítico, por eso no los hay de mayor caudal sino que son breves, paralelos entre sí y terminan casi ortogonalmente al colector principal, que es el que ocupa el fondo de los valles longitudinales formados por dislocación (fig. 13 a). Se tiene así un aporte de caudal aproximadamente del mismo alcance a lo largo de todo el colector.

En la franja más elevada de Ancasti se hallan remanentes, relictos, de

la peniplanicie precálchaquense cubiertos por limos del Cuartario, los que también evidencian su influencia litológica en los cursos que allí nacen: son cárcavas encajadas, bordeadas por numerosos y cortos hilos de erosión hacia el eje, con aspecto de bárbulas en las aerofotografías. Descendiendo la ladera tenemos el modelo que caracteriza a Gracián, el cloqué. Este obliga a los cursos de agua a trazar las típicas sucesiones ininterrumpidas de meandros de pequeño radio de curvatura, pero aquí aquellos pueden confluír y originar un modelo de red dendrítica. Paulatinamente el cloqué va desapareciendo para ser sustituido por el bandeado que es perpendicular a la pendiente. Esto influye sobre el escurrimiento de las aguas de lluvia y de las encauzadas por cuanto detienen a las primeras en cada hondonada para luego dejarlas avenar según isohipsas, de lo cual resultan reducidas velocidad y erosión. Son cursos breves, de poco caudal y poco material de arrastre que aportan a los colectores principales a lo largo de todo el curso de éstos sobre ambas márgenes (fig. 15), o sea N-S y S-N.

Se le suma el rasgo determinado por las fracturas que cortan al bandeado con distintos rumbos. En ellos la velocidad es mayor, así como más fácil el arrastre del material detrítico. Sea un ejemplo el arroyo Ancasti que corre por una de esas fracturas lo que explica su trazado recto de rumbo W 30°N y el de los afluentes, por ejemplo el de La Cancha (N 10°W), y en otros S 10°E. Según Rigal, en todos los casos se repiten esas dos direcciones, "las primeras coinciden con la principal y más frecuentes hendiduras de las rocas, las segundas con la dirección general de la esquistosidad". Hay pues un fuerte y evidente control estructural que se expresa en un modelo angular.

En las cabeceras del arroyo Ancasti, por la pendiente más pronunciada el material de arrastre es de mayores proporciones, lo que no es así donde la inclinación es reducida.

Según Rigal, en los cursos de las hondonadas del bandeado puede haber niveles terrazados cubiertos por material detrítico fino, especialmente arenoso, mientras que en los cauces hay arena gruesa y gravilla. La grava es escasa.

En síntesis, una red hidrográfica de la sierra de Ancasti presenta sucesivamente un modelado sobre los limos holocénicos, luego otro, el del dominio Gracián, y por último el propio de Ancasti. Esto constituye un claro ejemplo del control litológico al que se le suma el estructural.

Dijimos que dos fracturas mayores cortan al bloque de Fariñango. De ellas se han valido sendos cursos de agua que las recorren; el más septentrional es el río de Las Trancas que entra en el bloque en Las Juntas y termina en el río de Los Puestos aguas arriba de Colpe, que es donde se inicia el río del Valle; el otro es el Ambato que entra en la otra fractura en el Rodeo y sale en La Puerta engrosando también al del Valle. Gracias a estos dos aportes, éste adquiere un caudal que permitió y justifica se lo haya embalsado con el dique de Las Pirquitas.

Esos dos ríos, en otros tiempos deben haber fluído hacia el S alimentando a un curso de rumbo al meridión, del que hoy quedaría sólo el tramo inferior (fig. 3 en el ángulo inferior izquierdo), que es el río El Tala, el que cerca de la capital de la Provincia toma el nombre de Ongolí. Aquellas desviaciones, como ya sugerimos, pueden responder a procesos de captura.

Por su parte el río de Los Puestos nace en los Altos de Singuil. Del

mismo modo que Loma Atravesada del valle del Paclín es divisoria de aguas entre las que avenan hacia el sur integrando la red del Paclín y las del Balcozna que forman la del San Ignacio que se pierde en la zona llana tucumana, los Altos de Singuil hacen lo propio entre las del río del Valle (hacia el sur) y las del Singuil (hacia el N), que alimentan las del río Marapa embalsado por el dique de Escaba.

Presentan idéntica morfología: las precipitaciones encauzadas que escurren en las quebradas incididas en el basamento cristalino que forma las laderas de la Cumbre de Balcozna por el E y la sierra de Humaya por el W, al llegar al fondo del valle uno de los cursos gira en ángulo recto hacia el sur, el que le sigue inmediatamente al norte, hace lo mismo pero hacia el septentrión. Esto hace suponer que también en este caso las aguas del tronco superior del Singuil de hoy formaban el primer tramo de la red del río del Valle y que del mismo modo que para el Balcozna, por captura fue obligado a trazar el típico arco con el que rodea al bloque tectónico conocido como Silleta de Las Higueras. Los rasgos que indican ese proceso son algunos de los clásicos que hemos reconocido para el río Balcozna (Pasotti, 1972).

El diseño que trazan las lluvias en el basamento cristalino de las laderas occidentales de las sierras de Ancasti y de Gracián *s. l.*, es el paralelo, lo que se debe a las marcadas regularidad y pendiente de esos flancos.

Las lluvias convergen con afluentes cortos y rectos hacia el surco que ocupa el eje de los numerosos pero poco profundos valles en V (quebradas), formando ángulos agudos hacia aguas arriba (fig. 10 P).

Al penetrar en las sedimentitas del Terciario sobre las que se labraron los niveles de erosión, se tiene concentración del avenamiento pues en él se unen entre sí las que bajan por las quebradas, y dibujan meandros bien definidos pero pequeños; sus tributarios, también reducidos en número e igual morfología, corren entre laderas suaves lo que da valles proporcionalmente amplios (fig. 10 T). Cuando las lluvias corren en los limos loessoides del Cuartario, labran profundas cárcavas con en sus bordes superiores numerosísimas y someras incisiones que en las aerofotografías aparecen como bárbulas (fig. 10 C), rasgo que desaparece cuando su potencia es de contados metros, influyendo entonces la roca subyacente. Por ejemplo el del dominio Gracián en la sierra del Colorado, así como donde aquél se adosa y "asciende" a la de Ambato.

Esa sucesión no es absolutamente constante y tal como la hemos indicado. Son ejemplos los Altos de Singuil y Loma Atravesada, (situadas a la misma latitud), en las que vemos que los cursos se inician con el diseño de las cárcavas, o sea surcos con bárbulas, a las que sigue el trazado con los meandros típicos del Terciario cuando el espesor de aquéllos disminuye (fig. 16).

De un modo distinto se presentan los afluentes sobre la margen izquierda del río de Los Puestos que descienden de la ladera occidental abrupta de la Cumbre de Balcozna. En ellos al modelo de los cursos del basamento cristalino (fig. 10 P), suceden surcos con bárbulas por cuanto el espesor de los limos del Cuartario que cubre al Terciario subyacente o al mismo cristalino, impiden que éstos influyan sobre el modelado.

Esta expresión de geomorfología es muy valiosa tanto del punto de vista de la geología pura como de la aplicada. Debe tenérsela especialmente

en cuenta en los estudios de trazados de vías de comunicación, en particular modo donde, como hemos comprobado en Loma Atravesada, la intensificación de los cultivos (maíz para el caso citado) ha acelerado la erosión en esos sedimentos marcadamente sueltos lo que, además, acrecienta el caudal sólido transportado por los cursos de agua.

Rasgos morfométricos.

Asociado a nuestro planteo de considerar las diferentes características de Ambato, Gracián y Ancasti, se han elegido cuencas hidrográficas ubicadas en cada una de las sierras nombradas con el objeto de destacar diferentes características morfométricas de las mismas. Dado que contamos solamente con cartas topográficas del I.G.M. de un pequeño sector del área estudiada, se tomaron de ellas las cuencas (fig. 17, 18 y 19) y los datos utilizados, para la caracterización morfométrica, complementando así los rasgos morfológicos analizados en cada dominio tectónico.

La necesidad de contar con una descripción precisa de la geometría de las formas terrestres, ha sido y es un tema de importancia en Geomorfología, por eso dentro del mismo se enfatizó la búsqueda de la unidad real en la cual se pudieran extraer los datos para organizarlos y analizarlos.

Esos rasgos de unidad tanto en su geometría como en los procesos que se desarrollan, se encontraron en la cuenca hidrográfica, hecho que ya fuera reconocido en el siglo pasado por Playfair. Esta unidad topográfica, hidráulica e hidrológica fue tomada como base por Horton (1945) fundándose en que es una unidad topográfica claramente definida, conveniente y bien limitada que se presenta en una jerarquía de tamaños que encajan uno con otro sobre la base del ordenamiento de los cursos de agua (Chorley, 1969).

Además, sobre la base del análisis dimensional (Strahler, 1958), y la similitud geométrica, es posible comparar las cuencas hidrográficas independientemente de su tamaño, utilizando relaciones que mantienen correspondencia geométrica. En estos casos todos los números y relaciones adimensionales, si pertenecen a sistemas geométricos similares, deben ser iguales. Los estudios realizados en cuencas reales ubicadas en diferentes regiones han demostrado que la similitud geométrica se aproxima mucho en áreas de homogeneidad geológica considerando valores medios, mientras que las comparaciones realizadas en áreas donde no existe tal homogeneidad geológica muestran falta de similitud.

Este método de trabajo es importante para sintetizar el análisis y disponer de información útil para la obtención de ecuaciones racionales que relacionan propiedades geomórficas con los factores que las controlan, u otros con los que muestran una regresión significativa.

Es también útil, tal como lo utilizaremos aquí, para mostrar diferencias que se presentan en Ambato, Gracián y Ancasti, expresadas por un conjunto de atributos precisos, que marcan en cierta medida, aspectos distintivos de la evolución de los dominios tectónicos que se reflejan en sus rasgos morfológicos.

Procederemos a definir los índices que se utilizarán en este breve análisis morfométrico siguiendo a Strahler (1968) y Schumm (1956).

El ordenamiento de la cuenca sigue el sistema propuesto por Horton

(1945) modificado por Strahler, (fig. 17, 18 y 19) que tomando el mapa de la cuenca, asigna a los tributarios menores el orden 1; cuando dos canales de orden 1 se juntan dan uno de orden 2; cuando dos de orden 2 se juntan dan uno de orden 3 y así sucesivamente. De esta manera el curso principal que se considera es el de mayor orden. Cualquier utilidad de esta clasificación está basada en que en promedio, tomándose un número de casos suficientemente grande, el número de orden es proporcional a las dimensiones relativas de la cuenca, de los cursos y al caudal que corresponde a cada lugar dentro del sistema.

La ley que relaciona el número de los cursos, puede enunciarse así: "En una cuenca el número de segmentos de cursos de sucesivos órdenes menores tienden a formar una serie geométrica que comienza con el único segmento de orden superior y se va incrementando de acuerdo con una constante dada por la relación de bifurcación". Su expresión matemática es:

$$N_u = R_b (m - u)$$

N_u : número de segmentos de orden u .

R_b : relación de bifurcación.

u : orden

m : orden del curso principal.

Los gráficos realizados en escala semilogarítmica tienden a dar una recta. Es de destacar que su autor, Horton (1945, pág. 303), sugiere que la existencia de desviaciones significativas puede atribuirse, en general, a los efectos del control geológico, ya que la ley se considera de cumplimiento normal.

En nuestro caso se ha comprobado el cumplimiento de la ley que relaciona el número de cursos con el orden, con el mejor ajuste observado para la red del dominio Ambato siguiéndola el del arroyo Río de la Plata y el arroyo San Lorenzo; el arroyo La Estanzuela es el de menor ajuste relativo y un detalle es el mayor número de cursos de primer orden que relativamente presenta, (fig. 20 y 21).

La relación de bifurcación R_b está dada por la relación entre el número total de cursos de un orden dado, con respecto al número total de cursos del orden siguiente superior.

Debido a irregularidades, las relaciones de bifurcación entre pares de órdenes sucesivos difieren, incluso dentro de la misma cuenca, y a pesar de que el cumplimiento de la serie geométrica sea efectivo. Para manejar un valor representativo de R_b , Strahler (1953), citado por Schumm (1956), utilizó un valor medio ponderado que obtiene multiplicando el valor de R_b para cada par de órdenes sucesivos por el número total de cursos que intervienen en cada relación, para tomar luego el promedio de la suma de aquellos valores; esta forma de cálculo es la que hemos aplicado.

Los valores de R_b varían entre 3.0 y 5.0 para cuencas en las que la estructura geológica no deforma el modelo de drenaje. Dado que R_b es una propiedad adimensional y que los sistemas de avenamiento desarrollados en materiales homogéneos, tienden a poseer similitud geométrica, no es sorprendente que la relación de bifurcación muestre pequeñas variaciones de región en región. Valores anormalmente altos pueden encontrarse en áreas donde la estructura permite la formación de valles subsecuentes alargados, como ser el caso de rocas estratificadas con elevado buzamiento

y donde el curso principal subsecuente esté confinado entre "hogbacks".

En el sector estudiado, también las variaciones son pequeñas, (tabla I), estando la red considerada sobre Ambato dentro del intervalo señalado, mientras las redes sobre Ancasti, arroyos Río de la Plata y Estanzuela y la red del arroyo San Lorenzo, se encuentran prácticamente en el extremo superior indicado.

Un valor promedio de R_b (Strahler, 1968), también se puede obtener tomando la pendiente de la recta de ajuste correspondiente a la regresión del logaritmo de los números (ordenadas) con el orden (abscisas). El coeficiente de regresión es idéntico al logaritmo de R_b . En nuestro caso vale para el afluente arroyo La Loma, arroyos San Lorenzo, La Estanzuela y Río de la Plata, -4.77 -5.04 -4.84 y 5.02 respectivamente. La discrepancia observada para las dos últimas redes, se debe al número de segmentos de orden 1 relativamente grandes, que se ponen en evidencia al utilizar el valor medio ponderado (Schumm, 1956) para calcular R_b .

La forma de la cuenca se ha expresado comparando el área de proyección de la misma sobre el plano horizontal con el área del círculo que tiene el mismo perímetro, por analogía con la petrografía sedimentaria, en el que un índice parecido se utiliza para describir el redondeamiento de partículas.

Este método tiene algunas desventajas ya que muy pocas cuencas se aproximan a la forma circular, por lo que una relación numérica con el círculo da una visión imprecisa de la forma real.

Seguiremos a Chorley, Malm y Pogorzelski (1957) los que de acuerdo con las descripciones dadas sobre las formas de las cuencas como ser "forma de lágrima o pera", consideraron que la más adaptable parece ser un lazo o pétalo de la lemniscata. Utilizan dos valores relacionados con ellas: k , que es una expresión que relaciona la longitud máxima y el ancho máximo de la cuenca, el que puede reflejar influencias de carácter estructural, y la relación $\frac{P}{P_m}$ entre el perímetro de la cuenca real (P_m) y el de la lemniscata correspondiente con el que se precisa el grado de ajuste entre ambas formas.

Se debe tener en cuenta que $k = 1$ para el círculo y ello significa que cuanto más alargada es la cuenca, mayor será ese coeficiente.

Así, en el caso de la red afluente del arroyo La Loma $k = 1.85$, el arroyo La Estanzuela y el arroyo Río de la Plata son $k = 2.57$ y 2.47 respectivamente, mientras que para la cuenca del arroyo San Lorenzo $k = 4.44$; es notorio el mayor alargamiento ligado a la clara influencia de la estructura sobre la forma de la última cuenca nombrada.

Los valores de $\frac{P}{P_m}$ son un complemento, se tiene 0.82 para la red de Ambato y 0.85 para la red de Gracián y para las dos redes tomadas sobre Ancasti. La Estanzuela 0.73 y 0.79 para el arroyo Río de la Plata. Estas dos últimas expresan un menor ajuste, quizás vinculado con su particular estructura que denominamos "bandeado" dado el aspecto que presenta en los mosaicos.

Quando se emplea el término "relieve" se está indicando la diferencia en elevación entre puntos de referencia. Hay varias maneras de utilizar esta propiedad de las formas. utilizaremos la "amplitud de relieve" o "relieve máximo" H , que es simplemente la diferencia entre el punto más alto y el más bajo. Para el máximo relieve de la cuenca se toma el punto más alto

sobre la divisoria y el correspondiente a la desembocadura; los valores del relieve indican la energía potencial disponible para el sistema de avenamiento.

Como es importante relacionar los valores del relieve con las distancias horizontales correspondientes, se ha tomado la "relación de relieve" R_h (Schumm, 1956), propiedad adimensional que es igual a H dividido por la distancia horizontal L correspondiente a la longitud mayor de la cuenca paralela al curso principal.

Es necesario también conocer la posición de una cuenca en lo que se relaciona con su altitud, ya que aunque se tengan H y R_h iguales, distintas altitudes se pueden asociar con diferencias en el tipo y cantidad de precipitaciones, en las temperaturas, en el tipo de la vegetación, en las características e intensidad de los procesos de meteorización y en el balance hídrico. De aquí que se tendrán diferencias tanto en las características del escurrimiento como en la morfología de la cuenca.

Con este objeto se utilizará la "altitud media" A , la que se obtiene integrando gráficamente el área de la curva elevación-distancia correspondiente y dividiendo este valor por la longitud del curso principal (fig. 22, 23, 24 y 25) Golding y Low (1960).

Considerando los índices mencionados (tabla I), es notoriamente distinta la red tomada sobre Ambato ($A_m = 1322$ m., $H = 2437$, $R_h = 0.24$) y las tres restantes que son de un rango similar aunque con diferencias entre las cuencas correspondientes a Ancasti y la tomada sobre Gracián.

El análisis de las pendientes y su representación ha sido un tema ampliamente investigado, particularmente por los geomorfólogos norteamericanos y últimamente por los británicos.

El cálculo del gradiente de una pendiente es algo sencillo de realizar a nivel puntual. Sin embargo, el cálculo de los valores de "pendiente promedio" así como su representación particularmente en áreas de relieve energético, presenta el problema derivado de las limitaciones propias del método empleado como así también el de ser excesivamente laborioso.

Se utilizó el método propuesto por S. Finsterwalder en 1890, citado por Monkhouse y Wilkinson (1971, pág. 134), el que ha sido recomendado por Tricart y Muslin (1951); el mismo involucra el medir con curvímetero la longitud de todas las curvas de nivel de la cuenca, multiplicarla por la equidistancia, dividirla por el área de la misma, se obtiene así el seno del ángulo que indica la "pendiente promedio".

Otra manera de expresar las características de las pendientes de una cuenca, es a través de la "curva de pendientes medias" (Strahler 1952, p. 1125).

El problema está en determinar la pendiente promedio de cada faja de terreno que se encuentra entre curvas de nivel sucesivas. La pendiente media de cada faja será el ángulo cuya tangente está dada por la equidistancia dividida por el ancho medio de cada faja. Los datos obtenidos se grafican desde el punto más elevado hasta la desembocadura del curso principal, obteniéndose de ese modo la "curva de pendientes medias" reales de la cuenca (fig. 26, 27, 28 y 29). Las mismas diferirán de acuerdo con los rasgos geológicos y las características propias del sistema de avenamiento.

TABLA I: CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS DE LAS REDES

INDICES Nombre de la red	Area S (Km ²)	Orden del curso principal u	Relación de bifurcación Rb	Forma de la cuenca		Altitud media Am (m)	Amplitud del relieve H (m)	Relación de relieve Rh	Pendiente promedio θ (°)	Gradiente del curso principal G (%)	Integral hipsométrica IH (%)	Densidad de drenaje Dd ($\frac{Km}{Km^2}$)	Frecuencia de drenaje Fd ($\frac{N^{\circ}}{Km^2}$)
				k	$\frac{P}{Pm}$								
Afluente del arroyo La Loma (AMBATO)	42,35	4	4,77	1,85	0,814	1,322	2,437	0,24	21	17,0	53,5	1,85	2,17
Arroyo San Lorenzo (GRACIAN)	34,7	4	5,04	4,44	0,854	671,6	1,363	0,10	24	5,0	50,3	2,51	3,80
Arroyo La Estanzuela (ANCASTI)	44,0	5	4,84	2,57	0,727	503	800	0,07	12	4,9	55,4	3,02	5,39
Arroyo Río de la Plata (ANCASTI)	71,5	5	5,02	2,47	0,788	476	850	0,06	11	4,2	51,9	2,46	3,64

Esta "curva de pendientes medias" difiere de la curva hipsométrica que trataremos más adelante; utiliza valores absolutos y permite observar la distribución de la pendiente con relación a la altura.

En la fig. 26 el gráfico de la cuenca del afluente del arroyo La Loma (Ambato) muestra, luego del abrupto inicio en una pequeña dimensión, un perfil de forma convexa, quiebres de pendiente y un aumento en el ángulo de las mismas en su parte final; su valor promedio es de aproximadamente 21°.

Los gráficos de los arroyos Río de la Plata y Estanzuela (Ancasti) (fig. 27, 28) presentan rasgos muy similares de tender a la uniformidad, con una ligera convexidad y siendo sus valores promedio de 11° y 12° respectivamente.

El arroyo San Lorenzo (Gracián) (fig. 29) muestra en su gráfico rasgos de convexidad, pero manteniendo valores relativamente altos y uniformes desde los 1500 m de altura, lo que se traduce en el mayor valor de la pendiente promedio 24° de las redes analizadas.

La pendiente del curso principal de cada cuenca es otra característica física de gran significancia. La forma más simple de expresarla es con la relación entre la diferencia de alturas de sus puntos extremos y la longitud del curso. En este trabajo adoptamos como pendiente del curso principal la que se obtiene dividiendo el doble de la altura media correspondiente al perfil longitudinal del curso, por la longitud del canal principal. (Golding y Low, 1960).

Analizados los perfiles longitudinales (fig. 22, 23, 24 y 25) se observan las distintas pendientes que presentan los cursos de agua principales; los gradientes correspondientes G se indican en tabla I.

El perfil del afluente del arroyo La Loma (fig. 25) está lejos de asemejarse al clásico perfil de equilibrio; una parte superior ligeramente convexa ligada a un área de escurrimiento predominante en manto, seguida por un sector medio con pendiente relativamente uniforme y con rasgos de perceptible concavidad en su tramo final.

En promedio posee un gradiente del 17% (aprox. 9° 38'), el mayor de los cursos considerados. De los 2300 a 2700 metros y desde 3300 a 3600 metros se ponen de manifiesto quiebres de pendiente con aumentos del gradiente, vinculados probablemente con lineamientos estructurales.

El perfil longitudinal del arroyo San Lorenzo (fig. 22) posee una marcada uniformidad, ligeramente cóncava, con un gradiente del 5% (aprox. 2° 52'), valor relativamente bajo si se compara con la media de la cuenca (24°). El eje fluvial principal es subsecuente en relación con un lineamiento de falla de dirección submeridional y el cambio de rumbo de casi 90° asociado también a otro lineamiento, se manifiesta en el perfil con un quiebre de pendiente en la cota 800 metros, con aumento del gradiente hasta los 700 metros.

Los perfiles longitudinales de los arroyos La Estanzuela (fig. 23) y Río de La Plata (fig. 24) presentan características muy similares, de la que se destaca su uniformidad con gradientes de 4.9% (aproximadamente 2° 48') y 4.2% (2° 24') respectivamente. Como rasgo diferencial de interés, el arroyo Río de la Plata presenta a los 1400 metros un quiebre de pendiente con aumento del gradiente hasta los 1300 metros que puede

asociarse con lineamientos de falla rumbo E—W que se observan a partir de esas cotas y que constituyen uno de los elementos que la diferencian del perfil del arroyo La Estanzuela, además en coincidencia con este rasgo se observa en el mosaico un lineamiento de fractura de rumbo SSW—NNE que también afecta el perfil longitudinal del afluente denominado Arroyo de la Trilla.

La curva hipsométrica permite obtener valores que reflejan un aspecto tridimensional de la cuenca (Strahler, 1952) (fig. 30, 31, 32 y 33).

En ordenadas se colocan los valores correspondientes a diferentes alturas de la cuenca relacionados a la altura máxima de la misma y en abscisas la del área que está por encima de una curva de nivel dada, en relación al área total de la cuenca. De esta forma se conoce la distribución de masa desde arriba hacia abajo. El utilizar valores relativos (porcentuales) permite comparar las curvas de diferentes cuencas prescindiendo de los valores absolutos.

De acuerdo con Strahler (1957), algunos atributos de la curva hipsométrica son medibles y pueden ser utilizados con propósitos comparativos; ellos incluyen la integral hipsométrica (área relativa que yace bajo la curva), la pendiente de la curva en su punto de inflexión y el grado de sinuosidad de la misma. La curva tiene normalmente una forma sigmoidal, cóncava hacia arriba en la parte superior y convexa en la parte baja; el grado de sinuosidad es muy variable lo mismo que la pendiente de la curva en el punto de inflexión. El característico aumento de la pendiente en los extremos de la curva hipsométrica se explica por la disminución de la longitud de las isohipsas en esas áreas.

Los valores de las integrales hipsométricas son indicativos, de acuerdo a Strahler (1952), del estado de equilibrio (steady state = madurez, no en el estricto sentido Davisiano) para valores entre 35% y 60%. También sugiere que los valores relativamente altos dentro de aquel rango pueden relacionarse con estados de submadurez, que podrían vincularse por extensión en las redes de Ambato y Gracián, con una aceleración de la corrosión y aumento de la pendiente de los cursos que van hacia el este inducidos por basculamiento general de los bloques.

Cuando las curvas presentan variaciones, ya sea por apartarse de las teóricas o por presentar más de un punto de inflexión, ello se puede relacionar con controles estructurales.

Esto último se observa en las curvas del arroyo San Lorenzo (Gracián) (fig. 30) y en los arroyos Río de la Plata (fig. 31) y Estanzuela (Ancasti) (fig. 32), no presentándose para el afluente del arroyo La Loma (Ambato) (fig. 33). Así para el primero de los nombrados los puntos de inflexión que se presentan aproximadamente entre los 1100 y 1300 metros de altitud coinciden con aumento en los ángulos que se observan en las correspondientes curvas de pendientes medias. Los arroyos Río de la Plata y Estanzuela presentan puntos de inflexión entre la altitud aproximada a 1300 y 1500 metros; el primero coincide con un fuerte quiebre de pendiente en el perfil longitudinal del arroyo y presenta también un notorio cambio en el perfil de pendientes medias. El segundo muestra también una asociación similar en el mismo sector, pero mucho menos acentuada quizás en relación al mayor tectonismo relativo ya señalado para la red del arroyo Río de la Plata.

La densidad de drenaje o avenamiento Dd , definida por Horton (1945) como la suma de la longitud de los cursos de todos los órdenes dividida por el área de la cuenca en proyección horizontal, es tal vez el indicador más importante de los rasgos morfológicos.

La denominación descriptiva “drenaje de textura gruesa” cuando se tienen cursos bien espaciados en el área de la cuenca, se asocia a una Dd de bajo valor, mientras cuando se tienen muchos kilómetros de segmentos de cursos en un área igual, se hablará de alto valor de Dd , lo que cualitativamente se expresa como “drenaje de textura fina”.

De Dd es un número de gran importancia en morfometría, al que se relaciona con varios factores como el relieve, grado de cobertura vegetal, tipo de roca, intensidad de las precipitaciones y particularmente con la relación entre escurrimiento superficial e infiltración entre los más destacables.

En general una baja densidad de drenaje se la asocia con áreas donde los materiales son muy resistentes a la erosión o de mucha permeabilidad, donde la cobertura vegetal es densa y el relieve escaso; altos valores de Dd se encontrarán en áreas de materiales débiles, con baja permeabilidad, vegetación escasa y dispersa y un relieve fuerte, enérgico.

La frecuencia de drenaje Fd , está dada por el número de cursos de todo orden de la cuenca, dividida por el área de la misma en proyección horizontal, a este índice se lo suele confundir muchas veces con la Dd ya que ambos están ligados a la “textura” del diseño de la red de avenamiento, aunque cada uno trata aspectos distintos.

La Dd y Fd expresan claramente diferencias entre la red del afluente del arroyo La Loma (1.85 y 2.17) y las correspondientes al arroyo Río de la Plata (2.46 y 3.64); al arroyo La Estanzuela (3.02 y 5.39) y al arroyo San Lorenzo (2.91 y 3.80), como surge de la comparación.

Si se asocian aquellos valores, con los de altitud media A , amplitud del relieve H , relación de relieve Rh y gradiente G , todos en conjunto presentan notorias diferencias entre la cuenca considerada en Ambato y las tomadas sobre Gracián y Ancasti, las que muestran diferencias más pequeñas entre sí.

Los valores mayores de la primera cuenca se compatibilizan perfectamente con los Dd y Fd relativamente más bajos ya que la diferencia en los rasgos morfológicos así expresados, se asocian a los particulares procesos de meteorización y erosión indicados por los valores A , H , Rh y G a los que también debe agregarse la distinta litología.

Las diferencias que en Dd y Fd se observan entre las redes pertenecientes a Ancasti, pueden atribuirse a influencias estructurales; así mayores valores en Dd y Fd del arroyo La Estanzuela pueden deberse a la presencia de lineamientos de falla transversales al “bandeado” en el arroyo Río de la Plata, no observados en la primera lo que quizás aumentaría la capacidad de infiltración relativa en relación a la mayor influencia de la tectónica.

Lo realizado constituye una simple aproximación; un resultado más ajustado y de valor estadístico para la diferenciación se puede lograr tomando un mayor número de cuencas en cada sector para así trabajar con los valores promedio.

En síntesis, los índices vistos nos han permitido expresar rasgos diferenciales de las redes analizadas de manera concreta y precisa utilizando

los elementos morfométricos extraídos de las cartas topográficas. Todo ello combinado con lo observado en los mosaicos aerofotográficos constituyen complemento y apoyo a los objetivos del trabajo.

HISTORIA GEOLOGICA

Expuestas aun sea de un modo general la morfología de las tres sierras, pasaremos al desarrollo geológico empezando por su evolución regional (morfoestructura). Los datos con que contamos no nos permiten intentar la estratigrafía.

De los conceptos conocidos sobre geosinclinales, en especial de nuestro país, y de consideraciones que surgen de nuestro estudio megascópico, procuraremos reconocer los posibles ambientes del ortogeosinclinal del que se habrían originado las sierras.

Dijimos que la zona montañosa que rodea a la ciudad de Catamarca consta de rocas que para la mayoría de los investigadores pertenecen al Precámbrico. Determinaciones geocronológicas de rocas graníticas procedentes de zonas situadas más al W (sierra de Narváz) las ubican entre el Precámbrico superior y el Paleozoico inferior (Halpern y Latorre, 1973); por su parte González y Toselli (1974) establecen la existencia de tres ciclos magmáticos cuyas edades son: cambriodévica, devónica y carbonífera, dispuestos concéntricamente a los que pertenecen rocas que se hallan en las sierras que rodean a la ciudad. Según lo graficado por los autores, el magmatismo de la ladera oriental de Ancasti, que es la que se tipifica claramente por el bandeado, tiene manifestaciones de las dos últimas edades. Dado el hecho al que aludimos brevemente sobre la influencia ejercida por las intrusiones magmáticas sobre el bandeado, surge que éste es por lo menos anterior al devónico.

En dicho estudio no hay referencias sobre Gracián. En cuanto a la sierra de Ambato, en su extremo norte la edad del magmatismo sería del carbonífero.

No sólo en nuestro país los terrenos de esta edad (la precámbrica) carecen de estudios estratigráficos y tectónicos de detalle, y de ello es un ejemplo más la zona de la que nos ocupamos en esta oportunidad.

Tentativamente procuraremos reconocer los ambientes del geosinclinal del que se habrían originado dos de las actuales sierras: Ambato y Gracián. En cuanto a la de El Alto o Ancasti, consideramos que es de edad mayor que las anteriores, que tiene otro tipo de relación con ellas, y que es contemporánea de la de la sierra de Guasayán (con ladera abrupta al E). Por lo que hemos observado, puede haber representado la plataforma del ortogeosinclinal del que habrían tomado origen las dos primeras. Los tres bloques en estudio están omprendidos en las Sierras Pampeanas del Norte o Septentrionales (Caminos, 1968).

Se sabe que las Sierras Pampeanas son bloques tectónicos que se deben a fallamiento, o a reactivación de fallas, lo que aconteció en el lapso, que se extiende desde el comienzo del Pliopleistoceno a nuestros días (Neotectónica). Las fallas regionales son longitudinales y de rumbo general NNW-SSE y se las considera de tipo inverso; son las que generaron frentes

abruptos generalmente al W, que no raramente asumen aspecto de escarpa o rampa tectónica, mientras que al E los planos, o espaldas, son suaves, lo que implica basculamiento o vuelco. El plano de falla puede coincidir con la esquistosidad, pero donde el metamorfismo y el magmatismo lo han borrado en gran escala, esa vinculación es difícil y hasta imposible de establecer.

Antes de exponer el origen y evolución de estas sierras, consideramos oportuno recordar brevemente los fundamentos del procedimiento.

Siguiendo métodos geológicos, un área puede ser estudiada desde varios puntos de vista: estratigráfico, regional, estructural. Esto requiere informaciones que, comparadas, conducen al conocimiento de la evolución geológica en su totalidad, especialmente cuando un área como la nuestra está integrada, tal como admitimos como hipótesis de trabajo, por elementos de edad y relaciones distintas dentro del mismo basamento cristalino que es su único constituyente.

Este método de estudio se conoce como *Geotectónica*, a la que se la define como "una rama de la Geología que estudia y describe sistemáticamente la evolución de la corteza a través del desarrollo de los ciclos geosinclinales sucesivos: tectogénesis y orogénesis, secuencias sedimentarias, geomagmatismo, y episodios estructurales discernibles" (Borrello, 1969). Encara pues el estudio científico de los orógenos y geosinclinales, así como del basamento o plataforma o cratón, integral, sistemática y extensivamente, lo que es aplicable sólo a regiones que tienen desarrollo suficiente en sentido geográfico espacial, tal como es precisamente el sector en estudio. A nuestro entender contaría con los elementos exigidos tales como plataforma y el par mioeugeosinclinal, a los que no es fácil distinguir pues se hallan hoy en área que constituyen el basamento cristalino, de edad precámbrica para la mayoría de los investigadores, de la base del Paleozoico para algunos y proterozoica según los que precisan más el tiempo Precámbrico. Esto último sería probable si tenemos en cuenta la edad de las rocas intrusivas graníticas, tal como citamos más arriba.

Admitimos que el conocimiento del carácter geosinclinal determinado en una zona a la que se la estudia del punto de vista geológico, es fundamental para llevar a cabo investigaciones sistemáticas, tanto aquí como en toda parte de de nuestro territorio.

Como concepto, un geosinclinal es una fosa en continua sedimentación en la que se produce un plegamiento que genera una cordillera, la que constituye un orógeno. Pero es imprescindible fijar otro concepto: a los geosinclinales se asocian procesos magmáticos los que pueden producirse durante las distintas etapas sea de la tectogénesis que de la orogénesis, y eso es de fundamental importancia para establecer la edad relativa de los terrenos y del diastrofismo, tal como los fósiles lo son para los terrenos sedimentarios. Ellos vuelven rígidas, cratonizadas, las áreas geosinclinales, hay magmatismo pretectónico, sintectónico, leptotectónico y apotectónico (González B. F., 1950) o postectónico.

Debemos partir pues de un geosinclinal por lo menos anterior al paleozoico que no fue un surco único, sino que fueron varias cuencas que se sucedieron en el espacio y en el tiempo, adosándose unas a otras y desde el oriente al occidente. Esto trae como primera consecuencia que no todas nuestras sierras tienen estrictamente la misma edad y que, en la formación de un geosinclinal pueden haber participado áreas ya parcialmente cratoni-

zadas (casiratonizadas) como así también orógenos, los que por la rigidez adquirida suelen fracturarse y ser surcados por fallas. Aquéllos, y por lo tanto éstos, se emplazaron en el borde W del cratón sudamericano, por lo que serían geosinclinales liminares en el sentido de Auboin (1965), o también cinturón móvil monomarginado de tipo peripacífico, de acuerdo con la tectónica global, a la que no nos vamos a referir en esta oportunidad.

Un ortogeosinclinal consta fundamentalmente de dos partes: el miogeosinclinal cuyas características son, menor profundidad, sedimentación terrígena, estar exento de plegamientos fuertes y carecer de vulcanismo activo; las rocas corresponden a: areniscas (grauvacas y subgrauvacas), lutitas (micáceas carbonosas y calcáreas), calizas (densas silíceas). El eugeosinclinal a su vez se caracteriza por mayor profundidad, gran potencia de acumulación y vulcanismo durante su evolución, plegamiento más fuerte, metamorfismo de carácter regional, gran plutonismo típico de un geosinclinal s.s.. El magmatismo cuenta con un proceso simaico inicial (o sea procede del sima), se trata por ello de rocas ultrabásicas (ofiolitas).

Esta organización empieza a obliterarse al finalizar la subsidencia también por acción del magmatismo, y por este último se puede reconocer lo que también se ha denominado "intérnide", es decir el eugeosinclinal, porque las grandes masas plutónicas tienen cabida sólo en él, así como lo caracteriza el metamorfismo regional que se le asocia durante la evolución de todo el geosinclinal. Sin embargo, ello no es suficiente para borrar totalmente los rasgos que la caracterizan aún en las estructuras más antiguas, pese a lo complejo de la petrología que alcanza su máxima expresión en esas estructuras.

Aplicaremos estos conceptos al área de estudio.

Como ya enunciamos consideramos que la sierra de El Alto o Ancasti constituía la plataforma de un ortogeosinclinal, en cuanto a la de Gracián s. 1. (fig. 34) representaría el miogeosinclinal y Ambato—Manchao el eugeosinclinal (parte de él). La primera es el resultado de la deformación de rocas que fueron plásticas y que corresponden a una anterior orogénesis que, ya dijimos, generó pliegues largos, apretados y paralelos. Esto representaría lo que Belousov (págs. 138) denomina plegamiento continuo, el que luego fue cratonizado e intensamente arrasado. Con posterioridad sobre su borde occidental se formó el ortogeosinclinal a que hemos aludido, pero puesto que este plegamiento no afectó, no implicó a Ancasti, dado que sobre ella no se formaron pliegues por repercusión de aquel plegamiento, consideramos que sí responde al concepto de plataforma (Auboin y Belousov) o cratón (Stille), o "aires continentales" (Haug, 1907). Sería una plataforma de edad proterozoica de evolución completa, en el sentido de Borrello.

Vimos que en una faja longitudinal sobrepuesta al bandeado de Ancasti aparece la textura distintiva de Gracián. Interpretamos esto como el resultado de metamorfismo regional uniforme de rocas sedimentarias que se depositaron sobre la plataforma en tiempos precámbricos (Proterozoico?). Si admitimos que aquélla (Ancasti) constituyó la parte marginal del cratón, quizás pueda haber pasado a la movilidad del geosinclinal. Estaríamos entonces frente a regeneración tectónica (Borrello, 1970).

Por la mayor potencia que esas rocas revelan, constituyen el cuerpo de Gracián s. 1. y por su sobreposición al borde occidental de Ancasti, ella

representaría al miogeosinclinal cuya potencia de acumulación se adelgaza hacia el borde de la cuenca (en este caso hacia el E). Por esta causa, allí el bandeado de Ancasti trasluce e influye sobre el dominio tectónico Gracián (fig. 5) mientras que cuanto más vamos hacia el W al alejarse de la costa y aumentar el espesor de las acumulaciones de lo que pudo ser el miogeosinclinal, la plataforma no es más visible (fig. 4); ella, ya como campo cratonizado, subsistió por lo menos hasta el límite de la sedimentación epiconfidental del geosinclinal.

Ahora bien, si tenemos en cuenta que el surco subsidente de un miogeosinclinal está delimitado por fracturas activas (Perrodon, 1969), una de éstas puede corresponder a la geofractura que corre por el W de Ancasti, con lo que se explicaría la presencia del modelado en *cloqué* de Gracián en la parte más encumbrada de aquélla, cortado y arrastrado hacia arriba al elevarse el bloque.

Estos rasgos megascópicos confirman la interpretación de que Ancasti conjuntamente con Guasayán, habría integrado la plataforma del geosinclinal del que surgió más tarde Gracián. Ya nos hemos referido a las investigaciones de González y Toselli.

En cuanto a Ambato—Manchao, hace que consideremos que puede corresponder al eugeosinclinal. Nos basamos sobre los afloramientos de rocas graníticas cuya génesis puede ser sintectónica. Su gran volumen, magnitud y distribución tienen cabida sólo en un surco profundo tal como es el ambiente eugeosinclinal. También dijimos del metamorfismo no sólo areal sino en su esencia regional, el que a pesar de su fuerte alcance y de la migmatización, permite vislumbrar grandes pliegues y arcos en las rocas encajantes. Esto no deja dudas con respecto al valor del plegamiento de rocas cuyo espesor puede tener lugar con un paulatino aumento de la profundidad.

Para responder totalmente al concepto de eugeosinclinal, nos falta saber de la presencia de rocas ultrabásicas. El desconocimiento de su existencia puede deberse a que no se las ha hallado por el mero hecho de que se carece de búsqueda y estudios de campo, o a que por dislocación según la geofractura que corta por el W a Ambato, se hallen en el occidente en profundidad en la depresión de Pipanaco. Por otra parte si el geosinclinal, tal como lo interpretamos, fuera de la era tectónica Protofídica, del mismo modo que la Puna y la Cordillera Oriental, puede no ser factible el reconocimiento del plutonismo simaico inicial (Borrello, 1969). Tampoco sabemos de manifestaciones de vulcanismo lo que, también para este caso, no significa que Ambato carezca de ellas. Si ambas expresiones del geomagmatismo faltan, no sería un geosinclinal en el sentido de Stille, es decir que la fase geomagmática sería incompleta. Hacia el sur Ambato se hunde en los sedimentos de la zona llana y hacia el N le sigue la sierra de Anconquija (de 5.500 m.s.n.m.) y las Cumbres Calchaquíes en las que el metamorfismo es incipiente. En la primera se tienen pues las mayores sugerencias de un eugeosinclinal.

El estudio de Herrera (1964) sobre pegmatitas del anfiteatro de Catamarca, aporta datos que apoyarían nuestro intento en el reconocimiento de un ortogeosinclinal prepaleozoico (?). Dicho investigador establece en los afloramientos de esas rocas dos tipos bien diferenciados: el uno en las sierras de Ambato, Humaya, Gracián y Fariñango, el otro en la de Ancasti.

En el primero las dimensiones de esas inyecciones, que son tanto concordantes como discordantes con la esquistosidad de la roca de la caja, son relativamente reducidas, la zona externa rica en plagioclasas y son portadoras de mica. En el extremo sur de las de Gracián y Fariñango, se concentran en afloramientos de dos o tres unidades ricas en turmalina. Esto lo hemos visto en cortes del camino a El Rodeo; por la abundancia y tamaño de los cristales no pueden pasar inadvertidos. La presencia de plagioclasas es una de las características más distintivas.

En Ancasti los afloramientos de las pegmatitas alcanzan mayores dimensiones y volumen, carecen de plagioclasas, pero son ricas en berilo. Hay pues una marcada diferencia entre las rocas filoneanas de lo que hemos considerado como plataforma del geosinclinal y las del par mioeugeosinclinal; ellas expresan manifestaciones de distinto plutonismo, es decir que corresponderían a diferentes ciclos geomagnéticos de distintas historias geosinclinales.

El ortogeosinclinal, una vez originado en él el orógeno y haberse cratonizado, o por lo menos semicratonizado, fue sometido a erosión que condujo a una peniplanización que se inició, como es lógico, al formarse la cadena montañosa y terminó en el Terciario antes del Plioceno puesto que sobre ella descansan sedimentos de ese período, que se comprenden bajo la denominación de Calchaquense y Yocahuilense (Castellanos, 1956).

En el Terciario se eleva la cordillera de los Andes y las fuerzas de compresión afectan las zonas cratonizadas situadas al oriente. A raíz de esto, a lo largo de antiguas y grandes fracturas, a las que consideramos como geofracturas (Ancasti y Ambato por ejemplo), fueron surgiendo y elevándose bloques tectónicos que se incluyen entre las Sierras Pampeanas. Las zonas de debilidad más antiguas deben haber controlado a las más modernas, pero se habrían iniciado o iterado en el Precámbrico y con posterioridad, lo que implicaría más de un ciclo orogénico.

La casi totalidad soportó también un vuelco que se manifiesta con la ladera abrupta que en general mira al W y la suave con frente al oriente. Por basculamiento se inclinaron también las capas sedimentarias del Terciario que se habían depositado sobre la peniplanicie precalchaquense; sólo fueron preservadas de la erosión, que actuó con posterioridad, las que quedaron en el fondo de los valles. El buzamiento de esos mantos es constante hacia el E con grados que oscilan entre 10° y 15°, pero que alcanzan también 30-35°; esto último por ejemplo, en la cuenca del río Paclín desde Loma Atravesada hacia el N, y digno de consignarse es que las mayores inclinaciones están relacionadas con las capas adosadas a las sierras de Guayamba y Potrerillo, o sea donde el desnivel de la escarpa de falla es menor con respecto a la de la sierra de Ancasti, de la que la primera está separada por una falla también longitudinal paralela a la regional, que es la que forma la ladera occidental y a la que ya hicimos referencia. Esos sedimentos no fueron afectados por los procesos de milonitización del basamento.

Además del buzamiento de esas capas sedimentarias, hay un rasgo morfológico interesante en el área en estudio y al que hicimos referencia: es la inclinación de la antigua peniplanicie notablemente conservada en por lo menos dos de las "cumbres" que forman parte de las sierras en estudio.

El alcance de la erosión que actúa sobre ella está supeditado a las condiciones climáticas actuales y en nuestro caso especialmente a la consti-

tución petrográfica de las rocas que la erosión hizo aflorar. Hemos basado esta interpretación sobre la morfología que presentan las Cumbres de Balcozna (fig. 8) y la de Los Pinos que están separadas entre sí por un valle tectónico de rumbo N-S en cuyo fondo tienen sus nacientes el río Balcozna que avana hacia el sur, y un tributario del río Singuil que lo hace hacia el norte.

La primera, ya vimos, forma parte de la sierra de Gracián s. s., la otra es uno de los cuatro pequeños bloques tectónicos en que fue dividido por fracturas transversales un anterior y único cordón situado al E de Gracián (Pasotti, 1972). La totalidad de la Cumbre de Balcozna y parte de la de Los Pinos corresponde a un batolito granítico apotectónico (González B. F., 1950) que fue dividido longitudinalmente según su mayor extensión, o su largo, por dicha falla, la que permitió el levantamiento y vuelco de la Cumbre de Los Pinos. El carácter discordante de ese batolito tiene su mejor evidencia en la de Balcozna pues se encuentra en las rocas metamórficas de la sierra de Gracián característica por su típico cloqué; los lindes norte y sur son sendas quebradas, una de cuyas laderas es granítica y la opuesta metamórfica (fig. 8).

Las laderas orientales de ambas "cumbres" tienen una inclinación de unos 30°, o sea la misma de las capas del Terciario, lo que evidencia un vuelco al unísono.

El hecho de que los bloques tectónicos que forman el relieve montañoso se deban a fallas inversas y vuelco, si bien encierra un proceso de compresión, que se suele atribuir a empujes generados por el plegamiento del Terciario que formó la cordillera de los Andes, este solo proceso no puede explicar el valor del levantamiento que para el caso de Ambato-Manchao en especial, es de gran magnitud puesto que en su cumbre se registran 4415 m.s.n.m., lo que implica un desnivel topográfico de más de 3.000 m con respecto a la depresión de Pipanaco. No podemos hacer referencia a desniveles geológicos por no contar con elementos de juicio.

El mero valor de la inclinación de las sedimentitas del Terciario y de las laderas de unos bloques, no da razón del alzamiento. Consideramos que debe recurrirse a la intervención de procesos endógenos que dieron lugar a un movimiento vertical de la totalidad y de conjunto de los bloques tectónicos y valles longitudinales intermontanos, sin que excluyamos movimientos diferenciales tal como Gordillo y Lencinas (1972) lo hacen para las sierras de Córdoba y San Luis. Puede comprenderse este ascenso interpretándolo como resultado de pliegue de fondo o pliegue de gran radio de curvatura, proceso que requiere para su entendimiento introducir una fuerza radial, movimiento que sigue a la tectónica del geosinclinal cuando éste adquirió consolidación necesaria y estadio casicratónico. Son movimientos sinuosidades simples que resultarían de una combinación con verdaderos movimientos verticales. Esto es posible puesto que una estructura casicratónica tiene mayor movilidad relativa que las típicas plataformas, hay mayor gravitación o influencia de la tectónica de fondo, pero la traza sinusoidal es más estrecha que la de otras áreas cratónicas como por ejemplo del Basamento en cuencas sedimentarias (Perrodon 1971, Pasotti 1974).

De todos modos afecta a las cratónicas y geosinclinales casicratonizados (enterocratones). Es el orden máximo en el que intervienen los mayores elementos de la corteza pero, si como afirma Ruellan (1954) se debe

a la acción de corrientes de convección, debemos vincular el alzamiento con la dinámica del manto superior de la Tierra. Son desplazamientos de índole epirogénicos resultado de movimientos tangenciales y verticales que originan pliegues tanto por distensión como por compresión, en cuyo último caso se forman fallas inversas. De todos modos el alzamiento se encuadra en el concepto de tectónica del zócalo.

Dijimos que los bloques montañosos en estudio están incluídos en las Sierras Pampeanas del Norte o Septentrionales. Consideramos que corresponde ubicar el área en Sudamérica. Según Auboin y Borrello (1970), ellas tienen una dirección oblicua con respecto a la costa occidental del continente. De NE a SW se tiene: La "Cuenca Subandina", la "Dorsal Calchaquí", la "Cuenca Andina", la "Dorsal Chubut" y el "Sistema Magallánico". La primera y tercera terminan en el SE en dedo de guante; en la segunda está incluída el área abarcada por las Sierras Pampeanas.

Enfocado con mayor detalle vemos la posición de esa dorsal entre las Sierras Subandinas y la Cordillera Oriental al NE, y Precordillera, Cordillera Frontal y Cordillera Principal en el SW.

Las sierras que estamos estudiando forman parte de la última deformación en el borde del antepaís Sudamericano (Auboin y Borrello, 1970); ellas van sucediéndose hacia el SSE hasta fundirse en el Precámbrico del antepaís que forma el macizo de Córdoba. Según ellos, a partir de La Rioja hasta Tucumán, las Sierras "entran" en la Cordillera cuya parte oriental está formada únicamente por rocas precámbricas, surcada por una tectónica de fallas pliocuaternarias que no sólo formó los bloques, sino también valles hundidos como por ejemplo los valles Calchaquíes recorridos por la red del río Yocahuil; es lo que en primera aproximación llaman "Dorsal Calchaquí" constituida únicamente por Precámbrico al que se superpone un Plioceno continental y las fallas correspondientes. Está deformada en su parte meridional, donde los grandes pliegues de gran radio de curvatura de las Sierras Pampeanas la relacionan axialmente al antepaís. No es homogénea de N a S, pues en Jujuy, Salta y Tucumán consta de una alternancia de areniscas y esquistos de aspecto de flysch precámbrico; a medida que se va hacia el S aparecen intrusiones graníticas y plutones (Cafayate y Anconquija) y a partir de La Rioja se manifiesta y aumenta el metamorfismo regional; se llegaría de ese modo en continuidad al macizo cristalino de Córdoba.

Se pasa así de lo que son zonas externas no metamorfizadas a lo que parece ser zona interna metamorfizada. Para dichos autores es un sector clave para la comprensión de los acontecimientos geológicos del Norte Argentino; y lo que nos interesa es que en él se hallan las sierras objeto de esta Publicación.

Estas sierras, según Gonzáles y Aceñolaza (1972), están comprendidas en el "Arco Transpampeano-púnico" el que, de acuerdo con Padula y Mingramm (1968), consta de rocas de edad proterozoica.

Caminos (1972) establece para las Sierras Pampeanas del sector boreal, una subdivisión en: Sierras del Norte o Septentrionales, Sierras Occidentales y Sierras Australes. La base de la división es la constitución litológica. En las Occidentales (Valle Fértil y de la Huerta y Pie de Palo) el metamorfismo es de alto grado; lo demuestran las micacitas, gneisses, calizas cristalinas y anfibolitas. Su origen es típico y fundamentalmente carbo-

nático y calsilicático; hay rocas graníticas y pegmatíticas, pero de menor trascendencia.

Las Australes (de Los Llanos, Malazán, Chepes, Ulapes) se elevan aisladas de las otras en los llanos de La Rioja y S de Catamarca. El basamento incluye una masa tonalítica, pequeños cuerpos graníticos, delgadas fajas de esquistos metamórficos que cortan a veces a la primera y a angostas fajas migmatíticas.

Las Septentrionales, separadas de las Occidentales por la Sierra de Famatina (o sistema de Famatina que no pertenece a las Sierras Pampeanas), incluyen a las de Catamarca. Constan de facies litológicas distintas pues afloran esquistos metamórficos, gneisses y granitos; corresponden en consecuencia, al basamento cristalino. Las intrusiones magmáticas son tanto sintectónicas como postectónicas (o apotectónicas); éstas dieron lugar a metamorfismo de contacto, aquéllas a metamorfismo regional, migmatización, etc. Hay pues una evolución petrogenética.

También Caminos indica el avance del metamorfismo de N a S. Incipiente en las Cumbres Calchaqués, que es lo que Aboin y Borrello interpretan como zona más externa; más al meridión, totalmente lograda se tiene la asociación petrográfica indicada (pizarras y filitas). Su origen es arcilloarenoso, pero hay también carbonáticas y calsilicáticas, mas no con tanta representación como en las anteriores. El tipo y la potencia de miles de metros afirman una génesis a partir de un geosinclinal, tal como lo hemos interpretado.

También de N a S aumenta el metamorfismo regional y el dinamometamorfismo en su relación con las intrusiones graníticas, de reducido volumen comparadas con las sintectónicas que son las que migmatizaron.

Según investigaciones de otros autores más, las rocas intrusivas son predominantemente granitos, casi siempre milonitizados con posterioridad a su emplazamiento. En ellos habría tres facies: I) de grano fino, gris, ligeramente porfiroidea, cataclástica; II) de grano fino homogéneo, gris claro; III) de grano mediano a grueso, gris a rosado claro, comúnmente porfiroidea con fenocristales de microclina de hasta 10 cm.; es la más difundida. Hay pasajes graduales de una a otra facies. Según Turner (1972), hay granitos de anatexis ligeramente foliado rico en biotita, en fajas miloníticas. En el extremo sur de Ambato los rasgos son algo diferentes pero relacionables con los anteriores, la roca varía desde maciza y homogénea a francamente gneissica, rica en biotita.

Con posterioridad hubo intrusiones de diques pegmatíticos, granopegmatíticos y granoaplíticos en contactos transicionales con los granitos de la caja. Hay también intrusiones pegmatíticas no relacionables con la migmatización, son tabulares y netamente definidas, concordantes o no, simples o bien zonales, generalmente turmaliníferos (Gracián, Fariñango).

De acuerdo con nuestras observaciones megascópicas, Ancasti, como vimos, presenta una sucesión de numerosas intrusiones a las que consideramos postectónicas. Basamos esta interpretación sobre el hecho de que, como vimos, unas han deformado al bandeado arqueándolo, no así otras tanto simples como múltiples, y mientras que sobre algunas influye dicho bandeado, otras están libres de él. Se podría sobre estos hechos llegar, posiblemente, a establecer la edad de las intrusiones.

Futuros estudios, no sólo nuestros podrán, al profundizárselos, ratifi-

car o rectificar nuestro intento de reconocimiento de un ortogeosinclinal del Precámbrico.

Vinculando lo expuesto con *la actividad del hombre*, vemos que la geofractura Ancasti—Guayamba originó el valle del río Paclín que por su amplitud y longitud además de ser una vía natural que facilita las comunicaciones con el norte, permite una sucesión de agrupaciones humanas en todo su largo. En los otros valles su número es reducido y se ubican preferentemente en aquellos puntos donde por la confluencia de cursos de agua más caudalosos y de mayor capacidad para labrar sus valles, se han formado por sedimentación posterior zonas relativamente llanas que se adaptan para las intalaciones humanas; ejemplos: El Rodeo y La Puerta.

Cuando la tectónica ha dado valles encajonados y terrazas de escaso desarrollo, los caminos deben ejecutarse a media ladera para asegurar su funcionamiento y conservación, sin exponerlos a los problemas de las crecientes, lo que trae mayores costos en su construcción.

La presencia en el dominio tectónico Gracián de bloques de forma triangular descendidos hacia el sur, también favorece las instalaciones humanas porque se presentan áreas relativamente planas rellenas con material detrítico, de lo cual la ciudad de Catamarca constituye un buen ejemplo ya que se observa en ella la influencia de los conos de deyección sobre los cuales está emplazada (fig. 4 en el borde inferior). La importancia de estos conos, tradicional para la localización de poblaciones por el acceso al agua superficial y subterránea, se destaca claramente en las aerofotografías; los niveles de erosión y terrazas se prestan al desarrollo de cultivos; de esto es un buen ejemplo los de Loma Atravesada en el valle del río Paclín.

Intrusiones postectónicas de Ancasti han dado lugar a metamorfismo de contacto que ha mineralizado la caja enriqueciéndola y generando yacimientos explotables. Algunos de éstos constituyen áreas de Reserva del Plan NOA I.

El punto inicial de nuestras inquietudes por la geología y morfología de Catamarca fue un estudio de Geología Vial según Convenio de la Dirección Provincial de Vialidad de Catamarca con la Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario (Pasotti, *et al.* 1966). Esta coyuntura nos resultó fructífera pues nos acercó a una zona que hasta ahora, ha atraído poco la atención de los geólogos.

Queremos aquí expresar nuestro agradecimiento a quienes nos apoyaron y ayudaron en nuestras investigaciones de campo: los Ingenieros Martha Biener y Roberto Carena y los Agrimensores Juan C. Alfonso y Rosa Dentone, y a todos los que de una u otra forma colaboraron con nosotros.

Instituto de Fisiografía y geología, 1975.

ABSTRACT

With the application of the conceit "tectonic domaine", and having only aerophotographic mosaics, three mountainous blocks belonging to the Pampean Sierras are studied. On the basis of noticeable geomorphic differences it is intended to recognize the elements of the Precambrian age geosynclinal, Tectonic Protoidic Era, from which they could have been originated.

Ancasti Sierra would correspond to the platform, that of Gracián to miogeosynclinal and the one of Ambato to the eugeosynclinal.

Differences of the hidrographic nets are put in evidence in everyone of the above mentioned "domains" through the employment of some morphometric values.

RESUME

En employant le concept de "Domaine tectonique" et ne comptant que sur des mosaïques aérophotographiques, trois blocs montagneux qui appartiennent aux Sierras Pampeanas sont étudiés.

Sur la base de remarquables différences géomorphologiques, on tâche de reconnaître les éléments du géosynclinal d'âge précambrienne, Ere Tectonique Protoidique, dans lequel ils auraient leur origine.

La Sierra de Ancasti correspondrait à la plate-forme, celle de Gracián au myogéosynclinal et la Sierra de Ambato au eugéosynclinal.

Les différences des reseaux hidrographiques dans chacun de trois domaines nommés sont mises en évidence à travers l'utilisation de quelques valeurs morphométriques.

BIBLIOGRAFIA

- Aceñolaza, F. Gilberto, González, Rafael y Toselli, Alejandro, 1972 "*Las Sierras Transpampeanas como orógenos eopaleozoicos*". Instituto Miguel Lillo. Miscelánea Nro. 40, Tucumán.
- Auboin, Jean, 1965. "*Geosynclines*". Amsterdam.
- Auboin, Jean y Borreillo, Angel V., 1970. "*Régard sur la géologie de la Cordillère des Andes: relais paléogéographique et cycles orogéniques superposés: Le Nord Argentin*". Bull. de la Soc. Géologique de France, 7a. Série, T. XII, págs. 246-260, Paris.
- Belousov, V.V., 1962. "*Problemas básicos de geotectónica*". Traducción española 1971, Barcelona.
- Borreillo, Angel V., 1969. "Los geosinclinales de la Argentina". Dirección Nacional de Geología y Minería. Anales XIV, Buenos Aires.
- Borreillo, Angel V., 1970. "*Procesos geotectónicos de la consolidación*". Revista de la Asociación Geológica Argentina, T. XXV, Nro. 1, págs. 5-8, Buenos Aires.
- Borreillo, Angel V., 1971. "*El ciclo geomagmático de la era Protoídica en la Argentina*". Revista Asociación Geológica Argentina, T. XXVI, Nro. 3, págs. 298-300, Buenos Aires.
- Caminos, Roberto, 1972. "*Sierras Pampeanas de Tucumán, Catamarca, La Rioja, y San Juan*". Geología Regional Argentina, págs. 41-49. Academia Nacional de Ciencias, Centenario de su fundación, págs. 41-49, Córdoba.
- Castellanos, Alfredo, 1956. "*Cuadro geológico de los Períodos, Formaciones, Pisos y Horizontes cuaternarios y terciarios de la Argentina*". En: Homenaje a Florentino Ameghino en el centenario de su Natalicio (1854-1954). Asociación Cultural de Conferencias de Rosario.
- Chorley, R. J., Malm, D. y Pogorzelski, H.A., 1957. "*A new standard for estimating drainage basins shape*". Amer. J. Science 255, págs. 138 - 141.
- Chorley, R. J., 1969. "*The drainage basin as the fundamental geomorphic unity*" Cap. II de introduction to Physical Hidrology. Methuen, London.
- De Alba, Enrique, 1972. "*Sistema de Famatina*". Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, págs. 143-184, Córdoba.
- Fernández Lima, J. C., Rinaldi, Carlos A. y Turazzini, Guillermo E., 1969. "*Pegmatita litífera, 'reflejos del mar'. Ancasti, Provincia de Catamarca*". Actas 4as. Jornadas Geológicas Argentinas (Mendoza). T. III, págs. 43-60, Buenos Aires.
- Figueroa, León A., 1971. "*Fotolineamientos y mineralización en el Noroeste Argentino*". Primer Simposio Nacional de Geología Económica, T.I, págs. 107-124, Buenos Aires.
- Golding, B y Low, D., 1960. "*Physical characteristics of drainage basins*". Jour. Hydr. Div. Proceedings of the Society of Civil Engineers, págs. 1-11.
- González Bonorino, Felix, 1950. "*Descripción geológica de la Hoja 13 e, Villa Alberdi, Prov. de Tucumán*". Dirección Nacional de Geología y Minería, Bol. Nro. 74 (Nro. 81, M.I.C.), Buenos Aires.
- González, Rafael R. y Aceñolaza, Florencio G., 1972, "*La cuenca de deposición neopaleozoica-mesozoica del Oeste de Argentina*". Instituto Miguel Lillo. Miscelánea Nro. 40, Tucumán.
- González, Rafael y Toselli, Alejandro, 1974. "*Radiometric Dating of Rocks from Sierras Pampeanas, Argentina*". Revista Brasileira de Geociencias, Vol. 4, págs. 137-140.
- González Díaz, Emilio, 1974. "*Superficie de erosión (abanicos rocosos) exhumados en el flanco occidental de la sierra de Ambato al sur de la quebrada de la Cébila (La Rioja)*". Revista de la Asociación Geológica Argentina, T. XXIX, Nro. 1, págs. 5-22, Buenos Aires.
- Gordillo, Carlos y Lencinas, Andrés N., 1972. "*Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis*". Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, págs. 1-19, Córdoba.

- Halpern, Martín y Latorre, Carlos O., 1973. "*Estudio geocronológico inicial de rocas del noroeste de la República Argentina*". Revista Asociación Geológica Argentina, T. XXVIII, Nro. 2, págs. 195-205, Buenos Aires.
- Haman, Peter J., 1961. "*Lineament analysis on aerial photographs, exemplified in the North Sturgeon Lake Area, Alberta*". Est Canadian Research Publications. Series a, Nro. 1, Calgary Alberta, Canadá.
- Haug, Emile, 1907. "*Traité de Géologie*", París.
- Hepworth, John Vord, 1957. "*The Photogeological recognition of ancient orogenic belts in Africa*". Q. Fl. Geological Society London, Vol. 123, págs. 253-292, Londres.
- Herrera, Amílcar O., 1964. "*Las pegmatitas de la Provincia de Catamarca. Estructura interna, mineralogía y génesis*". Revista Asociación Geológica Argentina, T. XIX, Nro. 1, págs. 35-56, Buenos Aires.
- Horton, R.E., 1945. "*Erosional development of streams and their drainage basins, hidrophysical approach to quantitative morphology*", Bull. Geol. Society Amer., vol. 56, Nro. 3, págs. 275-370.
- Howard, David H., 1967. "*Drainage Analysis in Geologic Interpretation a Summation*". America Asociation of Petroleum Geologists. Bulletin Vol. 51, Nro. 11, Tulsa EUA.
- Lattman, Lawrence, 1958. "*Technique of Mapping Geologic Fracture Trace and Lineaments on Aerial Photographs*". Photogrammetric Engineering, Vol. 24, Nro. 4, págs. 568-576.
- Monkhouse, F. J. y Wilkinson, H. R., 1971. "*Map and Diagrams*". 3a. ed.
- NOA, I. 1972. "*Exploración Geológico-minera del Noroeste argentino (Área Tucumán-Catamarca-Santiago del Estero)*". Servicio Nacional Minero Geológico, Buenos Aires.
- Padula, E. y Mingramm, A., 1969. "*Estratigrafía, distribución y cuadro geotectónico sedimentario del 'Triásico' en el subsuelo de la llanura Chaco-pampeana*". Actas IIIas. Jornadas Geológicas Argentinas. T.I, págs. 291-331, Buenos Aires.
- Pasotti, Pierina, 1960. "*Contribución de las cartas topográficas a los estudios de tectónica*". Archivo de Ciencias Biológicas y Naturales, Vol. IV-V., Buenos Aires.
- Pasotti, Pierina, Albert Oscar y Canoba Carlos, 1969. "*Informe geológico para el proyecto de la Ruta Provincial Nro. 9. Tramo La Merced-Balcozna (Provincia de Catamarca)*" (Inédito).
- Pasotti, Pierina, 1972. "*Génesis y evolución de la red hidrográfica del río Paclín (Provincia de Catamarca)*". Public. LVI, Instituto de Fisiografía y Geología, Rosario.
- Pasotti, Pierina; Albert, Oscar y Canoba, Carlos, 1973. "*Contribución al conocimiento de un sector de la Provincia de Catamarca. I. El anfiteatro de Catamarca*". Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA, (Inédito).
- Strahler, A.N., 1952. "*Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography*". Bul Geol. Soc. Amer. 63, págs. 1117-1142.
- Strahler, A. N. 1960. "*Quantitative Geomorphology of drainage basin and channel networks*" Handbook of Applied Hydrology. Nueva York. Ven Te Chow ed.
- Schumm, S.A., 1956. "*Evolution of drainage systems and badlands slopes at Perth Amboy N.J.*" Bull. Geol. Soc. Amer. 67, págs. 597-646.
- Teruggi, M.E., Kilmurray J.O. y Dalla Salda, L., 1973. "*Los dominios tectónicos de la región de Tandil*". Anales Sociedad Científica Argentina, T. C. XCV, I-II, págs. 81-84, Buenos Aires.
- Teruggi, M.E., Kilmurray, J.O. y Dalla Salda, L., 1974. "*Los dominios tectónicos de la región de Balcarce*". Revista Asociación Geológica Argentina, T. XXIX, Nro. 3, págs. 265-276, Buenos Aires.
- Turner, Juan C., 1962. "*Las Sierras Transpampeanas como unidad estructural*". Anales 1as. Jornadas Geológicas Argentinas, T. II, págs. 387-402, Buenos Aires.

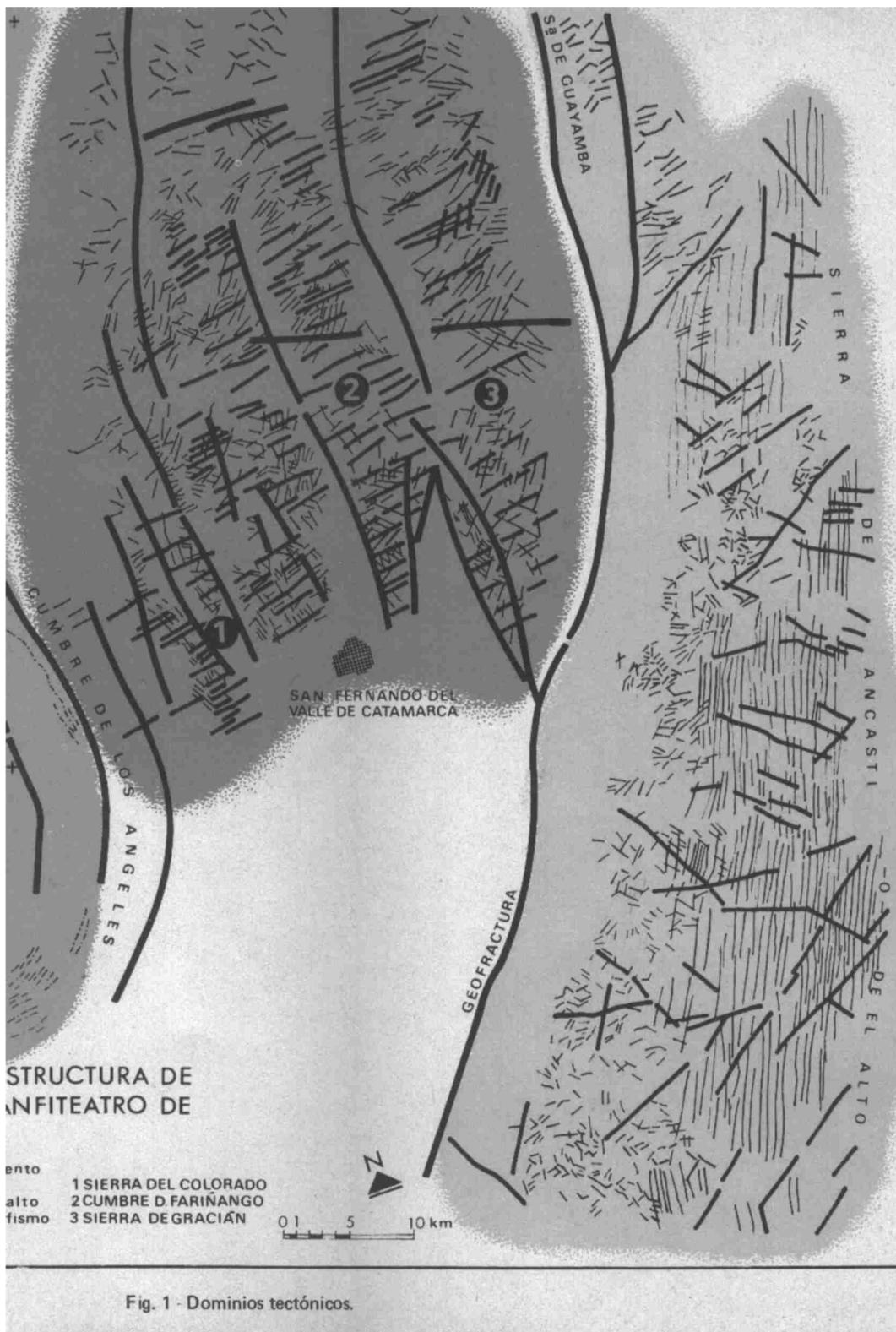


Fig. 1 - Dominios tectónicos.

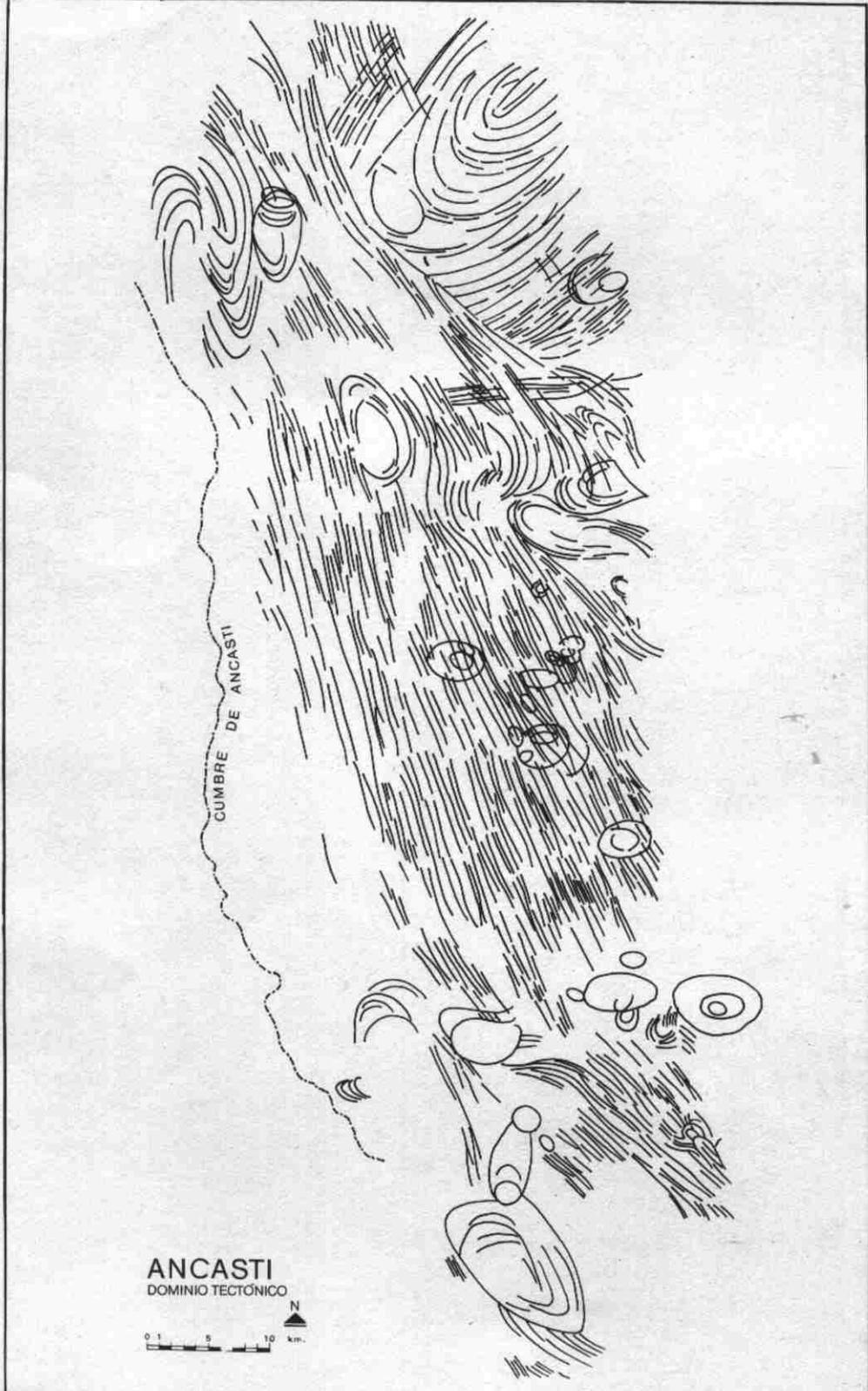


Fig. 2 - Dominios tectónicos Ancasti.



Fig. 7 - Modelado en *cloqué* de la ladera oriental de la sierra de Gracián.
Vista desde el extremo N de la Cumbre de Talahuada.

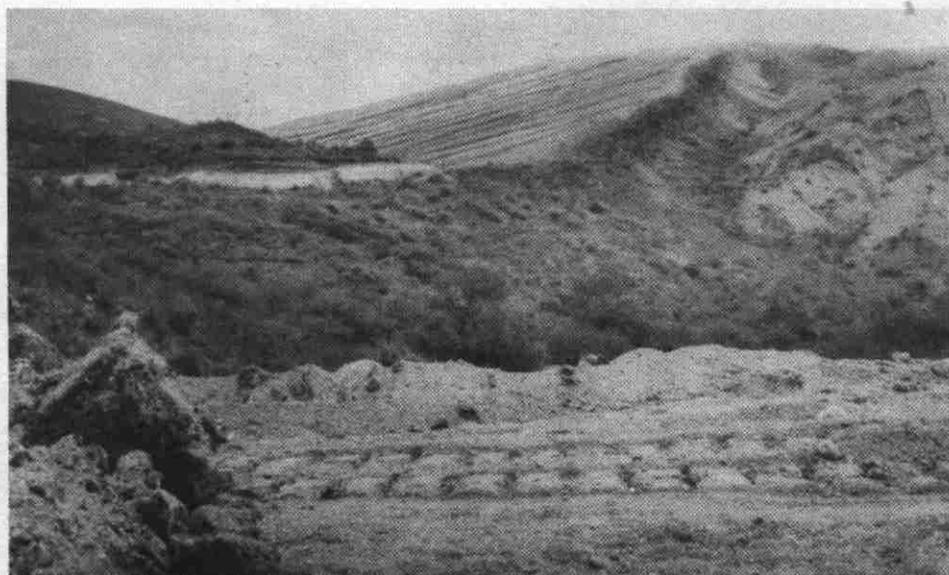


Fig. 8 - Cumbre de Balcozna vista de N a S, ladera oriental y la quebrada
que la limita en el N.



Fig. 9 - Segundo nivel de aplanamiento en el valle del Balcozna, camino a Villa El Alto. Capas inclinadas del Terciario (T) con cubierta del Cuartario (C).



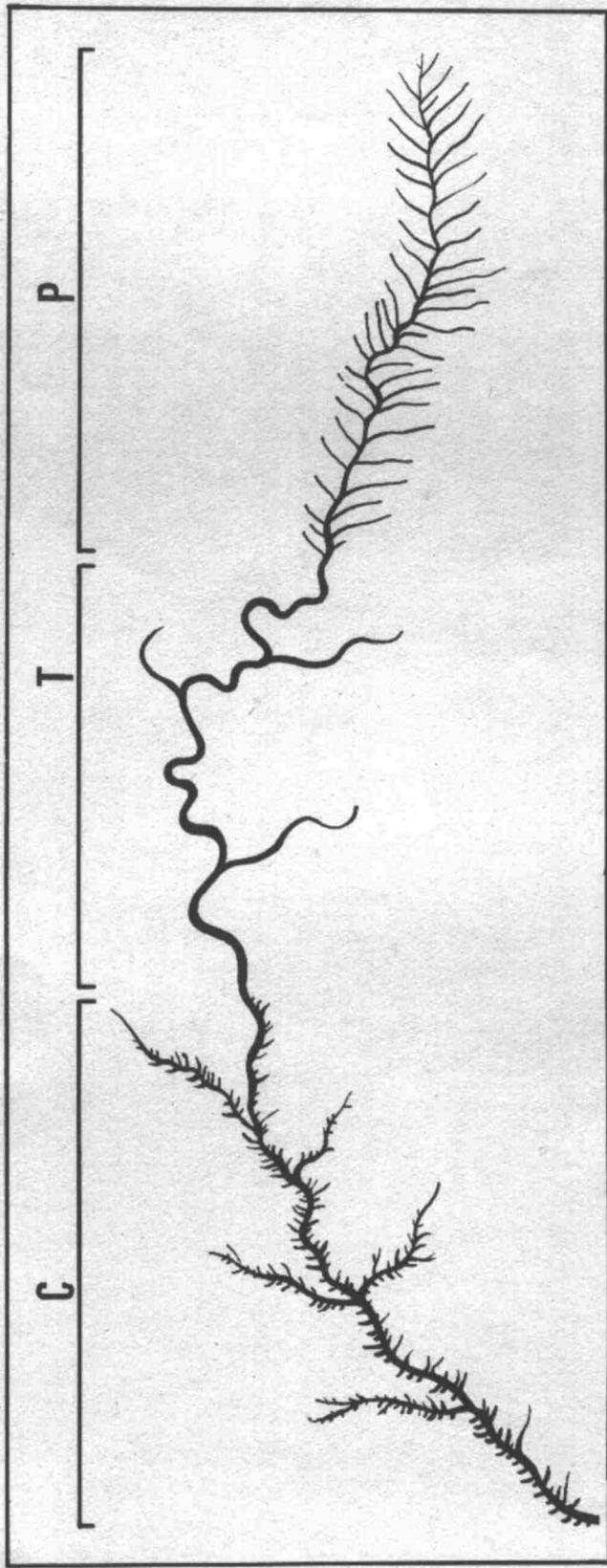


Fig. 10 - Morfología de los cursos de agua en rocas del Precámbrico (P); del Terciario (T); del Cuaternario (C).

SIERRA DE AMBATO
FALDA OCCIDENTAL
Red Hidrográfrica Parcial
Modelo de Abanico Aluvial

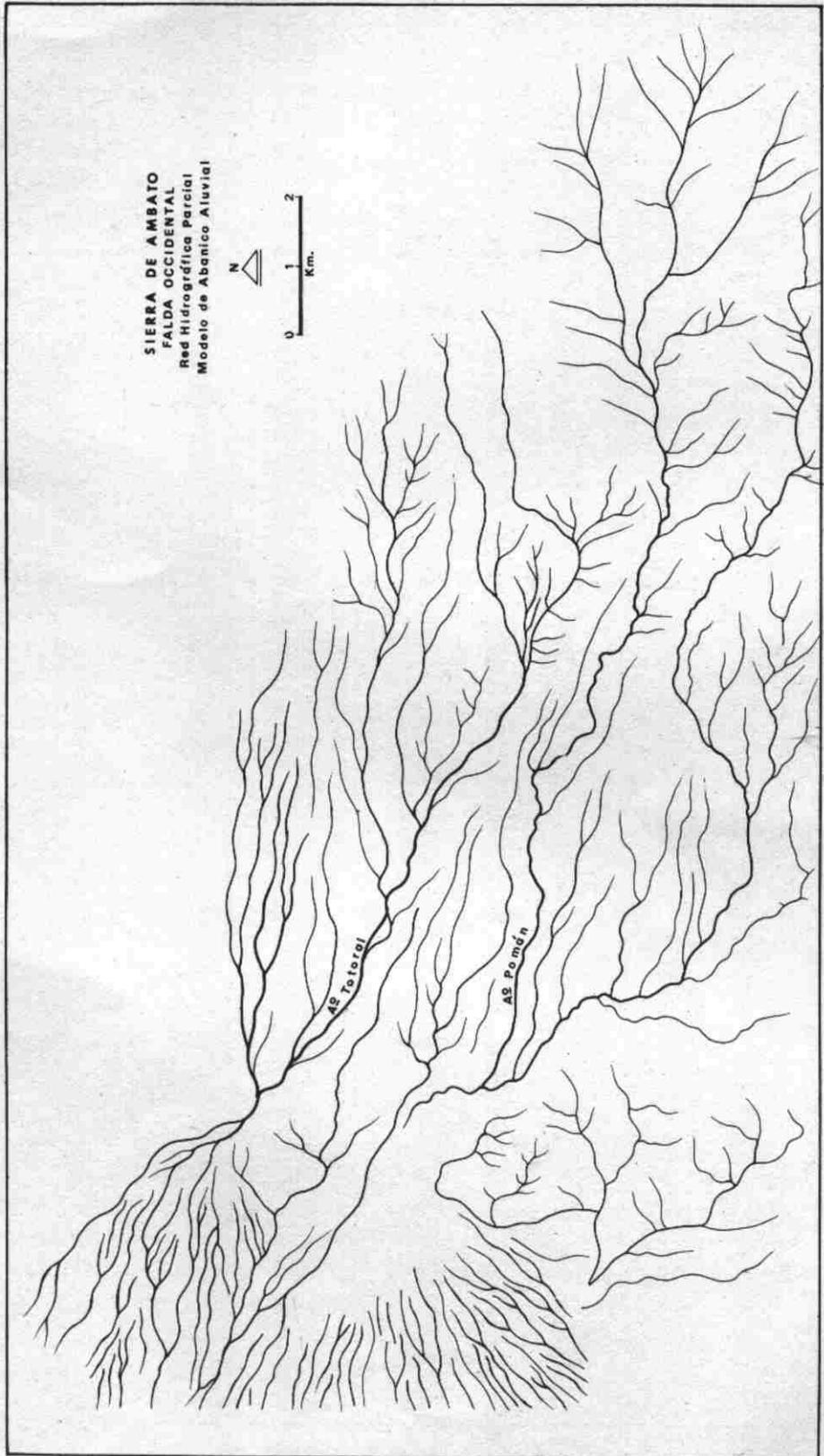
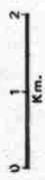
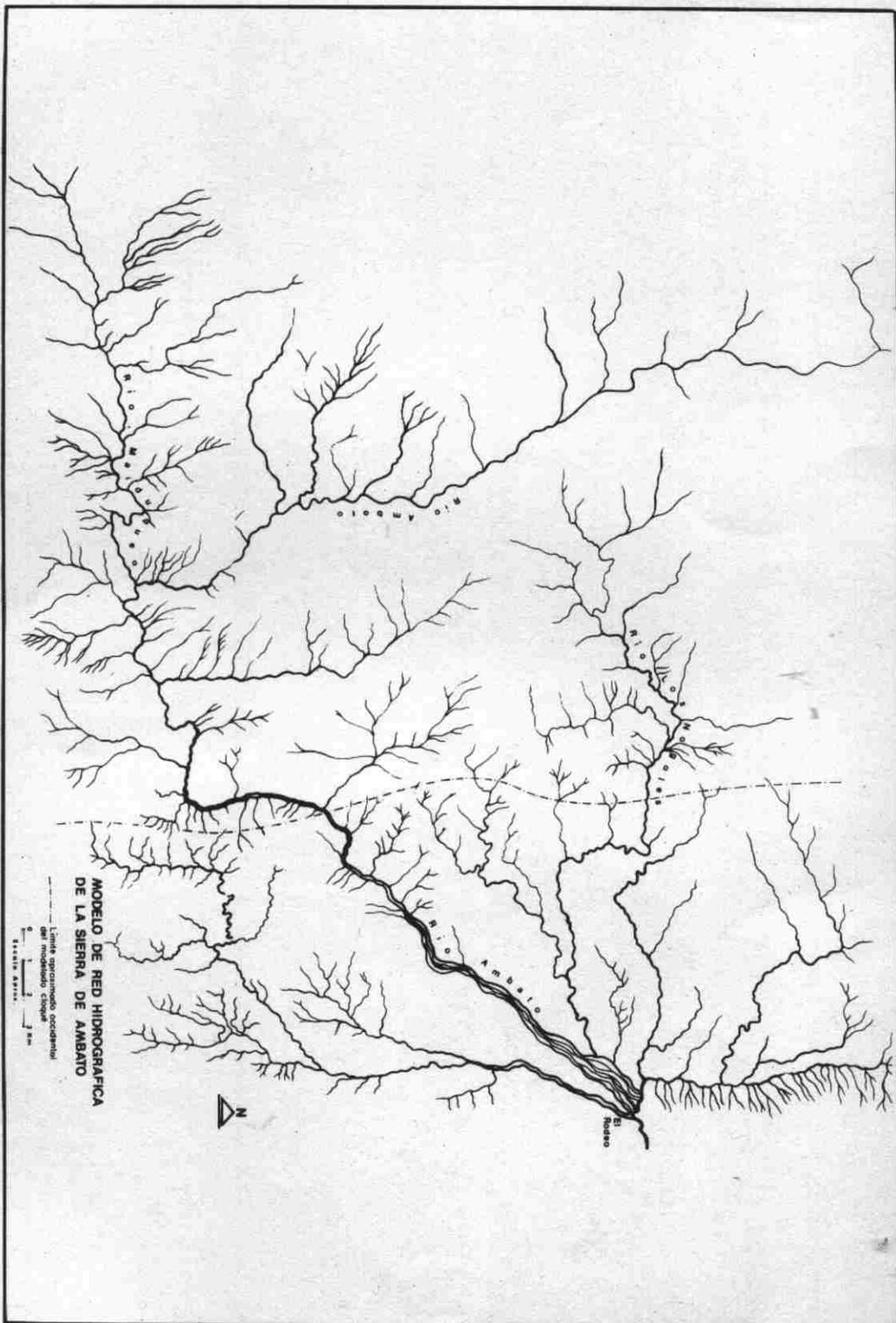


Fig. 12 - Sierra de Ambato, falda occidental, red hidrográfrica parcial, modelo de abanico aluvial.



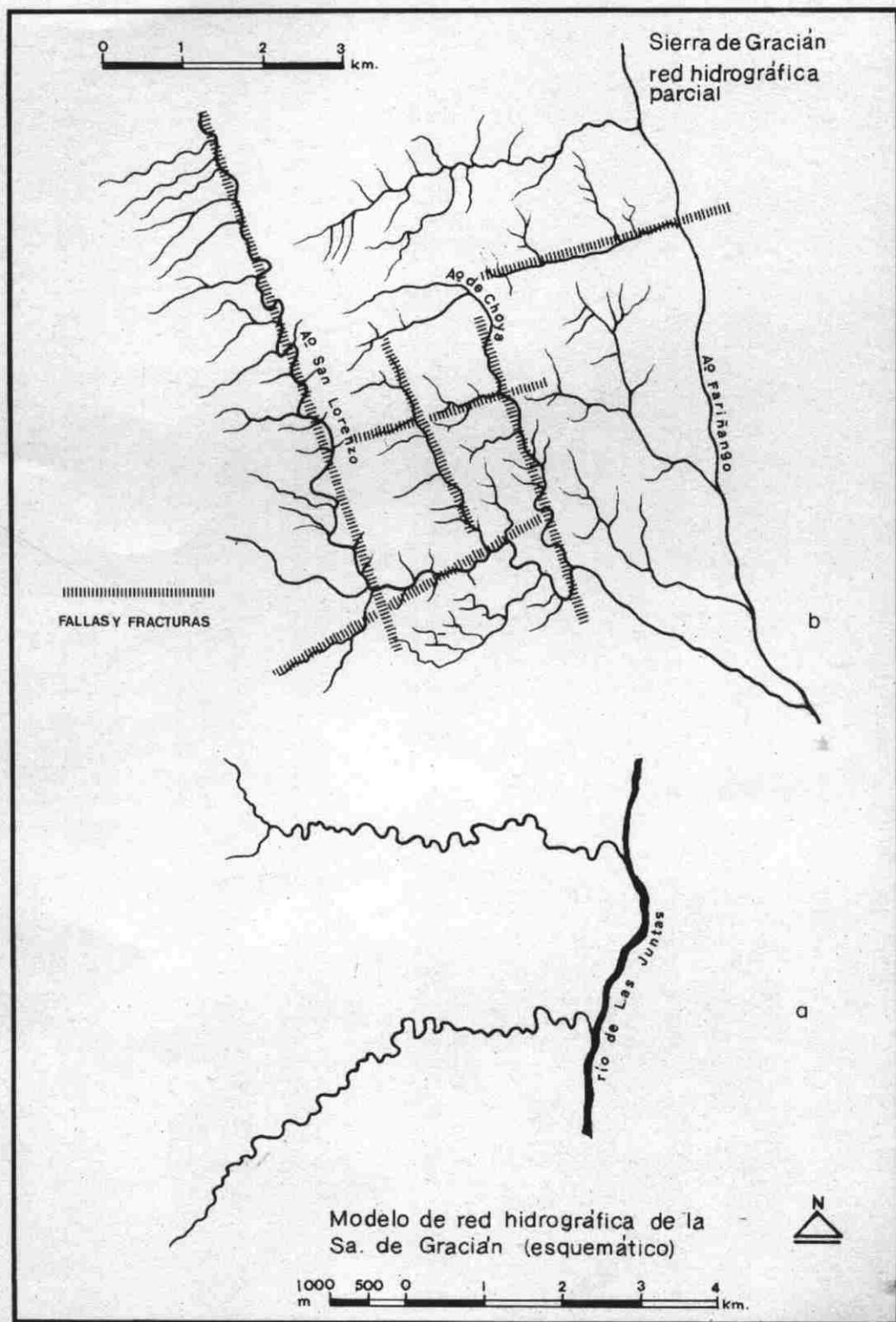
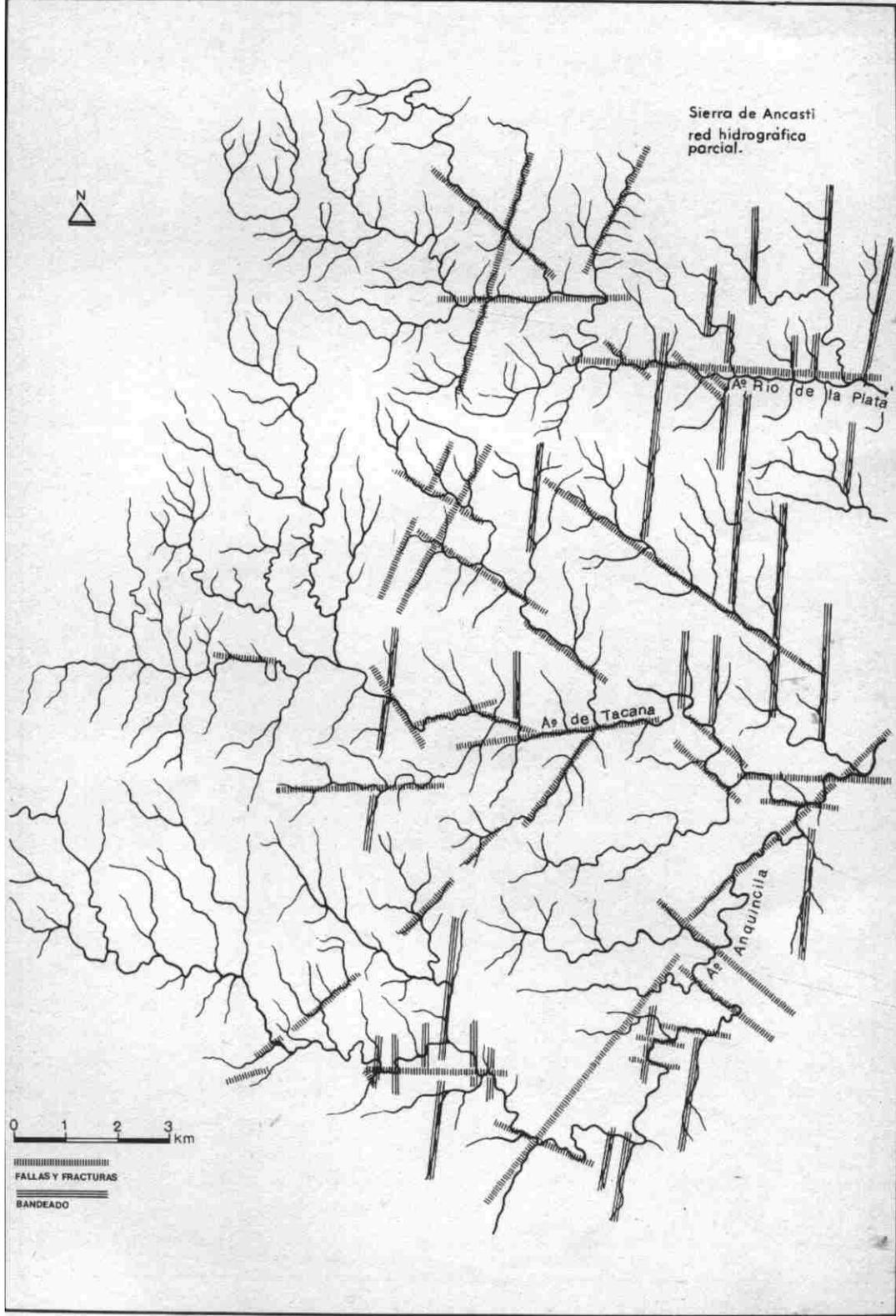


Fig. 14 - Redes del Dominio Gracián (de mosaico).



Sierra de Ancasti
red hidrográfrica
parcial.



Río de la Plata

Ae de Tacana

Ae Anquincilla

0 1 2 3 km

FALLAS Y FRACTURAS
BANDEADO

Fig. 15 - Redes hidrográficas en Sierra de Ancasti (de mosaico).

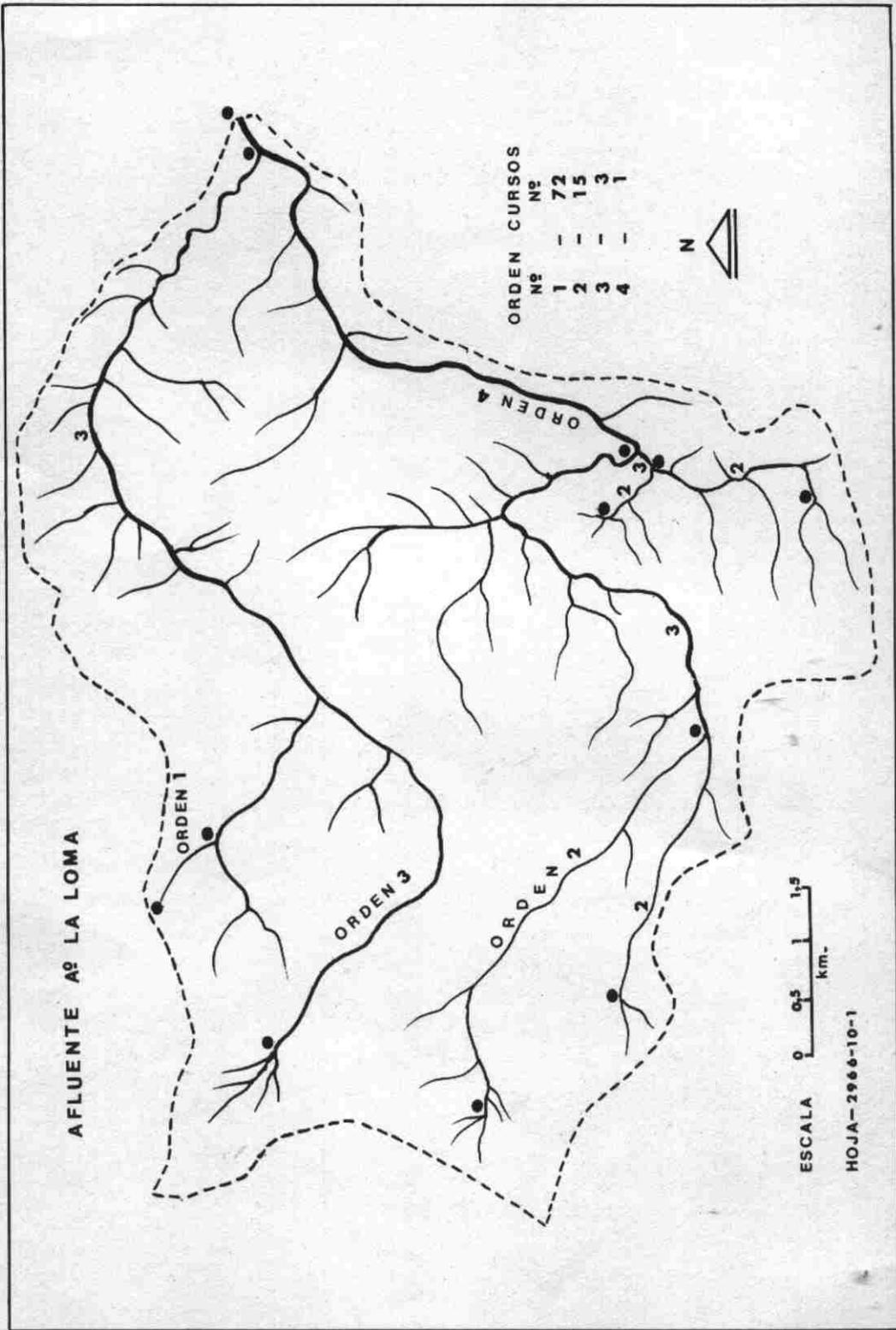


Fig. 17 - Red hidrográfica de Afluyente Arroyo La Loma.

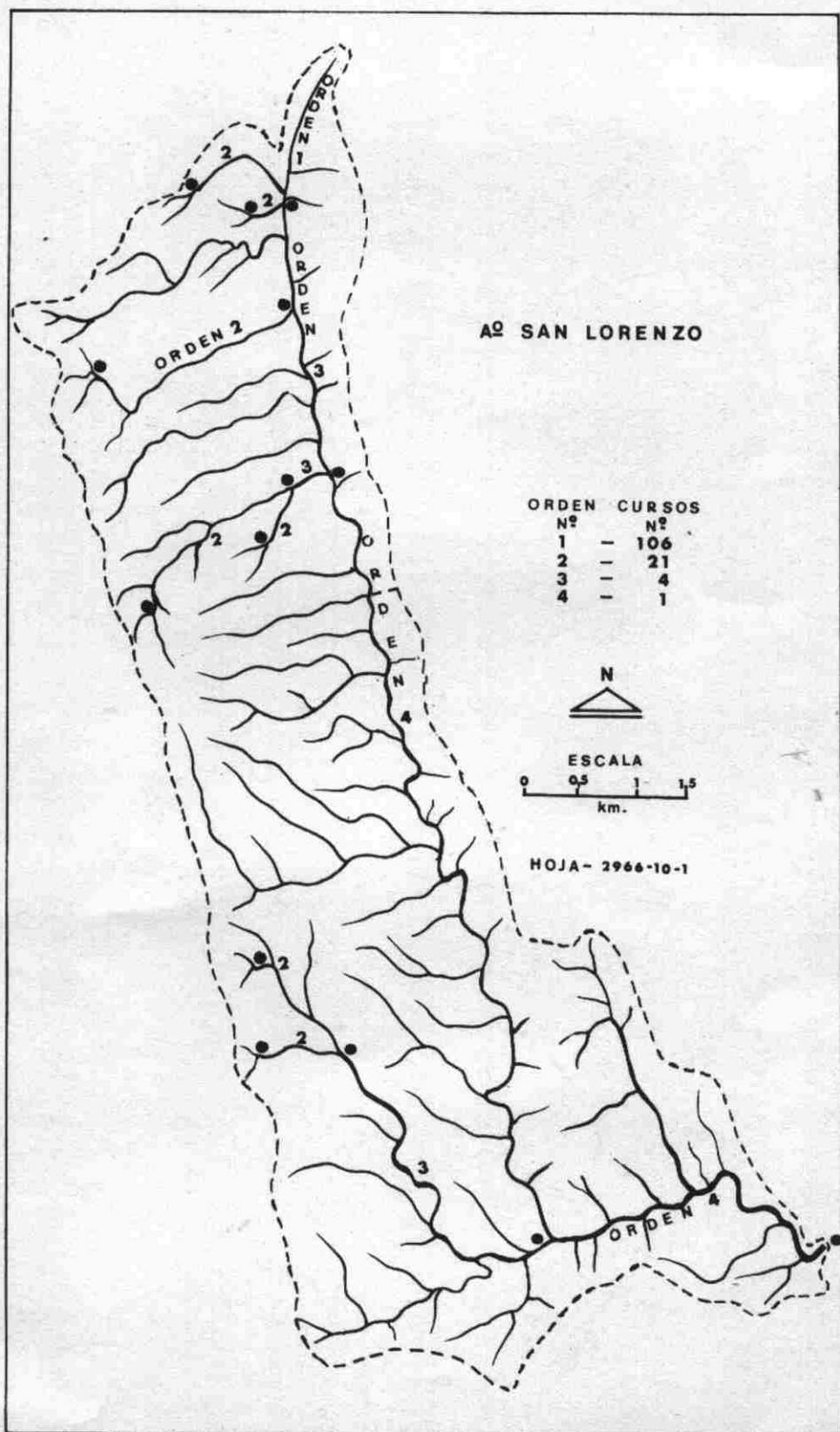


Fig. 18 - Red hidrográfica de Arroyo San Lorenzo

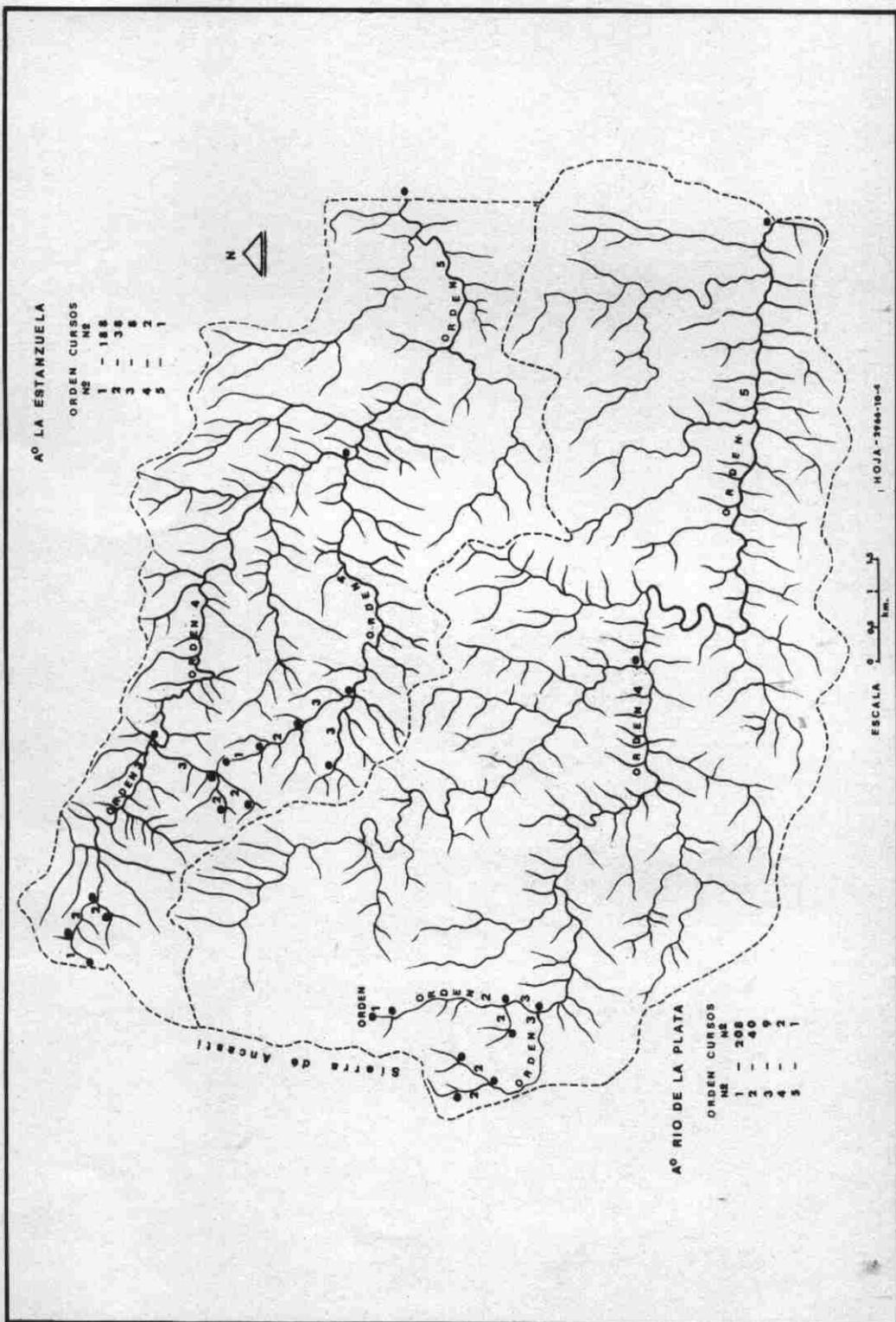


Fig. 19 - Redes hidrográficas de los Arroyos La Estanzuela y Río de la Plata.

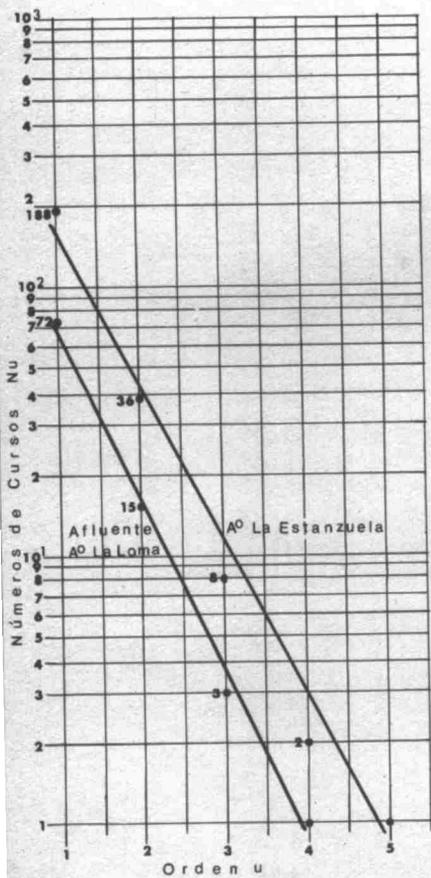


FIGURA 20

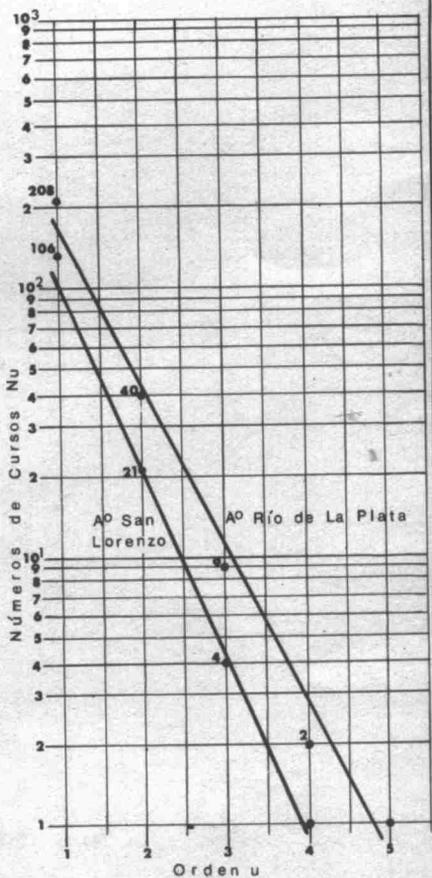


FIGURA 21

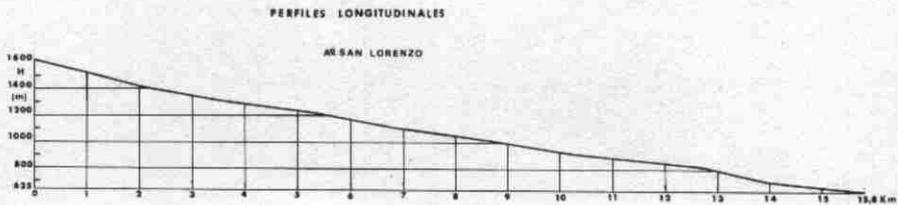


Fig. 22 - Perfil longitudinal Arroyo San Lorenzo.

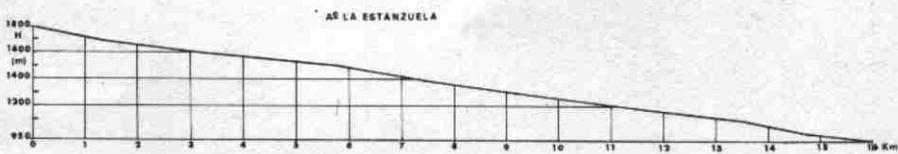


Fig. 23 - Perfil longitudinal Arroyo La Estanzuela.

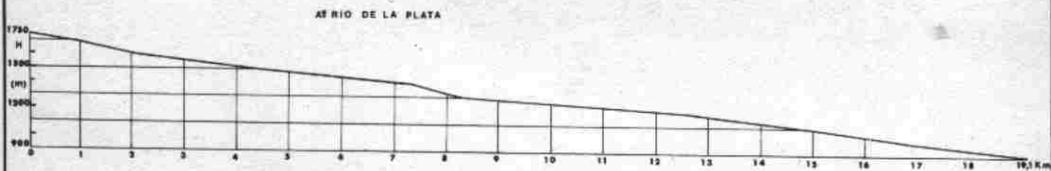


Fig. 24 - Perfil longitudinal Arroyo Río de la Plata.

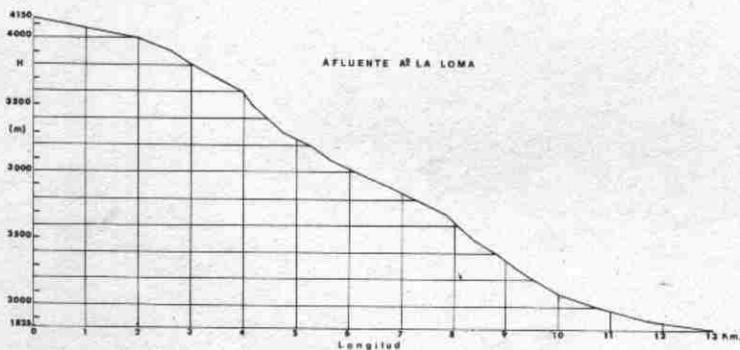


Fig. 25 - Perfil longitudinal Arroyo afluente Arroyo La Loma

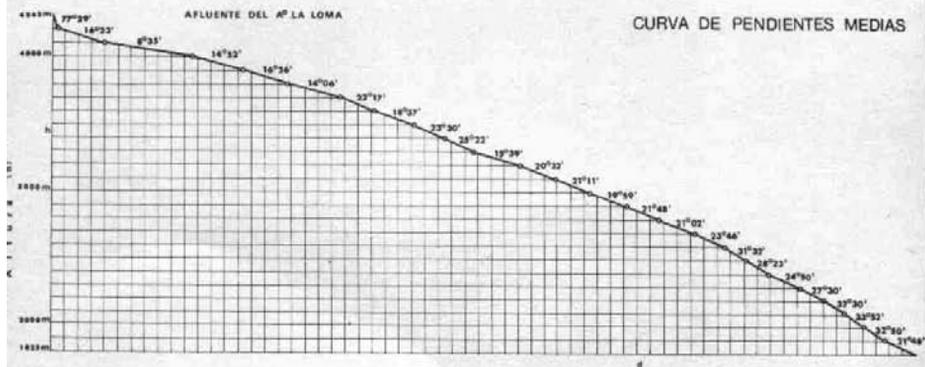


FIGURA 26

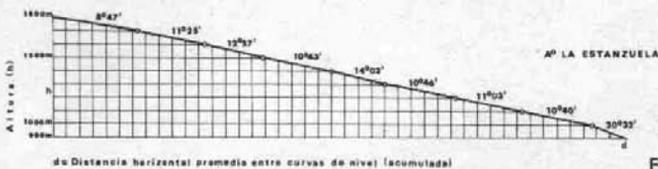


FIGURA 27

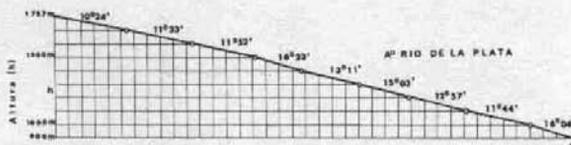


FIGURA 28

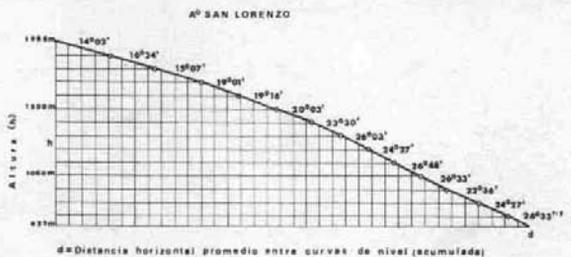


FIGURA 29

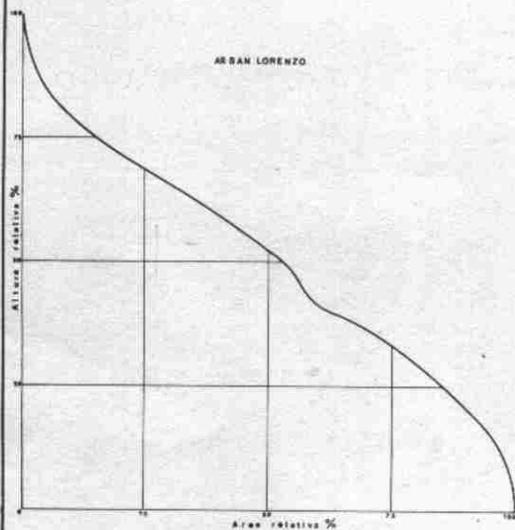


FIGURA 30

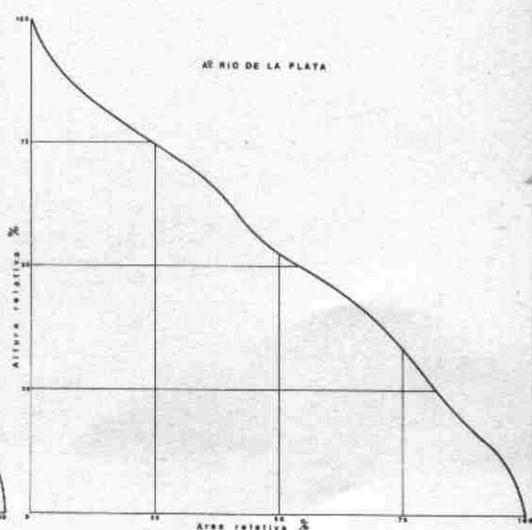


FIGURA 31

CURVAS HIPSOMETRICAS

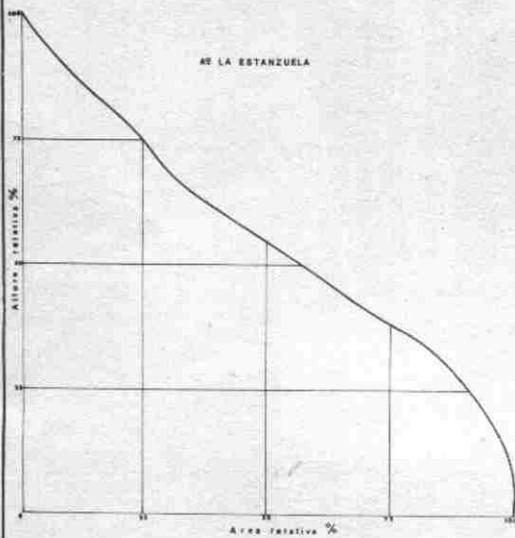


FIGURA 32

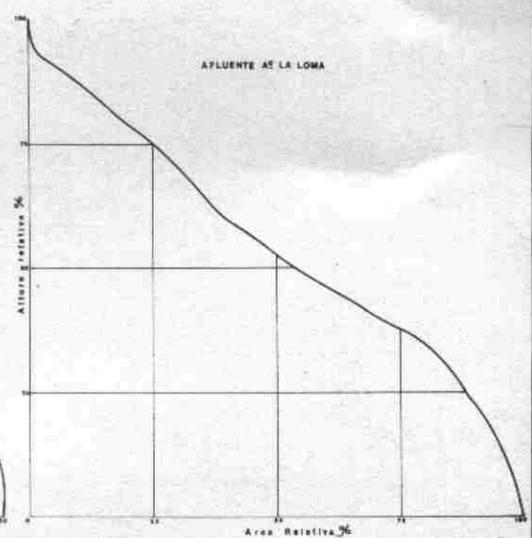


FIGURA 33

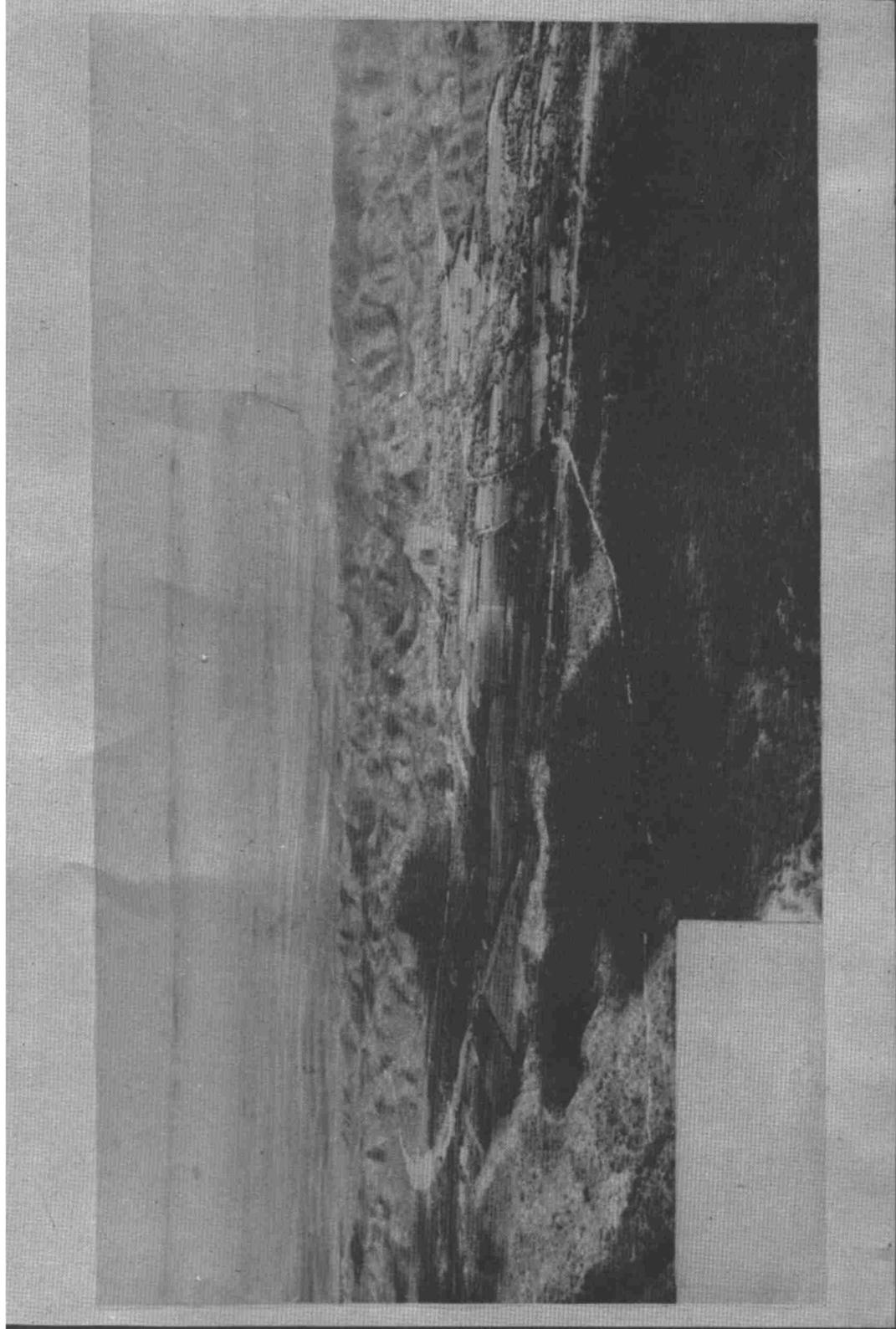


Fig. 34 - Gracián s. /, vista desde la Cuesta del Portezuelo; al fondo Sierra de Ambato