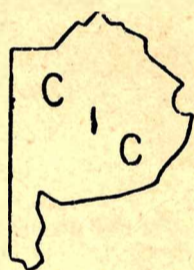




PROVINCIA DE BUENOS AIRES
GOBERNACION

ANALES
DE LA
COMISION DE INVESTIGACION
CIENTIFICA



VOLUMEN VI

LA PLATA

1965

COMISION DE INVESTIGACION CIENTIFICA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

SU ORIGEN

La *Comisión de Investigación Científica* fue creada en la ciudad de La Plata por decreto especial el 5 de diciembre de 1956 para mejorar, fomentar, coordinar y adaptar la investigación científica y tecnológica con el objeto de hallar solución a apremiantes necesidades inmediatas y a intereses vitales de la provincia de Buenos Aires. Aunque el Gobierno Provincial aporta los fondos requeridos, CIC es un instituto autárquico que goza de las más amplias facultades para llenar su cometido. Con la subvención del gobierno CIC costea sus servicios de investigación y laboratorios propios y constantemente toma las providencias necesarias para facilitar ayuda organizada y proporcionar sistemático estímulo por medio de subsidios adecuados y la provisión de equipos modernos a pequeñas instituciones acreditadas y a estudiosos competentes que deseen realizar trabajos de investigación en alguna rama de la ciencia o de la tecnología. CIC también concede becas a investigadores y a especialistas, dentro y fuera del país, según sus necesidades.

Desde el momento de la creación de CIC, se contó con las facilidades indispensables para la realización de estudios especializados como consecuencia de un comprensible apoyo oficial de las autoridades superiores del Gobierno Provincial. El resultado es satisfactorio. Desde el comienzo, no obstante, se sintió la necesidad de un órgano oficial de difusión. Y así surgió *Anales*.

OBJETO DE ANALES

Anales, contiene informaciones útiles y la solución de problemas técnicos y científicos elucidada por centros e instituciones de investigación y por investigadores privados que han trabajado dentro del ámbito de la provincia de Buenos Aires bajo los auspicios de CIC.

Aunque *Anales* se preocupa principalmente por la solución de problemas concretos de interés provincial, los artículos de investigadores de otras zonas también tienen cabida en sus páginas, cuando impliquen adecuado conocimiento científico o tecnológico regional o para el país.

Los artículos sobre trabajos realizados en cualquier punto del mundo también podrán publicarse, en castellano, siempre que tengan importancia para el conocimiento científico y técnico en general.

Las contribuciones que se envíen para su publicación en *Anales* han de ser trabajos originales e inéditos, que no tengan comienzo de publicación en otros órganos ni excluyan las conclusiones que hacen al íntegro objeto del estudio presentado.

Anales, aparece al término de cada año.

ITS RISE

The *Commission for Scientific Investigation* was created in the City of La Plata by special edict on 5th. december 1956 to improve, promote, coordinate and adjust, scientific and technological research so as to find an answer to the immediate pressing needs and vital interests of the Province of Buenos Aires. Although the Provincial Government, supplies the requisite means, CIC is an autonomous body and performs its duties with a free hand no undue official constraint. By means of the Government grant CIC maintain its own research services and laboratories and is constantly taking adequate measures to ensure organized aid and systematic encouragement in the way of financial support and the provision of up-to-date equipment to accredited small group institutions and competent scholars seeking to do research work in any of the various branches of science and technology. CIC also awards scholarships to research workers and specialists, at home or abroad, according to their needs.

As soon as CIC came into being all kinds of facilities for active research work in any field were available forthwith thanks to the insight and the unreserved patronage of the Provincial Government. The results, so far, are quite satisfactory. Right from the beginning, however, the advisability of bringing out official publication was strongly felt. An *Annals* was designed.

OBJECT OF ANNALS

Annals assembles reports and the solution of technical and scientific problems undertaken by learned societies, research institution and private individuals within the area of the Province of Buenos Aires under the auspices of CIC.

Although *Annals* is primarily concerned in the solution of concrete problems of interest to the province, articles by research workers in other regions also have a place in its pages, providing their factual contents are likely to increase the knowledge of the country.

Articles bearing upon the study of significant technical and scientific work accomplished at any point of the world are most welcome too, and are published in Spanish.

All contributions submitted for publication must be original and complete in themselves, and should not have been published before, whole or in part, anywhere else.

Annals appears at the end of each year.



PROVINCIA DE BUENOS AIRES
GOBERNACION

ANALES
DE LA
COMISION DE INVESTIGACION
CIENTIFICA

VOLUMEN VI

LA PLATA

1965

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

GOBERNADOR

Dr. ANSELMO MARINI

VICEGOBERNADOR

Dr. RICARDO LAVALLE

MINISTRO DE GOBIERNO

Dr. EDUARDO ESTEVES

MINISTRO DE ECONOMIA Y HACIENDA

Dr. A. RICARDO FUERTES

MINISTRO DE OBRAS PUBLICAS

Sr. RICARDO RUDI

MINISTRO DE SALUD PUBLICA

Dr. ABELARDO COSTA

MINISTRO DE EDUCACION

Dr. RENE PEREZ

MINISTRO DE ASUNTOS AGRARIOS

Esc. ALBERTO ZUBIAURRE

MINISTRO DE ACCION SOCIAL

Sr. ALFREDO E. CAMARLINGHI

**MIEMBROS DE LA COMISION
DE INVESTIGACION CIENTIFICA**

PRESIDENTE

Dr. HECTOR ISNARDI

VICEPRESIDENTE

Dr. MARTIN VUCETICH

SECRETARIO

Dr. LUIS A. BONTEMPI

VOCAL

Dr. ROBERTO MERCADER

Dr. ANGEL V. BORRELLO

Dr. DANILO VUCETICH

Ing. Agr. BENNO J. C. SCHNACK

**PETROGRAFIA DE LAS SEDIMENTITAS PSEFITICAS
PALEOZOICAS DE LAS SIERRAS AUSTRALES BONAERENSES**

por **RENATO R. ANDREIS**

RESUMEN

En este trabajo se estudian la composición mineralógica esencial y la fábrica de las sedimentitas psefiticas que integran, en parte, los grupos de La Lola (Silúrico) y Bravard (Eodevónico), y la serie de Sauce Grande (Carbónico superior), en las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires.

Estos depósitos son considerados como ortoconglomerados (La Lola y Bravard) y paraconglomerados (Sauce Grande), reconociéndose la naturaleza cuarzosa de los primeros y cuarzo-feldespática de los segundos. La deformación tectónica observada varía en sus características, según la intensidad de la misma y la competencia de las sedimentitas afectadas y ha modificado parcialmente la fábrica sedimentaria, especialmente en los conglomerados de La Lola y Bravard.

Como complemento, se analizan la génesis, condiciones ambientales y, en el caso de Sauce Grande, la procedencia del material lítico.

Se señala además la posible existencia de una discordancia angular entre el grupo eodevónico de Lolén y la serie de Sauce Grande, y se sugiere la unión de la serie de Piedra Azul con la de Sauce Grande.

ABSTRACT

This paper deals with essential mineralogical composition and fabric of the psephitic rocks which partially make up the La Lola (Silurian) and Bravard (Eodevonian) Groups and the Sauce Grande Series (Upper Carboniferous), all in the Sierra de la Ventana range in southern Buenos Aires Province.

The La Lola and Bravard psephites are shown to be orthoconglomerates on the basis of their quartzose nature, whilst the Sauce Grande ones, on the main quartz-felspathic, are classified as paraconglomerates. Depending on the intensity of deformation and competence of the sediments, the tectonic deformation has partially altered the original deposition fabric and imposed a grain orientation, specially in the La Lola and Bravard conglomerates.

The study also includes provenance of lithic fragments (Sauce Grande Series), environmental conditions and genesis of the rocks.

The presence of a probable angular unconformity between the Lolén Group (Eodevonian) and Sauce Grande Series is mentioned, and the reunion of the Piedra Azul Series to Sauce Grande is suggested.

INTRODUCCION

Las tareas de campo, motivo de la presente contribución, se han realizado en diversos meses de los años 1963 a 1965, y forman parte de un programa de investigaciones geológicas y petrográficas en las Sierras Australes bonaerenses, preparado por el Departamento de Geología de la Comisión de Investigación Científica de la provincia de Buenos Aires, a cuyas autoridades agradezco la confianza y atenciones dispensadas al contratarme para la realización del estudio cuyos resultados se vierten en el presente trabajo.

Las psefitas paleozoicas de las Sierras Australes, cuyos caracteres regionales —extensión, potencia y litología— datan de los trabajos de Schiller (1930) y especialmente Harrington (1947), no son bien conocidas en lo que a su carácter petrográfico se refiere. Precisamente por ello, y con miras a llenar un hueco en nuestra información sobre estas sedimentitas, es que encaré el presente trabajo de revisión y catalogación.

Por lo tanto, he abarcado el estudio de los conglomerados de los Grupos de La Lola y Bravard, y de la Serie de Sauce Grande, según se muestra en el cuadro I, con sus relaciones estratigráficas.

CUADRO I

Serie de Curamalal	Grupo de La Lola	Silúrico
Serie de Ventana	Grupo de Bravard	Eodévónico
Sistema de Pillahuinco	Serie de Sauce Grande	Carbónico sup.

Estas formaciones sedimentarias se hallan en zonas de fácil acceso por la ruta provincial Nº 76 o por caminos vecinales de tránsito aceptable; su ubicación puede observarse en el mapa general (lámina I).

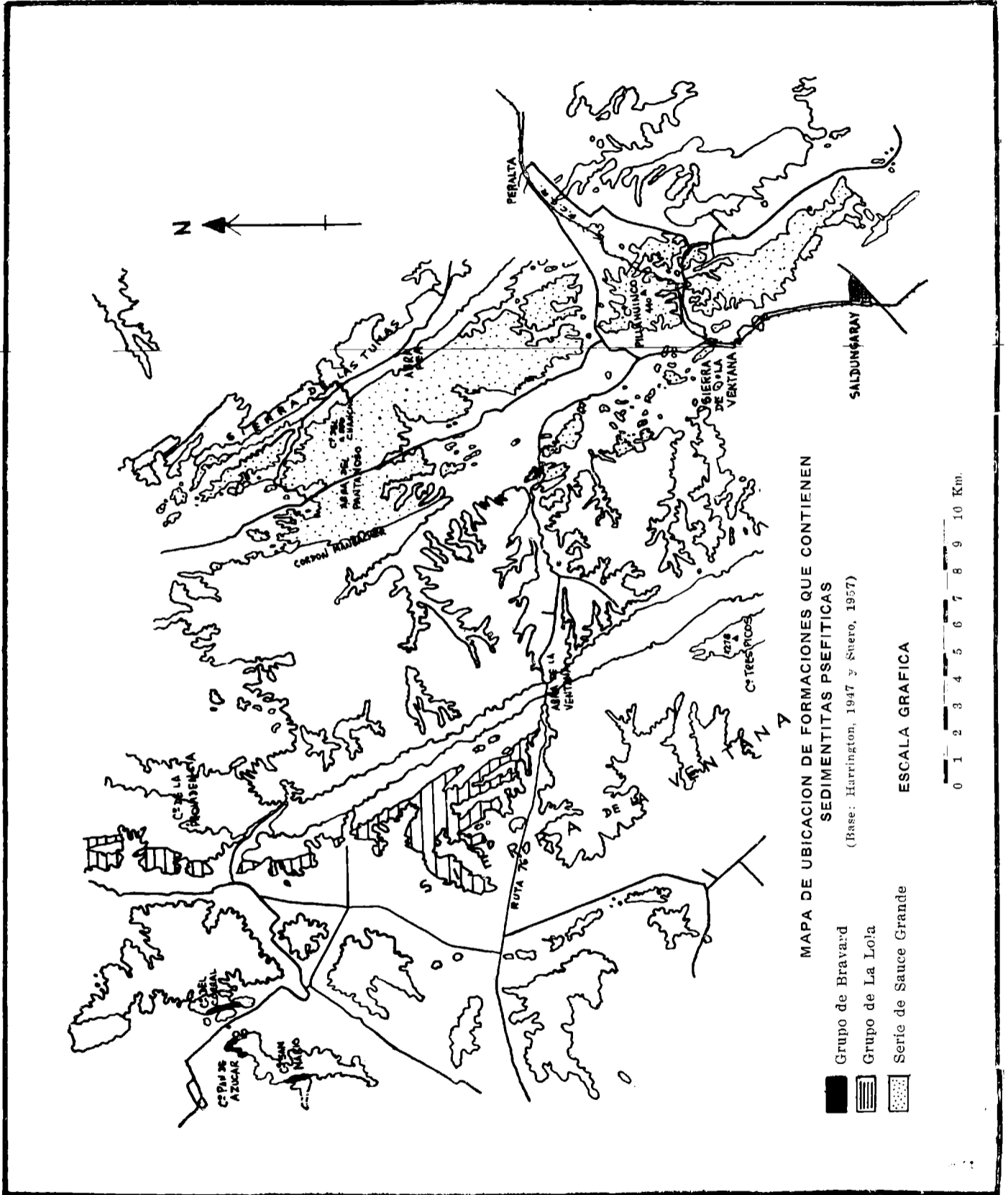
Los materiales descriptos, reunidos durante las campañas antes mencionadas, pertenecen a la colección del Departamento de Geología del C.I.C. y han sido estudiados en el laboratorio de Petrografía de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata. La tarea, además del análisis microscópico de 30 cortes delgados, comprendió el estudio textural de aproximadamente 400 fenoclastos de los conglomerados de La Lola y de Sauce Grande, correspondiendo un tercio al primero. Dada la intensa deformación que presentan los fenoclastos del conglomerado de Bravard, no se ha intentado su reconocimiento textural.

Finalmente, agradezco al doctor M. E. Teruggi sus oportunas indicaciones y sobre todo, el haberme permitido utilizar los laboratorios de Petrografía de la Facultad. Asimismo debo destacar la colaboración prestada por los señores T. A. Subieta, C. García, E. Borelli, N. Rodríguez Alvarez, A. Sardina, G. Ibáñez y H. Bitesnik, quienes me han acompañado durante las distintas campañas.

I

EL CONGLOMERADO BASAL DE LA LOLA

Investigaciones anteriores. La primera referencia corresponde a Schiller (1930), quien reconoció la naturaleza cuarcítica de los



MAPA DE UBICACION DE FORMACIONES QUE CONTIENEN
 SEDIMENTITAS PSEFITICAS
 (Base: Harrington, 1947 y Siero, 1957)

- Grupo de Brava d'
- ▨ Grupo de La Lola
- ▩ Serie de Sauce Grande

ESCALA GRAFICA

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Km.

fenoclastos y señaló la fuerte deformación tectónica que los había afectado. Con posterioridad, Rayces (1942) describió los caracteres principales de los depósitos psefiticos, pero sin mencionar su composición mineralógica. Tampoco lo hizo Harrington en su labor preliminar de 1942, ni en la fundamental obra de 1947, donde amplió y completó el conocimiento de estas sedimentitas modificadas por tectónica. Más recientemente, en el detallado análisis de la petro-fábrica del conglomerado, Cucchi (1962) incluye breves descripciones de sus fenoclastos.

Descripción general. La Serie silúrica de Curamalal, con un espesor de unos 1.200 metros de sedimentitas cuarcíticas, comienza con un conglomerado de 50 metros de potencia (Rayces, 1942, le asigna 65 metros) que constituye la mitad inferior del Grupo de La Lola (Harrington, 1942 y 1947). Le sigue hacia arriba una sucesión de cuarcitas de grano grueso (sección media) a fino (sección superior) donde aparecen delgadas intercalaciones de "areniscas arcillosas esquistasas" (Harrington, 1942).

El conglomerado de La Lola representa el sedimento más antiguo de cuantos afloran en las Sierras Australes. Según Cucchi (1962) los afloramientos se distribuyen en tres grupos: dos fajas que se disponen, con rumbo Norte-Sur, en los cerros San Mario y del Corral, mientras que el tercer grupo ciñe el cerro Pan de Azúcar en forma de herradura abierta al Sudeste.

La mayor parte de las observaciones han sido efectuadas en el cerro Pan de Azúcar, pues es allí donde el depósito psefitico se halla menos afectado por los fenómenos tectónicos y mantiene aún caracteres sedimentarios originales.

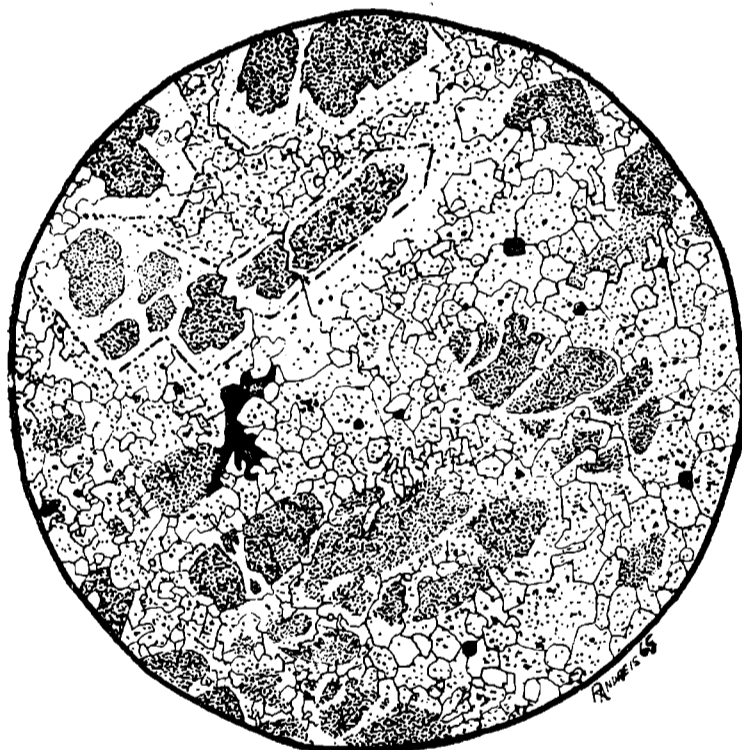
En la porción inferior del conglomerado los rodados son muy abundantes y relativamente grandes (hasta 50 cm.), variando su concentración en un mismo banco; se advierte asimismo que la proporción de los mismos disminuye hacia niveles estratigráficamente más altos (Rayces, 1942). Por otra parte es frecuente, como lo mencionara Harrington (1947), que en las secciones medio-superiores se observe una alternancia de bancos libres de rodados o muy escasos y pequeños (hasta 5 cm.), y camadas con abundantes fenoclastos, no existiendo un límite definido por planos de estratificación. La potencia de los bancos oscila entre 1 y 5 metros, pero por lo general, el valor promedio alcanza a 3 metros (Rayces, 1942).

Si bien el conglomerado carece, al menos aparentemente, de estructuras sedimentarias primarias, en algunos bancos psamíticos intercalados de desarrollo lenticular, más raramente tabular, aparecen estructuras de corriente consideradas por Harrington (1947) como de tipo subácueo. Las láminas o capas que constituyen la estructura interna corresponderían, por su disposición, al modelo definido por Teruggi (1964) como tangencial simple, en la descripción de las paleocorrientes de la Serie de la Tinta (Sierras septentrionales bonaerenses).

La deformación de las psefitas, más intensa en los cerros San Mario y del Corral, les confiere un decidido aspecto metamórfico.

Litología. El conglomerado está compuesto principalmente por rodados de cuarcitas, cuarzo de vena (lechoso) y esquistos pelíticos

gris blanquecinos, en la proporción de 94, 4 y 2 por ciento, respectivamente. No se han encontrado rodados de pórfido cuarífero ni de pizarras oscuras (Rayces, 1942; Harrington, 1947 y Cucchi, 1962). Algunos rodados de aspecto pizarreño han resultado ser metacuarcitas de grano fino y color negro debido a la presencia de "neomagnetita" (ver composición mineralógica). Asimismo, si bien en los afloramientos recorridos no se ha podido hallar un solo rodado del granito deformado sobre el cual yace el potente depósito psefítico, en algunos niveles en el cerro Pan de Azúcar se han encontrado escasos rodados rojizos de aspecto ftanítico que hemos clasificado provisoriamente como *milonita de granito* (fig. 1) por su estructura, no así por su composición mineralógica, esencialmente cuarzo y hematita (determinado por análisis de rayos X en el laboratorio del L.E.M.I.T.).



1000 μ

Fig. 1. — Grupo La Lola. Muestra C.I.C. 186: MILONITA DE GRANITO. Fenoclastos del conglomerado basal, de aspecto ftanítico y color rojo subido. En la base xenoblástica cuarzosa se observan individuos rotos y desplazados que se suponen corresponden a feldespatos por su extinción más lenta en relación al cuarzo. El puntado fino es de hematita. En algunas porciones de la preparación se observan crecimientos secundarios de cuarzo sobre un núcleo de feldespato?

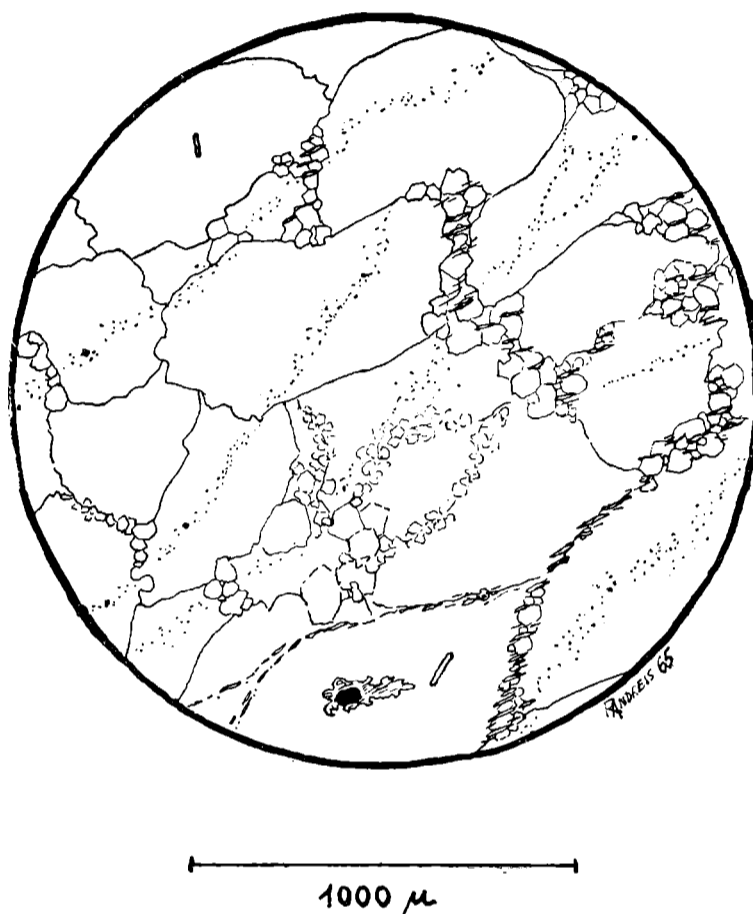


Fig. 2. — Grupo de La Lola. Muestra C.I.C. 183. CUARCITA. Fenoclasto del conglomerado basal, de color rosado, mostrando una típica textura granoblástica y suturas de presión en los bordes de los individuos de cuarzo. La sericita se halla preferentemente orientadas en una dirección, rodeando los granos.

Por efectos del metamorfismo dinámico —en particular en los cerros San Maric y del Corral— los rodados han sido deformados hasta alcanzar complicadas formas, en tanto que la matriz arenosa se halla transformada en un “semiesquisto” de aspecto satinado, con crecimiento de sericita en los planos de esquistosidad, especialmente en las áreas de máxima deformación.

Bajo el microscopio, los rodados de cuarcitas aparecen formados casi exclusivamente por cuarzo (véase figuras 2 y 3). En efecto, es muy bajo el contenido de micas (muscovita), sericita y accesorios; la única excepción la constituyen las variedades negras de cuarcitas (de grano fino), en las que la magnetita “neocristalizada” puede encontrarse en proporciones de hasta un 20 % (fig. 3).

Los individuos de cuarzo que componen los fenoclastos están comúnmente alargados en dirección del eje mayor de éstos, “reproduciendo la forma de los mismos” (Cucchi, 1962) y formando un:

mosaico de formas irregulares que han obliterado toda traza de textura clástica. Es frecuente hallar en los cortes delgados, como ya lo mencionara Cucchi (1962), individuos con límites suturales, megacristales con extinción ondulante o en "franjas", señales de fracturación y láminas de Boehm.

A pesar que los rodados de cuarcitas presentan una composición mineralógica muy constante, hemos podido reconocer —tal como lo hiciera Rayces (1942), aunque sin especificar sus proporciones relativas— varios tipos basándonos exclusivamente en su color en superficie fresca. La tabla I reúne observaciones efectuadas sobre 500 rodados.

TABLA I

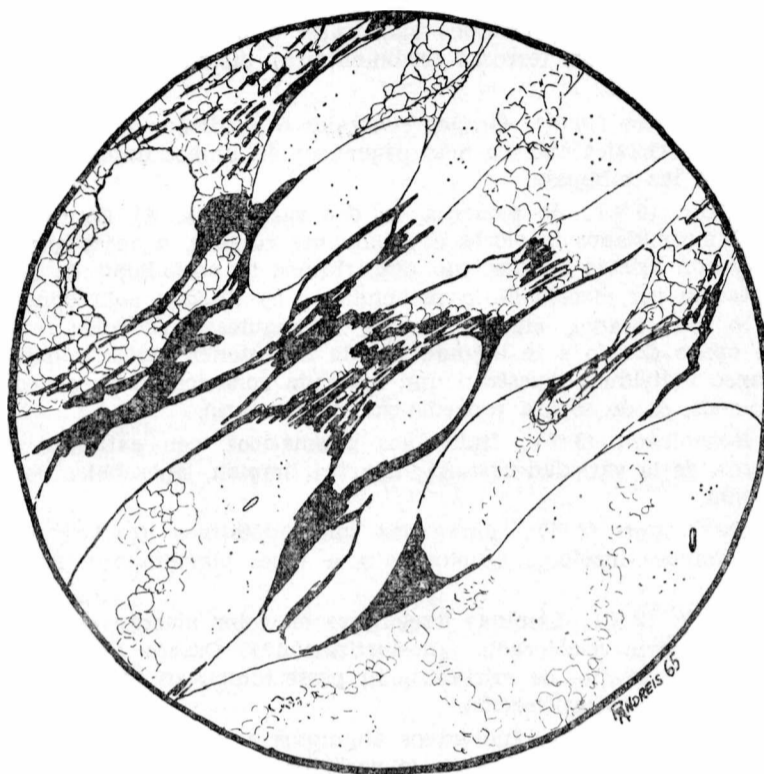
Color del rodado	Frecuencia
Tonalidades de rosado	30 %
Tonalidades de gris	26 %
Blanco amarillento	14 %
Rosado grisáceo	9 %
Blanco puro	8 %
Blanco rosado	4 %
Negro	4 %
Gris moteado de borravino	3 %
Amarillo pálido moteado de negro	1 %
Rojo oscuro (1)	1 %

(1) Corresponde a rodados de aspecto fantástico.

La matriz consiste esencialmente de cuarzo (metamórfico y sedimentario), con proporciones variables de sericita y hematita (o goethita) y escasísimos accesorios.

En contraste con la textura metamórfica de los rodados, la matriz psamítica conserva relictos de la textura clástica primitiva, representados por granos de cuarzo, carácter que ya había sido observado por Cucchi (1962). La mayor parte de los granos cuarzosos derivan de cristales individuales y muestran signos de deformación; otras veces han recristalizado para formar un mosaico de varios granos no deformados, lo que indica claramente un fenómeno de crecimiento posttectónico a expensas de otros individuos menos favorecidos.

Para extraer los minerales pesados, se molieron varias muestras provenientes del cerro Pan de Azúcar (corresponden a la matriz del conglomerado y a las porciones psamíticas libres de rodados). A tal efecto, previa trituración con una chancadora, se sometió las muestras a la acción del molino a bolas hasta obtener fracciones de tamaño cercano a 125 micrones. Una vez efectuada la separación bromoformica de minerales pesados y livianos, se comprobó que aquellos conforman un porcentaje muy escaso en todas las muestras, aproximadamente el 0,1 % del total. Por su parte los minerales livianos (99,9 %) comprenden granos de cuarzo, fragmentos de cuarcitas y restos de agregados cuarzo-sericíticos (a veces hematíticos), en proporciones de 75, 15 y 10 por ciento respectivamente, considerando estas cifras como valores promedio de las muestras examinadas.



—|—
200 μ

Fig. 3. — Grupo de La Lola. Muestra C.I.C. 162: CUARCITA. Fenoclastos del conglomerado basal, de color negro, compuesto de cuarzo estirado (formas ovales), con fenómenos de crecimiento posttectónico. Es notable la presencia de abundante magnetita "neocristalizada" que se dispone entre los granos acompañada de regular proporción de sericita.

En la tabla II, con porcentajes recalculados al 100 %, hemos indicado brevemente los caracteres más notables de cada uno de los minerales pesados hallados, a lo que se agrega —en algunos casos— su génesis.

TABLA II

Minerales pesados

Granate (20 %). Distribuido en tres variedades: rosa pálido, hasta rosado (24 %), incoloro (3 %) y amarillo verdoso pálido (2 %). En todos los casos se presenta como fragmentos angulosos, sin señales de alteración.

Hematita y goethita (24 %). Pequeñas laminillas de color amarillento, ligeramente rojizo hasta rojo oscuro (casi opaco). Parece corresponder a un producto de recristalización de un pigmento ferruginoso de la matriz arcillosa primitiva, ahora transformada en un agregado cuarzo-sericitico.

Magnetita (18 %). Recristalizada, raramente clástica, aparece como pequeños individuos subedrales a euedrales (metamórficos) o como masas terrosas (sedimentario) distribuidos en la matriz modificada.

Calcopirita (10 %). Granos euedrales o anedrales o como agregados de cristales cúbicos más pequeños; en ambos casos de color bronce a luz reflejada.

Zircon (6 %). Se presenta en dos variedades: a) Como prismas bipiramidados incoloros o débilmente rosados, a veces quebrados y con aristas agudas (no descartamos la posibilidad de fragmentación por efectos de la molienda) y b) Prismas subredondeados o redondeados, más raramente subangulosos, de color rosado casi opaco debido a la abundancia de inclusiones indeterminables; algunos individuos muestran una marcada zonación. Esta variedad, al menos, es de segura procedencia sedimentaria.

Hornblenda (3 %). Individuos prismáticos, con extremos angulosos, de la variedad castaña; aparece límpida, sin señales de alteración.

Carbonatos (3 %). Agregados microcristalinos (calcita) o como rombos incoloros (¿dolomita?) a veces pigmentados por hematita.

Biotita (2 %). Láminas irregulares de color marrón rojizo pálido, en parte decolorada (¿desferrización?). Carece de inclusiones. Probablemente de cristalización postectónica en planos de esquistosidad y estratificación.

Turmalina (2 %). Individuos angulosos a subangulosos, de hábito prismático; corresponde a la variedad castaña y presenta borde ligeramente verdoso.

Baritina (2 %). Exclusivamente como granos muy irregulares angulosos, con escasas inclusiones opacas.

Apatita (1 %). Prisma con extremos redondeados, de color ligeramente grisáceo.

Siguiendo el criterio composicional utilizado al estudiar la petrografía de las sedimentitas modificadas del grupo eodevónico de Lolén (Andreis, 1964) en la clasificación sistemática de las "areniscas" (Harrington, 1947) que constituyen la matriz de los depósitos psefíticos, hemos adoptado el esquema propuesto por Pettijohn (1957). A pesar que este esquema no puede ser aplicado con exactitud en nuestras rocas, pues generalmente es utilizado "en sedimentitas en las que los procesos de recristalización son poco evidentes" (Andreis, 1964), parece reflejar con suficiente fidelidad la naturaleza petrográfica en relación con los caracteres macroscópicos que presentan.

De acuerdo con las proporciones relativas de cuarzo, fragmentos de cuarcitas y matriz arcillosa recristalizada y, según la sistemática propuesta por Pettijohn (1957), las muestras pueden definirse como *protocuarcitas* (Fig. 4); la disminución en el contenido de clastos cuarcíticos en las muestras provenientes de las bandas libres de rodados, menos frecuentemente de matriz cuarzo-sericitica, indicaría la presencia de términos transicionales hacia las *ortocuarcitas* (Fig. 5).

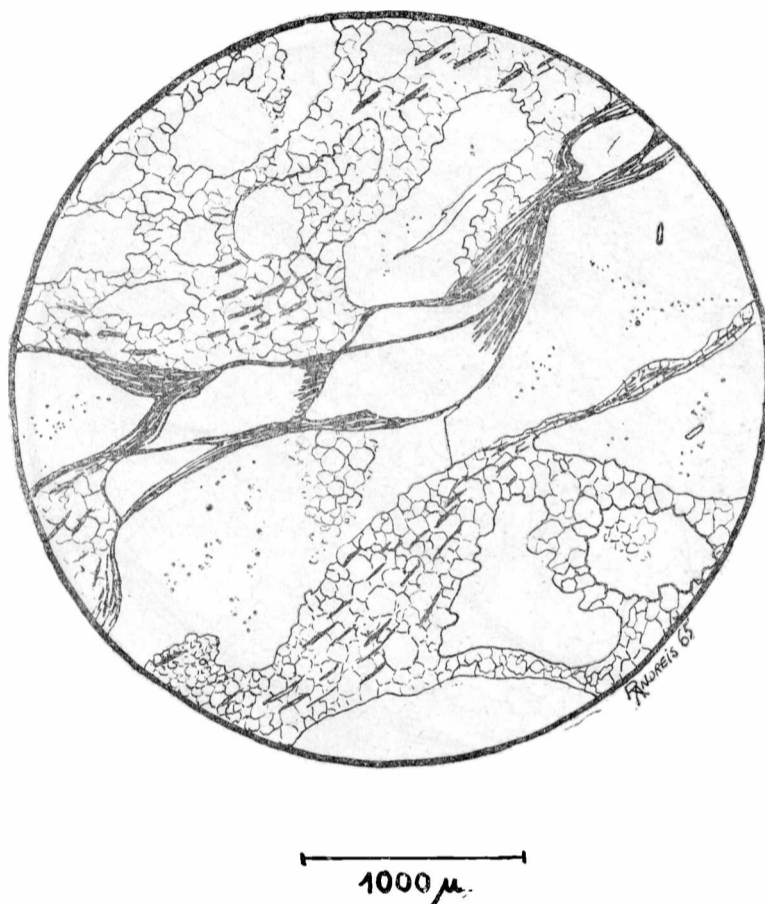


Fig. 4. — Grupo de La Lola. Muestra C.L.C. 198: PROTOCUARCITA. Matriz del conglomerado basal. Individuos de cuarzo con evidencias de crecimiento postectónico, dispuestos en una base de cuarzo xenoblástico con laminillas de sericita.

Texturas y estructuras. El área cubierta por los depósitos psefiticos que integran el Grupo de La Lola ha sido objeto, en los últimos quince años, de investigaciones parciales sobre las características texturales y de orientación de los rodados que lo integran. En general, todos los geólogos que han recorrido la zona, están de acuerdo en señalar las marcadas diferencias en la intensidad de los fenómenos deformantes, entre los afloramientos de los cerros San Mario y del Corral y los del cerro Pan de Azúcar.

Como lo señalara Cucchi (1962), en los cerros San Mario y del Corral, la deformación a que han sido sometidos los rodados, más marcada que en el cerro Pan de Azúcar, ha dado lugar a las más diversas formas; según este autor "los hay con respecto de husos alargados (Fig. 6) o cigarros; elipsoides con distinto grado de achatamiento; alabeados o torsionados con el aspecto de dos o más rodados que hubieran sido soldados entre sí. Algunos recuerdan a palas de remos". En las áreas a que nos hemos referido, los rodados muestran una relación largo ancho oscilante entre 2:1 y 5:1, lle-



Fig. 5. -- Grupo de La Lola. Muestra C.I.C. 195: ORTOCUARCITA. Bandas cuarcíticas libres de rodados. Corresponde al tipo definido por Kilmurray (1965) como heterogéneo. Obsérvese las folias de sericita limitando individuos de cuarzo lenticular, parcialmente modificados.

gando a alcanzar valores cercanos a 8:1; las secciones perpendiculares al eje mayor son elípticas, menos comúnmente subcirculares o circulares, carácter que también reconoce Cucchi (1962).

En el cerro Pan de Azúcar los rodados pueden ser redondeados y lisos, o presentar superficies estriadas o con espejos de fricción como resultados de movimientos internos ocurridos durante los fenómenos deformantes. Este segundo aspecto es muy común en los rodados muy deformados hallados en los cerros San Mario y del Corral.

De acuerdo con las mediciones efectuadas sobre 200 fenoclastos provenientes del cerro Pan de Azúcar hemos reconocido cinco formas bien definidas que denominaremos *ovoidales* (50%), *discoidales con caras planas* (20%), *discoidales plano-convexas* (19%) y *prismáticos* de sección casi circular (6%) o triangular (5%). Aunque no se ha tratado de determinar las formas que presentan los ro-

dados en relación a la deformación que han soportado, sospechamos que la baja esfericidad observada puede deberse, al menos en parte, a un carácter heredado de la forma primitiva (deposicional) de los fenoclastos.



Fig. 6. — Grupo de La Lola. Detalle de la estructura del conglomerado basal. Area del cerro del Corral.

En lo que se refiere al tamaño, las dimensiones de los rodados varían desde granos pequeños del tamaño de una avellana, hasta bloques no mayores de 50 cm. de diámetro, siendo el tamaño más frecuente oscilante entre 10 y 15 cm. (Harrington, 1947; corroborado por el autor).

Si bien la fábrica deposicional de los rodados ha sido modificada en grado variable por dinamotamorfismo, la distribución y orientación advertida en los afloramientos del cerro Pan de Azúcar, pa-

rece sugerir que esta modificación no ha perturbado notablemente la fábrica sedimentaria primitiva. Cucchi (1962) basándose en los resultados de los análisis petrofábricos, considera esta posibilidad poco probable.

Color del conglomerado. Harrington (1947) refiere que "los conglomerados han tenido originariamente color gris blanquecino", pero que "se encuentran hoy secundariamente pigmentados (por limonita, hematita y/o goethita, según nuestras determinaciones), variando sus tonalidades entre el rosado, pardo rojizo y rojo intenso". Esto es en gran parte cierto, pero no debemos olvidar la relativa alta proporción de rodados de cuarcitas con matices rosados que han sido hallados en los distintos afloramientos —complexivamente tomados reúnen casi el 50 % de los fenoclastos— y que seguramente han contribuido en forma notable a la coloración del depósito psefítico.

Clasificación. El conglomerado de La Lola, más correctamente metaconglomerado por las acciones dinamometamórficas que ha soportado, corresponde al tipo definido por Pettijohn (1957) como *ortoconglomerado oligomictico*, aunque la presencia de una matriz arenosa de naturaleza protocuarcítica sugiera una débil tendencia hacia variedades más "sucias" (paraconglomerado del mismo autor). El hecho que la matriz sea submadura frente a un sedimento con elevada madurez textural y composicional, integrado esencialmente por rodados de cuarcitas y cuarzo, no es casual, puesto que una grava alcanza madurez mucho más rápidamente que una arena en las mismas condiciones ambientales (Pettijohn, 1957). Al respecto, en la literatura geológica se han citado varios ejemplos, entre ellos el de la formación mississippiana de Pocono en Estados Unidos (rodados de cuarcitas en matriz protocuarcítica y subgrauváquica) o el conglomerado precámbrico (Lorrain) en Ontario (Canadá) formados exclusivamente por fenoclastos bien redondeados de cuarzo de vena, cuarcitas y ftanitas embebidos en una matriz de tipo subarcósico (Pettijohn, 1957).

Metamorfismo. Sobre la base que han suministrado los hechos observados en el terreno y del estudio de las secciones delgadas puede inferirse que las tres etapas que caracterizan los procesos metamórficos descritos para el grupo de Lolén (Andreis, 1964), pueden aplicarse a las sedimentitas que constituyen el conglomerado de La Lola.

Estos serían cristalización sintectónica (formación del clivaje de flujo, recristalización de la matriz arcillosa primitiva en un agregado cuarzo sericitico y orientación preferencial de minerales de hábito laminar), cristalización postectónica (crecimiento de cuarzo granoblástico y de pequeñas láminas de biotita en los planos de esquistosidad) y deformación postcristalina (fenómenos cataclásticos reflejos de movimientos Andinos). Fenómenos similares han sido observados por Kilmurray (1965) en las psamitas deformadas que integran la Serie de Curamalal.

Ambiente de depositación. Primero Schiller (1930) y luego Rayces (1942) y Harrington (1947) han considerado al conglomerado de La Lola como de tipo basal, depositado durante la transgresión ocu-

rrida durante el periodo cámbrico. Según uno de los autores (Rayces, 1942) la uniformidad de las estructuras internas de corriente "ejemplificarían un depósito de zona nerítica".

La ausencia de rodados de rocas del Basamento cristalino, dejando de lado las dudosas cataclasitas silicificadas descritas precedentemente (ver Fig. 5), plantea el problema de la fuente del material e incluso el de la consideración del conglomerado como un verdadero conglomerado basal. Probablemente, como lo supone Harrington (en Rayces, 1942), se trate de un depósito ubicado sobre una penillanura labrada anteriormente en granito, originándose así una "llanura de nivel de base", posteriormente invadida por el mar. Descarto la posibilidad sugerida por Cucchi (1962) que "parte de los rodados, si no todos, provengan de vetas de cuarzo del Basamento que luego fueron metamorfozados en cuarcitas", principalmente porque tal modificación sólo puede ocurrir en forma restringida dentro del espesor de los depósitos psefíticos en las áreas más deformadas. En el cerro Pan de Azúcar los rodados estudiados son de típicas metacuarcitas con textura granoblástica más o menos evidente.

II

EL CONGLOMERADO DE BRAVARD

Investigaciones anteriores. La primera referencia corresponde a Schiller (1930), quien al describir las sedimentitas aflorantes en el área del cerro Trocadero y de la estancia homónima, señala la presencia de areniscas conglomerádicas y conglomerados finos muy deformados que por su posición estratigráfica, se ubican en la porción inferior del grupo de Bravard. Más tarde, Harrington (1941, 1947) aporta nuevos datos que amplían el conocimiento y las relaciones de estas psefitas con las demás sedimentitas asociadas.

Descripción general. El grupo de Bravard está formado, según Harrington (1947) por unos 200 a 250 metros de cuarcitas de grano grueso hasta conglomerádicas, a menudo pasando a conglomerados finos. Intercalados entre estas cuarcitas y principalmente en las porciones basales, se encuentran lentes y blancos delgados de verdaderos conglomerados que, por lo general, no alcanzan a dos metros de potencia, valor que coincide con las observaciones de Harrington (1941, 1947). Este autor refiere (Harrington, 1941) la presencia de estructuras entrecruzadas.

Estos depósitos conglomerádicos afloran con preferencia a lo largo del contacto Hinojo-Bravard. La extensa cubierta cuaternaria que cubre la mayor parte del área citada, imposibilita la observación de las psefitas en otras zonas.

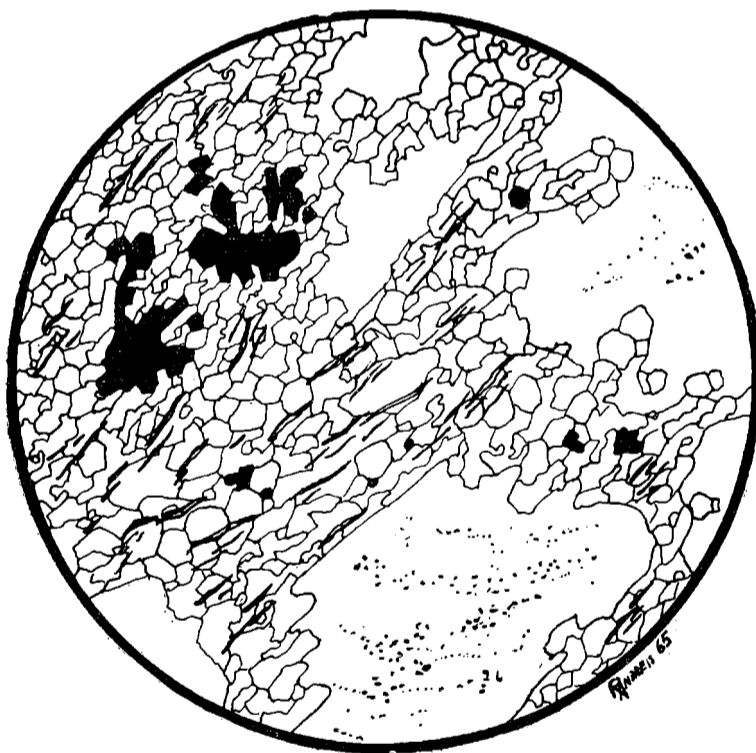
El área recorrida comprende las inmediaciones del Abra del Chaco y secciones occidental-noroccidental del cerro de la Providencia. Se agregan asimismo observaciones sobre muestras recogidas por Schiller en la zona de la estancia y cerro Trocadero y depositadas en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata.

Litología. Los fenoclastos son, sin excepción, de cuarzo lechoso y de cuarcitas de variado color, pudiendo reconocerse (Harrington, 1947) las típicas cuarcitas del grupo de Mascota (rosa pálido, deno-

minadas "flor de durazno"), las "areniscas conglomerádicas" del grupo de La Lola y finalmente otras idénticas a las cuarcitas del grupo de Trocadero (grises, rojizas y amarillentas).

En los afloramientos observados sólo hemos encontrado cuarcitas de grano grueso a muy grueso que contienen rodados más o menos dispersos y aplastados de cuarzo y de cuarcitas amarillentas a rojizas del tamaño de una nuez (carácter que Harrington considera típico para el grupo de Bravard). No obstante las minuciosas observaciones, no se han hallado rodados mayores, de hasta 30 cm. de diámetro, a los que alude Harrington (1947) (en el área del cerro del Trocadero), aunque no dudamos de su existencia en otras zonas del grupo examinado.

La intensa deformación sufrida por las sedimentitas cuarzosas las ha transformado en semiesquistos, que presentan brillo satinado debido al crecimiento de sericita en los planos de esquistosidad.



200 μ

Fig. 7. — Grupo de Bravard. Muestra C.I.C. 199: ORTOCUARCITA. Tipo heterogéneo (según Kilmurray, 1965). Detalle del pavimento xenoblástico de cuarzo, conteniendo magnetita eudral (metamórfica) y laminillas de sericita. Los individuos de cuarzo muestran evidencias de crecimiento postectónico.



Fig. 8. — Grupo de Bravaud. Muestra C.L.C. 200; ORTOCUARCITAS. Tipo homogéneo (Kilmurray, 1965) caracterizado por el escaso contenido (a veces algo más marcado) en material granulado (matriz recristalizada) y preferentemente por el alargamiento de los clastos siguiendo la esquistosidad. Obsérvese las inclusiones fluidas de disposición subparalela que atraviesan la preparación. La sericita se halla parcialmente pigmentada por goethita (negro).

Al microscopio pueden advertirse algunos indicios de la textura clástica primitiva, que no ha sido totalmente borrada por los frecuentes fenómenos de crecimiento postectónico observados en cortes delgados. Por lo común estas modificaciones afectan las porciones limítrofes entre los fenoclastos mayores de 1 cm. y la matriz cuarzo sericítica, observándose en algunas preparaciones un mosaico cuarzoso (Fig. 7) en el que se destacan fragmentos mayores (Fig. 8). En algunas muestras provenientes de los niveles psamíticos gruesos se ha determinado (Fig. 9) suficientes evidencias de texturas cataclásticas combinadas con procesos de cristalización postectónica.

Con respecto a la composición mineralógica de las sedimentitas de Bravaud, en general puede considerársela esencialmente cuarzosa (cuarzo metamórfico y sedimentario) con proporciones variables de sericita y hematita (y goethita), vale decir serían *orthoquarcitas*.

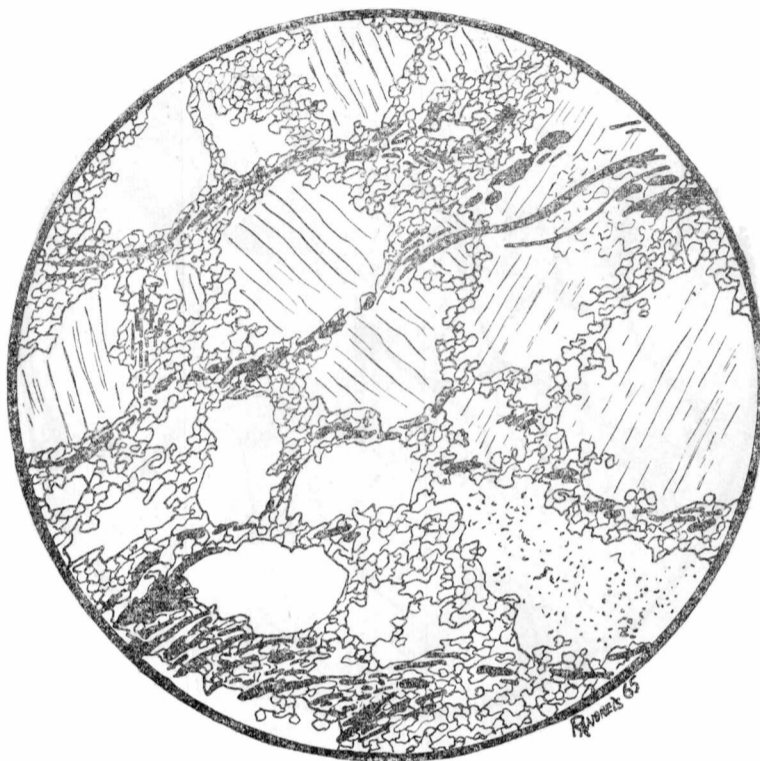
500 μ

Fig. 9. — Grupo de Bravard. Muestra F.C.N. 6578 (Campo del Trocadero, col. Schiller) CATACLASITA DE ORTOCUARCITA. Tipo heterogéneo (según Kilmurray, 1965). Granos equidimensionales en una pasta recrystalizada en forma de mosaico xenoblástico que contiene laminillas de sericita en forma de folias que, en parte limitan los individuos de cuarzo. Frecuentemente esta sericita se halla pigmentada por goethita (negro).

Aunque no hemos analizado el contenido de minerales pesados, de acuerdo con los datos aportados por Crotti (1942) en su estudio petrográfico de sedimentitas de distintas porciones de las sierras australes, las cuarcitas basales de la Serie de la Ventana contienen exiguas cantidades (1 % en conjunto) de zircón, epidoto, leucóxeno, magnetita (probablemente metamórfica como la hematita) y variedades castaña y verde de turmalina.

Color del conglomerado. Los colores predominantes son el rojo ladrillo, rojo pardo, rojo rosado, rosado y pardo amarillento (Harrington, 1947). El examen microscópico ha revelado que mezclas en proporciones variables, de hematita y goethita, son las causantes de las distintas tonalidades observadas en los afloramientos. Ambos minerales aparecen como pequeños individuos o agregados de individuos anedrales incluidos en la matriz cuarzo-sericitica.

Clasificación. De acuerdo con el criterio de Pettijohn (1957) y por las similitudes composicionales y texturales con el conglomerado de La Lola, las psefitas basales del grupo de Bravard también son consideradas como *ortoconglomerados oligomicticos*.

Metamorfismo. Igual que para el resto de las sedimentitas ortocarcíticas de las Series de Curamalal y Ventana.

Ambiente de depositación. Harrington (1947) señala que la Serie de Ventana "se dispone transgresivamente sobre la de Curamalal" y comienza con sedimentos psefiticos que "pueden considerarse como verdaderos conglomerados basales". Las evidencias de campo no son suficientes para confirmar o negar esta posibilidad, pero en nuestra opinión aparentemente se trataría, al menos en las áreas citadas precedentemente, de depósitos psefiticos derivados de una mayor o menor remoción por corrientes litorales.

III

EL CONGLOMERADO DE SAUCE GRANDE

Investigaciones anteriores. La Primera referencia corresponde a Hauthal (1892), quien menciona unos depósitos conglomerádicos en el área comprendida entre el extremo occidental de las sierras de Pillahuincó y de Tunas y la margen derecha del río Sauce Grande, aunque sin precisar su origen. Este autor suponía (Hauthal, 1892, 1901), como otros investigadores de la época (Aguirre, 1383), que dicho conglomerado constituía la porción más antigua de las sierras mencionadas, por el aumento en la proporción de fragmentos cristalinos hacia el Este que indicaba con "bastante seguridad que el conglomerado reposa inmediatamente sobre el gneis" encontrado por Darwin (1876) al Oriente de la sierra de Pillahuincó y de cuya existencia no existen pruebas.

Es Keidel, en 1916, quien describe con mayor amplitud los depósitos psefiticos que observara en los cortes artificiales efectuados para el tendido de rieles del entonces Ferrocarril del Sud entre los Km. 523 y 535, en el tramo Pringles - Sierra de la Ventana. Reconoce para los mismos un origen glacial e incluye el análisis microscópico de algunas muestras de matriz arenosa del "Conglomerado del valle del río Sauce Grande". Poco después, Coleman (1918) vuelve a describir las sedimentitas glaciales reconocidas por Keidel a lo largo del arroyo del Negro paralelas a las vías férreas, y las compara con similares del estado brasileño de San Pablo.

Keidel (1922) examina nuevamente los depósitos tillíticos señalando las características esenciales del glaciario local en relación a otras áreas glaciadas del vasto continente gondwánico.

El potente conjunto de sedimentitas aflorantes en las sierras de Pillahuincó y de las Tunas fue estudiado por Du Toit, cuyo trabajo publicado en 1927, constituye un hito en el conocimiento de la sucesión glacial de las Sierras Australes. En él se han compilado todos los datos conocidos hasta entonces, que se analizan y comparan con otras formaciones sudamericanas y sudafricanas, estableciéndose importantes correlaciones.

Harrington (1934) realizó un estudio muy completo del conjunto de estratos de denominó "Serie de Pillahuincó", reconociendo en

la sección inferior el "Grupo glacial de Sauce Grande" descrito precedentemente por Keidel y Du Toit. De este conglomerado Riggi (1935) describe brevemente los distintos tipos composicionales de fenoclastos incluidos.

Sobre la base de la labor de 1934, 1941 y 1942, Harrington inicia una compleja tarea de análisis y síntesis que finaliza con la importante contribución de 1947 —las Hojas Geológicas 33m y 34m, Sierras de Curamalal y de la Ventana— en la que al referirse al Grupo de Sauce Grande reconoce tres secciones, cada uno con sus caracteres litológicos propios.

Finalmente, debe destacarse la labor realizada por Suero (1957) que en sus numerosas campañas se ocupó de la porción ubicada al oriente de la localidad de Sierra de la Ventana, esencialmente la sierra de Pillahuincó, señalando además de las características del plegamiento local, diversos aspectos litológicos de la sucesión glacial de Sauce Grande.

Descripción general. Al referirse a la Serie de Sauce Grande, Harrington (1947) expresa: "...consiste en una sucesión de gruesos conglomerados, entre los que se intercalan areniscas más o menos silicificadas, esquistos cuarcíticos y esquistos arcillosos en bancos y lentes de importancia desigual, cuyo espesor total puede estimarse en unos 800 a 900 metros". Asimismo, separa la serie en tres secciones con sus caracteres propios, pero cuya distinción en el campo (al menos en las áreas estudiadas) no es fácil de efectuar; no obstante hemos creído conveniente mantener tal división como elementos de referencia de nuestras observaciones.

a) *Sección inferior.* Constituida por "unos 450 metros" (Harrington, 1947) de sedimentitas de aspecto tillítico y microtillítico que muestran marcada esquistosidad, un carácter heredado del intenso plegamiento que afecta la porción basal en contacto con el grupo eodevónico de Lolén. Se intercalan pocos bancos de psamitas de aspecto cuarcítico y limolitas lenticulares de reducida potencia (máximo 0,50 metros). Los conglomerados, que en general son considerados por textura y color como tillitas, tienen "abundante matriz de grano fino y son de color gris oscuro a gris verdoso oscuro" (Harrington, 1947). En las porciones basales las microtillitas suelen mostrar tonalidades más claras y brillo filítico característico.

Los fenoclastos de los conglomerados son de tamaño variable, llegando a medir 30 cm de diámetro, tamaño relativamente escaso en las porciones basales, donde son frecuentes pequeños (hasta 2 cm) subangulosos a subredondeados, de composición poligénica. Se ha observado en estos sectores frecuentes fenoclastos de aspecto ocráceo, reflejo de su composición limonítica. Además, sobre la ruta 76 y en el contacto con el Grupo de Lolén (eodevónico), aparecen en cantidades subordinadas fenoclastos redondeados de cuarcitas de hasta 10 cm. de diámetro.

b) *Sección media.* Comprende "250 metros... de potentes camadas de psamitas silicificadas muy tenaces, entre las que se intercalan espesos bancos (hasta 4 metros) de conglomerados regularmente estratificados macizos y compactos de color gris verdoso oscuro" (Harrington, 1947) predominante. Las psamitas son de grano fino y macizas, caracteres que les confieren un aspecto cuarcítico

típico; en general, muestran un color verde azulado hasta gris amarillento y se advierten señales poco marcadas de laminación diagonal de tipo planar.

Como ya lo mencionara Harrington (1947), en esta sección las psamitas pueden presentar un fino moteado blanquecino verdoso, que será un carácter prevaeciente en la Serie de Bonete, donde afloran numerosos bancos de "areniscas moteadas".

c) *Sección superior*. Integrada (Harrington, 1947) por psamitas y conglomerados "bien estratificados gris azulados a azul verdoso sucio", con una potencia total de 180 a 200 metros.

En este sector es frecuente la alternancia de sedimentitas de aspecto tillítico, de típicos conglomerados fluviales y psamitas a veces lenticulares, carácter que Du Toit (1927) asignó a la terminación y subsecuente renovación de la actividad glacial por considerar que el pasaje de un tipo litológico a otro representaba superficies de discontinuidad. Hacia las porciones superiores esta alternancia es reemplazada por fangolitas con rodados (según la definición de Pettijhon, 1957) de color verde oliva y conglomerados con fenoclastos subangulosos hasta bien redondeados y abundante matriz arenarcillosa verdosa a azul verdosa. A su vez estas sedimentitas pasan gradualmente a las psamitas y pelitas gris amarillentas a verdosas, raramente negro azuladas, que integran la porción inferior de la Serie de Piedra Azul, por disminución en la proporción y por dispersión de los fenoclastos como lo reconocieran Harrington (1947) y Suero (1957). El problema del límite entre las Series de Sauce Grande y Piedra Azul será expuesto más adelante (ver relaciones estructurales).

Finalmente, llama la atención en la porción superior de esta sección la intercalación de psamitas poco potentes (hasta 1 metro) de colores claros (verde oliva pálido, castaño amarillento claro), grano fino a mediano y aspecto de "areniscas" por su fractura irregular y condición ligeramente friable.

La tectónica que afectó la Serie de Sauce Grande no es tan complicada como la observada en las series eodevónicas, pudiendo reconocerse de un modo general (Harrington, 1947; Suero, 1956 y observaciones propias) que el plegamiento decrece en intensidad hacia el Este y los pliegues son de tipo asimétrico con plano axial inclinado hacia el Sudoeste sólo en la base del grupo, pues paulatinamente se hacen más suaves hasta llegar a ser simétricos y de gran amplitud. No hemos observado al Este de Abra del Pantanoso los "fuertes pliegues con charnelas punteagudas pero regularmente isoclinales" que describiera Riggi (1935).

Una estructura constante en las zonas recorridas es el intenso diaclasamiento regional de rumbo NNO-SSE, paralelo al rumbo de los pliegues, que afecta a todas las sedimentitas (incluyendo los fenoclastos de los niveles psefíticos) con variable intensidad según su granulometría. Estas diaclasas han sido consideradas por Suero (1957) como de "liberación".

Relaciones estructurales. Según lo expresara Harrington (1942), el contacto entre la serie de Sauce Grande y el grupo eodevónico de Loión puede ser examinado a lo largo de 40 kilómetros de afloramientos, en los cuales "los sedimentos glaciales yacen sobre el mis-

mo grupo litológico" del grupo de Lolén, representado por "areniscas esquistosas de color rojizo, con grandes hojuelas de mica amarilla" criginadas por crecimiento postectónico (Andreis, 1964).

No obstante el hiatus que separa ambas entidades estratigráficas, debido al plegamiento concordante de las sedimentitas, no se ha observado ninguna señal de discordancia "a pesar de que el paso es brusco" (Du Toit, 1927). El cambio de "grauvaca" a la tillita fina verdosa oscura con pequeñas inclusiones a que alude Du Toit (1927), tiene lugar en pocos centímetros, con la presencia de algunos pequeños rodaditos ocasionales en la "grauvaca" de Lolén y trozos de areniscas esquistosas en la tillita. De un modo general nuestras observaciones han corroborado la presencia de pequeños fenoclastos psamíticos rojizos, de 1-2 cm. de diámetro en los términos superiores del Grupo de Lolén (sobre la ruta N° 76 en las cercanías del arroyo del Loro) y de fenoclastos cuarcíticos en Sauce Grande cuyos colores y composición mineralógica bien podría corresponder a elementos de Lolén incluidos en sedimentitas de aspecto tillítico.

Sobre la base de un minucioso examen en varias zonas del contacto Sauce Grande-Lolén (orilla izquierda del arroyo San Bernardo, ruta 76 en las inmediaciones del arroyo del Loro y al Oeste del Abra del Pantanoso), si bien no se tienen suficientes elementos de juicio para confirmarlo, se ha recogido la impresión que entre Sauce Grande y Lolén podría existir una discordancia angular poco marcada. No obstante que Harrington (1942) afirma que "el grupo de tillitas continentales yacen sobre el mismo grupo litológico de Lolén..., de unos 30 a 40 metros de espesor, formado por areniscas esquistosas de color rojizo, con grande hojuelas de mica amarilla", particularidad observada en los arroyos San Bernardo y del Loro, este nivel guía no parece en el área del cordón Manbacher, al Oeste del Abra del Pantanoso (ver lam. I). Allí las sedimentitas glaciales yacen sobre psamitas macizas a algo esquistosas de color amarillento a castaño amarillento.

La posibilidad de que exista una discordancia angular —también sugerida por Keidel (1947)— ha de ser considerada con mucha cautela, principalmente por cuanto en la sección superior el autor (Andreis, 1964) advirtió un buen desarrollo de estructuras lenticulares, con cambios litofaciales y cromáticos en zonas relativamente cercanas.

Veamos ahora el pasaje Sauce Grande-Piedra Azul. Como mencionara precedentemente (pág. 27) no existe entre ambas series un límite definido. La opinión más generalizada es que la Serie de Piedra Azul comienza allí donde los conglomerados glaci-fluviales o glaci-marinos, por pérdida y dispersión de fenoclastos, pasan a psamitas y limolitas (y fangolitas) azuladas que caracterizan ese grupo. Al respecto, Riggi (1935) considera que la superposición puede ser observada en el Abra Fea, en el corte del arroyo Atravesado. Sin embargo, en el sector Piscicultura-Cerro La Querencia (en especial en el valle del arroyo Piedra Azul) y en el área del cerro del Chanco (Abra del Pantanoso), aparecen camadas de rodados (a veces muy dispersos) relativamente grandes (hasta 12 cm. diámetro mayor) distribuidos en limolitas verde oliva a castaño verdosas o en psamitas azuladas que caracterizan

la porción inferior a media de la Serie de Piedra Azul en los sectores mencionados más arriba. Esta distribución de los elementos psefiticos, que también Suero reconociera oportunamente (comunicación personal, 1963) y la similitud en el aspecto megascópico entre la matriz de los conglomerados de Sauce Grande y las psamitas de Piedra Azul, señalan una continuidad de facies con modificaciones graduales del ambiente de depositación. De acuerdo con lo expresado por Suero (1957) el pasaje transicional hace que resulte difícil encuadrar las series dentro de límites rígidos y que la diferenciación puede ser útil para carteos sistemáticos, pero creemos que quizás fuera más conveniente la unión de Sauce Grande con Piedra Azul bajo la denominación de Serie de Sauce Grande, estableciendo como techo de esa serie el primer banco de "areniscas moteadas" de la Serie de Bonete que representa una modificación substancial en las condiciones ambientales (véase Harrington, 1947; Keidel, 1947 y Suero, 1957).

Litología. El análisis petrográfico, para mayor comprensión de las características de las sedimentitas examinadas, ha sido separado en dos secciones; una correspondiente a la composición de los fenoclastos de las psefitas y otra referente a la fracción psamítica que incluye no sólo la matriz de los conglomerados sino también las intercalaciones exentas de inclusiones. Convenimos con Hauthal (1892) que a veces el tamaño de los rodados es tan heterogéneo que el contraste entre la masa psamítica y los fenoclastos casi desaparece.

I. FRACCION PSEFITICA

A poco de examinar la frecuencia de tipos composicionales, es común advertir en la mayoría de los afloramientos, ya sea de sedimentitas tillíticas o en los conglomerados glaci-fluviales, que existe un notorio predominio de fenoclastos de aspecto cuarcítico entre los de origen sedimentario y también con respecto a aquellos de otra naturaleza (ígneos o metamórficos). Esta abundancia de fragmentos de "cuarcitas y areniscas" (Riggi, 1935, que puede alcanzar a proporciones del 80 % (Suero, 1957), también había sido reconocida por Hauthal (1892), Keidel (1916), Coleman (1918), Windhausen (1931), Harrington (1942) y Suero (1957). Asimismo, del conjunto de tipos litológicos a que se refieren los autores antes mencionados, en particular de la lectura de los trabajos de Keidel (1916), Coleman (1918), Harrington (1942) y Suero (1957), surge como neta evidencia la abundancia de fragmentos de rocas eruptivas sobre las metamórficas, aunque siempre subordinados a las "cuarcitas". En casi todos los afloramientos estudiados ha sido comprobada la relación anterior y en particular, en el segundo corte del Ferrocarril, sobre 230 rodados observados hemos obtenido la siguiente frecuencia composicional: cuarcitas (47 %), eruptivas (31 %), metamorfitas (11 %), calizas (8 %), cuarzo de vena (2 %) y arcillitas negras (1 %).

La distribución en todo el espesor de la Serie de Sauce Grande (al menos en las áreas estudiadas) de los rodados de aspecto cuarcítico es más o menos constante, aunque parecen aumentar ligeramente su proporción hacia los términos superiores en detrimento de los demás tipos, que localmente pueden reunir hasta el 25-30

por ciento del total (eruptivos o metamórficos). Las conclusiones de Riggi (1955) parecen corroborar esta posibilidad al expresar que en las sierras Pillahuinco y hacia la de Tunas, los fenoclastos son "de composición francamente cuarcítica, con cantos rodados de cuarcitas y areniscas claras, contra una gran escasez de filitas, esquistos y eruptivas en general".

Dada la gran cantidad de fenoclastos recogidos en distintos sectores de la Serie de Sauce Grande, aproximadamente 380 unidades, ha sido necesario efectuar un profundo examen analítico del material de referencia para seleccionar los fenoclastos cuyo estudio petrográfico se incluye en este trabajo. Se trata de 16 fenoclastos que son considerados representativos de los principales tipos litológicos observados y que comprenden rocas eruptivas (muestras C.I.C. 249, 261, 267, 268, 271, 272, 273, 274, 358 y 379), sedimentarias (muestras C.I.C. 251, 269, 270 y 305) y metamórficas (muestras C.I.C. 261 y 266). En cada caso las proporciones relativas de los minerales constituyentes han sido establecidas con platina de integración cediéndola al efecto por el Departamento de Geología del L.E.M.I.T.

Las muestras cuyas siglas son C.I.C. corresponden a la colección de la Comisión de Investigación Científica de la provincia de Buenos Aires, mientras que aquellas rotuladas F.C.N. integran la colección de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata.

a) *Rocas sedimentarias*. Representadas principalmente por fenoclastos de aspecto cuarcítico y, en proporciones variables aunque siempre subordinadas a las anteriores, fragmentos tabulares de lutitas verde oscuro, arcilitas negras, calizas grises de grano fino y raras ftanitas rosadas. La referencia de Schiller (1930) quien cita el hallazgo por parte de Flossdorf, en 1911, de un rodado de caliza con corales en el segundo o tercer corte del Ferrocarril, no ha sido confirmada.

En la mayoría de los casos examinados las "cuarcitas" son macizas de grano fino a mediano, con fractura irregular a subconcooidal; en general las "cuarcitas" verdes son más frecuentes que las blanquecinas (pueden presentar pigmentación limonítica o hematítica superficial que les confieren tonalidades amarillentas, castañas hasta rosadas, siendo muy raras aquellas de color rojo subido o borravino.

A juzgar por los datos de campo, se tiene la impresión que los fenoclastos más grandes observados corresponden a las "cuarcitas" verdes, conjuntamente con unos pocos de génesis plutónica, aunque tal diferencia granulométrica con los otros tipos litológicos parece desaparecer en los niveles superiores de la Serie, en particular en los estratos de fangolitas con rodados.

Dada la naturaleza de las sedimentitas, sólo se han estudiado en preparaciones delgadas las "cuarcitas" verdes (C.I.C. 270), blanquecinas (C.I.C. 269), borravino (C.I.C. 251) y la ftanita rosada (C.I.C. 305). Cabe señalar que en la mayoría de los casos, no sólo de rocas sedimentarias sino también de eruptivas y metamórficas, se ha tratado de complementar el estudio de las preparaciones delgadas respectivas con observaciones a grano suelto a fin de obtener una visión más completa de sus características texturales, cromáticas y/o composicionales.

Del examen microscópico se desprende (véase descripciones petrográficas) que las "cuarcitas" verdes pueden ser clasificadas como areniscas plagioclásicas (González Bonorino y Teruggi, 1952) (C.I.C. 270, Fig. 10) por su alto contenido en plagioclasa ácida (mayormente oligoclasa) y la presencia de 10 % promedio de una matriz cloritica, distribuida en finas e irregulares láminas entre los clastos. Por su parte, las "cuarcitas" blanquecinas (C.I.C. 269) han sido definidas como cuarcitas feldespáticas (según Pettijohn, 1957) sobre la base de la riqueza feldespatos alcalinos y la ausencia de matriz cloritica o de otro tipo; es muy probable que existan variedades transicionales hacia las arcosas, ya que en algunas muestras estudiadas a grano suelto se ha verificado un aumento en el contenido de feldespatos alcalinos que excede el 24 % observado en la muestra C.I.C. 269. Finalmente, dejando de lado la muestra de ftanita (C.I.C. 305) compuesta exclusivamente por cuarzo límpido con leve pigmentación hematítica responsable del tinte rosado que presenta, por su escasa aparente distribución, cabe señalar la baja frecuencia de sedimentitas de naturaleza verdaderamente cuarcitica al parecer relegadas a los raros fenoclastos de color rojo subido o borravino (C.I.C. 251, Fig. 11).

En suma, dada la frecuencia cuantitativa de las distintas variedades de "cuarcitas" anotada precedentemente, el estudio microscópico ha puesto de manifiesto la abundancia de fragmentos de sedimentitas feldespáticas (areniscas plagioclásicas, cuarcitas feldespáticas y posibles arcosas) en detrimento de aquellos cuarzosos (ortocuarцитas).

Muestra C.I.C. 251: ORTOCUARCITA

Descripción megascópica: roca de grano fino a mediano, ligeramente heterogéneo, de fractura irregular a ligeramente subconcoídea que le confiere aspecto cuarcítico característico. El color borravino aparece más oscuro hasta negro a lo largo de pequeñas fracturas de trazo subparalelo, al parecer vinculado con el diaclasamiento regional.

Descripción microscópica

Composición: cuarzo (90 %), cemento calcítico (10 %), zircón.

Clastos subredondeados, más raramente subangulosos o redondeados de cuarzo, unidos fuertemente por un crecimiento secundario del mismo mineral en continuidad óptica, y en menores proporciones por calcita microcristalina.

El cuarzo clástico encierra con frecuencia inclusiones orientadas a lo largo de líneas paralelas o cruzadas de tipo globular; estas inclusiones, en porciones de la muestra, atraviesan varios clastos. Raras son las inclusiones sólidas de magnetita euedral o de delgadas agujas negras de rutilo. La extinción ondulante es poco marcada en general, al parecer un carácter heredado.

Muestra C.I.C. 269: CUARCITA FELDESPATICA

Descripción megascópica: psamita de grano mediano, maciza, de color blanco amarillento, pigmentada superficialmente por limonita que cubre áreas irregulares.

Descripción microscópica.

Composición: cuarzo (72 %), ortoclasa (18 %), microclino (6 %), clastos líticos (3 %), turmalina, muscovita, apatita, calcita.

Si bien se advierten algunos restos de la textura clásica primitiva, la frecuente recristalización del cuarzo (responsable de la textura granoblástica) sin afectar los feldespatos alcalinos, ha dado lugar a la formación de bordes suturales entre los granos e incipientes fenómenos de crecimientos de cuarzo, representados por un pavimento cuarzoso periférico (¿cuarzo cataclástico?). Asimismo, pequeñas



Fig. 11. — Serie de Sauce Grande. Muestra C.I.C. 251: ORTOCUARCITA. Granos de cuarzo subredondeado y redondeado, unidos por crecimiento secundario de cuarzo. Se observa además calcita microcristalina que reemplaza porciones irregulares del crecimiento secundario o de los clastos. En general, la madurez textural y composicional son elevadas.



Fig. 10. — Serie de Sauc Grande. Muestra C.I.C. 270: ARENISCA PLAGIOCLASICA. Esencialmente cuarzo y plagioclasa, con regular cantidad de matriz clorítica intersticial. Textura en parte granoblástica, con contactos suturales excepto donde hay matriz. Inclusiones fluidas de disposición subparalela atraviesan la preparación (en el cuarzo). Selección moderada.

inclusiones globulares dispuestas en planos paralelos o subparalelos que pasan de un grano a otro son relativamente frecuentes; las inclusiones sólidas (agujas de rutilo, apatita o zircón) son muy raras.

Los feldespatos alcalinos, ortoclasa pertítica algo turbia por alteración alofánica y microclino límpido, exhiben una delgada corona de reacción con el cuarzo, formada por pequeñas laminillas de sericita y escaso cuarzo. La turmalina clástica es de la variedad castaña.

Muestra C.I.C. 270: ARENISCA PLAGIOCLASICA.

Descripción megascópica: psamita de grano mediano, maciza, de color verdoso oscuro.

Descripción microscópica.

Composición: cuarzo (54 %), plagioclasa (23 %), microlino y ortoclasa (5 %), clastos líticos (5 %), matriz clorítica (12 %), zircón, apatita.

La textura de la psamita es algo granoblástica, con bordes suturales frecuentes excepto donde hay matriz clorítica; se advierten indicios de cataclasis en el cuarzo y los feldespatos (maclas y clivajes doblados). Son muy comunes las inclusiones globulares dispuestas en forma subparalela que atraviesan varios clastos.

La plagioclasa, de composición albitica hasta oligoclásica menos frecuente, muestra una incipiente alteración sericitica y alofánica; se halla maclada según albita, más raramente en Carlsbad-albita, y carece de estructuras zonales.

Los feldespatos alcalinos aparecen algo turbios por alteración alofánica, incluso el microclino.

Los clastos líticos están representados por fragmentos de pelitas ligeramente recristalizadas en un agregado cuarzo-sericitico, y otros, raros, de cuarzo y microlino (¿pegmatita?).

Muestra C.I.C. 305: FTANITA

Descripción microscópica: roca densa, afanítica, con fractura subconcoídea y color rosado, superficialmente pigmentada por limonita.

Descripción microscópica.

Composición: cuarzo (74 %), carbonato (20 %), limonita (6 %).

En una masa microcristalina de cuarzo, en la que se advierten porciones granoblásticas de grano mediano, se distribuyen en forma más o menos ordenada siguiendo probables planos de laminación, rombos de dolomita límpidos y agregados algo pimentados por limonita.

Por las características de la roca hemos supuesto que deriva de la silicificación de limonitas cuarzosas, algo calcáreas.

b) *Rocas eruptivas.* Integradas por abundantes fragmentos de plutonitas de composición ácida e intermedia y, en menores proporciones, por vulcanitas de tipo riolítico hasta riodacítico, con raras diabasas modificadas y filonianas aplíticas de composición similar.

Esta conclusión, basada en el examen de numerosos afloramientos, corrobora las referencias de otros investigadores (Hauthal, 1892; Keidel, 1916; Coleman, 1918; Schiller, 1930; Harrington, 1942) que, de modo generalizado, aunque sin establecer proporciones relativas, reconocieran la abundancia de fenoclastos "graníticos" por sobre los volcánicos o filonianos.

Para claridad de la exposición me ocuparé primero de las rocas plutónicas y filonianas y posteriormente de las volcánicas.

El examen petrográfico (y de grano suelto) ha revelado que la mayor parte de las rocas plutónicas de colores borraño hasta rosado pálido son *granitos alcalinos* (CIC 248, Fig. 12; CIC 261, Fig. 13)

y *calco-alcálicos* (CIC 273), en tanto que las variedades blanquecinas —descriptas por Harrington (1942) y Suero (1957) como granitos grises— han resultado ser *granodioritas*, a veces transicionales a *adamellitas* (CIC 274). En particular la muestra CIC 261, si bien la incluimos entre las plutonitas, su textura presenta afinidades aplíticas, lo que nos ha inducido a clasificarla como granito aplítico.

Las escasas aplitas estudiadas presentan caracteres cromáticos y composicionales similares a los encontrados para las plutonitas (CIC 249, CIC 271).

Considerada en conjunto, la composición mineralógica esencial de las rocas plutónicas y filonianas, que al parecer se mantiene singularmente constante, puede resumirse en los siguientes caracteres:

- a) Las plagioclasas, de composición oligoclasa ácida (An 12 %) hasta andesina media (An 36 %), carece de estructuras zonales o bien es muy débil y de tipo normal; generalmente aparecen macladas según la ley de albita, más raramente Carlsbad-albita. En algunas muestras, que presentan signos de cataclasis, las maclas son curvas o están un tanto desplazadas. La alteración es variable, aunque no pasa de moderada; se trata comúnmente de alófano en granos submicroscópicos y de laminillas de sericita. Además se advierten frecuentes reemplazos por clorita.
- b) En proporciones similares aparecen ortoclasa (y ortoclasa micropertítica) y microclino, anedrales, presentando un aspecto límpido o ligeramente enturbiado por alteración alofánica. Las variedades micropertíticas (a veces criptopertíticas) muestran un desarrollo desigual de los fenómenos de desmezcla o de reemplazo, ejemplificados por pertitas de tipo venoso y micromaculoso, nunca asociados en un mismo cristal.
- c) En todas las muestras examinadas el cuarzo es anedral y contiene inclusiones globulares frecuentemente alineadas en planos paralelos acompañadas por raras sólidas de apatita, rutilo (largas fibras negras) y zircón. En las rocas que presentan señales de cataclasis, el cuarzo presenta fuerte extinción ondulante.
- d) Una clorita verde a verde amarillenta, con birrefringencia anómala, producto de alteración de la biotita, es el único mafito hallado; a veces esta transformación es acompañada por una segregación de óxidos de hierro y titanita.

En lo que respecta a las vulcanitas, la revisión bibliográfica ha puesto de manifiesto que los tipos litológicos mencionados como porfiritas, pórfidos cuarcíferos (no felsíticos), diabasas y rocas básicas (?), coinciden en líneas generales con caracteres composicionales hallados en las muestras estudiadas y descriptas en este trabajo.

Ahora bien, a fin de evitar el uso de términos confusos contenidos en otros trabajos, como porfirita o pórfido, debemos aclarar que en la nomenclatura adoptada para la clasificación de las rocas se ha seguido un criterio puramente petrográfico y que, de acuerdo con la sistemática de rocas eruptivas presentada por Turner y Verhoogen (1960) se ha eliminado los pórfidos como entidad separada (considerados como filonianas asquisticas en Teruggi, 1950), asimi-

lándolos por su textura a las rocas volcánicas (nuestro caso) o a las plutónicas según corresponda.

A pesar que no está suficientemente comprobado, en general se tiene la impresión que las vulcanitas porfíricas mesosilícicas de colores grises consideradas como *riodacitas* (CIC 267, Fig. 14; CIC 268) son relativamente más frecuentes que aquellas porfíricas de tonalidades rosadas clasificadas como *riolitas calco-alcálicas* (CIC 272); en proporciones subordinadas, y principalmente en los afloramientos medio-superiores de la serie de Sauce Grande, se han encontrado rodados de una vulcanita gris verdosa muy alterada (CIC 379), a veces gris castaña y muy deleznable (CIC 358) que, con algunas dudas, hemos definido provisoriamente como *diabasas albitizadas*.

El moderado hasta avanzado grado de alteración de las vulcanitas, con formación de alófano y sericita en las variedades ácidas y mesosilícicas, o clorita - albita en las diabasas, que ha impedido en cierto modo la determinación de algunos componentes minerales, sugiere que las mismas han cristalizado formando cuerpos filonianos más que coiadas. Además, la composición mineralógica esencial representada por cuarzo eudral a subedral, plagioclasa ácida (oligoclasa), ortoclasa y biotita cloritizada apunta en forma elocuente a una vinculación genética de estas lavas "filonianas" con las rocas plutónicas descritas precedentemente, hecho que podría tener un importante significado paleogeográfico (véase correlaciones).

Muestra C.I.C. 248: GRANITO ALCALINO.

Descripción megascópica: Grano mediano (2 - 3 mm), de color borravino; el cuarzo y el feldespato aparecen en cantidad similar. El aspecto de la roca es fresco.

Descripción microscópica.

Composición: Cuarzo (40 %), ortoclasa (46 %), plagioclasa (5 %), clorita (9 %).

Textura: granuda hipidiomorfa.

El cuarzo sobresale de los demás componentes por su tamaño. Es anedral, mostrando muy leves señales de cataclasis; presenta inclusiones fluidas no orientadas.

La ortoclasa es subedral (a veces anedral) y presenta una tendencia a formar individuos tabulares. El desarrollo de las pertitas, de tipo maculoso, es marcado y a veces combinado con otras venosas. La alofanización es moderada.

El único mineral félsico que muestra un eudralismo más visible es la oligoclasa ácida (An 14 %), por lo común maclada según la ley de albita y carente de estructuras zonales.

La biotita parece totalmente transformada en clorita verde (penninita) con segregación de óxidos de hierro y titanita.

Muestra C.I.C. 261: GRANITO ALCALINO APLITICO

Descripción megascópica: Grano mediano (2 - 4 mm), color levemente rosado, con pequeños granates de 1 mm distribuidos irregularmente. Venas rellenas de material clorítico atraviesan la roca.

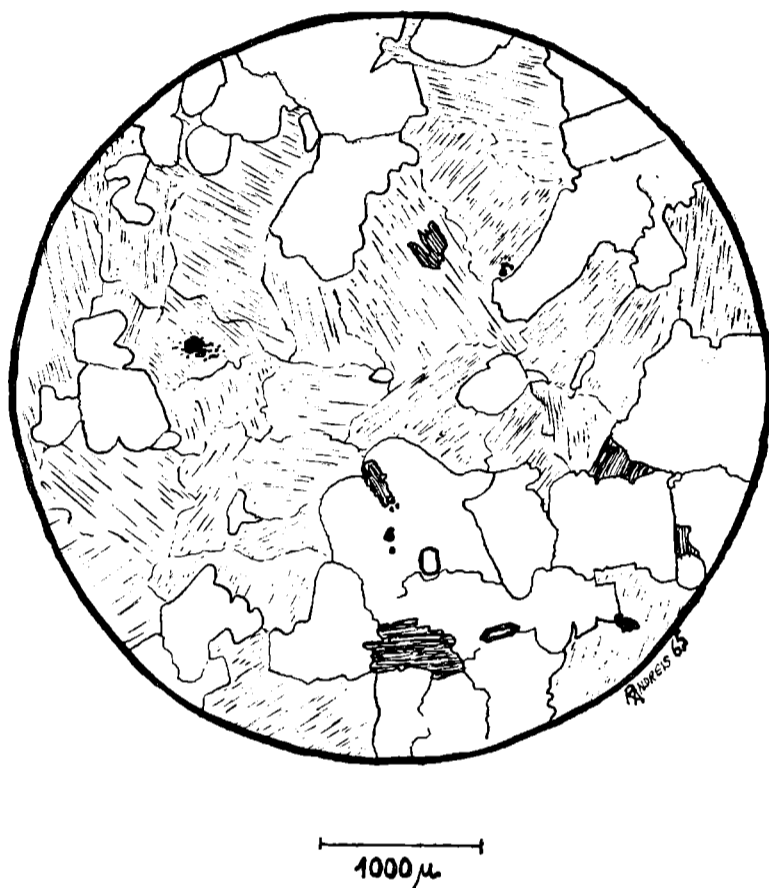


Fig. 12. — Serie de Sauce Grande. Muestra CIC 248: GRANITO ALCALINO. Cuarzo anedral, ortoclasa algo tabular con moderada alofanización y biotita cloritzada.

Descripción microscópica.

Composición: Microclino (56 %), cuarzo (30 %), plagioclasa (4 %), granate (8 %), muscovita (1 %).

Textura: Granuda alotriomorfa algo porfirica.

El microclino, con el típico cuadriculado, aparece como fenocristales más o menos ovoidales acribillado por pequeños cuerpos vermiculares orientados de albita, o bien como base microcristalina sacaroide de individuos anedrales. En ambos casos el mineral se presenta límpido o poco turbio (alófano) a lo largo de grietas. La plagioclasa (ologclasa media con 21 % An.) carece de zonación y forma individuos pequeños subedrales junto con el microclino en las porciones más finas de la roca.

El cuarzo presenta extinción ligeramente ondulante y forma individuos ameboidales, con inclusiones fluidas orientadas.

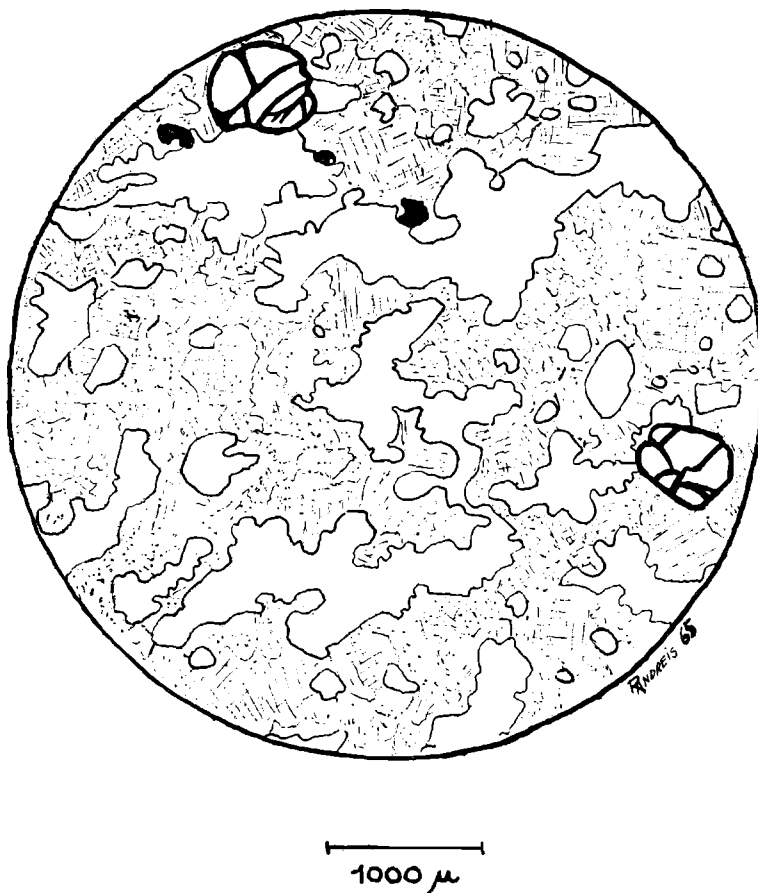


Fig. 13. — Serie de Sauce Grande. Muestra C.I.C. 261: GRANITO ALCALINO APLÍTICO. Cuarzo límpido con formas ameboidales, dispuesto con algún paralelismo en una masa feldespática de ortoclasa anedral y escasa plagioclasa subedral. Porfiroblastos de granate incoloro de contorno redondeado.

El único mafito, granate incoloro algo cloritizado a lo largo de grietas, se presenta rodeado parcialmente por laminillas de muscovita.

A pesar que el aspecto de la roca es fresco, puede observarse, quizás debido a fenómenos de cataclasis no muy intensos, una incipiente alofanización del feldespato alcalino según grietas virtuales muy finas.

Muestra C.I.C. 273: GRANITO CALCO - ALCALINO (LEUCOGRA-NITO).

Descripción megascópica: Color rosado vivo, grano fino a mediano (1-2 mm.), pobre en componentes oscuros, mayormente biotica cloritizada en laminillas pequeñas. La roca es regularmente fresca.

Descripción microscópica.

Composición: cuarzo (35 %), ortoclasa (25 %, microclino (11 %), plagioclasa (25 %), clorita (3 %), magnetita (1 %), titanita.

Textura: granuda hipidiomorfa, granoblástica.

El cuarzo sobresale de los demás componentes por su tamaño y presenta marcada extinción ondulante. Contiene inclusiones fluidas orientadas y raras de apatita.

Tanto el microclino intersticial como la ortoclasa subedral criptopertítica presentan incipiente alteración alófanica a lo largo de grietas finas que atraviesan la muestra. Frecuentemente los contactos entre los feldespatos alcalinos entre sí y con la plagioclasa son algo suturales.

La plagioclasa es oligoclasa media (An. 18 %), con finísimas maclas polisintéticas y ausencia de zonalidad; no obstante puede inferirse, en algunos cristales, una débil zonalidad normal debido a que la alteración sericitica sólo afecta el núcleo del mineral, dejando un borde límpido delgado. Las maclas aparecen curvadas por acciones cataclásticas, en tanto que a veces suele advertirse un ligero reemplazo periférico de plagioclasa por cuarzo.

Una clorita verde asociada a titanita y limonita es el único mafito presente, representando el conjunto la alteración de biotita. Como accesorios aparecen cristales subedrales de apatita y titanita, esta última quebrada por cataclasis.

Muestra C.I.C. 274: GRANODIORITA TRANSICIONAL A ADAMELLITA.

Descripción megascópica: Color blanquecino, de grano fino a mediano, con pequeños cristales anedrales de cuarzo amarillento irregularmente distribuidos. Los elementos ferromagnésicos son escasos.

Descripción microscópica.

Composición: Cuarzo (30 %), plagioclasa (48 %), ortoclasa (16 %), microclino (6 %), clorita, turmalina, apatita.

Textura: granuda hipidiomorfa.

La plagioclasa (oligoclasa media, An. 24 %) aparece como individuos subedrales más bien pequeños, finamente maclados (albita) y con incipiente zonación normal, visible por la gran alteración sericitica del núcleo en relación al margen límpido. Es probable que una parte de la plagioclasa provenga de la total mirmequitización del feldespato alcalino, pues contiene pequeños cuerpos vermiculares de cuarzo. Suele contener abundantes prismitas de apatita.

Es común que la ortoclasa pertítica (pertitas de tipo vena y micromaculosa) y el microclino se presenten límpidos o algo turbios (alófano). La ortoclasa muestra una tendencia mayor a ser subedral que el microclino.

Extinción ondulante e inclusiones fluidas orientadas en líneas no paralelas, además de ser anedral, son las características del cuarzo.

Como accesorios merecen citarse individuos de apatita anedrales y turmalina euedrai castaña.

Muestra C.I.C. 249: APLITA ADAMELLITICA

Descripción megascópica: Color rosado vivo, grano fino a mediano (1 - 2 mm.) homogéneo, pobre en componentes oscuros, mayormente biotita cloritizada en laminillas pequeñas. La roca está medianamente fresca y sólo se observa hematita en las grietas y diaclasas.

Descripción microscópica.

Composición: cuarzo (36 %), ortoclasa (37 %), plagioclasa (23 %), ciorita (2 %), magnetita (1 %).

Textura: granuda alotriomorfa.

El feldespato potásico, (ortoclasa micropertítica) no presenta marcada alteración alofánica, lo que permite observar pertitas maculosas de contorno indefinido.

El cuarzo presenta extinción ondulante moderada y contiene inclusiones fluidas no orientadas.

Los individuos de plagioclasa sobresalen del resto por su idiomorfismo y se hallan parcialmente sericitizadas en áreas irregulares. Su composición es oligoclasa media (An. 22 %). El fino maclado polisintético aparece con frecuencia doblado y fracturado. No se han observado estructuras zonales.

Pequeñas láminas de clorita verde pleocroica al verde grisáceo, de baja birrefringencia no anómala, y algunos individuos anedrales de magnetita, son los únicos mafitos hallados.

Muestra C.I.C. 271: APLITA GRANDIORITICA

Descripción megascópica: Color rosado pálido, de grano fino a mediano (2 mm.). Se observa una cierta lineación indicada por la disposición de agregados de ciorita y una leve orientación de los componentes félsicos.

Descripción microscópica.

Composición: plagioclase (45 %), cuarzo (40 %), ortoclasa (10 %), granate (2 %), ciorita (2 %), mafito alterado (1 %).

Textura: granuda panalotriomorfa.

Los individuos de plagioclasa, de composición oligoclasa básica (An 27 %), siempre se hallan marcadamente reemplazados en sus núcleos por sericita, dejando un delgado margen algo más albitico (probable albita por su índice). El maclado está bien desarrollado y es de tipo polisintético. Los fenómenos cataclásticos, representados por flexuras de las maclas, son frecuentes.

La ortoclasa, de tipo criptopertítico, presenta ligera turbidez, alofánica; la forma de los cristales es muy irregular, aunque no propiamente intersticial. Se han observado estructuras mirmequíticas en los bordes de algunos cristales. El cuarzo, anedral, muestra una ligera extinción ondulante y contiene inclusiones fluidas no orientadas.

El granate, de color rosado, aparece a veces como cristal esquelético y no presenta signos de alteración. Por el contrario, la biotita se halla totalmente alterada en clorita verde con segregación de epidoto y titanita. Además aparecen secciones más o menos equidimensionales de un mafito transformado en un agregado de hematita, zoisita y calcita (¿anfíbol?).

Muestra C.I.C. 267: RIODACITA

Descripción megascópica: Color gris blanquecino con un tinte verdoso. Pasta afanítica que presenta numerosos fenocristales de cuarzo y otros tabulares más pequeños de feldespato. Los mafitos son muy escasos y están representados por laminillas o agregados de mica oscura. Si bien la roca es dura y compacta, su superficie presenta una apreciable alteración.

Descripción microscópica.

Composición: Pasta cuarzo-feldespática (52 %), fenocristales de cuarzo (15 %), plagioclasa (27 %), ortoclasa (4 %), clorita (2 %), zircón.

Textura: Porfírica, con pasta microcristalina.

La roca muestra un estado de alteración avanzado. Los fenocristales de plagioclasa tabulares están casi completamente alterados en sericita, raramente acompañada por epidoto, en tanto que el feldespato alcalino —ortoclasa criptopertítica— sólo presenta una ligera alofanización. El cuarzo, euedral, muestra moderada extinción ondulante. La biotita se halla totalmente transformada en clorita verde pálida, asociadas a titanita y magnetita hermatitizada.

En la pasta donde el componente principal es el cuarzo que suele formar agregados granoblásticos, se advierte la presencia de un mineral de índice bajo que hemos considerado albita y numerosas agujas pequeñas de sericita dispuestas según líneas de flujo. Con relativa frecuencia aparecen agregados irregulares de calcita o individuos euedrales (rombos) que en parte reemplazan al cuarzo.

Muestra C.I.C. 268: RIODACITA

Descripción megascópica: Roca porfírica, con fenocristales de cuarzo y feldespatos tabulares más pequeños dispuestos en una pasta afanítica gris. El único mafito es una biotita parcialmente cloritizada. El aspecto de la roca no es fresco, siendo normales fenómenos de pigmentación hematítica y/o limonítica.

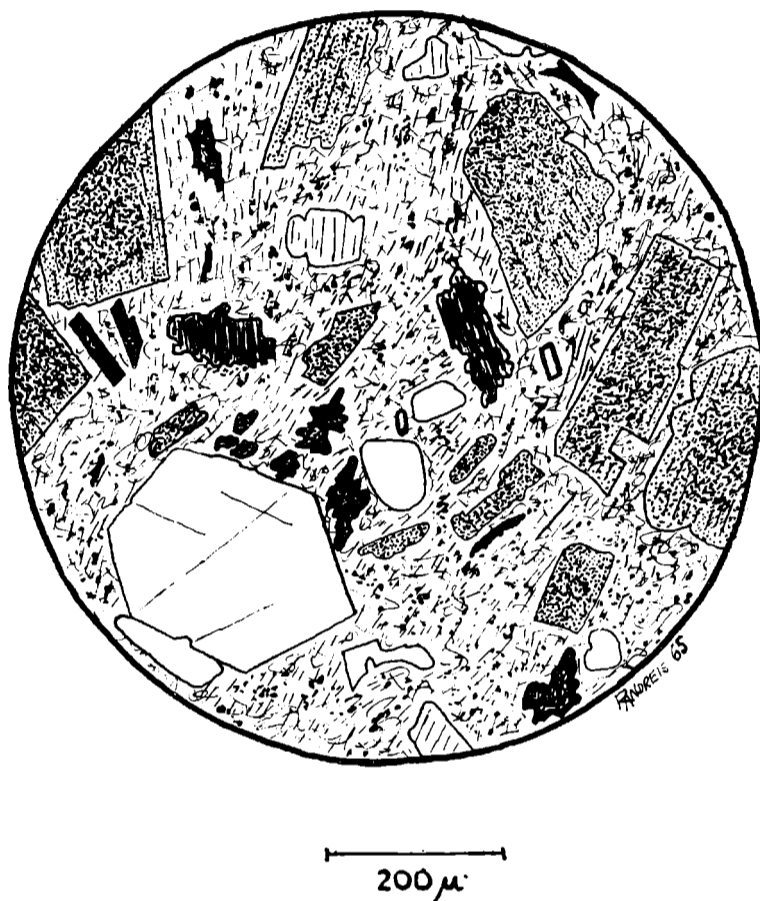


Fig. 14. — Serie de Sauce Grande. Muestra CIC 267: RIODACTA. Fenocristales de cuarzo, plagioclasa (punteado), ortoclasa (limpida, con clivaje), y biotita (parcialmente cloritizada) en pasta microcristalina cuarzo feldespática-sericitica con abundante calcita irregular (negro).

Descripción microscópica.

Composición: Pasta cuarzo-feldespática (33 %), cuarzo (22 %), plagioclasa (28 %), ortoclasa (11 %), biotita (6 %), clorita.

Textura: porfirica, con pasta microcristalina.

En general, las características composicionales y de alteración de esta muestra no difieren en forma sustancial de las de la muestra CIC 267, por lo que se consideró innecesario describir los distintos minerales. Sólo cabría mencionar que la plagioclasa es oligoclasa media (An. 22 %) y que los feldespatos alcalinos presentan un borde de reacción con la pasta que se caracteriza por contener abundantes inclusiones muy pequeñas de cuarzo.

Muestra C.I.C. 272: RIOLITA CALCO - ALCALINA

Descripción megascópica: La textura porfírica es muy marcada. Los fenocristales de feldespato presentan en general contornos euedrales, alcanzando a medir hasta 1,5 cm. de largo por 0,5 cm. de ancho. Su color es rosa grisáceo y en la pasta fanerítica de grano fino, aparecen pequeños individuos de cuarzo transparente y tabulares de color gris verdoso pálido de plagioclasa, además de algunas laminillas de clorita.

Descripción microscópica.

Composición: Pasta cuarzo-feldespática (61 %), fenocristales de cuarzo (17 %), ortoclasa (11 %), plagioclasa (6 %), clorita (3 %), opacos (1 %). La pasta está constituida por cuarzo (36 %), ortoclasa (27 %), plagioclasa (18 %), biotita muscovitizada o cloritizada (13 %) y calcita (6 %).

Textura: Porfírica, con pasta cristalina, en parte grano-fírica.

El cuarzo, subedral a euedral, con extinción normal, presenta típicos engolfamientos de pasta micro-cristalina; contiene inclusiones fluidas orientadas en planos no paralelos, y raros prismitas de apatita.

Los desarrollados fenocristales de ortoclasa muestran variable reemplazo alofánico, aunque siempre marcado; las maclas de Carlsbad son frecuente a veces con insinuación de un fino reticulado. La plagioclasa (oligo-andesina. An 30 %) muestra una ligera zonalidad de tipo normal que llega a oligoclasa media (An 20 %) y posee maclado fino según la ley de albita, a veces combinado con Carlsbad. Abundante reemplazo por sericita y algo de alófano.

La pasta está mejor conservada que los fenocristales. Contiene cuarzo anedral, ortoclasa anedral a subedral, plagioclasa tabular sin zonación ni maclado característico y abundantes laminillas de biotita muscovitizada y/o cloritizada. La calcita es de origen hidrotermal y se ha introducido a lo largo de grietas.

Muestra C.I.C. 379: DIABASA ALBITIZADA

Descripción megascópica: Roca oscura, gris verdosa, cuyo aspecto refleja una apreciable alteración. Carece de estructuras y la textura parece ser diabásica.

Descripción microscópica.

Composición: Plagioclasa (34 %), agregados micrográficos (24 %), cuarzo (14 %), clorita (23 %), opacos (5 %).

Textura: Diabásica. Fenocristales tabulares de plagioclasa con agregados micrográficos intersticiales o rodeándolos.

El caracteres más sobresaliente es la avanzada alteración con abundante formación de clorita verde pálida responsable del color verdoso que presenta la roca. El microscopio revela además un reemplazo de la plagioclasa por albita y parcial en sericita. Si bien se considera que la al-

bitización ha sido total, no hemos encontrado las vías de entrada del sodio necesario para tal transformación. En unos pocos fenocristales ha podido reconocerse la presencia de maclas polisintéticas o de la combinación Carlsbad-albita y al parecer no existen estructuras zonales.

Fuera de los agregados micrográficos, el cuarzo suele ser anedral y estar acibrillado por finas agujas de apatita.

En general los aludidos agregados, constituidos por cuarzo y ortoclasa, forman una aureola alrededor de los cristales de plagioclasa o quedan relegados a una posición intersticial.

La intensa transformación sufrida por la roca hace difícil su exacta clasificación. Teniendo en cuenta que la cristalización ha sido probablemente hipabisal y considerando la probable composición en estado fresco, le correspondería el nombre de granófiro granodiorítico.



200 μ

Fig. 15. — Serie de Sauce Grande. Muestra CIC 266: MIGMATITA. Plagioclasa (punteado), ortoclasa (clivajes y micropertitas), cuarzo (limpido, con inclusiones orientadas), biotita y granate parcialmente cloritizada (metamorfismo retrógrado). Textura granoblástica y estructura bandeada.

c) *Rocas metamórficas.* Finalmente, en proporciones localmente importantes que alcanzan al 20 % del total (sección superior de la sucesión glacial) hemos encontrado dos grupos bien definidos de metamorfitas, *ectinitas y migmatitas.*

En general, nuestras observaciones de campo coinciden con las efectuadas por otros investigadores, ya que con relativa frecuencia aparecen, del grupo de las ectinitas, pizarras negras, filitas verdosas y esquistos micáceos verde amarillentos hasta castaños. Las anfibolitas citadas por Keidel (1916) no han sido halladas. Asociadas a las ectinitas suelen encontrarse un conjunto de fenoclastos descritos en la literatura como gneiss y gneiss-granito (Hauthal, 1892; Keidel, 1916 y Harrington, 1942) y que en este trabajo son considerados como migmatitas en un sentido muy amplio (CIC 266, Fig. 15).

Muestra C.I.C. 266: MIGMATITA

Descripción megascópica: Rocas granuda, de color gris verdoso pálido, en la que se destacan pequeños individuos de cuarzo hialino. En la muestra se observa una cierta lineación dada por una leve orientación de los componentes félsicos y la distribución de los granates cloritizados.

Descripción microscópica.

Composición: Ortoclasa (33 %), cuarzo (30 %), plagioclasa (28 %), granate (6 %), magnetita (1 %), zircón, rutilo.

Textura: Granoblástica con porfiroblastos de granate.

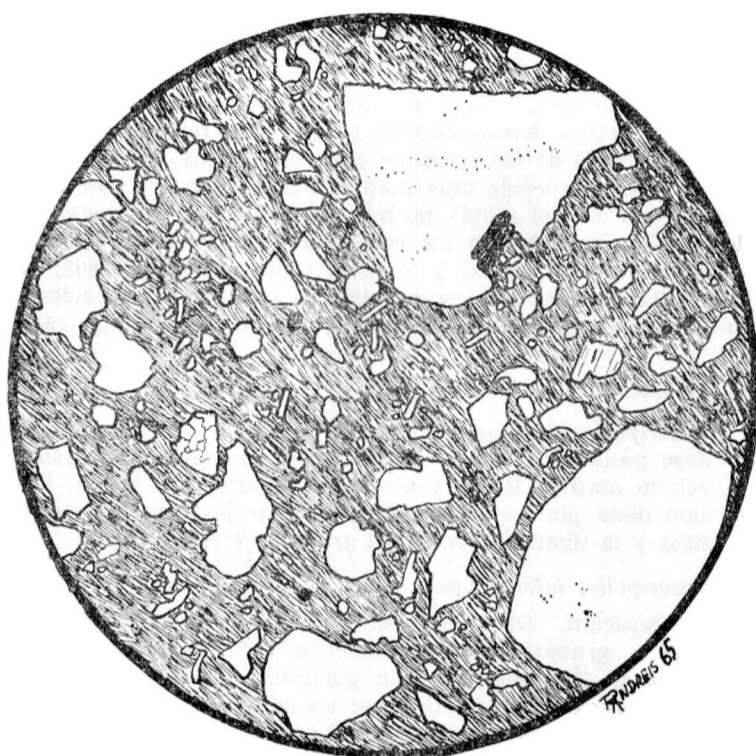
La roca se caracteriza por un considerable reemplazo de los granates por clorita, que forma agregados irregulares o fibroso-radiados y la parcial sericitación de las plagioclasas. El cuarzo posee señales de cataclasis (extinción ondulante moderada) y contiene inclusiones orientadas subparalelas y sólidas (apatita, rutilo amarillentos, zircón y clorita) menos frecuentes. La plagioclasa —oligo-andesina con 30 % An— carece de estructura zonal y presenta el habitual maclado polisintético. El feldespato alcalino —ortoclasa micropertítica— presenta ligera turbidez alofánica.

La asociación mineralógica permite ubicar esta roca en la facie de anfibolitas almandónicas.

II. FRACCION PSAMITICA

Son muy escasos los antecedentes petrográficos hallados en la literatura sobre la naturaleza de los elementos que componen tanto las sedimentitas oscuras de aspectos microtilítico (matriz de los conglomerados) como las de aspecto cuarcítico que aparecen con frecuencia intercaladas en distintas posiciones dentro de la sucesión glacial. Sólo se cuenta con las descripciones de Crotti (1942) de un conjunto de muestras provenientes de las porciones medio-superiores de la Serie de Sauce Grande, en particular de los alrededores del pueblo de Sierra de la Ventana, que han sido estudiadas sin criterio estratigráfico.

Confrontando las descripciones de Crotti con las conclusiones obtenidas de las muestras analizadas en este trabajo, puede sin dificultad advertirse una similitud composicional bastante marcada.



1000 μ

Fig. 16. — Serie de Sauce Grande, Muestra CIC 205: WACKE CUARZOSA. Corresponde a la matriz de los conglomerados de aspecto filítico. Clastos angulosos a subangulosos de cuarzo abundantes y raros de feldespato y líticos (cuarcita) dispuestos en una matriz cuarzo-micéica.

En efecto, la fracción psamítica en general (ver tabla III) está compuesta principalmente de cuarzo, acompañado de proporciones subordinadas de feldespatos alcalinos (ortoclasa, ortoclasa micropertítica y microclino) y plagioclasas sódicas, y clastos líticos de génesis diversa, pero mayormente cuarcíticos, lo que estaría de acuerdo con su abundancia en las fracciones psefiticas. Cabe señalar que la presencia de feldespatos alcalinos y calcosídicos había sido ya mencionada por Keidel en 1916.

Del conjunto de muestras analizadas, cinco corresponden a la matriz de los niveles conglomerádicos (FCN 2912, CIC 205, CIC 206, CIC 211 y CIC 212) y dos provienen de las intercalaciones cuarcíticas (CIC 221 y FCN 2910). Las primeras muestran un aspecto grauváquico por el color verdoso a negro verdoso, carácter que movió a Crotti (1942) a clasificarlas como grauvacas, si bien desde el punto

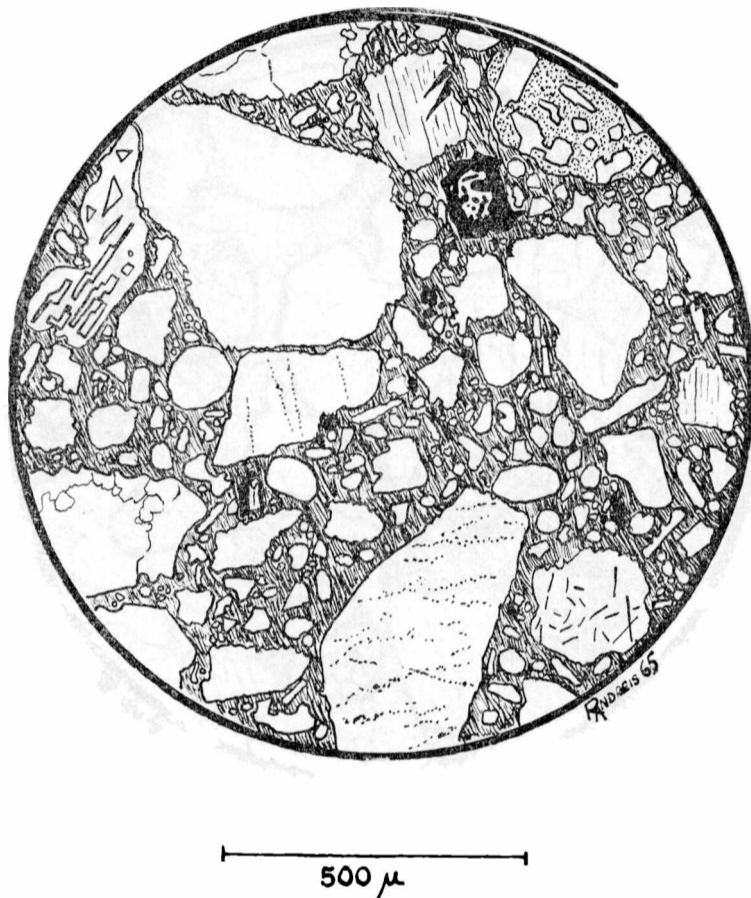


Fig. 17. — Serie de Sauce Grande. Muestra CIC 211: WACKE LITICA SUBFELDES-PÁTICA. Corresponde a la matriz del conglomerado glacial. Clastos angulosos a subangulosos frecuentes y subredondeados raros de cuarzo. En menores proporciones feldspatos subordinados a litoclastos (pelitas, cuarcita) y accesorios (zircón, granate, magnetita).

de vista composicional y textural no corresponden; no obstante algunas muestras se aproximan, en composición, a la roca tipo. A fin de evitar interpretaciones erróneas, hemos utilizado para clasificar estas rocas el término *wacke* con criterio composicional, tal como lo definió Gilbert (in Williams et al., 1955). Así hemos reconocido *wackes cuarzosas* (Fig. 16) y *wackes subfeldeópáticas* (Fig. 17).

Al microscopio la matriz fina se presenta como un agregado de pequeñas laminillas de clorita y/o sericita, producto de la recristalización metamórfica de la base primitiva. En algunas muestras las laminillas de mica, algo más grandes, muestran una evidente orientación paralela a los planos de esquistosidad de las rocas y se implantan más o menos perpendicularmente sobre los clastos mayores.

Las sedimentitas de aspecto cuarcítico presentan variaciones cromáticas bastante marcadas al parecer vinculadas a la proporción de matriz que contienen. En general, las tonalidades gris verdosas,



500 μ

Fig. 18. — Serie de Sauce Grande. Muestra FCN 2910: ARCOSA. Clastos angulosos a subredondeados, de tamaño mediano, de cuarzo, ortoclasa micropertítica, microclino y plagioclasa (turbia). Clastos líticos subordinados a faldespáticos, de cuarcitas, vulcanitas y pelitas (pizarras?). Unen los clastos una matriz sericitica (recristalizada) y calcita cristalina (en parte corroclastos cuarzosos).

verdosas a verde azuladas (FCN 2910, Fig. 18) de las secciones intermedias, son reemplazados en parte por otras castañas a castaño amarillentas (CIC 221, Fig. 19) hacia el contacto con las limolitas y psamitas azuladas de la Serie de Piedra Azul (consideradas en este trabajo como integrantes de la Serie de Sauce Grande). Consideradas en forma complexiva, estas psamitas pueden ser clasificadas, de acuerdo con el criterio de Pettijohn (1957), como *areniscas feldespáticas* (CIC 221) a veces transicionales a verdaderas *arcosas* (FCN 2910).

El estudio mineralógico de las muestras, efectuado sobre la base del análisis de cortes delgados y a grano suelto, revela una notable similitud de los caracteres generales de los elementos clásticos psamíticos (madurez textural, alteración, etc.) entre las wackes de los niveles tillíticos y las areniscas feldespáticas-arcosas intercala-



300 μ

Fig. 19. — Serie de Sauce Grande. Muestra C.I.C. 221: ARENISCA FELDESPÁTICA. Moderada selección y angularidad. Clastos de cuarzo (límpidos o con inclusiones fluídas), ortoclasa micropertítica (subredondeada), plagioclasa (sericitizada), líticos (limolitas, vulcanitas), granate (cloritizado en parte) en una matriz clorítica parcialmente pigmentada de limonita. El contacto es sutural entre clastos cuarzosos donde falta la matriz.

das. La frecuencia de los minerales presentes (los accesorios son considerados en conjunto por la baja proporción hallada) se representa en la tabla III, que contiene además con criterio comparativo datos extraídos de la descripción de Crotti (1942).

Cuarzo. Es el mineral más abundante en todas las muestras. Se lo encuentra en granos angulosos a subangulosos de tamaño promedio 100 micrones; los individuos subredondeados son menos comunes y los bien redondeados raros, estos últimos correspondientes a fragmentos mayores de hasta 450 micrones. La extinción ondulante es frecuente en todas las muestras, aunque poco marcada, producto de la deformación sufrida por las sedimentitas; no obstante, en algunos individuos con extinción ondulante notable hasta fragmentaria, ésta ha sido considerada como heredada. Las inclusiones son comunes, especialmente las fluídas (orientadas o no orientadas); las sólidas son relativamente frecuentes y está representadas, en or-

den de abundancia, por finas agujas de rutilo, prismitas de apatita, zircón, opacos, micas y turmalina verde. La abundancia de inclusiones fluidas sugiere que el cuarzo probablemente derive de rocas plutónicas más que metamórficas, aunque sin descartar éstas.

Dentro del cuarzo se incluyen además fragmentos subangulosos de cuarzo de vena y de cuarzo granoblástico de recristalización, que aparecen en cantidades muy subordinadas.

Feldespatos. Por lo general, su contenido es bajo, configurando algo menos del 10 % promedio de los wackes y aproximadamente el 15 % en las areniscas feldespáticas-arcosas. Es norma que los feldespatos aparezcan límpidos, frescos, con raras señales de alteración alofánica (alcalinos) o alofánico-sericitica o sericitica (plagioclasas). Sólo hemos encontrado unos pocos individuos de ortoclasa con avanzada alteración alofánica, que suponemos herencia de la roca primitiva de donde proviene el mineral.

Los feldespatos alcalinos, representados por ortoclasa (y sus variedades pertíticas) y microclino muestran un moderado redondeamiento apareciendo también como fragmentos tabulares de clivaje poco desgastados. El microclino forma individuos grandes (hasta 500 micrones) en tanto que la ortoclasa suele ser de tamaño más uniforme y más reducida (200 micrones). Las variedades pertíticas de este mineral son escasas y de tipo maculoso o venoso.

Las plagioclasas presentan caracteres similares a los feldespatos alcalinos en lo que respecta a la forma y tamaño de los granos, habiéndose encontrado clastos mayores que miden hasta 420 micrones. Casi todos los granos presentan maclas polisintéticas, seguidas por las de Carlsbad-albita muy subordinadas. El desarrollo de la zona-

TABLA III

COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS WACKES (en por ciento)
(matriz de paraconglomerados)

Muestra N°	FCN 2012	CIC 205	CIC 206	CIC 211	CIC 212	15	16	19	20	Promedio
Cuarzo	22	43	25	35	28	25	58	46	38	35,8
Plagioclasa	2	3	1	5	10	10	3	4	3,5	8,4
Ortoclasa	1	5	1	4	2					
Microclino	2	1	5	5	8					
Litoclastos	13	6	12	11	11	5	?	?	3	7,0
Matriz	59	40	56	25	40	59	38	50	56	47,0
Accesorios	1	1	1	1	-	1	1	-	1	0,7
Carbonatos	x	-	-	4	-	-	-	-	-	0,5

NCTA: Las muestras números 15, 16, 19 y 20 corresponden a descripciones de Crotti (1942).

COMPOSICION MINERALOGICA DE LOS NIVELES PSAMITICOS
(en por ciento)

Muestra N°	FCN 2910	CIC 221	18	Promedio
Cuarzo	52	77	80	69,6
Plagioclasa	10	6		
Ortoclasa	12	7	4	15,0
Microclino	5	1		
Litoclastos	9	3		4,3
Matriz	3	4	15	7,3
Accesorios	2	1	4	2,3
Carbonatos	7	-	7,5	4,8

NOTA: La muestra n° 18 ha sido descripta por Crotti (1942).

ción es excepcional, ya que sólo el 5 % de las plagioclasas muestran dicha estructura, de tipo normal. La naturaleza de estos feldespatos es relativamente constante dentro de los límites oligoclasa ácida (An 11 %) hasta andesina básica (An 47 %), con una distribución frecuente alrededor del límite oligoclasa-andesina.

Clastos líticos. Del examen microscópico se desprende que la mayor parte corresponde a tipos descriptos como fenoclastos. Se trata de un conjunto de sedimentitas (ortocuarcitas, cuarcitas feldespáticas y ftanitas), eruptivas (granitos calco-alcalinos, aplitas graníticas, riolitas con pasta microcristalina y diabasas albitizadas; se agrega además intercrecimientos gráficos) y escasas metamorfitas (filitas cuarzo feldespáticas con turmalina y esquistos cuarzo sericiticos). Forman granos subangulosos a subredondeados, más raramente redondeados (los más grandes).

Accesorios. Con porcentajes sumamente reducidos se encuentran *biotita* parcialmente cloritizada; *clorita* (variedad penninita), *rutilo*, *titanita*, *turmalina* verde y "pardo rojiza" (Crotti, 1942), *zircón* algo redondeado, a veces zonal, incoloro o de la variedad jacinto según las determinaciones de Crotti (1942), *granate* rosado o incoloro, *magnetita* parcialmente limonitizada y *apatita*. Epidoto, zoisita, siderita y estauroлита, citados por Crotti (1942) no han sido hallados en nuestras muestras.

Texturas y estructuras. Según lo expresara Suero (1956), el grado de angulosidad y tamaño de los fenoclastos es variable tanto en el sentido horizontal como vertical y reconoce que en ciertos casos se puede hablar de verdaderas tillitas, con la típica distribución caótica en una pasta limosa y arenosa bien litificada (debidos a fenómenos de recristalización y silicificación).

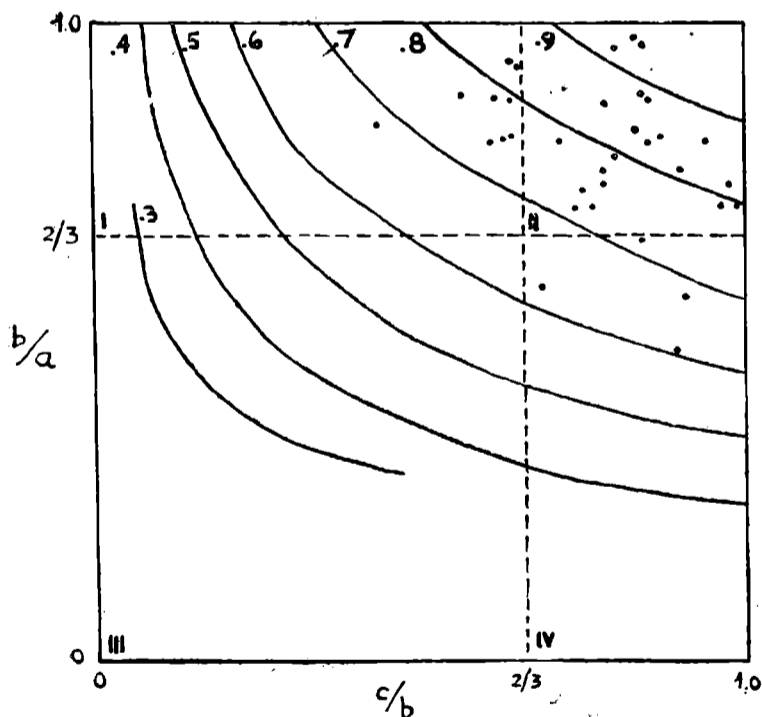
Los fenoclastos varían en tamaño desde granos pequeños (del tamaño de una avellana) hasta bloques de hasta 50 cm, siendo el

tamaño promedio entre 5 y 10 cm según los niveles que son observados. La distribución granulométrica de los elementos psefíticos a través de la serie glacial es irregular principalmente en las secciones inferiores y media por la presencia de conglomerados de aspecto tillítico; la aparición de psefitas glacifluviales en los niveles superiores no modifica sustancialmente los caracteres granulométricos de las sedimentitas, aunque podría suponerse una mayor proporción de fragmentos correspondientes a la fracción guija, vale decir entre 64 y 256 mm (González Bonorino y Teruggi, 1952), en el área recorrida por el arroyo Piedra Azul.

A causa de la silicificación sufrida por la matriz que se traduce en la elevada tenacidad de las rocas psefíticas, lo que impide la extracción de los fenoclastos, el análisis de la forma y demás características de la textura superficial de los mismos ha sido efectuada en forma muy general. No obstante esta dificultad, hemos logrado una serie de datos, obtenidos principalmente en cortes naturales de arroyos o artificiales de vías férreas, que aunque distan de ser completos dan una idea aproximada de lo que ocurre en el campo.

Ante todo, cabe consignar que la deformación de los fenoclastos es, por lo común, poco marcada o inexistente, representada por un pobre desarrollo de espejos de fricción, principalmente en las secciones inferiores de la serie glacial. En ningún caso se ha encontrado los rodados aplastados ni de bordes laminados a que se refiere Rig-

A



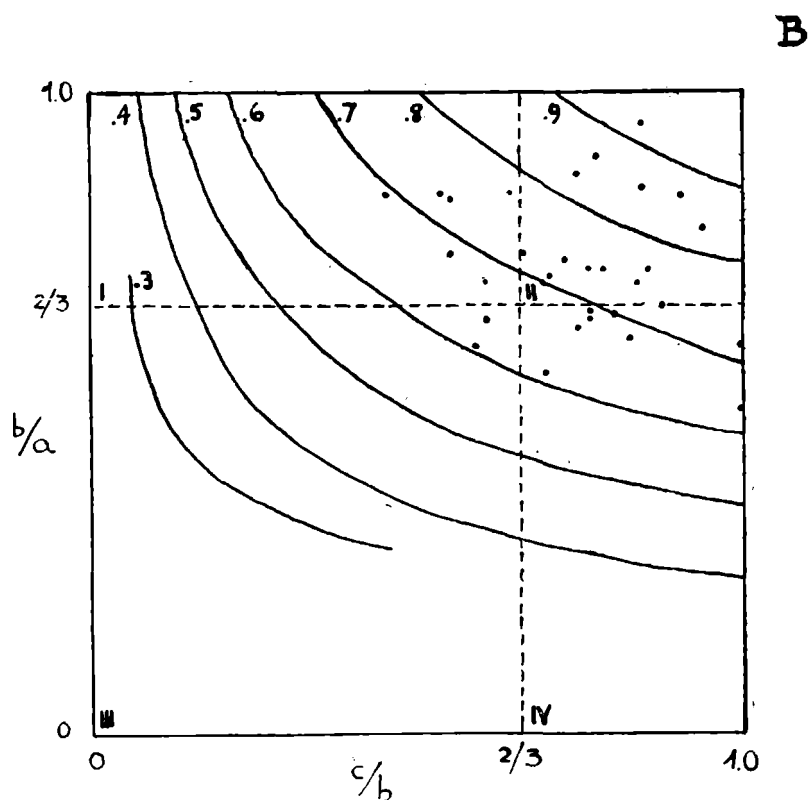


Fig. 20. — Forma y esfericidad de fenoclastos incluidos en las sedimentitas psefiticas. A. Conglomerados glaci-fluviales; B. Tillitas. (I. Discoidal; II. Esférico; III. Tabular. IV. Prismático).

gi (1935); existen en la faja de las sierras de Tunas y Pillahuincó y la ladera de Nordeste de la Sierra de la Ventana, respectivamente.

En general, tanto en los conglomerados tillíticos como en los de tipo glaci-fluvial es común observar que predominan los fenoclastos de formas prismáticas, subtabulares y elipsoidales (bicóncavos) sobre las formas piramidales, cuneiformes, piano-convexos o irregulares. En varios puntos de la serie glacial, se trató de realizar un examen analítico comparativo de las formas y esfericidad de los fenoclastos incluidos en los dos tipos de sedimentitas psefiticas. A tal efecto, se procedió a medir las dimensiones de los fenoclastos (ejes mayor, intermedio y menor) y de acuerdo con las especificaciones de la clasificación de Zingg (1935) se calcularon las formas respectivas y el valor de la esfericidad promedio.

Hemos comprobado de esta manera que los rodados de las sedimentitas glaci-fluviales son mayormente equiaxiales y presentan una esfericidad de 0,80 en tanto que los incluidos en conglomerados tillíticos muestran una definida tendencia hacia las formas triaxiales (laminares) y una esfericidad menor de aproximadamente 0,70 (ver Fig. 20).

Estas diferencias de forma y esfericidad, asociadas con un aumento notable en la proporción de fenoclastos con moderada a bue-

na redondez, reflejan la mayor madurez textural observada en los depósitos de génesis glacifluvial y permiten descifrar la historia de abrasión y las condiciones de depositación de los mismos. Cabe aclarar que en las sedimentitas de aspecto tillítico la angulosidad o débil redondeamiento son características en términos generales, no pudiéndose establecer proporciones relativas dadas las condiciones específicas de dichas sedimentitas.

Durante el estudio sistemático de los niveles conglomerádicos y de los fenoclastos en particular, hemos podido observar, principalmente en los depósitos flacifluviales de la sección superior de la Serie de Sauce Grande, que éstos presentan una orientación de los ejes mayores más o menos paralela al rumbo del diaclasamiento regional (aproximadamente $315-320^\circ$), disposición preferida que, con otros valores angulares, también había sido advertida en el conglomerado basal del Grupo de La Lola en el Cerro Pan de Azúcar. Quizás algo influidos por esta analogía nos abocamos a un exhaustivo examen de la orientación de los fenoclastos a fin de determinar o al menos esbozar las características de la fábrica de los conglomerados. Desechada la posibilidad de una fábrica de deformación, por la virtual ausencia de elementos de juicio que la avalaran (debe recordarse que los fenoclastos sólo muestran un débil desarrollo de espejos de fricción), a pesar que en una primera observación los rodados parecen disponerse con sus ejes intermedios en posición aproximadamente paralela al plano de diaclasamiento y contribuyen a suponer una fábrica deformacional.

La sospecha de una fábrica sedimentaria (deposicional) sólo modificada ligeramente por deformación ha resultado confirmada luego de medir la orientación de unos 400 fenoclastos. En suma, es común observar además de la posición definida de los ejes mayores, que los ejes intermedios presenten una relativa libertad de posiciones dentro del plano perpendicular respecto al eje mayor en las sedimentitas de aspecto tillítico, o bien un notable paralelismo (con menores variaciones sin importancia estadística) en los depósitos glacifluviales. Como veremos más adelante (véase correlaciones) las determinaciones de orientación de los ejes mayor e intermedio tienen suma importancia para la reconstrucción paleogeográfica local y el establecimiento de un sistema de paleocorrientes.

Al respecto cabe recordar que los estudios Holmes (1941), entre otros, han demostrado que en el till moderno existe una débil tendencia de los rodados a disponerse con sus ejes mayores paralelos a la dirección de flujo del glacial o a la de la corriente fluvial asociada, y una menor concentración de ejes mayores transversales al movimiento del hielo.

La falta de afloramientos apropiados ha sido el mayor inconveniente con que se tropezó en la determinación de algún sistema de paleocorrientes mediante la orientación de rodados, sin contar la dificultad de poder reconocer la posición del estrato portador. Finalmente se eligió como el más adecuado el segundo corte artificial del ferrocarril conocido por las descripciones de Keidel (1916). En este corte aflora un típico conglomerado glacifluvial de aproximadamente 2 metros de potencia, que descansa sobre un estrato lenticular de composición arcósica (muestra F.C.N. 2910), y se extiende

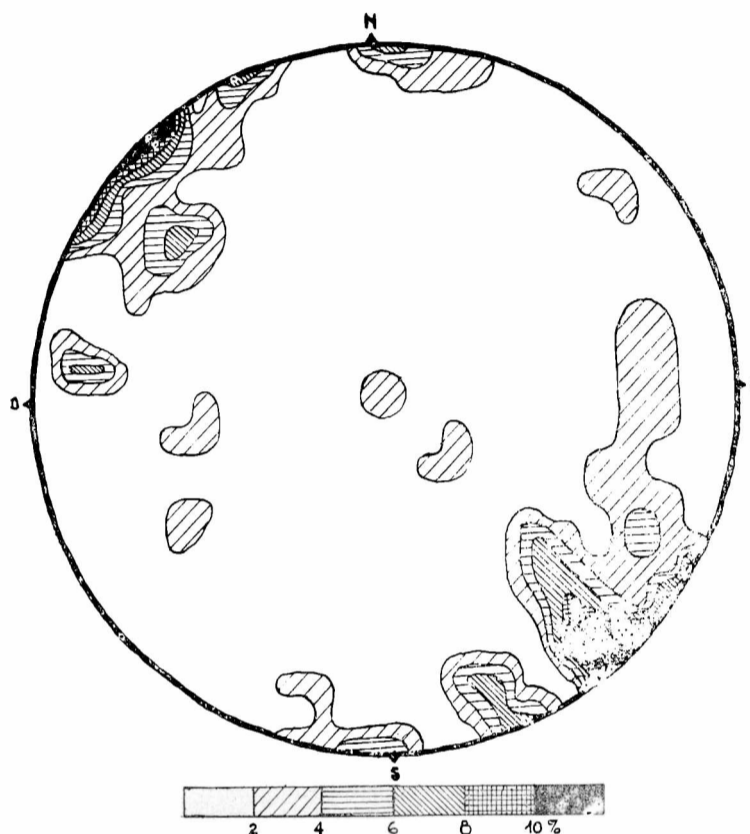


Fig. 21. — Diagrama de orientación de ejes mayores de fenoclastos de conglomerados glaciafluviales (210 mediciones).

con rumbo Norte en dirección a la ladera occidental del Cerro Pillahuincó.

En total se determinó la posición de 210 rodados, cifra que de acuerdo con el criterio de Holmes (1941) es estadísticamente representativa (ese autor considera 100 mediciones como mínimo). El resultado de las mediciones puede observarse en los diagramas de contorno adjuntos, en los que se muestra la posición del eje mayor (Fig. 21) y del eje intermedio (Fig. 22). En ambos diagramas, dada la aparente horizontalidad del estrato, no se efectuaron las correcciones al plano horizontal.

Como puede apreciarse se advierte una definida orientación de los ejes mayores en dirección NO-SE al parecer relacionada con la esquistosidad regional, con una ligera tendencia a buzarse hacia el Oeste, en tanto que los ejes intermedios buzarse al NE con valores promedio de 10° o en menores proporciones al SO en posición subhorizontal (promedio 3°). De acuerdo a lo expuesto precedentemente podemos suponer la existencia de corrientes fluviales provenientes del cuadrante Noreste.

Antes de finalizar las referencias texturales debemos mencionar el hallazgo en niveles basales y superiores de la sucesión gla-

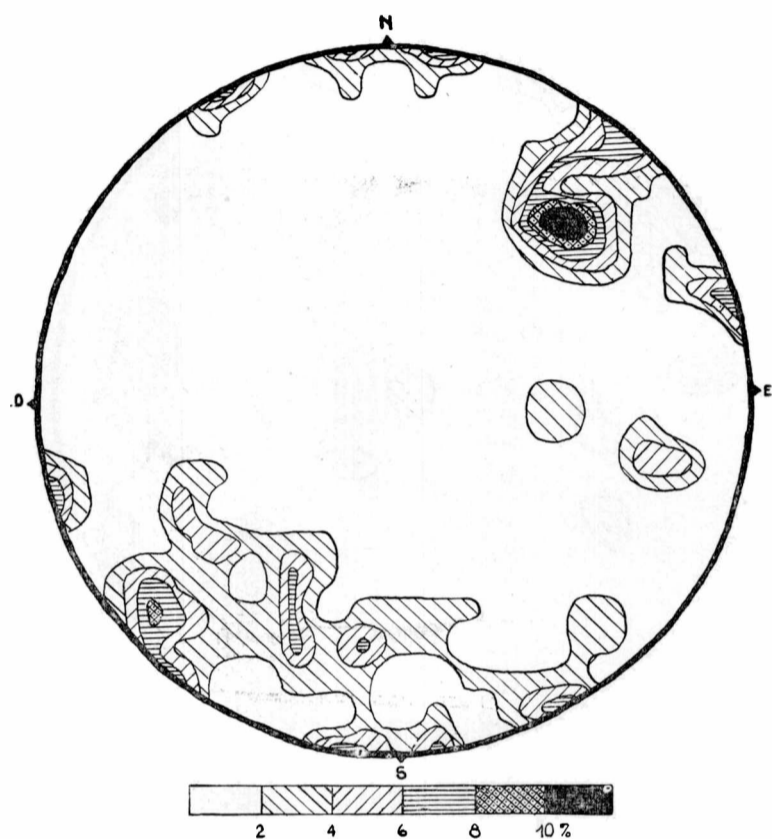


Fig. 22. — Diagrama de orientación de ejes intermedios de fenoclastos de conglomerados glaciales (210 mediciones).

cial, de marcas superficiales en los fenoclastos. Se trata de estrias poco marcadas de disposición paralela o subparalela al largo del fenoclasto y observable en los dos lados del mismo. Cabe señalar que la proporción de fragmentos estriados es sumamente baja, hecho que también Suero (1957) reconociera, pues solo se han hallado 3 sobre un total de casi 600 observados en el terreno. Esta baja proporción bien puede deberse, como reconoce Pettijohn (1957) para depósitos similares a los nuestros, a la imposibilidad de poder extraer los fenoclastos de la matriz a causa de su elevada silicificación, pero creemos que debe haberse producido también la obliteración de las estrias como consecuencia de la formación de los pequeños espejos de fricción durante la deformación de las sedimentitas portadoras.

Los fenoclastos facetados, si bien se encuentran en todos los afloramientos, no son "relativamente comunes" como lo señalara Suero (1956).

Color del conglomerado. En general nuestras observaciones coinciden con las referencias de Hauthal (1896), Coleman (1918), Harrington (1947) y Suero (1957) entre otros, respecto a los caracteres cromáticos de los depósitos psefiticos.

En efecto, si bien la mayor parte de ellos presenta color verde, se advierten matices gris oscuros algo verdosos, gris verdosos y verde oscuros hasta gris azulados en las porciones superiores de la Serie. Las tonalidades grisáceas a veces algo amarillentas que con frecuencia se observan en los afloramientos son debidos exclusivamente a meteorización superficial (pigmentación limonítica).

Clasificación. De acuerdo con la clasificación propuesta por Pettijohn (1957), tanto las sedimentitas de aspecto tillítico como los conglomerados glacifluviales corresponden al tipo definido como *paraconglomerados* por el exceso de matriz arcillosa (o su equivalente diagenético) sobre los fragmentos del tamaño de grava. Cabe consignar además, que los depósitos glacifluviales contienen, término medio, menor proporción de matriz micácea.

Metamorfismo. La influencia de los fenómenos metamórficos en las sedimentitas estudiadas es relativamente poco marcada probablemente por la abundancia de matriz intersticial.

En la mayoría de los casos se ha observado preferentemente cristalización sintectónica (recristalización de la matriz primitiva en un agregado cuarzo-sericitico) y cristalización posttectónica (formación de venillas irregulares y lentiformes con típica textura de panal y composición cuarzosa; reemplazos calcáreos son frecuentes). Los fenómenos de deformación postcristalina quedan reducidos a una débil cataclasis que puede ser mejor observada en las sedimentitas psamíticas.

Ambiente de sedimentación. Según Keidel (1947) la regresión del mar epicontinental en la segunda mitad del Devónico marca el nacimiento del gran continente austral denominado Gondwana que, en la cuenca de las Sierras Australes, se manifiestan con acumulaciones psefiticas y otras sedimentitas asociadas y constituyen la Serie de Sauce Grande, formación basal del Sistema de Pillahuincó.

De acuerdo con las ideas de Borrello (1964) tal asociación litológica "tiende a configurar, por los caracteres de su distribución sobre ambientes considerados de plataforma no estable y migro-sinclinal, un fenómeno deposicional de naturaleza exogeosinclinal".

Es difícil poder determinar con certeza las condiciones ambientales. El modo de formación de las sedimentitas es oscuro y el hecho de no poder determinar con certeza la naturaleza de las psefitas, a las que se asigna, en conjunto, el nombre de "tillitas" ocasiona —en nuestra opinión— falsas concepciones acerca de su modo de origen.

Aparentemente la acumulación de las sedimentitas, en particular las psefiticas, puede haber tenido lugar en áreas litorales de un continente bajo, cubierto por una calota con movimientos del hielo hacia los bordes y que cubría el territorio uruguayo y sudbrasileno, con centro de dispersión, según Leinz (1937), en el Ecuado Riograndense. La idea de un continente glaciado cercano al nivel del mar ya había sido considerada por Woodworth (1912) y Coleman (1918), para Brasil y Africa.

Los espesos depósitos de aspecto tillítico de las porciones inferiores hasta medias, de la Serie de Sauce Grande, caracterizados por la presencia de fenoclastos angulosos a subangulosos (los redondeados son poco frecuentes) irregularmente distribuidos en una matriz sin estratificación (o laminación) a veces muy imprecisa, señalan condiciones de sedimentación por glaciares o por hielos flotantes. En ambos casos, de acuerdo con Dunbar y Rodgers (1958), los sedimentos son llevados y abandonados sin que haya selección y el resultado es un depósito no estratificado. Sólo en el caso de sedimentitas con estructuras poco visibles puede sospecharse la existencia de una débil actividad de las corrientes. La posibilidad de la presencia de hielos flotantes no se ajusta a las características de los depósitos conglomerádicos, pues no se han encontrado bloques erráticos de gran volumen que permitan suponer tal cosa; por el contrario, es frecuente hallar bloques de más de un metro de diámetro en las tillitas del territorio uruguayo y del Brasil meridional. Al respecto, Terra Arceña (1926) señala la presencia de bloques de 5 metros de diámetro, de naturaleza granítica, en Paso Ramírez, departamento de Sarandí (Uruguay).

Oppenheim (1934) al estudiar las sedimentitas glaciales que constituyen la formación de Itararé en el sur brasileño, ha reconocido una serie de criterios de campo que le han permitido caracterizar "una glaciación terrígena fluvio y marino-glacial, constituida por depósitos de hielos flotantes (no es el caso de Sauce Grande) y sedimentos transportados por ríos y aguas de fondo de morenas por fusión del hielo en movimiento". Estos criterios son la presencia de sedimentitas varvadas, predominancia de rodados, escasez de fenoclastos estriados, la ausencia de una superficie estriada y modelada de las rocas preglaciales y el hallazgo de moluscos.

Aplicando estos criterios en nuestras sedimentitas se advierte que se cumplen en su mayor parte. En efecto, hemos observado predominancia de fenoclastos en relación a otras fracciones granulométricas en las porciones inferiores a medias de la Serie; las estrias son muy raras —probablemente por la naturaleza de los fenómenos que han actuado sobre los fenoclastos— ya que sólo se encontraron 3 en 600 fenoclastos y no ha sido comprobada en las áreas del contacto con las rocas eodévicas del Grupo de Lolén superficie modelada alguna. Con respecto al hallazgo de moluscos éstos han sido encontrados en las porciones superiores de la Serie incluidos en fangolitas y psamitas con rodados muy dispersos (en Abra Fea, Keidel, 1916) y representan una sustancial modificación de las condiciones ambientales como veremos más adelante. La ausencia de depósitos varvados típicos en nuestra zona de estudio bien puede ser casual y ser encontrados en áreas ubicadas más al sur o al norte del área recorrida.

A partir de la sección media de la sucesión glacial comienzan a manifestarse cambios en la sedimentación tillítica, con intercalaciones de psamitas macizas a veces con estructuras internas entrecruzadas poco perceptibles, que marcan el comienzo de un proceso tendiente a la instalación, en los niveles superiores de Sauce Grande y especialmente en las series de Bonete y Tunas (con la posible interrupción de Piedra Azul), "de una secuencia de tipo paraliogeo-

sinclinal" (Borrello, 1964). Un claro indicio de la existencia de ingresiones, propablemente transitorias y escasa duración, es la presencia de ondulitas de oscilación con crestas niveladas y estructuras de corriente de tamaño reducido, además de la presencia de moluscos en Abra Fea. No obstante, el engranaje entre los sedimentos marinos y los depósitos glaciales no es fácil de determinar (Windhausen, 1931).

Procedencia del material psefitico. Los limitados resultados obtenidos con el análisis de orientación de los fenoclastos incluidos en las psefitas glacifluviales, permiten suponer, si bien no confirmar, la posibilidad de un aporte desde el cuadrante Noreste, vale decir desde Brasil a través del territorio uruguayo. Esta contribución agrega un nuevo argumento a favor de la procedencia desde el Escudo Riograndense sostenida por Leinz (1937) y admitida por Coleman (1918), Keidel (1922), Windhausen (1931) y Oppenheim (1964). No obstante algunos autores —Walther (1932), Woodworth (1912) y Du Toit (1927) entre otros— basándose en observaciones geológicas y litológicas han reconocido movimientos hacia y desde el Oeste y hacia el cuadrante Sudeste (Du Toit). Como expresara Leinz (1937) es perfectamente plausible que la dirección de los hielos haya sufrido alguna modificación durante las diferentes fases del período glacial, a semejanza de lo que ocurrió durante la glaciación del Cuaternario europeo.

Afortunadamente disponemos de un elemento de suma importancia que nos permite inferir la composición litológica de la superficie recorrida por los hielos. Nos referimos a los fenoclastos incluidos en los paraconglomerados y en particular a los *fenoclastos-guía* (seixos-guía de Leinz, 1937). En un análisis comparativo de la frecuencia composicional hallada en los depósitos brasileños (Leinz, 1937), uruguayos (Terra Aroeira, 1926; Falconer, 1936; Lambert, 1940 y Goñi-Caorsi, 1958) y argentinos (Keidel, 1916; Coleman, 1918; Harrington, 1942; Suero, 1956 y nuestros datos), se advierte sin lugar a dudas la riqueza en fragmentos de naturaleza plutónica metamórfica, frente a aquellos volcánicos o sedimentarios. Localmente (tillitas de Ipanema en San Pablo, Brasil y en las Sierras Australes) los fenoclastos de rocas sedimentarias, en especial de "cuarcitas" o "areniscas", pueden sobrepasar en relación 2:1 al conjunto eruptivo-metamórfico, acompañados por reducidas cantidades de calizas no metamórficas grises. Queda aún por considerar la baja frecuencia de fragmentos de vulcanitas que responden al tipo "pórfido" y diabasas, es decir de cristalización en cuerpos filonianos, que también han sido reconocidos en las sedimentitas de Brasil y Uruguay con caracteres similares.

En suma, la asociación litológica en los depósitos bonaerenses y uruguayos aludidos, coinciden con el esquema presentado por Leinz (1937) del relieve y composición del relieve preglacial del sur brasileño (al menos en el área de la Sierra do Mar), integrado esencialmente por un complejo cristalino eruptivo-metamórfico y restos de una cubierta sedimentaria (explicaría la desigual distribución de fenoclastos de génesis sedimentaria) formada por psamitas devónicas y calizas grises presumiblemente silúricas (no se conocen afloramientos en suelo brasileño).

Finalmente, y a fin de completar las consideraciones acerca del área de procedencia, debemos referirnos al centro de dispersión de los hielos ubicado, según Leinz (1937) en el Escudo Riograndense. Este autor, basándose exclusivamente en la potencia y caracteres litológicos de las sedimentitas glaciales en Uruguay y Argentina, y en la reducida extensión de los depósitos similares en el estado de Río Grande do Sul, señaló: ...“durante los tiempos glaciales el escudo riograndense ocupaba un nivel relativamente elevado, de modo que sobre él no había posibilidad de una sedimentación glacial, predominando por el contrario una fuerte erosión que proveyó en parte de material para los depósitos glaciales argentinos y uruguayos... Además, la trayectoria del movimiento del hielo en dirección de Argentina y Uruguay, parece rodear al escudo riograndense; asimismo los sedimentos glaciales y postglaciales se depositaron en un arco que acompaña la elevación del mismo escudo” (traducción del autor presente).

Asimismo Leinz refiere que esta hipótesis sería confirmada por el hallazgo de fenoclastos-guía provenientes del territorio brasileño en los depósitos argentinos y uruguayos. Reconoce como especialmente apropiados “numerosos tipos de andesitas, brechas andesíticas, pórfidos graníticos y pórfidos cuarcíferos”. Es probable —no existen estudios petrográficos comparativos— que las diabasas albitizadas y riocacitas corresponden, al menos en parte, a las rocas descriptas por Leinz (1936).

CONCLUSIONES

1. Las sedimentitas psefiticas son definidas como ortoconglomerados oligomicticos (La Lola y Bravard) y paraconglomerados (Sauce Grande).
2. No obstante los fenómenos metamórficos que han afectado las rocas, representados por crecimiento sintectónico y postectónico, y deformación postcristalina, es común encontrar indicios de la textura sedimentaria primitiva. En particular, estas modificaciones han sido menos intensas en las psefitas de Sauce Grande, lo que ha permitido estudiar los pormenores texturales y estructurales.
3. El conglomerado de La Lola contiene fenoclastos de cuarcitas y, en cantidades subordinadas de pëlitas cuarzosas y cuarzo de vena. A excepción de las dudosas milonitas de granito, no se ha observado aporte significativo de las eruptivas del Basamento local. La matriz es de naturaleza protocuarcítica, aunque las bandas libres de rodados son más cuarzosas (ortocuarcíticas). La baja esfericidad observada en los fenoclastos parece ser un carácter heredado de la forma primitiva (deposicional) de los mismos.
4. La fracción psamítica del conglomerado de La Lola, compuesta esencialmente por cuarzo (sedimentario y metamórfico) y variables cantidades de sericita pigmentada por hematita y/o goethita, contiene escasísimos minerales pesados (0,1 %) representadas por granate, calcopirita, magnetita (también metamórfica), zircón, hornblenda, turmalina cas-

- taña, apatita, biotita (probablemente metamórfica), calcita y baritina.
5. La elevada madurez composicional de las sedimentitas psamíticas y de la matriz del conglomerado de Bravard, permite incluirlas dentro del grupo de las ortocuarzitas.
 6. En el aspecto textural, los fenoclastos incluidos en la matriz de las psefitas de aspecto tillítico (Sauce Grande), muestran una tendencia hacia las formas triaxiales (laminares) y esfericidad de 0,70 en tanto que los incluidos en conglomerados glacifluviales son mayormente equiaxiales y presentan una esfericidad mayor, de 0,80.
 7. En los paraconglomerados que integran la Serie de Sauce Grande, tanto las tillitas como las psefitas de génesis glacifluvial, se advierte una abundancia de fenoclastos de génesis eruptivo-metamórfica, aunque siempre subordinados a las rocas sedimentarias.
 8. En orden de abundancia, entre los fenoclastos de sedimentitas, se han encontrado subgrauvacas, cuarcitas feldespáticas y escasas ortocuarzitas. Entre las eruptivas hemos reconocido granitos alcalinos (y calco-alcalinos) y granodioritas, a veces transicionales hacia las adamellitas, y vulcanitas porfíricas (cristalizadas en filones) en cantidades subordinadas, de naturaleza ácida (riolitas calco-alcalinas) y mesosilícicas (riodacitas y diabasas albitizadas). Finalmente, las metamorfitas están representadas por ectinitas y migmatitas.
 9. La matriz de los paraconglomerados ha sido definida como wacke, reconociéndose tipos cuarzosos y lítico-subfeldespáticos. Los niveles psamíticos (no se incluye la matriz), presenta en conjunto, composición feldespática, ya que hemos descrito areniscas feldespáticas a veces transicionales a verdaderas arcosas.
 10. Al microscopio pueden establecerse netas diferencias en el contenido mineralógico entre las wackes y psamitas feldespáticas a causa de la abundancia de matriz y la menor proporción de cuarzo y feldespatos, además de la escasez de carbonatos, en las primeras en relación a las segundas.
 11. El grupo de minerales livianos están integrado por cuarzo (mayormente clástico), feldespatos alcalinos (ortoclasa y microlino, y sus variedades micropertíticas) y plagioclasa con raras estructuras zonales y composición promedio oligoandesina. Los litoclastos son de composición similar a la observada en los fenoclastos.
 12. Entre los minerales pesados se advierten biotita, clorita (variedad penninita), rutilo tittanita, turmalina verde, zircón, granate, magnetita y apatita. Epidoto, zoisita, siderita, estaurolita y turmalina pardo rojiza —citados por Crotti (1942)— no han sido hallados en las muestras estudiadas.
 13. Los limitados resultados obtenidos con el análisis de orientación de fenoclastos en depósitos glacifluviales (210 mediciones) permite suponer la posibilidad de un aporte desde el cuadrante noreste, es decir representa un nuevo argumento a favor de la procedencia del material clástico desde Brasil a través del territorio uruguayo.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- AGUIRRE, E. (1883). *Constitución geológica de la Provincia de Buenos Aires*. En Censo General Prov. Bs. As., 1881, Cap. III, p. 22-39, Buenos Aires.
- ANDREIS, R. R. (1964). *Petrología del grupo eodévónico de Lolén, Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires*. Anales CIC Prov. Bs. As., t. V, págs. 79-124.
- BORRELO, A. V. (1964). *Los geosinclinales de la provincia de Buenos Aires*. GAEA, t. XII, p. 9-20.
- COLEMAN, A. P. (1918). *Permo-Carboniferous glacial deposits of South América*. Jour. Geol., t. XXVI, p. 310-324.
- CROTTI, A. I. A. (1942). *Contribución al conocimiento de las psamitas argentinas*. Mus. La Plata. Inédito. Tesis N° 40.
- CUCCHI, R. (1962). *Petrología del conglomerado de La Lola, Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires*. Fac. Cienc. Ex. Nat. Bs. As., Inéd., Tesis N° 1130.
- DARWIN, CH. (1876). *Geological observations in South America*. Londres.
- DUNBAR, J. y RODGERS, C. O. (1958). *Principles of stratigraphy*. John Wiley & Sons, New York.
- DU TOIT, A. L. (1927). *A geological comparison of South America with South Africa. With a palaeontological contribution by F. R. Cowper Reed*. Carnegie Inst. Wash., Publ. N° 381, 157 p., U. S. A.
- FALCONER, J. D. (1937). *La formación de Gondwana en el Nordeste del Uruguay, con referencia especial a los terrenos eogondwánicos*. Inst. Geol. Uruguay, Bol. N° 23 b.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. y TERUGGI, M. E. (1952). *Léxico sedimentológico*. Publ. Ext. Cult. y Didáct., Mus. Cienc. Nat. "B. Rivadavia", N° 6, Buenos Aires.
- GOÑI, J. C. y CAORSI, J. H. (1958). *Geología uruguaya*. Inst. Geol. Uruguay, Bol. N° 37, 73 p., Montevideo.
- HARRINGTON, H. (1934). *Sobre la presencia de restos de la flora de *Glossopteris* en las sierras australes de Buenos Aires y su significación en lo referente a las relaciones de la serie glacial y series superiores*. Rev. Mus. La Plata, t. XXXIV, p. 303-338, Publ. Fac. Cienc. Ex. Nat. Bs. As., Ser. "B", N° 14, Buenos Aires.
- HARRINGTON, H. (1941). *Viaje a las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires*. Rev. Mus. La Plata, Secc. Of. 1940, p. 78-80, La Plata.
- HARRINGTON, H. (1942). *Algunas consideraciones sobre el sector argentino del "Geosinclinal de Samfrau"*. Am. 1er. Congr. Panam. Ing. Minas y Geol., t. II, p. 319-339, Santiago, Chile.
- HARRINGTON, H. (1947). *Explicación de las hojas geológicas 33 m y 34 m, Sierras de Curamalal y de La Ventana, provincia de Buenos Aires*, Dir. Nac. Min. Geol., Bol. N° 61, 43 p., Buenos Aires.
- HARRINGTON, H. (1955). *The Permian Eurydesma Fauna of eastern Argentina*. Jour. Palaeont., t. XXIV, N° 1, p. 112-128, Tulsa, U. S. A.
- HAUTHAL, R. (1892). *La Sierra de la Ventana (provincia de Buenos Aires). Apuntes preliminares*. Rev. Mus. La Plata, t. III, p. 3-18.
- HAUTHAL, R. (1901). *Contribución al conocimiento de la Geología de la Provincia de Buenos Aires. I. Excursión a la Sierra de la Ventana. II. Apuntes geológicos de la Sierra de Olavarría*. Publ. Univ. La Plata, N° 1, 30 p.
- HOLMES, CH. D. (1941). *Till fabric*. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 52, N° 9, p. 1299-1354, U. S. A.
- KEIDEL, J. (1916). *La geología de las sierras de la provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud Africa y los Andes*, An. Min. Agric. Nac., Secc. Geol., t. XI, N° 3.
- KEIDEL, J. (1922). *Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafía de la serie de Gondwana y la paleogeografía del hemisferio austral*. Bol. Acad. Nac. Cienc. Córdoba, t. XXV, p. 239-368.

R. R. ANDREIS, *Petrografía de las Sedimentitas Psefiticas, etc.* 63

- KEIDEL, J. (1947). *El Precámbrico y el Paleozoico en la Argentina*. Geogr. Rep. Arg., GAEA, t. I, p. 47-302, Buenos Aires.
- KILMURRAY, J. O. (1965). *Petrografía y petrofábrica de las psamitas deformadas de la Serie de Curamalal. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires*. Act. Seg. Jorn. Geol. Arg. (1963), t. II, p. 113-127.
- LAMBERT, R. (1940). *Notice explicative d'une carte géologique de reconnaissance du Département de Paysandú et des environs de Salto*. Bol. Inst. Geol. Uruguay, N° 27.
- LEINZ, V. (1936). *Os porphyros de Castro (Paraná)*. A. Acad. Bras. Scienc.
- LEINZ, V. (1937). *Estudos sobre a glaciação Permocarbonifera do Sul do Brasil*. Min. Agric. Brasil., Serv. Fom. Prod. Min., Bol. 21, 85 p., Río de Janeiro.
- OPPENHEIM, V. (1934). *Rochas Gondwanicas e geologia do petroleo do Brasil meridional*. Min. Agric. Brasil, Serv. Fom. Prod. Min., Bol. 5, 129 p., Río de Janeiro.
- PETTIJOHN, F. J. (1957). *Sedimentary rocks*. 2ª ed., Harper & Bros., New York, U. S. A.
- RAYCES, E. C. (1941). *Estructura tectónica del Cerro Pan de Azúcar en las Sierras Australes, provincia de Buenos Aires*. Mus. La Plata, Inéd., Tesis N° 30.
- RIGGI, A. E. (1935). *Geología de la sierra de "Las Tunas" y sus relaciones con las demás sierras australes de la provincia de Buenos Aires*. An. Mus. Arg. Hist. Nat., t. XXXVIII, Geol., Publ. N° 26, p. 313-332, 10 lám., Buenos Aires.
- SCHILLER, W. (1930). *Investigaciones geológicas en las montañas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires*. An. Mus. La Plata, ser. 2ª, t. IV, 1ª parte, 9-101, 7 lám., La Plata.
- SUERO, T. (1957). *Geología de la sierra de Pillahuincó (Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires). Partidos de Coronel Pringles y Coronel Suárez*. Publ. L.E.M.I.T., Ser. II, N° 74, 31 p., La Plata.
- TERRA AROCENA, E. (1926). *El piso de Itararé y los sedimentos marinos de Rincón de Alonso*. Bol. Inst. Geol. Uruguay, N° 8 a, p. 1-20, Montevideo.
- TERUGGI, M. E. (1950). *Las rocas eruptivas al microscopio*. Publ. Ext. Cult. y Didáct., Mus. Cienc. Nat. "B. Rivadavia", N° 5, Buenos Aires.
- TERUGGI, M. E. (1964). *Paleocorrientes y paleogeografía de las ortocuarcitas de la Serie de la Tinta, provincia de Buenos Aires*. An. Com. Inv. Cient. Prov. Bs. As., t. V, p. 1-27, 5 fig.
- TURNER, F. J. y VERHOOGEN, J. (1960). *Igneous and metamorphic petrology*. 2ª ed., McGraw-Hill, 694 p., New York.
- WALTHER, K. (1932). *Ueber Transgressionen der oberen Gondwana Formation in Südbrasilien und Uruguay*. Centrelb. f. Min.
- WILLIAMS, II.; TURNER, F. J. y GILBERT, C. M. (1955). *Petrography. An introduction to the study of rocks in thin sections*. W. H. Freeman, San Francisco, U. S. A.
- WINDHAUSEN, A. (1931). *Geología Argentina. Parte II: Geología histórica y regional del territorio argentino*. 645 p., Buenos Aires.
- WOODWORTH, J. B. (1912). *Geological expedition to Brazil and Chile (1908-1909)*. Bull. Mus. Com. Zool. Harvard College, vol. 56, N° 1 (Geol. ser., vol. 10), U. S. A.
- ZINGG, TH. (1935). *Beitrag zur Schotteranalyse*. Schweiz, min. petr. Mitt., Bd. 15, p. 39-140.

SISTEMATICA ESTRUCTURAL SEDIMENTARIA EN LOS PROCESOS DE LA OROGENESIS

Por ANGEL V. BORRELLO (1)

RESUMEN

Las secuencias sedimentarias de carácter estructural son consideradas en el presente trabajo como la consecuencia del desarrollo de un ciclo geotectónico (Era geotectónica) a partir del Paleozoico inferior. Las secuencias constituyen obviamente un sistema, en el caso subdivisibles en pisos, que corresponden a fases definidas de la historia geosinclinal en la faja de la Cordillera Andina. Durante el desarrollo tectónico de la misma, y para los ciclos Hercínico y Andínico respectivamente, se reconocen cuatro períodos sucesivos en este trabajo, denominados: suborogénico (ortogeosinclinal), preorogénico (tardiogeosinclinal), ortorogénico (postgeosinclinal) y postorogénico (tafogeosinclinal). Cada uno de los períodos coincide con un piso estructural de la nomenclatura tectónica europea moderna. Aquí el piso estructural es considerado una unidad geotectónica de desarrollo durante el proceso orogénico y está representado por un típico cuerpo sedimentario, que en el caso denominamos **tectonotema**. El conjunto de éstos forma una secuencia irreversible y completa. Los tectonotemas están compuestos consecuentemente por masas sedimentarias discernibles en espacio y tiempo geológico y se los distingue como sigue: tectonotema I, de vacuidad (esquistos y calizas); II, flysch (wild-criptoflysch); III molásico (continental-marino, molasa gris y roja) y IV, neomolásico (tafros, continental). El tectonotema, que es sedimentario, resulta inexistente para el piso estructural en las zonas donde el desarrollo es plutónico o vulcanítico. En la Argentina la investigación de estos tipos estructurales ha determinado para la zona andina un régimen continuo de carácter geotectónico a partir del Neozoico. En las estructuras sedimentarias van acompañados del geomagnetismo en gran escala, a partir del plutonismo.

ABSTRACT

The sedimentary sequences of a structural character are considered here as the consequence of the development of a geotectonic cycle (Geotectonic Era), starting with the Lower Paleozoic. The sequence obviously constitute a system, in this case subdivisible into stages, which corresponds to definite phases of the geosynclinal history of the Andean belt. During its tectonic development and for the Hercynic and Andeanic cycles, respectively, successive periods are recognized, namely: suborogenic (orthogeosynclinal); preorogenic (tardiogeosynclinal), orthorogenic (postgeo-

(1) Profesor y Jefe División Geología, Fac. Cienc. Nat. Mus. La Plata; Director Hon. Dept. Geología, Comisión Investigación Científica Prov. Bs. Aires.

synclinal) and postorogenic (taphrogeosynclinal). Each period coincides with a **structural stage** in the modern European tectonic nomenclature. Here the structural stage is considered a geotectonic unity of development during the orogenic process and is represented by a typical sedimentary body, which in this case is called **tectonothem**. The whole forms an irreversible and complete sequence. The tectonothems are composed, consequently by sedimentary masses discernible in geologic time and space and are distinguished as follows: tectonothem I, of vacuity (schists and limestones); II, flysch (wild-criptoflysch); III, molassic (continental-marine, grey and red molasse) and IV, neomolassic (taphros, continental). The tectonothem, which is sedimentary, is not found in the structural stage of the zones where the development is plutonic or vulcanitic. In Argentine the investigation of these structural types has determined, for the Andean belt, a continuous geotectonic system, starting with the Neogeic. In the sedimentary structures they are accompanied by geomagmatism on a large scale, starting with plutonism.

INTRODUCCION

En las zonas marginales de gran movilidad tectónica que se extienden por determinados bordes cratónicos, tiene lugar el llamado proceso de la orogénesis surgido tras el desenvolvimiento de las fosas subsidentes que se conocen con el nombre de geosinclinales (ortogeosinclinales). Estas depresiones tienen un relleno sedimentario característico y su historia abarca por lo menos una tercera o cuarta parte del lapso integral de la evolución orogénica. Siguen al geosinclinal los periodos propiamente dichos de la orogénesis denominados preorogénico, orogénico y postorogénico que toman cronológicamente, y en el orden dado, el resto del tiempo del desenvolvimiento tectónico, generándose por igual depósitos distintivos que sirven para la individualización inequívoca de los mismos.

De comienzo puede establecerse una diferencia entre *geosinclinal* y *periodo geosinclinal* y respecto de ambos otro concepto diferente lo configura el mecanismo complejo de la *orogénesis* (tectogénesis). Estos criterios conducen a una debida aclaración en la escala en que, en mucho, lo imponen ahora ciertas redefiniciones sobre semejantes aspectos, en función de los cuales cabrá penetrar, con panorama más amplio, en el propósito enunciado para el presente trabajo. De este modo el texto que se ofrece habrá de constituir una exposición de dos partes: la primera, destinada a esclarecer los límites de los criterios esenciales de la orogénesis con sus conceptos conexos y, en la segunda, tratar el problema de las relaciones evidenciadas con la litología frente al cuadro cambiante de la génesis e instalación montañosa en el relieve continental.

El autor acudirá a la introducción de algunos términos cuya aplicación ulterior estima que serviría con mejor accesibilidad para la descripción de los elementos que ellos, a propósito, definen.

Es de destacar que una de las finalidades que se persiguen con la exposición aquí vertida, consiste en ilustrar los aspectos considerados con ejemplos geológicos extraídos de los estudios propios y realizados en el país en diversos sectores de la dorsal andina, en años recientes.

Ello es ahora posible con motivo de penetrar la investigación geotectónica, que se lleva a cabo, con las nuevas tendencias científicas de la materia, la cual resulta en todas sus partes esenciales aplicables al estudio integral y sistemático de la estructura geológica del territorio argentino. Algunos de los aspectos tratados son hechos nuevos para las finalidades enunciadas y en consecuencia se los examinan ordenadamente, en síntesis, con vistas a hacerlos conocer en la oportunidad, estimándose que todo cuanto imponga extenderlos y ajustarlos en sus pormenores se admitirá como procedente y cabrá en el análisis ulterior que al efecto se realice, finalmente, conforme al plan de tareas que se desarrolla en la actualidad.

Es aserto de manifestar la singular evolución geotectónica del territorio argentino. El cuadro estructural que dentro de sus límites se ofrece, está realizado por muchos caracteres de insospechada magnitud científica, los cuales parecen desde ya, destacar a nuestros ámbitos andinos en el espacio continental sudamericano.

Los conceptos clásicos de geosinclinal

La idea matriz por lo común arraigada entre los geólogos expresa, en síntesis, que un geosinclinal es una zona de hundimiento prolongado, contigua a las áreas continentales, donde tiene lugar una considerable acumulación de sedimentos originados en el medio marino. Es también del caso recordar otra definición tradicional que advierte como a geosinclinales todas las zonas negativas de la corteza terrestre, generalmente largas y angostas que se han formado sobre bordes continentales en el medio oceánico, ligadas al magmatismo.

Hall (1859) y Dana (1866 y 1873) consideraron que por geosinclinal debe entenderse el ambiente donde se formaba una potente secuencia sedimentaria de naturaleza poco profunda con disposición marginal respecto al campo continental, con prescindencia de toda depresión profunda. Sólo una cuenca de habitat nerítico fue reconocida al efecto; los Appalaches constituyen el ejemplo válido de la escuela americana de entonces y lo es, por lo común, entre los autores estadounidenses modernos.

Para Haug (1900) el geosinclinal, en cambio, está caracterizado por una fosa de ingente depositación sedimentaria, propia del medio marino profundo, comprendida entre dos áreas continentales siendo el tipo escogido el de los Alpes mediterráneos.

Como lo hace notar Aubouin (1965, p. 17) uno y otro concepto resultan imprecisos por su indiscriminado sentido espacial y temporal. A la luz del conocimiento geológico actual de estas estructuras no es posible abordar una definición de geosinclinal sin fundar el aserto en los verdaderos límites de la subsidencia que lo genera y en la estricta magnitud que ésta representa en el armónico desarrollo estructural que parte con la misma.

Los conceptos clásicos de geosinclinal tienen en el presente más validez histórica que ciertamente científica por cuanto la estructura que determina, evidencia un desenvolvimiento superior a los límites que el antiguo criterio abarca. Además es muy importante el examen comparado de los episodios diastróficos que ocurren en su

medio, tanto como lo es el geomagmatismo determinante de su caracterización intrínseca, complejiva y típica en el cuadro integral de la orogénesis de todo tiempo geológico. Kober (1923), en contraposición a su "cratógeno" propuso el término de *orógeno* para describir a la estructura de una faja geosinclinal, surgida por la orogénesis. Este vocablo es muy útil cuando se debe concretar el proceso conjunto del desarrollo estructural comenzado con los elementos geosinclinales conocidos. No deberá asimilarse, en cambio, al concepto de orógeno las estructuras de montaña debidas a otro cuadro tectónico cortical. Por su carácter accesible y fácil difusión entre los geólogos, después de alcanzar un significado acorde con la evolución geosinclinal y postgeosinclinal, este vocablo es en mucho insustituible para los fines de estudio geotectónico en el sentido expuesto. Su fundamento puede encontrarse de algún modo en el pensamiento original de Gilbert (1890), quien brindara a su tiempo en el caso el concepto teórico de la *orogénesis*.

Geosinclinal, tectogénesis y orogénesis

En el sentido más estricto y hasta etimológico geosinclinal (*geo*: tierra; *syn*: con; *klino*: inclinar) es exclusivamente la fosa de relleno sedimentario iniciada como consecuencia de la rehabilitación o *regeneración tectónica* o cese del estado de rigidificación cratónica y que alcanza su finalización cuando se detiene su *desarrollo autogeosinclinal* en el límite de la permeabilidad (subsistencia) de su basamento (parageosinclinales). Esto vale para los ortogeosinclinales en el sentido de Stille (1936) y más específicamente para sus eugeosinclinales (1940). Por los procesos de rehabilitación, subsistencia y limitación de la permeabilidad cratónica, las fosas son tan de índole geosinclinal en la zona andina (Cambro-Ordovícico de la Precordillera) como la región pericratónica del Norte (dalla y sineclisa del Chaco) o bien en el subsuelo bonaerense (fosa del Salado y fosa del Colorado).

Los investigadores modernos han hecho extensivo el concepto de geosinclinal y en muchos casos lo mantienen como criterio estructural, prolongando en la actualidad el pensamiento original surgido con la observación en los Appalaches de Hall y Dana, en Estados Unidos de Norteamérica, algo más de un siglo atrás. Así, M. Kay (1944 - 1951), Peyve y Sinitzyn (1950) y Aubouin (1959 - 1965) aplican en sus trabajos el concepto aludido conforme a las tendencias de sus respectivas investigaciones: M. Kay para la distinción unitaria de "fosas" en el ambiente móvil y rígido de la corteza; Peyve y Sinitzyn en la clasificación de los mismos, y Aubouin en el trazo de la evolución estructural. Este último autor, en cambio, limita la terminología de geosinclinal a los ortogeosinclinales y remite el resto de las depresiones sedimentarias a sus fosas y cuencas del campo parageosinclinal. Existe aquí una coincidencia con el ordenamiento de Haug (1900) en lo que se refiere a la distribución de elementos geosinclinales, restringidos a las zonas móviles de la corteza.

En el difícil balance de las ideas científicas acerca de los geosinclinales un hecho es evidente: el concepto de geosinclinal resulta común denominador para designar el estadio respectivo de sub-

sidencia y sedimentación; el conjunto de unidades que, diferenciadas en las zonas móviles y rígidas, son ambientes depresivos continuos o discontinuos en espacio y tiempo geológico y finalmente los estadios o procesos de la evolución estructural. También sirve para indicar tipos faciales de la sedimentación en grandes fosas subsidentes. Sin embargo, la mayor incidencia de su uso parece encontrarse en la doble acepción dada al término, utilizado según se advirtió para definir la etapa del hundimiento y colmatación e, indistintamente, en la descripción de los procesos siguientes que son los propios de la génesis de las estructuras, hasta su consolidación definitiva en las áreas continentales. La secuencia de procesos semejantes es sabido que configuran en realidad el carácter de la orogénesis, incuestionable para los enfoques de la dinámica cortical terrestre, ahora confirmada por los principios propios de la Geotectónica en las escuelas geológicas del Viejo y Nuevo Mundo.

En la designación de orogénesis fue comprendida la sucesión de procesos que desde la subsidencia inicial geosinclinal tiene lugar en las zonas intracratónicas (Alpes y Ural) y pericratónicas (Andes) según un orden progresivo irreversible, caracterizado por el desenvolvimiento de un ciclo completo de las fases tectónicas y magmáticas de desarrollo paralelo (ciclo tectomagmático). Sonder (1956, p. 13) admitió en la orogénesis "compresión lateral" con la generación de pliegues y corrimientos en la deformación de la estructura, en general transformada en una cadena montañosa (Cordillera). En un cuadro analítico de su obra expresa los tipos principales de procesos en relación con la índole de la actividad: orogénesis, epigénesis, regmagénesis (esfuerzos tangenciales), tafrogénesis (movimientos radiales), forogénesis (desplazamientos tangenciales), y pirogénesis (plutonismo y vulcanismo) y las formas tectónicas resultantes. El origen de los geosinclinales para Sonder parte con la epigénesis, a la que se deben incluso la formación de geoanticlinales y el control de las transgresiones y regresiones.

A su tiempo Kobayashi (1941) dio el vocablo *oronización* para explicar la anexión sucesiva de los elementos geológicos (orogénicos) en el desarrollo continental, expresión que condice con cierta tendencia geográfica allegada sucesivamente al criterio de base estructural.

Como la orogénesis implica para muchos geólogos, si se quiere, un estado de "finalismo" en la secuencia de eventos geológicos que terminan con la erección de las cadenas de montañas, Wegmann (1955) introdujo el concepto de *tectogénesis* para indicar exclusivamente en el mismo a los procesos que determinan la formación de estructuras tectónicas. La orogénesis queda con esto relegada en el criterio de este investigador sólo a la elaboración del relieve; se admitiría entonces como una consecuencia más del fenómeno tectogénico aludido. Sin embargo, después de la colmatación geosinclinal el relieve, como formas y reducción de las estructuras, lógicamente no es otra cosa que el techo permanente de la armadura tectónica (1) después de la sedimentación geosinclinal y durante la de-

(1) Armadura: término descriptivo, sinónimo de orógeno, que puede utilizarse para indicar a la estructura en bloque, que tiene ya su definición a partir de la aparición de las bóvedas geoanticlinales debidas a un tipo de la tectónica embrionaria.

formación, plutonización y vulcanización, respectivamente, mientras las mismas sigan en el curso de su evolución geotectónica. Por eso no resulta posible aún suprimir por ahora, a juicio propio, el uso de la voz *orogénesis* para indicar a los episodios geológicos pertinentes.

Holmes (1945, p. 106) dio al concepto descriptivo de "mountain-building" el sentido de los movimientos activos (tectónicos) ocurridos en determinadas épocas de la historia de la Tierra, en cuyos términos las rocas de las fajas (geosinclinales) soportan profunda compresión. No obstante Billings (1960, p. 390-394) al sintetizar los criterios estructurales más relevantes del tiempo moderno, adhirió a la opinión de que el proceso de mountain-building, a diferencia del diastrofismo, es sólo una parte de la acción de los movimientos verticales que controlan la estructura exterior del geoide, coincidiendo con von Bubnoff y otros autores en el hecho de que en la génesis de los cuerpos montañosos no siempre intervienen los fenómenos del plegamiento. Von Bubnoff al identificar los procesos del diastrofismo en la *epirogénesis*, *tectonogénesis* y *dictiogénesis*, describió a este último como fenómeno independientemente episódico, parcialmente reversible y profundo, entre otros aspectos. Al mismo deberían su origen los Appalaches, Vosgos, y otras cadenas de montañas jóvenes. En Gilluly (1949) se nota en cambio la tendencia dada al mountain-building como hecho manifiesto en la sumatoria del diastrofismo genérico, coincidiéndose entonces con el expresado pulso de la Tierra por parte de Umbgrove (1947).

La manifestación de una validez conjunta de los principios considerados se halla en la obra reciente de Aubouin (1965), quien a propósito del desarrollo estructural de los elementos tectónicos aludidos se refiere directamente al desenvolvimiento de la "orogénesis geosinclinal". La división en épocas del respectivo proceso abarca los períodos geosinclinal, tardigeosinclinal y postgeosinclinal, los que pueden indicarse como suborogénico a postorogénico, respectivamente. En base a los tipos estructurales, que se encuentran en estudio, existen en la Argentina armaduras que poseen un período postorogénico en el cual es comúnmente diferenciable su tafrogénesis, originada en la fracturación póstuma del orógeno.

Arribamos así al capítulo específico del presente trabajo, esto es, al examen de los períodos distinguidos por sus regímenes de sedimentación, ajustados enteramente al control estructural durante la evolución de la orogénesis.

Períodos orogénicos y sedimentación

Un orógeno o armadura estructural es el exponente físico y geológico iniciado, desarrollado y consolidado en el decurso de una era geotectónica. La era geotectónica es a la vez el ciclo estructural complejo y completo que abarca sucesivas fases o estadios en un desenvolvimiento geológico continuo. En el orden en que se suceden desde el comienzo las fases o estadios aludidos se denominan: I. suborogénico; II. preorogénico; III. ortorogénico, y IV. postorogénico, respectivamente. El ciclo parte de la *anorogénesis* y termina con la *cratogénesis* (véase cuadro II). Un segundo ciclo puede presentarse como acontece en los Andes sudamericanos: la Precordillera-Cordillera Frontal del Oeste argentino representa en una era

geotectónica (Cámbrico - Triásico - Jurásico) a una armadura eoandina contigua a la cual, hacia el poniente, y mediando una regeneración tectónica posthercínica, se instaló el geosinclinal mesozoico (Triásico medio a Cretácico inferior) que la orogénesis llevara a convertir en una armadura neoidica completa, extensa en lo que ha sido denominado ambiente de la Cordillera Occidental (Argentina-Chile). Ambas estructuras determinan en conjunto un claro y prolongado régimen de evolución geotectónica continua, característico en los Andes sudamericanos.

Antes de penetrar en el tema de las descripciones pertinentes es de señalar que los periodos orogénicos son lapsos cronológicos durante los cuales se desarrollan las fases o estadios del respectivo proceso estructural; el hecho objetivo que geológicamente los concreta son las correspondientes secuencias sedimentarias. En cada periodo la fase está caracterizada por una sucesión de estratos que el autor presente denomina a los fines de su trabajo *tectonotema*, cuyas características y significado se consideran en lo que sigue.

Definición de tectonotema

Admitese como tal al conjunto *sedimentario* que definidamente es expresión litológica primaria o natural, sin tectonismo, de una fase o estadio orogénico determinado. Representa en la sedimentación a un episodio estructural completo y se distingue en cada caso por cuanto siendo progresivo el cuadro de la orogénesis configura los caracteres de un proceso irreversible en la evolución geotectónica regional. Un tectonotema se liga a otro eslabonado en un "sistema". Este, en todos los casos, se encuadra dentro de un esquema generalizado de aplicación universal por el hecho de mantener por igual su vigencia a lo largo de todo el tiempo neogeico (Infracámbrico a Terciario, inclusive) y sobre la extensión de cualquiera de las áreas continentales. Por lo tanto los tectonotemas son singulares medios de correlación geológica regional y estratigráfica de conjunto. Bastaría disponer de uno bien presentado en la Naturaleza en forma total o parcial para que el observador determine su situación y el momento estructural que indica en el curso de la orogénesis. Es, por fin, una unidad litotectónica prescindente de todo límite estratigráfico, como que configura la permanencia de un estado estructural específico en el decurso de la tectogénesis. Además es móvil en el sentido de la mutación o migración de los espacios en que se forman en los ámbitos mio y eugeosinclinales, respectivamente.

Los tectonotemas no son sino circunstancialmente coincidentes con los llamados por Sloss et al. (1949, p. 96) tectofacies (con sus tectótopos) en razón de que éstos son representación estática de la sedimentación, mientras que aquéllos son expresión dinámica de la orogénesis y pueden soportar el trance de la homotaxia conservando su significación y jerarquía taxonómico-sedimentaria. Es admisible la distinción lateral y local de un tectonotema, la aplicación del criterio de las facies e incluso de sus tectótopos conforme a lo que al lector se ilustra, sobre todo en la descripción del tectonotema II (preorogénico) más adelante. Los geólogos rusos, en sentido más amplio, aplican en sus trabajos tectónicos la denominación com-

puesta de *piso estructural* (Bogdanoff, 1963 a, p. 25 - 26) en parte equivalente de *período geosinclinal* (Aubouin, 1965). Mientras esta expresión se aproxima a la jerarquía de un término de unidad geocronológica, aquella lo es en el esquema de término cronoestratigráfico. La denominación rusa tiene en su caso un significado objetivante de la orogenia, pero también, y como fuera observado, puede indicar como unidad tectónica a un sector o espacio determinado en cadenas montañosas (von Gaertner, 1963, p. 257). Con todo, el piso estructural es geológicamente trascendente y valedero y tiene su mayor aplicación en la adecuación de unidades pertinentes en la cartografía de mapas especiales de índole tectónico-cronológico. La diferencia que se encuentra entre un piso estructural y un tectonotema consiste en lo siguiente: el primero es considerado por el autor presente como la unidad convencional de índole tectónica; y el segundo es simplemente el cuerpo litológico, objetivo, que lo representa físicamente en la masa sedimentaria. Así, el piso estructural puede estar representado sin la presencia de un tectonotema, v. gr.: cuando allende las acumulaciones sedimentarias, la litología deriva del magmatismo (plutonismo y vulcanismo) como acontece con el Permotriásico de la Cordillera Frontal (Mendoza y San Juan) integrado por vulcanitas (riolitas) que difieren de los tectonotemas sedimentarios de la Precordillera (Cuadro III, en las mismas provincias, sobre todo en San Juan) por los red beds de las formaciones Patquía y Famatina, en lo esencial. Como lo expresa el propio Bogdanoff (1963 a, p. 247) la idea de piso estructural también ha sido destinada para subdivisión de volúmenes de rocas diferentes en complejos del Basamento (Karélides). De acuerdo al mismo autor el piso estructural es divisible en subpisos y representa finalmente a las unidades de tercer orden (más pequeñas) de una clasificación que sugiriera al efecto, donde figuran sus "complejos pegados", para un segundo orden y los "megacomplejos" (cubiertas sedimentarias y zócalos del Basamento) para el orden primero, respectivamente, en el sentido de magnitud estructural creciente.

Un antecedente importante relacionado con el tema de los pisos estructurales encontramos en la trascendente labor teórica de Wegmann (1951) cuando este geólogo procedió a definir los niveles corticales controlados por los diversos *estilos* de su deformación como *pisos tectónicos*, superpuestos e irreversibles (*sic*).

Tectonotemas, su desarrollo en la orogénesis

Acorde con la sucesión de los periodos orogénicos en párrafos considerados anteriormente, los tectonotemas, correspondientes a los mismos han de considerarse de seguido según el desenvolvimiento y pormenores salientes de su estructura de conjunto. Para una mejor explicación se ha creído conveniente agregar su clasificación comparada (Cuadro I) y las relaciones que los mismos presentan con las divisiones del ciclo geotectónico, series sedimentarias tipos en el Oeste argentino, más otras referencias entre las que se destacan aquellas de índole geomagnética (Cuadro II).

Tectonotema I. Corresponde a las fases o estadio suborogénico del ciclo geotectónico normal en el que están determinadas las condiciones del ámbito ortogeosinclinal: miogeosinclinal y eugeosinclinal.

nal de las zonas móviles (peripacíficas). El ciclo sedimentario presenta diferencias ortogeosinclinales muy marcadas. En el eugeosinclinal prevalecen las filitas y lutitas de la *vacuidad* (Aubouin, 1959-1965) generadas sin la participación clásica de los sectores cratónicos sobreelevados, ni dorsales. Calizas dolomíticas y cuarcitas sobrepuestas a veces a un conglomerado basal, evidencian el habitat miogeosinclinal de la subsidencia en el que la *vacuidad* está bien atestiguada por las carbonatitas ⁽²⁾ de régimen *autogeosinclinal*, en aplicando el concepto dado por M. Kay (1944-1951) en su nomenclatura geosinclinal norteamericana. En los ortogeosinclinales establece la ocurrencia de sencillos tectonotemas para ambas fosas de subsidencia postanorogénica. En los dos tectonotemas, el de la *vacuidad* miogeosinclinal y el de la *vacuidad* eugeosinclinal la sedimentación adviértese desenvuelta bajo la forma monosecuente, totalizando espesores considerables: 2.000-2.500 m y más en el miogeosinclinal y 3.500-4.000 m en el eugeosinclinal. En San Juan, un régimen transfacial (Lowell, 1956) conecta el término de la *vacuidad* con los espacios mio-eugeosinclinales caracterizados por la extensión de una sucesión de capas lutíticas graptolíticas (Llandeiliano-Caradociano) por supuesto de mayor espesor en el ambiente más profundo. Entre Jáchal y Talacasto, San Juan, el tectonotema miogeosinclinal de carbonatitas culmina, v. gr., en el sector de Los Espejos al poniente de Tucunuco-Niquivil, con una formación de lutitas euxínicas (100 m) portadoras de formas de los géneros *Diplograptus*, *Nemagraptus* y *Climacograptus*. En las facies marginales el tectonotema de referencia soporta modificaciones sedimentarias llamativas. El mejor ejemplo lo constituye la generación de tipos clásicos locales conocidos como *brechas de flanco* las cuales, como acontece en la quebrada del arroyo San Isidro, Mendoza (extremidad austral de la Precordillera del Oeste argentino), reproducen el efecto de movimientos tectónicos incipientes (geoanticlinales) y trascienden finalmente al tectonotema siguiente, o segundo, del presente ordenamiento formulado.

Al tectonotema primitivo de la suborogénesis se ligan las manifestaciones del magmatismo símaico inicial. Las formaciones Bonilla y Farellones, de Uspallata, sobre todo la primera, es el stock meta-geosinclinal ⁽³⁾ en el que están alojadas las masas ofiolíticas respectivas (gabros y peridotitas transformadas en serpentinitas). Son una parte tan solo de la extensa ofiolitización eugeosinclinal comprobada desde la comarca del río Las Tunas (Tunuyán-Tupungato), Mendoza, hasta el río Jáchal, San Juan. En esta provincia espilitas y pillow-lavas se observan con frecuencia sobre el borde occidental de la Precordillera desde el valle del río San Juan a Calingasta por el sector cerro Puntudo hasta el sur de Barreal. Rocas doleríticas son menos comunes ya que tienden a caracterizar un ambiente relativamente extenso de la fosa eugeosinclinal. De cualquier manera las sedimentitas filíticas y pelíticas, con algunas clastitas incluidas en la sección estratigráfica, y sus ofiolitas conexas, distinguen en la

(2) El término carbonatita es aquí usado sólo en el sentido en el que se lo aplica para la sedimentación geosinclinal (M. Kay, 1951).

(3) Eugeosinclinal, en parte metamorfozado.

Cordillera Frontal y Oeste de la Precordillera de San Juan y Mendoza el tectonotema de la vacuidad eugeosinclinal (Fig. 1), así como las carbonatitas particularmente y ortocuarcitas configuran el de la vacuidad miogeosinclinal (Fig. 3) en el centro y zona oriental de la Precordillera en las mismas provincias con las formaciones Caliza La Laja y Caliza San Juan. Belousov (1962, p. 396-397) indica al respecto una "secuencia calcárea" en el ámbito geosinclinal precedida de otra "terrigena inferior". La extensión temporal del tectonotema de la vacuidad eugeosinclinal abarca el lapso Cámbrico-Ordovícico, hasta el Caradociano de *Climacograptus aff. antiquus* y base del Silúrico (?) en el Oeste de San Juan (Alcaparrosa-Calingasta). La correspondiente al miogeosinclinal está claramente documentada por los fósiles entre el Cámbrico inferior (parte alta) de San Juan (sierra de Villicúm) con la asociación *Olenellus-Fremontella* y el Cámbrico superior en Mendoza (cerro Pelado) que encierra restos de *Hungaiia* y *Parabolinella*. Un número muy apreciable de formas de trilobites permitieron establecer un ordenamiento bioestratigráfico zonal en la secuencia cámbrica de la Precordillera calcárea del Oeste argentino. El tope ordovícico de la sucesión calcárea en el Oeste argentino está fijado en el Llanvirniano; el miogeosinclinal es uniforme en la sierra de Villicúm desde el Paleocámbrico al tiempo mesordovícico aludido. Empero, el término de las carbonatitas también ha sido indicado por Furque (1963, p. 27), en el Llandeiliano superior (siguiendo a Harrington y Leanza) en las cabecezas del río Gualcamayo sobre el extremo norte de la Precordillera de San Juan, hasta el Caradociano (?) de la sierra de La Batea en la misma región (op. cit., Fig. p. 49).

La vacuidad eugeosinclinal ha alcanzado en la región austral de la Argentina una magnitud de desarrollo por demás significativa. El tectonotema representativo se caracteriza en la región fueguina extensa profundamente en la misma comarca isleña de Chile por sedimentitas pelíticas de aspecto filítico (Muñoz Cristi, 1956, p. 200) de varios miles de metros de espesor en las cuales es conocida la intrusión de rocas ofiolíticas descritas precedentemente por Kranck (1932). Estas capas fueron incluidas por este último autor en la "Serie" de Yagahn y Buckland (op. cit.) y llevan en su base radiolaritas. La edad puede ser circunscripta al tiempo neojurásico-cretácico inferior (Fig. 2).

El Paleozoico inferior del Norte argentino presenta un desarrollo miogeosinclinal particularmente en el Cámbrico con el Grupo Mesón (Turner, 1960). El tectonotema, con conglomerado basal llega al espesor de 3.100 m en la sierra de Santa Victoria, donde el Ordovícico descripto estratigráficamente como Grupo homónimo tiende a circunscribir su desarrollo con idénticas características pero no más arriba del límite superior del Tremadociano (?) en general, sobre el cual cambia el régimen estructural de la sedimentación. Este es el caso del Cuyano inferior y superior de la Cordillera del Viento - Chacay Melehué en el Noroeste de Neuquén, aunque allí la secuencia Liásico superior-Bayociano incluye masas volcánicas de una variedad de pillow-lavas con niveles brechosos en horizontes numerosos. Bogdanoff et al. (1963 a, p. 269) siguiendo a Trümpy (1960, p. 865-866) señala el uso del término *leptogeosinclinal* para describir estructuras geosinclinales que presentan simultáneamente los

caracteres de mio y eugeosinclinal. Al mismo tiempo debiera considerarse en general equivalente con las transfacies introducidas por Lowell (1956) y precedentemente indicadas en este trabajo.

Los límites superior e inferior del tectonotema I son variables, en la misma medida en que oscilan las relaciones del techo y piso ajustándose a la rehabilitación inicial y a la acción de la tectónica embrionaria (geoanticlinales) que cierran el período de la vacuidad. Sin embargo, en conjunto este tectonotema es el que tiene menor incidencia homotáxica en su desenvolvimiento estructural.

El tectonotema I debe considerarse el cuerpo sedimentario específico de la vacuidad geosinclinal (Aubouin), dentro de los límites teóricos del piso estructural inferior (Bogdanoff, 1963 a).

La incipiente inestabilidad tectorogénica, muy anterior por cierto al climax orogénico ulterior, determina la culminación del proceso de formación en el tectonotema I cuando los movimientos tectónicos embrionarios establecen en el ambiente geosinclinal el combamiento geoanticlinal de iniciación preorogénica (véase Cuadro II). Las dorsales que aparecen sobreelevándose son en Europa el asiento de la génesis de depósitos de bauxita, generalmente concordantes con su substratum de la vacuidad. La función gráfica en un tectograma (Cuadro II) muestra la penetración de la curva correspondiente por protusión geosinclinal en el sentido negativo. El tectonotema de referencia tiene por límites físicos y geológicos *discontinuidades* (discordancias) (4) bien establecidas en la estructura de la Precordillera-Cordillera Frontal con el proceso de los movimientos assynticos (Pie de Palo) y tales de la fase de Villicúm (pretacónico) indicados en el Cuadro II anexo, bajo la denominación de discordancias basal y subtectónica, respectivamente.

Tectonotema II. La evolución preorogénica (postvacuidad), al efecto considerada tardiogeosinclinal (5) en el presente trabajo determina un cuerpo sedimentario inconfundible en la secuencia estructural de la orogénesis. Es así por cuanto abarca el lapso entre la intensa subsidencia y la máxima emersión ortorogénica. El control de su sedimentación está dado por movimientos epirogénicos de larga duración con hundimiento relativo. Conformada la base geoanticlinal en una o varias dorsales el cuerpo del tectonotema se desarrolla con el ascenso y descenso reiterado de la superficie de sedimentación. Tiene lugar la depositación de un sistema clástico de litología rítmica, en el que prevalece el duplo arenisca-lutita en ciclo bandeado. Es éste el caso típico del *flysch* con un régimen de acumulación continental-marino. En la Precordillera de San Juan y Mendoza fue distinguido a propósito el llamado Devónico desde la época de Stappenbeck (1910) por su constitución de "pizarras y grauvacas". Pero el tipo bandeado es sólo uno de los del régimen flyschoides discernidos en la actualidad. El cuadro conjunto del tectonotema preorogénico es mucho más complejo, según lo que concisamente es dado a continuación.

En los últimos años Vassoevitch (1948) ha hecho extensivo el conocimiento de la asociación sedimentaria en el período del flysch.

(4) Se prefiere en el caso el término *discontinuidad* al de discordancia, pues implica una interrupción por cambio tectónico sin expresión estratigráfica o cronológica.

(5) Término molásico en el esquema de Aubouin (1965).

Conforme al resultado de sus estudios las generaciones del flysch abarcan la total extensión del campo sedimentario (sobre-ortogeosinclinal) correspondiente a un conjunto de tipos flyschoides en facies (tectofacies) sucesivas. Desde la dorsal geoanticlinal (6) al interior de la fosa sedimentaria las manifestaciones del tectonotema que se describe se denominan progresivamente: *wildflysch*, *hiperflysch*, *ortoflysch*, *metaflysch*, *hemiflysch* y *criptoflysch*. El primero, de constitución pefítica en extremo, es conocido en Europa con el nombre de *olistostroma*, esquistos con bloques y flysch pefítico o conglomerádico. El olistostroma apennínico de Beneo (1965) con los bloques de gran volumen encerrados en su masa u *olistolitos* coinciden con la acumulación proximal del depósito respecto de la dorsal implantada; el criptoflysch pelítico, en cambio, ocupa la porción distal en relación al mismo eje. Ambos se caracterizan por su falta casi absoluta de ritmicidad, mientras que el ortoflysch en el campo axial de la cubeta, asumiendo la representación del flysch más típico, ofrece todos los caracteres del más expresivo bandeado en el ritmo de su sedimentación.

El tectonotema del flysch tiene en la Argentina una excepcional distribución en espacio y tiempo geológicos. Está en parte presente —ya en el Basamento de las capas paleozoicas del Norte argentino— en el Infracámbrico de Salta y Jujuy; caracteriza magníficamente el desarrollo del Silúrico y Devónico de las sierras Subandinas de ambas provincias y Sur de Bolivia (7) y en el de la Precordillera de San Juan y Mendoza donde adquiere su máxima expansión y representación de facies (Fig. 4). La Formación Lohéa eodevónica (Grupo La Ventana) en las Sierras Australes bonaerenses denota en su sedimentación aspectos de flysch. Aspecto similar acusa, por lo menos en parte, los Estratos de La Horqueta (Dessanti), al Oeste y Sudoeste de San Rafael, Mendoza.

Al poniente de Guandacol (La Rioja-San Juan); al Sur del río Jáchal, sobre el flanco oriental de la sierra de Villicúm y en la Rinconada al pie de la sierra Chica del Zonda, en la provincia de San Juan, potentes masas pefíticas incluyendo bloques (olistolitos) de volumen considerable se clasifican ahora, en el panorama de los resultados de nuestras investigaciones geotectónicas, como *wildflysch* (8). Su espesor excede de los 2.000 m en algunos lugares. En otros, v. gr. al Sur del río Huaco, abarcarían parte del Devónico hasta la base del Carbonífero continental (Fig. 5).

La sedimentación tipo ortoflysch ha sido comprobada sobre el río Bermejo, en el límite argentino-boliviano, en el conjunto

(6) Vassoevitch (*op. cit.*) indica al respecto como elemento positivo a la "cordillera", el cual a la vez resulta ser una dorsal morfológica definida y propia que únicamente se genera en el período orogénico cuando el flysch ha cedido su dinámica generativa a los procesos molásicos.

(7) Al Este de la sierra de Santa Victoria desde Lipeo (Argentina) a Capilla y Mesón, entre otros sectores al poniente de Bermejo (Bolivia), la sucesión silúrica-devónica, continúa hacia el Norte y muestra en el ámbito subandino sus típicos pormenores flyschoides.

(8) E. Fossa Mancini (*Glaciaciones*, 1943, p. 370) reconoció que los aludidos afloramientos del flanco oriental de la sierra Chica de Zonda (entre el Baño de la Lechuza y la quebrada de La Flecha) son comparables con el *wildflysch* (Suiza) y "Argille Scagliose" (Apeninos) y los relaciona con mezclas tectónicas (*sic*), las descripciones de Amos (La Rinconada 1954, p. 13-21) son decididamente coincidentes.

de capas devónicas que afloran entre Mesón y Cayotal⁽⁹⁾. El Silúrico-Devónico de Zapla, Jujuy, desde el llamado conglomerado glacial —en realidad flysch psefítico— hacia arriba, representa un tectonotema de crtoflysch, a su tiempo señalado por Nieniewski y Wleklinski (1950, p. 189) genéricamente como flysch. En la región ferrífera de Unchimé, Salta, el proceso del flysch comienza en el techo del Ordovícico afiorante; el Silúrico es de mínimo desarrollo y el Devónico posee, como en Zapla, singulares caracteres formacionales de crtoflysch.

El del Devónico del río San Juan aludido por Heim (1952, p. 19) es similar al que aflora en la quebrada de Talacasto. En este último paraje es singular la secuencia flyschoides por su desarrollo en ortoflysch, bandeado regular (Fig. 4) y sobre todo por el elevado contenido de *hieroglifos* o *biohieroglifos* (trazas fósiles problemáticas), en menor número encontrados en el Norte argentino y Sur boliviano. Entre Talacasto y Jáchal, en el sector de Los Espejos, al Oeste del cerro La Chilca, el Grupo Tucunuco del Silúrico (Cuerda, 1965, p. 173-175, fig. 2) muestra en la base del flysch. (Fm. La Chilca) un predominio cuarcítico. Las mismas sedimentitas pasan en algunos lugares sobre todo en dirección al Norte a un mayor desarrollo ortocuarcítico. Los hieroglifos en estas rocas están circunscriptos a los bancos pelíticos intercalados en los estratos psamíticos aludidos, tratándose en consecuencia de simples variedades del flysch en el cuerpo sedimentario del tectonotema II. Hacia la zona oriental de la Cordillera Frontal, desde la Precordillera de San Juan y Mendoza, el ortoflysch participa en su traslape progresivo de carácter marginal en el desenvolvimiento del Neopaleozoico (Cuadro III). La índole de la sedimentación y la situación semejante sobre un meridiano sugieren que estas capas que asoman al poniente de Iglesia y las del río Mendoza al Oeste de Uspallata pertenecen por igual al tiempo carbonífero, en el término alto del tectonotema preorogénico. En Barreal, San Juan, un tipo de metaflysch es sugerido en el Carbonífero inferior desarrollado por encima de las capas con *Septosyringothyris keideli*, de manera que en el área intermedia de la Precordillera el régimen aludido toma seguramente el lapso missisipiano, inclusive.

El tectonotema II en la Patagonia tiene su representación en el Devónico (a Carbonífero inferior ?) de Bahía La Lancha, lago San Martín, Santa Cruz. En Tierra del Fuego una sedimentación bandada del Cretácico (Jurásico superior-Cretácico inferior ?) fue comprobada por los trabajos de Kranck (1932, p. 24, 27 y 37). La Serie Beauvoir (Camacho, inéd.) al Norte del lago Fagnano es por lo menos la formación estructural correspondiente en suelo fueguino propio. Sin embargo es obvio que los depósitos aludidos tienen extensión aflorante manifiesta al Norte del encrestado axial de la cordillera fueguina desde el límite con Chile a la costa atlántica. En espacio y caracteres de identificación y clasificación, el tectonotema II, de edad mesozoica, no es comparable con el del tiempo

(9) Las descripciones de autores que trabajan en territorio boliviano no dejan lugar a dudas sobre la individualización de un tectonotema semejante de tipo flyschoides en las secuencias devónicas de la región andina (Ahlfeld y Brauns, *Geol. Bolivia*, 1960, p. 58-67).

paleozoico. Aun faltan por otra parte estudios específicos en la Cordillera Patagónico-Fueguina que provean de resultados en materia de tipos flyschoides y sus límites tectónicos definidos. Como fuera indicado en uno y otro ciclo geotectónico las orogénesis del territorio argentino han revelado un extraordinario desarrollo completo, por lo demás, en la secuencia de sus fases representativas de todos los cambios de su cuadro estructural.

Para Bogdanoff (1963 a, p. 249) el segundo piso estructural o medio, que resulta caracterizado por el cuerpo sedimentario del tectonotema descrito es subdivisible en "subpisos estructurales" y está bien separado del primero o inferior, por lo que integra una unidad diferente. En cambio, para Aubouin, en su "período geosinclinal" (1965, p. 82-105), que es el más bajo de su clasificación ha sido comprendido la etapa del flysch. Para Belousov (1962, p. 397) tal sucesión se identifica con su "secuencia terrígena" superior, ligada a la supuesta activación de la dorsal central de un eugeosinclinal. Es en principio viable una subdivisión del segundo tectonotema (o tectonotema medio) en dos secuencias en algunos sectores de la Precordillera de San Juan (v. gr.: Talacasto y Lomas de los Piojos entre otros) donde facies y fósiles no sugieren para el Silúrico y Devónico-Carbonífero inferior, en parte.

Tectonotema III. El término de la epirogénesis y la acción de la tectónica de fondo inicial y la plutonización masiva determinan en la estructura un cambio profundo de carácter tectónico y morfológico. Se desarrolla en la misma el proceso de la inversión tectónica general, segunda y última parte del tectonismo estructural y regional, iniciado con el episodio previo de la tectónica de fondo. La masa sedimentaria adquiere en estructura y composición caracteres propios de un cuadro geológico definido por la culminación de la orogénesis y rellena un ámbito de cuenca de relieve desigual y cambiante. El ascenso de los cuerpos granítico-granodioríticos del plutonismo sinorogénico neopaleozoico de la Cordillera Frontal, y neocretácico en la Cordillera Patagónica y Fueguina, produjeron por tectónica de gravedad, el plegamiento conjunto de las capas implicadas en los tectonotemas precedentes, determinando las conocidas discordancias de las fases hercínica y larámica en las estructuras del Oeste y Sur del país, respectivamente mencionadas. Las discordancias son para el orógeno discontinuidades tajantes que marcan el comienzo de modificaciones profundas, las cuales se traducen en la índole y composición de los sedimentos que los tectonotemas diferencian en cada caso.

En el tectonotema que se describe concurre la variada litología que es característica de las molasas, desde pefitas a pelitas, incluyendo lechos de carbón. En conjunto un régimen molásico normal ha de poseer depósitos del tipo indicado repartidos, las más de las veces, en típicas facies continentales y marinas. Este tectonotema con las facies identificables y hasta con litótopos discernibles (10) también puede definirse como ortorogénico o postgeosinclinal de se-

(10) El tectonotema molásico de la Precordillera de San Juan posee en sus facies marina *teclótopos* bajo la forma de capas calizas, en partes fosilíferas, todo lo cual esclarece la subordinación de conceptos a propósito de la sedimentación "geosinclinal".

dimentación pluriseciente. En efecto es la unidad en la cual se presentan los complejos de ciclotemas (megaciclotemas) con sus láminas alternantes de múltiple sedimentación rítmica.

Dos tipos molásicos se manifiestan en el tectonotema de la orogénesis: las denominadas molasa gris y molasa roja, respectivamente. La primera es continental-marina y lleva capas carboníferas o lentes carbonosas y es conocida en la Precordillera dentro del Carbonífero en general; las capas de la llamada Formación Tupe y Jejenes (Fig. 6), en San Juan, son tipos en parte de la misma pero su extensión es muy grande por igual en el flanco occidental precordillerano v.gr. Barreal y Uspallata, hasta en áreas diversas de la Cordillera Frontal. La segunda con la Formación Patuía, como tipo, constituye en su fase (continental) de sedimentación, de características "red beds" en parte y en concordancia sobre su base, el testimonio estructural de una molasa terrígena, con distribución (zeugogeosinclinal, M. Kay) en medio de ambientes cratónicos. El proceso molásico en la zona inténide de la Precordillera - Cordillera Frontal comienza en la base pennsylvaniana ("Ventana" de Barreal) mediante un conglomerado de base que cubre la discordancia elaborada sobre sedimentitas del tiempo eocarbonífero.

El tectonotema III representa el "piso estructural" superior en el esquema de Bogdanoff (1963a) y es el representante objetivo de una parte del tiempo (antiguo) del período postgeosinclinal. Resulta inexistente como tal fuera del área en que ocurre su sedimentación quedando relegado el piso estructural a un volumen volcánico en la Cordillera Frontal, por ejemplo, donde es homotáxico por sus límites cronológicos de desarrollo regional.

La plutonización y el vulcanismo, fuera de evidenciar la substitución parcial o total del tectonotema, en igual período presentan un desarrollo de fases y subfases geomagmáticas en las que se insertan los episodios del vulcanismo seciente múltiple, con emplazamiento de los granitos (intercedentes, según Stille), diferenciados en la Cordillera Frontal (Polanski, 1957).

Las molasas de la armadura hercínica del Norte argentino corresponden a las potentes masas clásticas de la "serie gondwánica". En el corte del río Bermejo, en el límite entre Bolivia y Argentina en la sierra de las Pavas, sobre el conjunto de capas Tupambi-T2, en neta discontinuidad se asienta una potente formación clástica gris, abajo, y roja arriba, coincidente con las entidades molásicas del esquema enunciado. Se trata en este caso de entidades estratigráficas del Neopaleozoico que acaso no excluye de su régimen "red beds" a sedimentitas tenidas como del Sistema Triásico en la opinión actual de algunos geólogos. En las Sierras Australes bonaerenses las formaciones del Grupo Pillahuincó (Carbonífero superior-Pérmico inferior) se imponen en el esquema geotectónico regional como verdaderas masas molásicas, con facies marino (glacial ?) y continental.

En la Patagonia andina, la discontinuidad neocretácica marca el comienzo del tectonotema molásico marino-continental hasta el techo del Patagoniense en Santa Cruz, donde la molasa roja bien constituida corresponde al desenvolvimiento de la secuencia terrígena y abigarrada de la Formación Santa Cruz, en el pie de la Cor-

dillera En todos los casos el tectonotema pertinente alcanza una determinada exposición sobre los campos cratónicos marginales.

La discontinuidad anatectónica y la catatectónica son en los límites de la orogénesis los términos estructurales del desarrollo molásico descripto. En el tectograma del Cuadro II adjunto, la representatividad de los mismos no ofrece problema gráfico alguno, como que teóricamente están avalados por el resultado de múltiples observaciones de campaña realizadas al efecto.

Es importante destacar que en este piso estructural el tectonotema III es la base de mayor desarrollo en el proceso molásico de los accidentes marginales (fosas de Guandacol, Huaco, Barreal, Uspallata y Potrerillos entre otras) siendo limitada o nula su presencia en el interior de las armaduras orogénicas a causa de los abovedamientos que incidieron en las mismas por los efectos debidos a la tectónica de fondo. Beioussov (1962, p. 398-399) señala para la sedimentación de esta fase sus secuencias "laguna" (evaporitas) y "molásicas" (clastitas gris, rojas, con lechos de carbón). El tectonotema III puede ser considerado el superior, paralelizando las equivalencias del caso entre su cuerpo sedimentario y la unidad geotectónica del piso estructural superior, en el sentido de Bogdanoff (1963 a, p. 249).

Tectonotema IV. — El último de los procesos sedimentarios de la orogénesis (postorogénesis) coincide con el desarrollo de extensas fosas tectónicas condicionadas por la fracturación longitudinal de la armadura en el ajuste estructural (isostático) de la naciente cordillera emplazada. Las depresiones son conocidas desde la clasificación geosinclinal de M. Kay (1944-1951) como tafrogeosinclinales (Appalaches) y poseen una distribución controlada por fallas de tracción tendidas en sus rumbos con paralelismo al eje de los ortogeosinclinales primitivos. Los tafrogeosinclinales resultan ser por supuesto comparables en su dimensión con los *aulacógenos* (Bogdanoff et. al., 1963 b, p. 275-276), más difieren de las fosas que bajo tal designación han sido estudiadas en áreas asiáticas, por cuanto representan a "surcos" de gran longitud, limitados por fallas y situados en campos cratónicos (península índica). En la Argentina elementos de este carácter, aunque muy pequeños comparativamente en extensión, suelen observarse en las Sierras Pampeanas (Córdoba: Serrezuela, Cngamira, otros) sólo en parte estudiadas a la fecha desde tal punto de vista.

El tectonotema tafrogénico es neomolásico (epimolásico) y está compuesto por terrenos triásicos a jurásicos inferior, psefíticos y psamíticos en escala diversa. Los de la Precordillera del Oeste argentino llevan además pelitas, lechos de carbón y esquistos bituminosos (Santa Clara y Rincón Blanco, en San Juan). Además, y en relación con el vulcanismo seciente a final (Stille) incluyen horizontes piroclásticos de extensión y potencia heterogénea (Uspallata y otros). Las sedimentitas mencionadas presentan en la Precordillera de San Juan y Mendoza una manifiesta disposición transgresiva: ordovícica en Calingasta (Cuadro III); carbonífera en Uspallata y pérmica en Guandacol. Hacia los zócalos cratónicos cubren de idéntica manera aún, como es lógico, a rocas de edad infracámbrica o más antiguas. El substratum neopaleozoico, según fuera anotado en párrafos anteriores y con el que tiende a formar

una secuencia complejiva, está a la vista en las cuencas marginales de la Precordillera. La participación común de capas del neopaleozoico y eomesozoico hace atendible la opinión de Aubouin (1965, p. 99-101 y 105-106) de reconocer en su período postorogénico al conjunto total de las molasas en el ciclo de la orogénesis. Sin embargo es evidente que en la Precordillera, en el Oeste del país, el complejo "sistema Triásico" tiene absoluta independencia estructural al haberse observado como tectonotema IV en el relleno de fosas que no alojan depósitos molásicos precedentes, particularmente aquellos que corresponden al tectonotema III y llegan a identificarse por su formación molásica continental-marina. En cuanto a esto no se descarta que la propia base triásica de tales tafros argentinos pueda tener su comienzo deposicional en el tiempo pérmico (Cuadro III). Las columnas estratigráficas más representativas de una fosa sedimentaria desarrollada en el caso como tectonotema proceden del conocimiento geológico de que se dispone de la Precordillera. A propósito han de indicarse los del Grupo Rincón Blanco (Cuadro III) al Este de Hilario, San Juan, recientemente descrito (Borrillo y Cuerda, 1965) del Grupo Santa Clara, en el área homónima (límite San Juan-Mendoza) examinada por Nesossi (1945) totalizando los conjuntos unos 450 m visibles y 4.000 m (?) respectivamente de espesor.

Los tafrogeosinclinales del interior de la Precordillera carecen o tienen escaso vulcanismo en su estructura. La última de las manifestaciones del geomagmatismo orogénico (vulcanismo final) está representado por las rocas basálticas (Stille), que afloran como filones en el tafrogeosinclinal de Santa Clara y filones capas en el de Potrerillos (Fig. 7), y como tales y derrames extensos en la depresión triásica de Talampaya entre el cerro Bola y Valle Fértil, ya en el dominio de la plataforma o Sierras Pampeanas.

Un tafrogeosinclinal de características poco comunes de apreciable desarrollo local, con magníficas manifestaciones basálticas lo constituye la depositación de las denominadas areniscas inferiores (Jurásico ?) del Sur de Salta en el valle de la quebrada de Las Conchas. El respectivo tectonotema IV en su parte austral configura caracteres aulacogénicos (11) y comprende 3.100 m de psamitas y psamitas del tipo "red beds", profusamente invadidas por el magma básico mencionado. En tal sentido las referidas areniscas superiores están geotectónicamente representando a un tectonotema diferenciado, y autóptomo en su desenvolvimiento, de las entidades de su base y las de su techo que corresponden a secuencias de otra índole estructural y tiempo geológico, determinando pisos estructurales de tipo aislado (Bogdanoff, 1963 a, p. 247).

Los tafrogeosinclinales no son individualizables claramente en las estructuras andinas de la Patagonia y Tierra del Fuego, donde por otra parte a la fecha se extienden nuestros estudios y trabajos geotectónicos. Los tectonotemas de la naturaleza expresada se con-

(11) En Bolivia meridional un elemento del tipo aulacogénico sobre estructura paleozoica rigidificada, integrado por sedimentitas cretácicas, se extiende desde Muyoquiri y el límite con la Argentina; el río San Juan se desplaza por la misma depresión. Al Sur de La Quiaca la misma penetra en suelo argentino manteniendo su alineación de traza andina.

sideran por entero distintivos de los anteriores en lo que atañe a tipos de secuencia. Hasta el tercero, todos los tectonotemas precedentes inducen a esquematizar, en un orden creciente, el régimen de sedimentación mono a pluriseciente. La depositación en el tiempo triásico en la Argentina, si bien que en general comienza con "red beds" pefítico (Famatinense, Fanglomerado Río Mendoza y otros) culminan en idéntica fase con psamitas rojas (Formación Los Colorados, Formación Río Blanco y otros) no revela ordenamientos sino locales y alejados de la expresión rítmica que suelen acusar las sedimentitas de unidades estructurales precedentes.

El tectonotema indicado está circunscripto por los límites de un piso estructural terminal, extraído por sus caracteres propios del piso estructural superior indicado por Bogdanoff (1963 a, p. 249).

En el tectograma del Cuadro II una simple línea recta, discontinuamente representada, indica la estabilización definitiva de los procesos orogénicos y el cese de la sedimentación estructural en una armadura tectónica de larga trayectoria geológica, admisible con sólo reparar en el lapso Paleozoico-Eomesozoico que insumió su evolución en la Precordillera-Cordillera Frontal en el Oeste argentino; Cordillera Oriental-Sierras Subandinas en el Norte y Mesozoico-Terciario en el ámbito andino, desde el centro de la Cordillera Occidental al extremo del arco patagónico-fueguino.

Belousov (1962, p. 399) al referirse a las fosas del tipo tafrogénico expresa que tanto las sobreimpuestas (centrales) como las cuencas interiores (*sic*) no responden a la secuencia geosinclinal; serían en su opinión las primeras formas de una serie de procesos ligados a la secuencia cratónica (plataforma).

Algunas secciones geológicas con tectonotemas continuos

En toda estructura orogénica completa el ordenamiento de sucesiones sedimentarias se observará ininterrumpido, con las inevitables variaciones estratigráficas y cronológicas que es dable suponer en el desarrollo y límites de cada uno de los tectonotemas.

Una *sección normal orogénica* tuvo lugar consecuentemente en las respectivas armaduras y dentro de las mismas podrán ser elegidas como tipos aquéllas que evidencien naturaleza distintiva de la evolución estructural correspondiente. Las que se presentan con tales caracteres de conjunto en el país se mencionan, en el criterio del autor presente, seguidamente:

PALEOZOICO - TRIASICO

Sierras Subandinas (Salta: Aguas Blancas-Condado).

Tectonotemas	Edades
I. K ₃	Cámbrico sup.
II. Fm. Lipeo-Baritú-Tupambi-T ₂	(desde Ordovícico sup.) Silúrico-Devónico-Carbonífero inf.
III. "Gondwana"	Carbonífero sup.-Pérmico
IV. Areniscas y calcáreos con peder- nal	Triásico?

Precordillera (San Juan: Villicúm-Calingasta y Huaco y Rincón Blanco) (Cuadro III).

- | | |
|--|---------------------------------|
| I. Caliza La Laja-Caliza San Juan (Miogs.) Fm. Alcaparrosa-Hilarío (Eugs.) | Cámbrico inf. a Ordovícico sup. |
| II. Gotlándico, más "Pizarras y gravacas" (Fm. Villavicencio, Mza.) | Silúrico a Carbonífero inf. |
| III. Fm. Tupe-Patquía | Carbonífero sup.-Pérmico |
| IV. Gr. Rincón Blanco | Triásico |

Cordillera Patagónica (y Patagonia extraandina) Santa Cruz-Chubut).

- | | |
|---|------------------|
| I. Caliza Lago Buenos Aires (Chile) | Paleozoico inf. |
| II. Fm. Bahía La Lancha (Lago San Martín) | Paleozoico med. |
| III. Gr. Tepel (Tepuel) | Paleozoico sup. |
| IV. Fm. El Tranquilo | Triásico |
| Fm. Roca Blanca | Lias-Dogger (12) |

Sierras Australes de Buenos Aires (Sierra de la Ventana).

- | | |
|---|-------------------------------|
| I. Gr. Curamalal (Miogs.) y parte del siguiente | Paleozoico inf. |
| II. Gr. La Ventana (parcialmente) | Devónico inf. |
| III. Gr. Pillahuincó | Carbonífero sup.-Pérmico inf. |
| IV. "Conglomerado Rojo" | ¿Triásico? |

MESOZOICO - TERCIARIO

Cordillera Fueguina (Ushuaia- Río Grande).

- | | |
|--|---------------------------------|
| I. Complejo granitizado de la Cordillera Central y parte inferior | Pre-Titonense a Titonense |
| Fm. Yagahn-Buckland. | - Neocomiano |
| II. Criptofisch pelítico ("esquistos negros") de Monte Olivia igual a parte superior Fm. Yagahn-Buckland, Fm. Beauvoir (Base Gr. Río Claro). | Neocomiano hasta Campaniano (?) |
| III. Gr. Río Claro. | Maestrichtiano a |
| Gr. Magallanense hasta Fm. Cullen. | Neógeno |
| IV. No identificado. | |

En el Sur de Mendoza el Mesozoico andino ofrece en la zona miogeosinclinal (entre el río Diamante y el río Grande) un doble sistema de tectonotemas: 1) Formación Atuel (Areniscas del río Atuel) a Formación Tordillo; Liásico - Malm medio y, 2) Formación Mendoza (Mendociano) a Formación Diamante (Diamantiano); Titonense-Barremense. Dado que el proceso tectónico es regional y no está en cada caso asistido por el magmatismo de fases simaico-siálico del ciclo geomagnético normal, debería considerarse la aludida reiteración como acontecimiento interno del miogeosinclinal en el que aparecen dos molasas rojas para el caso: Formación Tordillo y Formación Diamante en el remate de cada subciclo de sedimentación respectiva en ámbito de tipo liminar (Argand).

(12) Ref. R. Herbst, *Flora Fósil*, 1965, Op. Lill., XII, UNT.

El problema a resolver según se advierte en la lista consignada es la presencia de estructuras de tipo tafrogeosinclinal en el ciclo Mesozoico-Terciario de la Cordillera Fueguina, incluyendo la Patagónica, donde acaso se conserven en el interior del orógeno y en la medida en que los procesos cuaternarios lo hubieren determinado tras la acción glaciaria desarrollada en la extensa superficie montañosa postpliocénica, andina y marginal ⁽¹³⁾.

El régimen tafrogénico en cambio, está evidenciado en la Cordillera andina de Mendoza; el exponente más claro de su forma lo constituyen los depósitos del Colloncurensis al Sur del río Salado (A^o Cieneguita, cerro Pirámide) y los Conglomerados de Santa María en la comarca de Puente del Inca que tienden a representarlo en el ambiente encumbrado de alta montaña mesozoica-terciaria, no lejos del límite internacional.

Conclusiones

Surgen como resultado de lo anteriormente expuesto los siguientes asertos:

1. El territorio argentino es decididamente la magnífica sede estructural de los procesos orogénicos del tiempo neogeico, sobre todo a partir del Paleozoico inferior. Armaduras (orógenos) hercínicos y andínicos desde el Norte argentino a la Patagonia austral y Tierra del Fuego son características por el pleno desarrollo de sus estructuras en el esquema de los ciclos geotectónicos y geomagmáticos, respectivamente.

2. En lo atinente a los ciclos geotectónicos se indican como fases o estadios de sus desarrollos los episodios suborogénicos (ortogeosinclinales), preorogénico (tardiogeosinclinal), ortorogénico (postgeosinclinal) y postorogénico (tafrogeosinclinal).

3. Cada una de las fases está indicada en el ciclo sedimentario pertinente por un tectonotema o cuerpo sedimentario que es expresión de la trasmutación progresiva de la orogénesis y concretan la índole de la unidad conocida como "piso estructural".

4. Los tectonotemas son tantos como fases o estadios indican los pisos estructurales bajo la forma de la sedimentación. El tectonotema I, monosecuente, pertenece a la vacuidad geosinclinal; el tectonotema II, bisecuente (flysch), es dado como tardiogeosinclinal; el siguiente tectonotema III, plurisecuente (molásico), encierra ordenamientos ciclotemáticos y por último el tectonotema IV, heterosecuente (neomolásico), a diferencia del anterior (continental-marino) posee depósitos clásticos de fase terrígena exclusiva. Los tectonotemas comprenden tectofacies y sus tectótopos, y sólo son evidencias sedimentarias, fuera de las cuales no existen, o están sustituidos por el vulcanismo, en cuyo caso no tienen entonces su específica aplicación.

5. En la concepción más simple la evolución de la orogénesis puede representarse en una expresión gráfica, aquí denominada, a los fines del presente trabajo, tectograma. La subsidencia y protu-

(13) Al Este de Río Turbio, Santa Cruz, en concordancia aparente sobre estratos santacruceses se extienden masas fanglomerádicas que sugieren una etapa sedimentaria neomolásica.

sión geosinclinal, la epigénesis, orogénesis y tafrogénesis que culmina con la rigidez tectónica quedan aludidas sobre las líneas esquemáticas de su trazado, ilustrativo, aludiéndose con el mismo la figura cambiante de la corteza cuando en sus zonas móviles surgen geosinclinales y culminan las orogénesis después del desarrollo sistemático de los enunciados tectonotemas.

NOTA: El presente trabajo es la síntesis de una parte del estudio de los geosinclinales, que el suscripto, realiza en la División Geología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, con apoyo del Convenio celebrado con el Instituto Nacional de Geología y Minería y de la Comisión de Investigación Científica de la provincia de Buenos Aires. El intercambio de labor científica con el Profesor Dr. J. Aubouin de la Facultad de Ciencias de París, contribuyó a esclarecer aspectos diversos que sirvieron a las conclusiones del autor, expuestas en este escrito. Hago constar mi reconocimiento a los geólogos de la División Geología que colaboran en los trabajos de mi especialidad al presente.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- AUBOUIN, J. (1959). *A propos d'un centenaire: les aventures de la notion de géosynclinal*. Rev. Geogr. Phys. Géol. Dyn., (2), 2, p. 135-188.
- AUBOUIN, J. (1965). *Geosynclines* (Elsevier), 325 p., 67 figs.
- BELOUSSOV, V. V. (1962). *Basic problems in geotectonics*. (Mc Graw Hill), 816 p., 318 figs. (Trad. del id. ruso).
- BENEDE, E. (1956). *Accumuli terziari da risedimentazione (Olistostroma) nell'Apennino centrale e francesottomarine*. Boll. Serv. Geol. Italia, 78, p. 291-321.
- BILLINGS, M. P. (1960). *Diastrophism and mountain building*. Bull. Geol. Soc. Amer., 71, p. 363-397, 34 figs.
- BOGDANOFF, A. (1963 a). *Sur le terme "etage structural"*. Rev. Geogr. Phys. et Geol. Dyn., V, 4, p. 245-253. París (1962).
- BOGDANOFF, A. et al. (1963 b). *Elements structuraux de la croûte terrestre*. Rev. Geogr. Phys. et Geol. Dyn., (2), V, 4, p. 263-285. París (1962).
- BORRELLO, A. V. y CUERDA, A. J. (1965). *Grupo Rincón Blanco (Triásico-San Juan)*. Not. C.I.C., II, 10, 16 p. 3 figs. La Plata.
- CUERDA, A. J. (1965). *Monograptus leintwardinensis var. incipiens Wood en el Silúrico de la Precordillera Ameghiniana*. Rev. Asoc. Paleont. Argentina, IV, 5, p. 171-178. Buenos Aires.
- DANA, J. D. (1866). *Observations on the origin of some of the earth's features*. Amer. Journ. Sci., 2, (42), p. 205-211 y 252-253.
- DANA, J. D. (1873). *On some results of the earth contraction from cooling, including a discussion of the origin of mountain and the nature of the earth's interior*. Amer. Journ. Sci., 5, p. 243-443, 6, p. 6-14, 104-115, 161-171.
- FURQUE, G. (1963). *Descripción geológica de la Hoja 17 b — Guandacol, Prov. La Rioja - Prov. San Juan*. Dir. Nac. Geol. Min., Bol. N° 92, 104 p., perf., láms. Buenos Aires.
- GILBERT, G. K. (1890). *Lake Bonneville*. U. S. Geol. Survey, Mon. 1. 438 p.
- GILLULY, J. (1949). *Distribution of mountain building in geologic time*. Bull. Geol. Soc. Amer., 60, 4, p. 561-590.
- HALL, J. (1859). *Description and figures of the organic remains of Lower Helderberg Group and the Oriskany sandstone*. New York Geol. Survey, Paleont. 3.
- HAUG, E. (1900). *Les géosynclinaux et les aires continentales. Contribution a l'étude des régression et des transgression marines*. Bull. Soc. Géol. France, 28, (3), p. 617-711. París.
- HEIN, A. (1952). *Estudios tectónicos en la Precordillera de San Juan: los ríos San Juan, Jachal y Huaco*. Rev. Asoc. Geol. Argentina, VII, 1, p. 11-70. Buenos Aires.
- HOLMES, A. (1945). *Principles of physical geology*. N. York, The Ronald Press, 532 p.

- KAY, M. (1944). *Geosynclines in continental development*. Science, 99, p. 461-462.
- KAY, M. (1951). *North American geosynclines*. Geol. Soc. Amer., Mem. 48, 143 p.
- KOBAYASHI, T. (1941). *The Sakawa orogenic cycle and its bearing on the origin of the Japanese Islands*. Journ. Fac. Sci., Imp. Univ. Tokyo, II, V, (7), p. 219-578.
- KOBER, L. (1923). *Bau und Entstehung der Alpen*. 379 p. (Borntraeger) Berlín.
- KRANCK, E. H. (1932). *Geological investigations in the Cordillera of Tierra del Fuego*. Act. Geogr., IV, 2, p. 1-231, 1 map. geol. Helsinki.
- LOWELL, J. D. (1960). *Ordovician miogeosynclinal margin in central Nevada*. XXI Intern. Geol. Congr., VII, p. 7-17, Copenhagen.
- MUÑOZ CRISTI, J. (1956). *Chile: in Handbook of South American Geology*. Geol. Soc. Amer., Mem. 65, p. 187-214.
- NESOSI, D. (1945). *Contribución al conocimiento geológico de Santa Clara, provincias de Mendoza y San Juan (zona limitrofe)*. Tesis inéd. Fac. Cienc. Nat. Mus. La Plata.
- NIENIEWSKI, A. y WLEKLIŃSKI, E. (1950). *Contribución al conocimiento del anticlinal de Zapla (Provincia de Jujuy)*. Rev. Asoc. Geol. Argentina, V, 4, p. 169-203. Bs. Aires.
- PEYVE, A. V. y SINIZYN, V. M. (1960). *Certains problèmes fondamentaux de la doctrine des géosynclinaux*. Izv. Akad. Nauk. U. R. S. S., Ser. Geol., 4, p. 28-52.
- POLANSKI, J. (1957). *El bloque variscico de la Cordillera Frontal de Mendoza*. Rev. Asoc. Geol. Argentina, XII, 3, p. 165-196.
- SLOSS, W. C. et al. (1949). *Integrated facies analysis, in Sedimentary facies*, Ch. R. Longwell, ed. Geol. Soc. Amer., Mem. 39, p. 91-124, 12 figs.
- SONDER, R. A. (1956). *Mechanik der Erde*. Schweizerbart, Stuttgart. 291 p.
- STAPPENBECK, R. (1910). *La Precordillera de San Juan y Mendoza*. An. Min. Agric. Nac., 4, 3, 187 p. Buenos Aires.
- STILLE, H. (1936). *Wege und Ergebnisse der geologisch-tektonischen Forschung*. Festschr. Jahr. Kaiser Wilhelm Ges. ell., 2, p. 77-97.
- STILLE, H. (1940). *Einführung in den Bau Amerikas*. Borntraeger, 717 p. Berlín.
- TRÜMPY, R. (1960). *Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps*. Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 71, p. 843-907.
- TURNER, J. C. M. (1960). *Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias*. Bol. Acad. Nac. Cienc. Córdoba, t. XLII, entr. 2ª, p. 163-196, fig., cuadr., map. geol. Córdoba.
- UMBROVE, J. H. F. (1947). *The pulse of the Earth*. 2ª ed. Martinus Nijhoff. La Haya. 358 p.
- VASSOEVITCH, N. B. (1948). *Flysch y los métodos de su estudio*. Vses. Neft. Geol. Razved. Nauchn. Issled., Inst., Moscú. (trad. del ruso: Bur. Rech. Geol. Min., París).
- VON BUBNOFF, S. (1954). *Grundproblem der geologie*. Berlín Akad. Verlag. 234 p.
- VON GAERTNER, H. R. (1963). *Note concernat la notion d'étage structural*. Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn., (2), V, 4, p. 157. (1962), París.
- WEGMANN, C. E. (1951). *Méthodes d'analyse tectonique des socles cristallins*. Arch. Sciences, vol. 4, fasc. 4, p. 231-237.
- WEGMANN, C. E. (1955). *Vue d'ensemble sur le travaux de la reunion de printemps 1954 a Mayence*. Geol. Rundsch, 43, p. 273-306.

CLASIFICACION SEDIMENTARIA DE VINCULO GEOSINCLINAL

Aubouin (1959-1965)	Belousov (1962)	Bogdanoff (1963)	Clasificación del autor															
PERIODO POSTGEOSINCLINAL Moladas	Sedimentos de fosas y cuencas	PISO ESTRUCTURAL SUPERIOR	TECTONOTEMA IV Neomoladas															
PERIODO TARDIOGEOSINCLINAL Moladas	Secuencia lagunal	Moladas	TECTONOTEMA III Moladas															
PERIODO GEOSINCLINAL	Secuencia terrígena superior	PISO ESTRUCTURAL MEDIO	TECTONOTEMA II Flysch															
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="border: none;">Flysch</td> <td style="border: none;">}</td> <td style="border: none;">(M)</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Preflysch</td> <td style="border: none;">}</td> <td style="border: none;">(M)</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Vacuidad</td> <td style="border: none;">}</td> <td style="border: none;">(E)</td> </tr> </table>	Flysch	}	(M)	Preflysch	}	(M)	Vacuidad	}	(E)	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="border: none;">Secuencia calcárea</td> <td style="border: none;">}</td> <td style="border: none;">(M)</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Secuencia terrígena inferior</td> <td style="border: none;">}</td> <td style="border: none;">(1)</td> </tr> </table>	Secuencia calcárea	}	(M)	Secuencia terrígena inferior	}	(1)	PISO ESTRUCTURAL INFERIOR	TECTONOTEMA I Calizas dolomíticas (M) Filitas y lutitas (E)
Flysch	}	(M)																
Preflysch	}	(M)																
Vacuidad	}	(E)																
Secuencia calcárea	}	(M)																
Secuencia terrígena inferior	}	(1)																

REFERENCIAS: M: Miogeosinclinal.
E: Eugeosinclinal.
(1) no discernible (molásico).



Fig. 1. — **Tectonotema I.** Sucesión lutítica eugeosinclinal y sedimentos cofaciales sobre el valle del arroyo de las Cabereras, al naciente de Leoncito Encima, San Juan. En el relieve local es una característica de la misma su asociación con rocas ofiolíticas (espiñitas) del magmatismo simérico inicial. Las sedimentitas aludidas se asignan al Paleozoico inferior; representan facies de la Formación Alenjarrosa (Calingasta, San Juan).



Fig. 2. — **Tectonetema I.** Rocas filíticas del régimen eugeosinclinal neojurásico-cretácico inferior en las proximidades de Tierra Mayor, Sur de Lago Fagnano, Tierra del Fuego. Se vinculan a las formaciones Buckland - Yaguhn. Alojjan frecuentes masas ofiolíticas diversas. Al naciente de Ushuaia se extienden al borde del Canal de Beagle.

(Fot. AVB, 1959)



Fig. 3. — **Tectonotema I.** Calizas y calizas dolomíticas del ámbito miogrosinclinal, sobre la ladera norte de la quebrada de Talcasto, San Juan. Las sedimentitas caracterizan a la Formación (Caliza) San Juan; su desarrollo es monosecuente. Obsérvese su plegamiento disarmonico originado en la tectónica geosinclinal.

(Fot. AVB, 1965)



Fig. 4. — Tectonotema II. Sección de capas devónicas expuestas sobre la quebrada de Talacasto, San Juan. Se observa un ritmo bandeado en el conjunto de antiguo conocido como las "pizarras y grauvacas" de la Precordillera. La sedimentación denota los caracteres llamativos del flysch (ortoflysch) y tanto las psamitas como las pelitas que le forman encierran las trazas fósiles problemáticas que son características de su desarrollo. (Fot. AVB, 1965)



Fig. 5. — **Tectonemas I y II.** Relación en discontinuidad (discordancia) entre el tectonema I y el II, en el flanco nordeste del anticlinal de Huaco, San Juan. El martillo está colocado sobre el límite estratigráfico respectivo. Por debajo del mismo se advierte la Caliza San Juan (Llanvirniano), en bancos densos; encima siguen las psamitas en parte conglomerádicas de la Formación Guandacol (Devónico-Carbonífero inf.) evidentemente flyschoides (hyperflysch). Un décollement controla la estructura sobre la caliza, con carácter local. (Fot. AVB, 1965)



Fig. 6. — **Tectonotema III.** Hacinamiento psefítico - glaciar (?) sobre la margen derecha de la quebrada de Talarasto, San Juan. El depósito configura una típica molasa gris con la facies de la Formación Jejenes. En su base (izquierda, abajo) se observan hiladas de capas del Devónico (a Carbonífero inf.) del tectonotema precedente (flysch). Entre ambas unidades la discontinuidad es harto evidente (al nivel del martillo).

(Fot. AVB, 1955)



Fig. 7. — Tectoniciema IV. El tafrogosinclinal de Potrerillos, al Sur del río Mendoza. En primer plano, centro e izquierda: Fanglomerado Río Mendoza del Triásico y Formación Las Cabras, yuxtapuestas en una junta tectónica de orden superior. Obsérvese la flexionada y ancha banda oscura de basalto en el techo de la formación aludida, entre cuyas camadas y el fanglomerado se conserva en el campo de la falla un remanente de capas pelozoicas (a la izquierda del pequeño derrumbe blanquecino). (Fot. AVB, 1941)

NUEVOS SITIOS PRECERAMICOS EN LA PUNA ARGENTINA

Por EDUARDO MARIO CIGLIANO (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se bosqueja un complejo industrial precerámico hallado, hace un tiempo, en el valle de Santa María: Ampajango. Se trata de una industria caracterizada por bifaces, de distintas formas, asociadas a otros tipos toscos, tales como raspadores, raederas, unifaces, núcleos y lascas; trabajadas por percusión directa. Posteriormente se mencionan y describen nuevas industrias correspondientes a cazadores y recolectores no especializados: Barrancas, SII-T de Turilari y SI-Y de Yavi. En estos sitios fueron hallados materiales que están caracterizados por lascas alargadas, núcleos, lascas con escasos retoques y muy pocos bifaces toscos. Estos yacimientos, superficiales, se encuentran sobre terrazas altas. Por último se describen el sitio SII-Y de Yavi, que corresponde a una facie II de la industria de Ampajango y el sitio SI-T de Turilari donde los materiales recogidos pertenecen a cazadores especializados, caracterizados por puntas de proyectiles de tipo Ayampitín, Saladillo, asociadas a raspadores, cuchillos, lascas alargadas y núcleos con plano de percusión preparado.

ABSTRACT

This work shows a industrial complex found a time ago in Santa María valley: Ampajango. It is an industry distinguished by handaxes of different types associated to other rough types as scrapers, side scrapers, nucleus made by direct percussion. Afterwards, there are described and named new industries belonging to hunting and no particular collectors: Barrancas, SII-T of Turilari and SI-Y of Yavi. Materials were found in these places, wich are formed by prolonged flakes, nucleus, flakes with few finishing fouches and few handaxes roughs. This superficial field are found on high terrace. Finally it is described the SII-Y of Yavi site belonging to facie II of Ampajango's industry and SI-T of Turilari site where the collected materials belong to special hunting characterized by proyectil points of Ayampitín's tipe, Saladillo belonging to scrapers, knives, longish flakes and nucleus with prepared percussion plane.

Durante mucho tiempo todo lo prehispánico del N. W. argentino se redujo a una sola palabra que involucraba —sin distinguirlas— una serie de culturas que se habían superpuesto en el tiempo: Los Diaguitas. Pero los nuevos enfoques de la arqueología y las nuevas técnicas de investigación, fueron la coronación de una larga trayectoria que dio como resultado llegar a establecer la existencia de varias culturas que se habían asentado en diversos periodos en el área mencionada.

La búsqueda de las primeras manifestaciones del hombre en América —que se había iniciado en EE. UU., Centro América y en

(*) Jefe de la División Antropología, Fac. Cienc. Nat. y Museo de La Plata.

diversos países de América del Sud— fue puesta de manifiesto entre nosotros por distintos investigadores.

Varios especialistas marcaron la existencia en el N. W. argentino de una etapa primitiva; aunque las culturas agrícolas-alfareras, con sus ricos restos fueron las que llamaron la atención de los arqueólogos, por la variedad y cantidad de sus testimonios culturales. Con los estudios de Menghin para Patagonia y de González para las Sierras Centrales, se estableció las bases firmes para el conocimiento de la prehistoria en nuestro país, cuyas únicas manifestaciones que nos llegan se traducen, la mayoría de las veces, en instrumentos líticos de las más diversas formas.

El hombre que correspondió a este periodo, tan vasto de la prehistoria americana, fue nómada; dependió de la caza y de una recolección no especializada, sin criterio selectivo en un primer momento y posteriormente de una recolección especializada. Se guareció en aleros naturales, grutas y otros reparos semejantes y recién en períodos posteriores construyó viviendas rústicas. Para las operaciones fundamentales que le imponía su medio de vida, el hombre de este período precerámico, empleó la piedra, la madera y hueso, como materia prima para la elaboración de sus instrumentos. Por tanto, de la existencia de estos implementos nos han quedado las piedras trabajadas y desechos que utilizó el hombre para cazar y faenar las piezas recogidas, tales como instrumentos bifaciales, raspadores, raederas e inclusive puntas de proyectiles.

Los descubrimientos de González en Intihuasi (San Luis) han dado el conocimiento de una cultura precerámica denominada Ayampitín, de una antigüedad de 8.000 años, propia de cazadores especializados, caracterizada, fundamentalmente, por puntas de proyectil de talla bifacial de forma de hoja de laurel. Si bien la fecha obtenida, por el método de C 14, no es uniforme para todo el N. W. argentino, dadas las variaciones —en el tiempo y espacio— en la evolución de la cultura y en el proceso de desarrollo tecnológico, podemos afirmar que hacia la fecha mencionada se asentó una cultura de cazadores especializados que en diversos sitios está perfectamente identificada.

En ciertas localidades del N. W. argentino hallamos evidencias de un contexto cultural que podría ser más temprano que los restos correspondientes a los cazadores especializados Ayampitín. Si bien no existen fechados radiocarbónicos para estos restos, la situación geológica de los yacimientos sugiere una cierta antigüedad para esos grupos que podrían corresponder a cazadores recolectores no especializados.

El complejo industrial Ampajango en el valle de Santa María (Provs. de Catamarca, Salta y Tucumán).

Entre los descubrimientos más interesantes de los últimos años, que se han efectuado en el valle de Santa María, se encuentran los numerosos sitios ocupacionales que pertenecen al horizonte de cazadores y recolectores, sin conocimiento de la agricultura y de la cerámica. Estos grupos de sociedades tempranas es muy probable que hayan basado su economía en la caza de animales propios de la región andina y en la recolección de vegetales silvestres.

El valle de Santa María está cubierto en gran parte por sedimentos cuartarios, siendo los más característicos los depósitos aluviales de pie de monte.

De este tipo de formación se han diferenciado varios niveles que se encuentran terrazados y que se denominan: Las Mesadas, Las Salinas, Caspinchango, Las Morrajas (Ruiz Huidobro, 1965). De ellas la que más nos interesa es la formación Caspinchango, correspondiente al tercer nivel geomorfológico.

Ha sido este tercer nivel el que ganó la atención del hombre de Ampajango y sobre el cual se estableció; ya que era ese nivel el recientemente formado y el más apto para lugar de asentamiento para el desarrollo de su vida. Sobre los restos de ese depósito cuartario se encuentran hoy día, los "paraderos o talleres", superficiales de la industria de Ampajango.

Los artefactos típicos de este complejo industrial lo constituyen bifaces grandes y toscos, de diferentes formas y que llegan a tener hasta veinte centímetros de longitud. También se hallan asociados raspadores, circulares, laterales; tajadores o partidores, piezas unifaciales, lascas y núcleos de diversas formas y tamaño. Todos los instrumentos, en la parte meridional y central del valle se hallan trabajados sobre una andesita hipersténica, a percusión directa, con percutor duro. La ausencia de puntas de proyectil, por lo menos de piedra, y también la ausencia de retoques por presión es otra de las características de estos grupos de cazadores y recolectores no especializados.

Toda una serie de yacimientos de esta industria de Ampajango, cuyos instrumentos bifaciales nos recuerdan a las "hachas de mano" del paleolítico inferior del Viejo Mundo, se escalonan a lo largo de la ladera occidental de los cerros del Aconquiya y Calchaquíes, pareciendo indicar la existencia de un horizonte primitivo que se había asentado con anterioridad a la de los cazadores especializados, como lo manifiestan su tecnología mucho más desarrollada en sus utensilios.

La cantidad de yacimientos investigados en el valle de Santa María —Ampajango, Los Poronguillos, Río de la Quenquiada, Los Zazos, Los Zuritas, Amaicha del Valle; La Bajada— nos han ido aportando una serie de elementos que nos permiten hablar con cierta seguridad, de una industria definitivamente precerámica y distinguir, junto con otros yacimientos que describiremos más adelante, diferentes facies evolutivas de esta industria tan singular.

Complejos similares a los de Ampajango fueron hallados en la zona de El Jobo en Venezuela por Cruxent (1961), que fueron ubicados entre los 14.000 y 16.000 años de antigüedad; en la costa central del Perú, Chivateros, por Lanning (1963); en Viscachani, Bolivia, por Ibarra Grasso (1963) y en el norte de Chile, Ghatchi, por el P. Le Paige, aunque no bien diferenciados los sitios y los de Lautaro Núñez A., en la zona del río Salado, Chile (comunicación personal).

Durante las últimas investigaciones en la Puna argentina tuvimos la oportunidad de determinar la existencia de nuevos sitios precerámicos, superficiales, correspondientes a "talleres o parade-

ros", que por la ubicación y tipología del material pertenecen a tradiciones culturales diferentes.

Dos de estos yacimientos se encuentran en la zona de Turilari, al borde de un pequeño salar, en el Departamento de Susques, provincia de Jujuy; a una altura de 3.920 m. sobre el nivel del mar.

Sobre la parte N. del salar se determinó un "taller o paradero", de una extensión, aproximada, de cuatrocientos metros cuadrados; brindando abundante material lítico, de variada tipología correspondientes todo ello a diferentes oleadas de cazadores especializados y a distintos momentos de ocupación del lugar.

Este yacimiento se halla ubicado en las adyacencias del pequeño poblado actual de la salina. La materia prima con la que fueron elaborados los artefactos, que también se encuentran sobre la terraza, está formada por rodados, de regular tamaño, de basalto hipers-ténico de color negruzco. Este sitio aparece en superficie como una concentración de lascas, lascas alargadas (láminas) y material de deshecho mezclado con artefactos completos y fragmentados. La técnica que ha sido utilizada para la fabricación de los utensilios es la percusión en ciertos tipos, la presión especialmente en puntas de proyectiles y el retoque marginal en puntas de proyectiles y raspadores. Los artefactos más característicos son las puntas y raspadores, que pueden ser agrupados en las siguientes variedades: puntas bifaciales hoja de laurel; puntas bifaciales hoja de sauce, ambas presentan estrechas semejanzas con la tradición Ayampitín (González, 1960), Puripica-Ayampitín (Chile); puntas monofaciales tipo Saladillo (Cigliano, 1962); puntas ovales y triangulares, semejantes a las de Conanoxa, Chile (Niemeyer, 1963) y puntas anchas, que aparecen, entre otras, en el complejo industrial Tulán (Orellana, 1963). Asociados a los instrumentos mencionados se hallan: raspadores de diversos tipos; cuchillos; perforadores; lascas; lascas alargadas (láminas); núcleos de diversas formas y también núcleos con plataforma de percusión preparada.

A unos cien metros del sitio anteriormente citado se levanta un amplio cono de deyección terrazado que presenta el característico y paulatino aumento de tamaño desde el borde del salar hasta el pie de los cerros circundantes, Cordón del Toro. Sobre este depósito sedimentario pleistocénico, que se halla en esta zona a 65 m. de desnivel con respecto a la salina, encontramos un yacimiento superficial, con características muy particulares y semejantes a los hallados en Barrancas (San Antonio de los Cobres, provincia de Salta) y en Yavi Arriba (provincia de Jujuy).

Los artefactos recogidos en este sitio están trabajados sobre basalto hipersténico, que se encuentra como materia prima sobre la superficie del pie del monte terrazado en gran cantidad. La talla utilizada fue por percusión directa con percutor de piedra, por las características de los talones, bulbos y ángulos de fracturas que presentan las lascas. No hemos hallado núcleos preparados y las lascas, que son largas y espesas conservan, generalmente, restos de corteza. La mayor proporción de artefactos recogidos lo constituyen las lascas, gruesas y alargadas; que muy probablemente fueron utilizadas aprovechando su filo natural y su extremo distal aguzado. En algunos ejemplares se notan muescas, produciendo un

borde aserrado o el extremo aguzado mencionado anteriormente. Los bifaces son muy raros, toscos; lo mismo ocurre con los raspadores que son toscos, espesos y que en nada recuerdan a los bifaces y raspadores de la industria Ampajango. También se recogieron varios instrumentos que fueron clasificados como tajadores o "choppers", están trabajados sobre guijarros, presentando un extremo astillado por percusión bifacial formándose un borde filoso ondulado.

Este sitio, que lo hemos denominado SII-T de Turilari, representa un complejo bien identificado en la Puna argentina. Además de la ubicación de los "talleres o paraderos", siempre en terrazas altas, los artefactos presentan una tipología rudimentaria y una pátina muy intensa que los diferencia de los materiales correspondientes a los cazadores especializados, que en el caso de Turilari los hallamos en la terraza baja. La ausencia de puntas de proyectil de piedra, de núcleos preparados, de técnicas de manufactura más evolucionadas, como sería el retoque por presión, de distintos tipos de raspadores, de cuchillos y la ubicación de los yacimientos sobre terrazas altas, nos permite hablar de una industria diferente a la de los cazadores especializados.

Otro yacimiento de singular interés se encuentra a dos kilómetros al W. de la población de San Antonio de los Cobres (Dep. de Los Andes, Prov. de Salta), cerca del caserío que se conoce con el nombre de Barrancas. Sobre depósitos aluviales pleistocénicos, del río San Antonio, encontramos dos sitios formando "talleres o paraderos" superficiales; habiendo sido en ciertas partes erosionados por pequeños cauces fluviales que penetraron y cortaron las formaciones sobre las que se hallan depositados los restos prehistóricos.

Cada uno de los sitios ocupan un área de 150-200 m. cuadrados, encontrándose en estos espacios verdaderos depósitos de piedras trabajadas y de materia prima.

Los materiales recogidos en los dos sitios de Barrancas están constituidos por lascas espesas y alargadas, donde llegan a un 79 %; instrumentos toscos tallados bifacialmente; raspadores toscos. Las lascas presentan muescas intencionales y en los bordes huellas de utilización. La pátina que tienen todas las piezas es una característica típica de estos utensilios; que son similares a los materiales hallados en el yacimiento SII-T de Turilari.

Ambos sitios de Barrancas se hallan a 75 m. de altura, con respecto al río San Antonio.

Sobre la última terraza fluvial formada, de 1-2 m., frente a la población de San Antonio de los Cobres y sobre la margen derecha del río, determinamos la existencia de un yacimiento superficial caracterizado por puntas foliáceas de tipo Ayampitín.

Un sitio que creemos que es muy interesante para la industria de Ampajango, se encuentra en la zona de Yavi (Dep. de Yavi, Prov. de Jujuy), a 17 km. al E. de La Quiaca.

El río de Yavi, que pasa al pie del pueblo del mismo nombre, erosionó la meseta puneña y formó además dos terrazas fluviales en ambas márgenes; en erosiones posteriores produjo un paisaje de "bad lands". Según nuestras observaciones y lo consignado por otros autores, en la zona de Yavi podemos indicar la presencia de

un primer escalón formado por la meseta erosionada; luego por una antigua terraza fluvial pleistocénica y por último otra más moderna.

En cuanto a la relación de estos niveles geológicos con los yacimientos determinados en esta zona, pudimos ubicar cinco sitios en el primer escalón o meseta y un sitio en el segundo escalón correspondiente a la antigua terraza fluvial. Tipológicamente los materiales hallados en este último sitio mencionado, creemos que corresponde a una facie contextual más desarrollada de la industria de Ampajango.

Los cinco sitios encontrados sobre el primer escalón o meseta puneña, que se hallan a 75 m. de desnivel con respecto al río, están caracterizados por la presencia de lascas espesas, conservando el bulbo de percusión, con talón grande. Además hay abundancia de raspadores toscos, espesos y generalmente semicirculares y artefactos toscos, devastados bifacialmente, de forma esferoidal, conservando algunos restos de corteza.

Sobre el segundo escalón o primera terraza fluvial, sobre la margen derecha del río y en las afueras del pueblo, se halla el sitio que por la morfología de los artefactos hemos denominado facie II de la industria de Ampajango. Este yacimiento se caracteriza por la gran cantidad y variedad de bifaces, trabajadas a percusión. En general son más pequeñas y mejor trabajadas que las halladas en los distintos sitios del valle de Santa María. Acompañan a los bifaces, raspadores de diversos tipos, no tan toscos como los de la facie I de Ampajango (valle de Santa María); cuchillos; raederas; lascas, en general pequeñas y núcleos.

Los abundantes vestigios líticos aparecidos en el área por nosotros investigada —N. W. argentino— y especialmente en la puna, han permitido establecer diversas industrias prehistóricas y fijar su desarrollo en el área mencionada. Sin embargo existen todavía algunas dudas en nuestros conocimientos por la falta de datos en ciertas zonas y por la dificultad de poder hallar yacimientos estratificados que nos permitan establecer una imagen más rica y completa de estas industrias precerámicas.

A pesar de todo ello en estos últimos años se han apartado valiosos trabajos que permiten realizar una sistematización regional y general.

Por lo tanto y resumiendo todo lo anteriormente consignado, tenemos que en el área de la puna argentina, hasta ahora, hemos diferenciado las siguientes industrias precerámicas:

Barrancas: Los materiales hallados en Barrancas, SII-T de Turrilari, SI-Y de Yavi meseta, forman un conjunto homogéneo, caracterizado por la abundancia de lascas alargadas, lascas espesas, por un porcentaje muy bajo de instrumentos bifaciales toscos y por la ausencia de bifaces típicos de la industria Ampajango.

Ampajango: Caracterizado por bifaces; de las que pueden diferenciarse, tipológicamente, diferentes facies. Los portadores de la industria Ampajango se instalaron al borde de los arroyos, sobre los que hoy constituyen niveles terrazados. Es muy probable que estos grupos hayan entrado, al N. W. argentino, con anterioridad a los cazadores especializados. La ausencia de puntas de proyectil trabajadas a presión y de cierto número de instrumentos especiali-

zados y de factura más fina, nos permiten hablar de una posible antigüedad. La facie más antigua estaría representada en los yacimientos del valle de Santa María y una facie más moderna sería el sitio SII-Y de Yavi, hallado en la primer terraza fluvial o segundo escalón, según lo consignáramos anteriormente.

Por último tendríamos en la puna argentina, la llegada de los grupos de cazadores especializados, caracterizados, entre otros elementos, por las puntas de tipo Ayampitín, Saladillo, cuyos sitios tipos serían Saladillo y Turilari.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- CIGLIANO, EDUARDO MARIO (1962). *Industrias precerámicas de la Puna argentina*; en Ampurias, t. XXIV, Barcelona.
- CIGLIANO, EDUARDO MARIO y otros (1962). *El Ampajungüense*; en Publ. N° 5, Inst. Antrop. del Litoral, Rosario.
- CREXENT, J. M. y ROUSE, J. (1961). *Arqueología Cronológica de Venezuela*; en Estudios Monográficos, VI, Unión Panamericana, vol. 1 y 2, Washington.
- GONZÁLEZ, ALBERTO R. (1960). *La estratigrafía de la gruta de Intibaasi (Prov. de San Luis, R.A.) y sus relaciones con otros sitios precerámicos de Sudamérica*; en Rev. del Inst. de Antrop. Univ. Nac. de Córdoba, t. 1, Córdoba.
- IBARRA GRASSO, DICK E. (1963). *Comparación de las culturas precerámicas de Bolivia y Norte de Chile*; en Congreso Inter. de Arqueol. de San Pedro de Atacama, Anal. de la Univ. del Norte, N° 2, Antofagasta, Chile.
- LANNING, EDWARD P. (1963). *Las culturas precerámicas de la costa Central del Perú*; en Informe de las Inv. Arq. ptas. en la zona de Ancón, etc., presentado a la Com. Fulbright de Intercam. Educ., Univ. Nac. Mayor de San Marcos y el Patr. Nac. de Arq.
- NIEMEYER, HANS y SCHLAPPACASSE, VIRGLIO (1963). *Investigaciones arqueológicas en las terrazas de Conanava (Provincia de Tarapacá)*; en Rev. Univ. U. C. Anal. de la Acad. Chilena de C. Nat., N° 26, Santiago de Chile.
- ORELLANA, MARIO (1963). *El precerámico en el Desierto de Atacama*; en Sem. de Prehist., Univ. de Madrid, Madrid.
- RUIZ HUDOBRO, OSCAR (1965). *Hidrogeología del valle de Santa María (Provincia de Catamarca, Argentina)*; en Rev. de la Asoc. Geol. Arg., t. XX, N° 1, Buenos Aires.

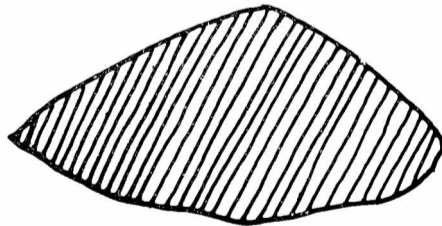


Fig. 1. — Bifase tipo Ampajango (tamaño natural).



Fig. 1. --- Biface tipo Ampajaago (tamaño natural).

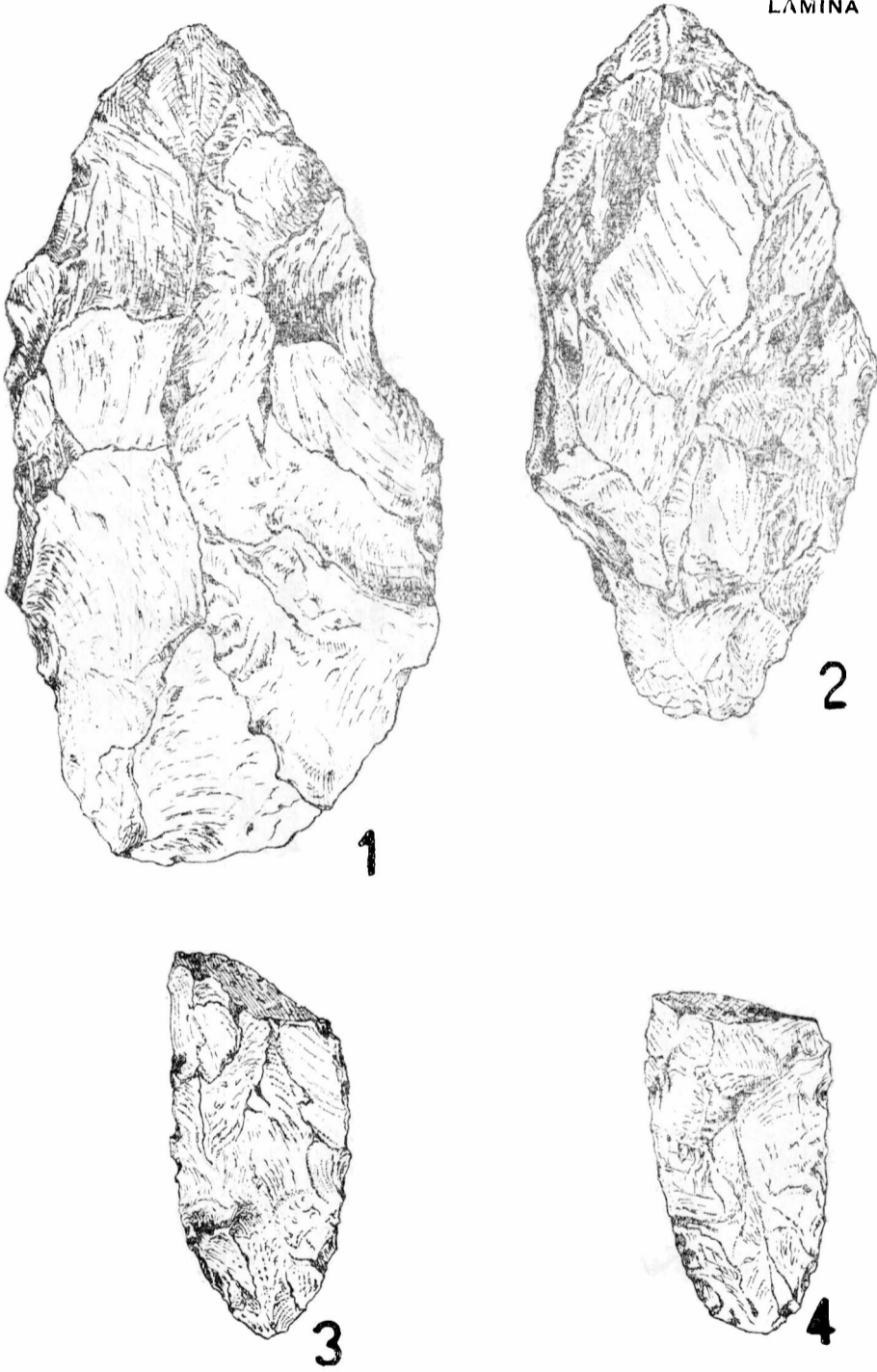


Fig. 1 y 2. — Bifaces tipo Ampajango II (tamaño natural).
Fig. 3 y 4. — Puntas fragmentadas tipo Ayampitín (tamaño natural).

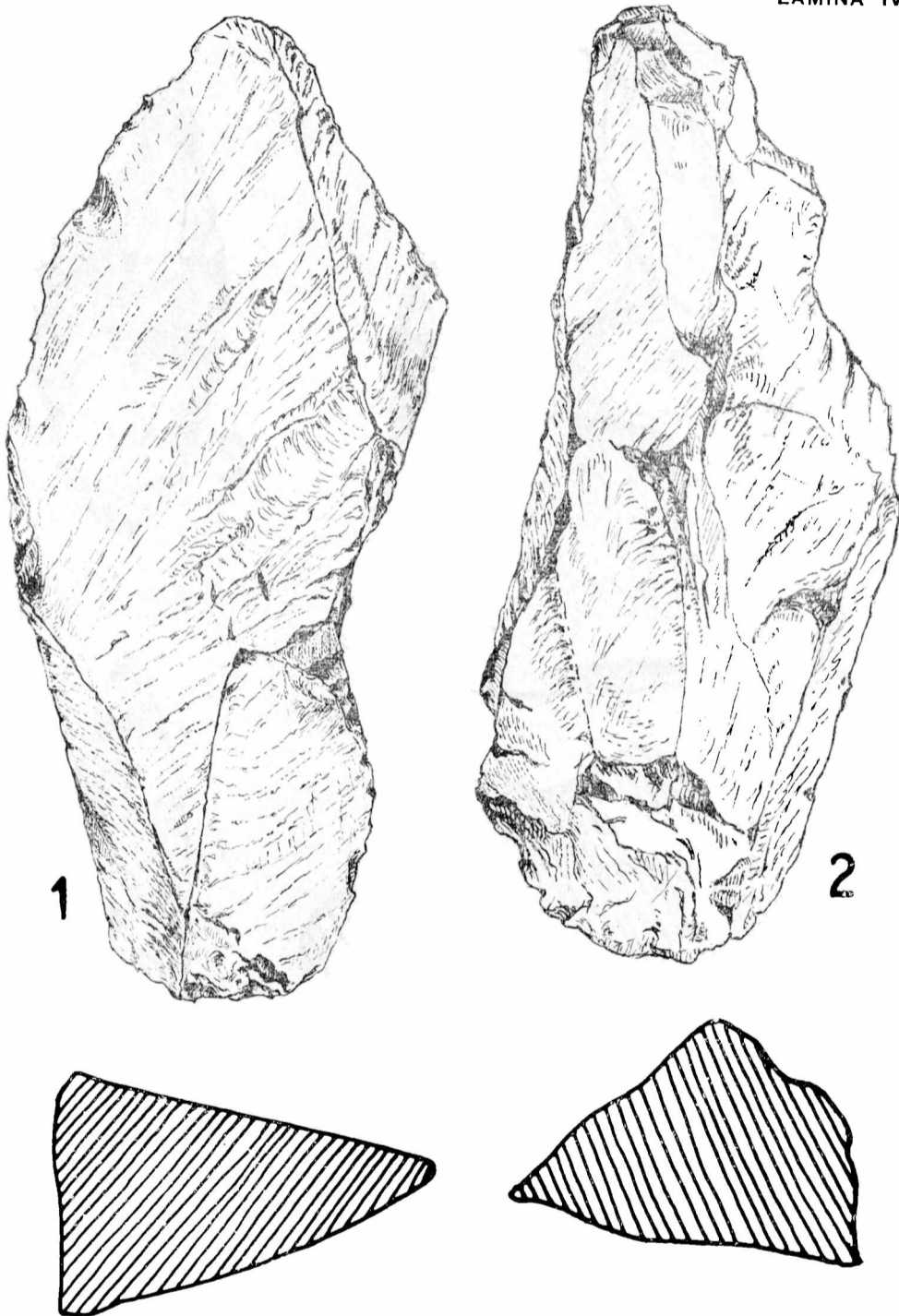


Fig. 1 y 2. -- Instrumentos de la industria de Barrancas (tamaño natural).

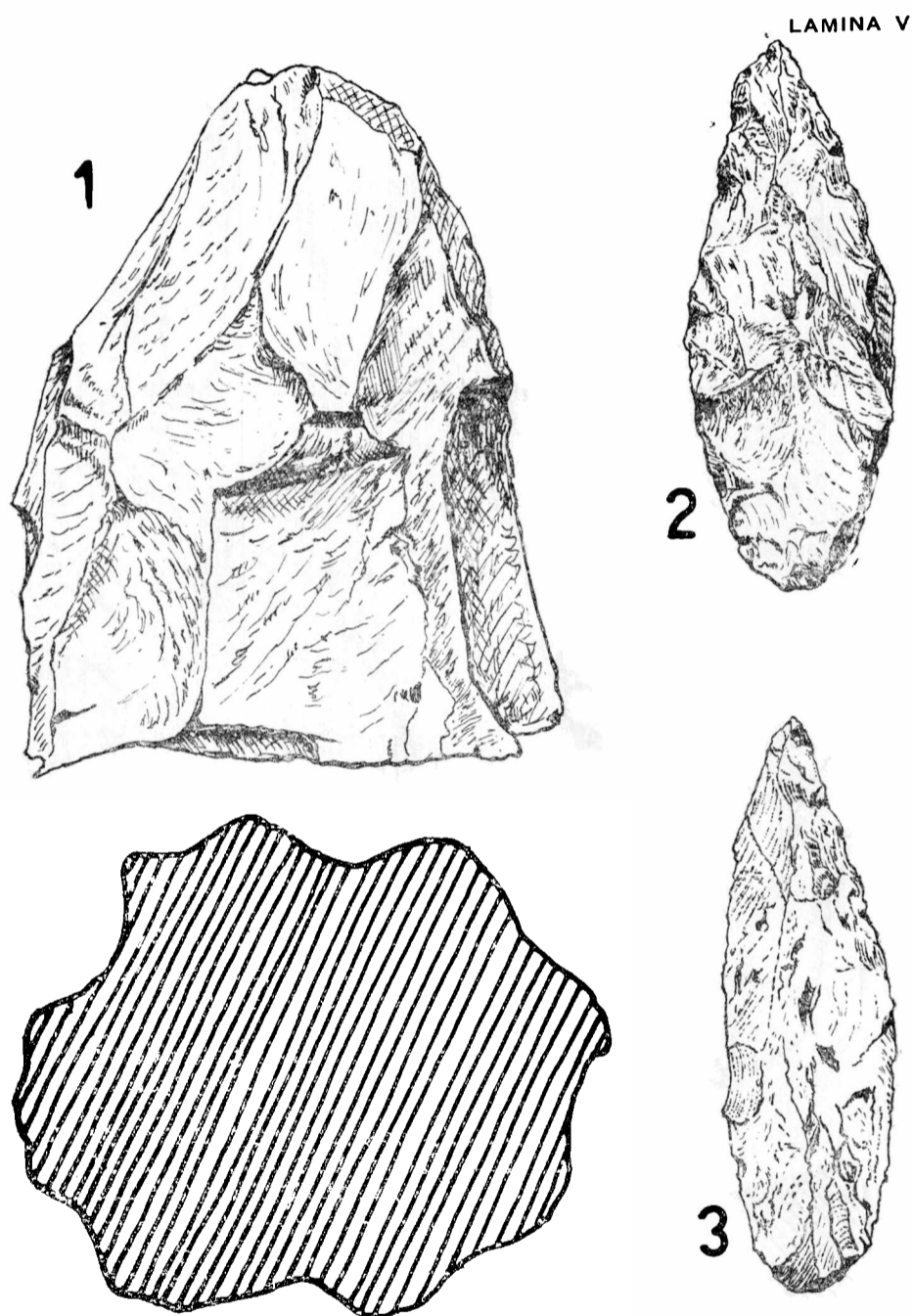


Fig. 1.— Núcleo con plano de percusión preparado del sitio SI-T (tamaño natural).
Fig. 2 y 3.— Puntas monofaciales tipo Saladillo (tamaño natural).

LAMINA VI

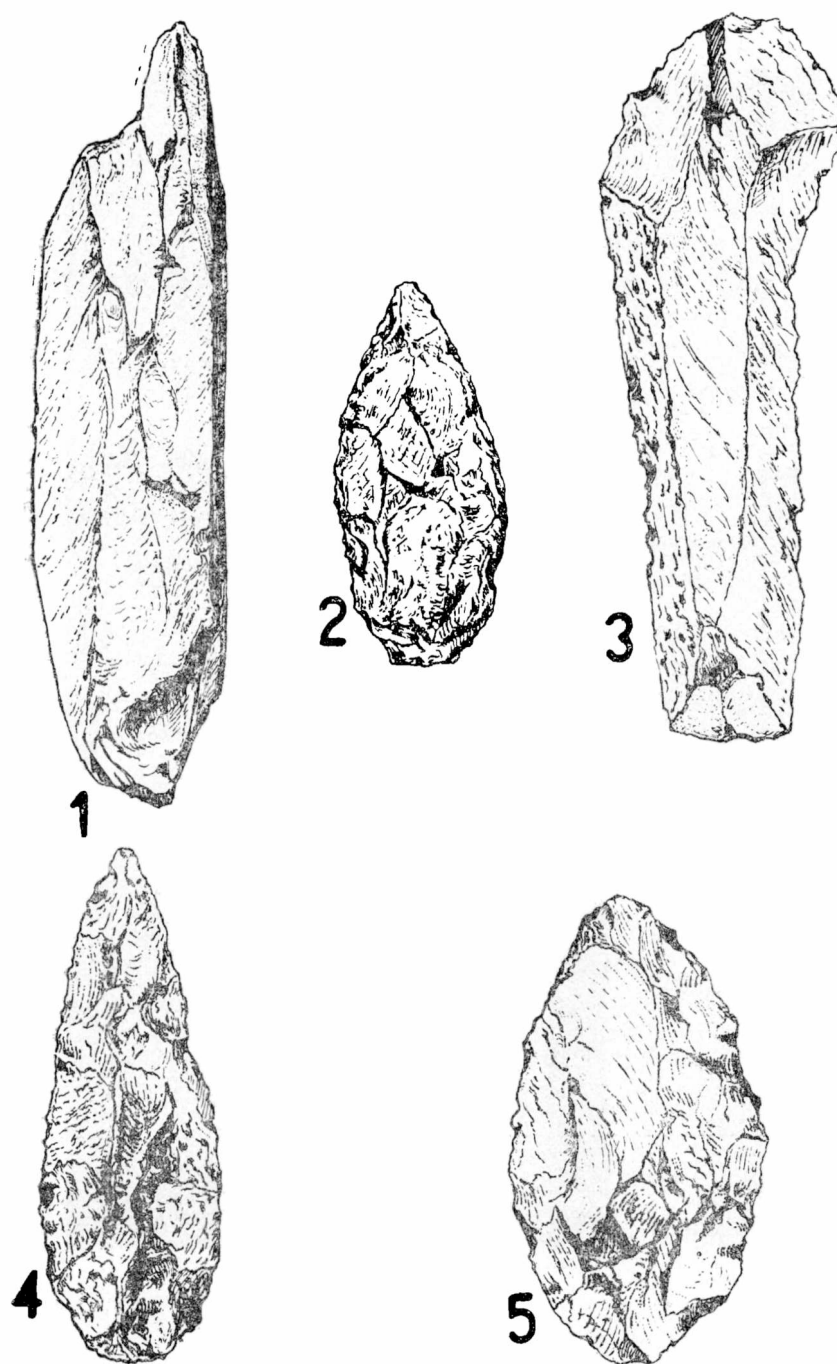


Fig. 1 y 3. — Instrumentos sobre lascas alargadas SI-T (tamaño natural).

Fig. 2, 4 y 5. — Puntas bifaciales del SI-T (tamaño natural).

LAMINA VII

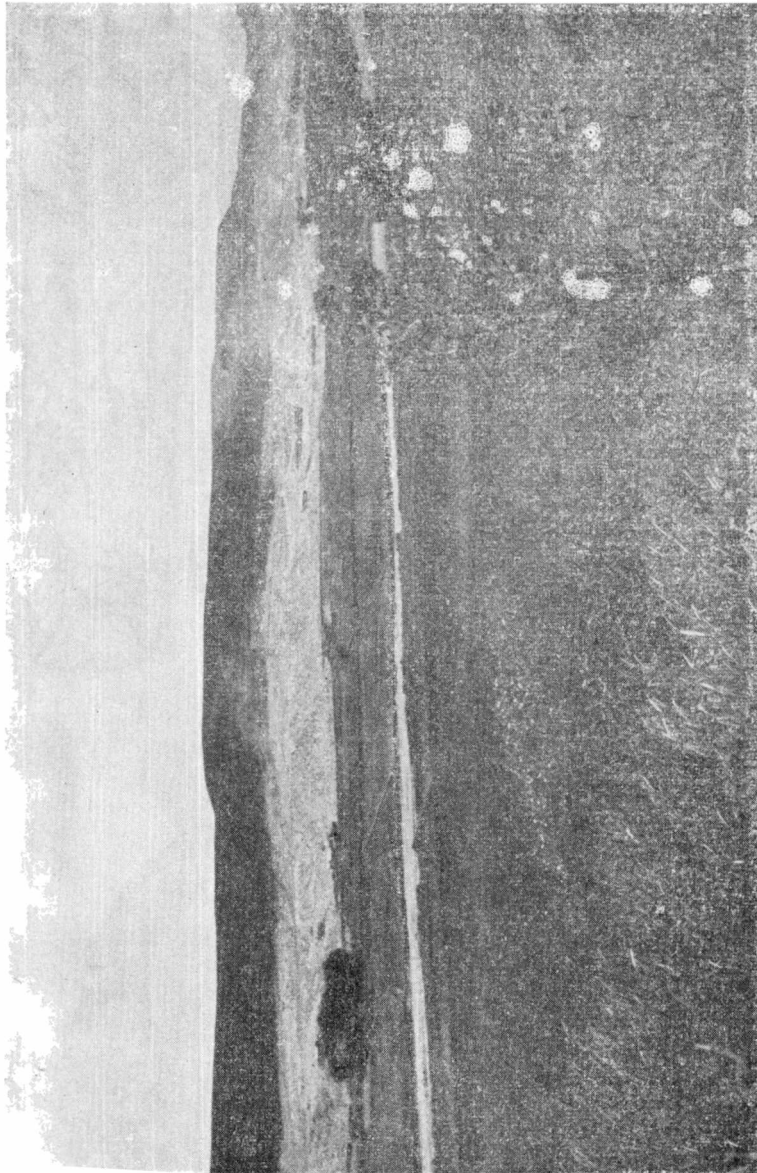


Fig. 1. — Valle del río Yavi, sobre la meseta : e hallan los sitios SI - Y.

LAMINA VIII

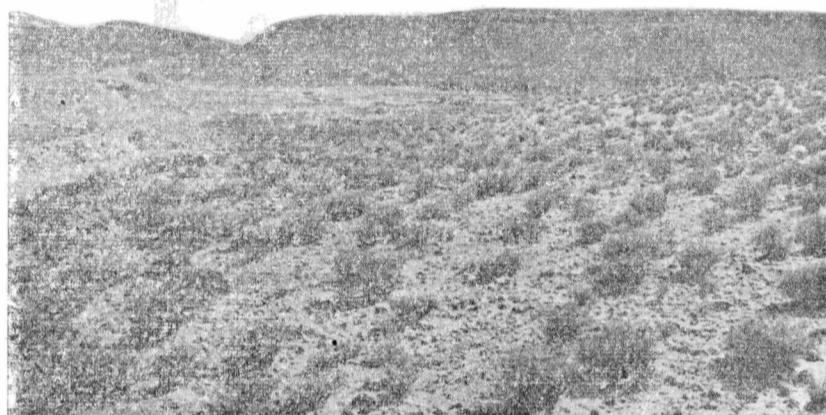


Fig. 2. — Aspecto parcial de un sitio del SI-Y.

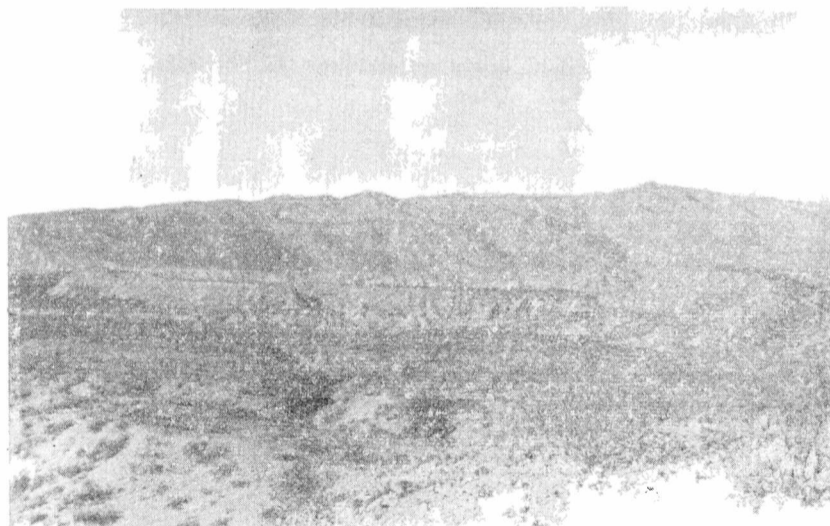


Fig. 3. — Niveles terrazados en la zona de Amalcha del Valle.

LAMINA IX

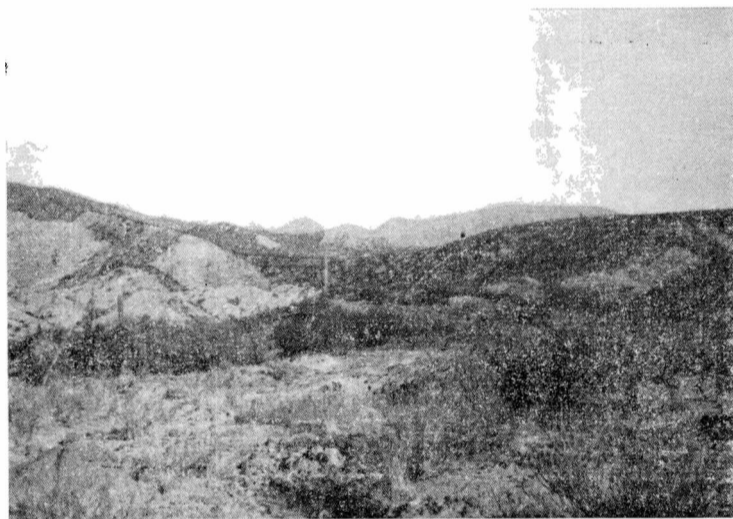


Fig. 4. — Aspecto parcial del yacimiento de Ampajango.

CAVERNAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Por OSCAR A. DUYMOVICH
y CONSTANTE P. MONEDA

INTRODUCCION

La Comisión de Investigación Científica de la provincia de Buenos Aires teniendo en cuenta la indudable importancia que tienen los estudios que se realizan en las cavernas existentes en diversos países, principalmente europeos, y a fin de incrementar y dar impulso en nuestro país al desarrollo de la Espeleología, nos ha encomendado el reconocimiento y estudio de las cavernas que existen en el ámbito serrano de nuestra provincia.

Esta modesta contribución pretende hacer conocer, en forma general, los rasgos dominantes, ubicación, génesis y demás características de algunas de ellas, fundamentalmente las que se encuentran en los partidos de Balcarce y Tornquist.

El nombre de cavernas, cuevas o grutas lleva implícito el concepto de superstición, de leyenda, de temor, hoy felizmente superado en gran parte, debido al esclarecimiento logrado por los estudios realizados, que cobran actualmente gran importancia en muchos países europeos, cuna de la Espeleología. Este estudio concierne a un conjunto de especialistas de las distintas ramas de las Ciencias Naturales, entre los cuales debemos citar al geólogo, que estudia su génesis, evolución y constitución, al biólogo que se encarga del estudio correspondiente a su flora y fauna actual, no siendo menos importante la labor del hidrogeólogo a quien le compete el régimen de sus aguas, cumple además una labor destacada en su estudio el edafólogo o sedimentólogo que se ocupa de la génesis de los sedimentos que tapizan o cubren el piso de las grutas y cavernas, el paleontólogo que analiza la flora y fauna fósil juntamente con el paleobotánico y entre otros, para no citar más, al especialista que tiene a su cargo el estudio del hombre primitivo, sus caracteres, sus costumbres y su cultura.

Actualmente reina confusión en lo que respecta a la sinonimia de los términos gruta y caverna. Según N. Delgado (1867) "caverna es toda cavidad subterránea, de cualquier extensión y forma producida por causas naturales y penetrando irregularmente en las camadas superficiales de la corteza terrestre". Entendemos nosotros, no obstante, que cueva es sinónimo de caverna y que a gruta debieran asignarse las oquedades mayores que comparten su ambiente con otra u otras menores, unidas entre sí por pasajes o comunicaciones o simplemente por un estrangulamiento natural. Esto con vista a una futura discriminación de conjunto. Mientras tanto, con carácter descriptivo, se aplicará en el presente trabajo la denominación genérica de caverna para las formas aludidas de erosión.

Existen numerosas cavernas en todo nuestro territorio bonaerense, localizadas preferentemente en ambos cordones serranos

(Tandilia y Ventana) y en el litoral austral. El número de éstas es considerable al punto que podemos calcular que entre pequeñas, medianas y grandes, el total sobrepasa el millar de unidades.

Generalmente, las cavernas ubicadas en el ámbito serrano se hallan localizadas en areniscas, cuarcitas y areniscas cuarcíticas siendo común su poco desarrollo y magnitud, en contraposición con las europeas que se originan en calcáreos compactos, puros o dolomitizados, que constituyen extensos macizos y serranías, razón por la cual y dada su naturaleza, el tamaño y volumen que alcanzan es mucho más considerable. (Barros Machado y Bernardino, 1941). Por otra parte, las cavernas que se desarrollan en el litoral bonaerense se encuentran en sedimentos de menor consistencia, loésicos y limosos y deben su origen a procesos abrasivos del mar.

No existiendo una lista corográfica, de fundamental importancia e imprescindible necesidad para este tipo de tareas, hemos creído conveniente iniciar en el área de los partidos de Tornquist, Balcarce y Necochea, los trabajos de reconocimiento geológico, con el propósito de estudiar las condiciones morfológicas y genéticas que caracterizan la distribución y los pormenores, en cada caso, de las cavernas existentes.

ESTUDIOS REALIZADOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Existen muy pocos antecedentes de trabajos de esta índole realizados en el ámbito bonaerense y entre los más importantes podemos citar, sin establecer un orden cronológico, los siguientes:

El dato más antiguo sobre datos de cavernas en la provincia de Buenos Aires procede de la labor de E. L. Holmberg, en 1884, quien en el sector de las Sierras Australes, precisamente en el cerro Curamalal Grande, realizó el estudio de dos cavernas: la Gruta del Esqueleto y la Gruta de los Espíritus. De ambas ha brindado referencias geológicas y arqueológicas con ilustraciones que completan la descripción objetiva.

A. Tapia, en 1937, publica la obra más extensa e intensiva que se relaciona con el tópico del presente trabajo y que constituyó el Boletín N° 43 de la Dirección de Minas y Geología y que lleva por título "Las cavernas de Ojo de Agua y Las Hachas. Historia geológica de la región de La Brava en relación con la existencia del hombre prehistórico".

También el mismo autor, en la Revista Geográfica Americana, números 48 y 50 del año 1937, publica bajo el título de "Una investigación geológica en La Brava", dos notas que se refieren a las cavernas citadas anteriormente.

En 1897 E. Aguirre presenta una pequeña publicación en los Anales del Museo Nacional de Buenos Aires (tomo II) en donde se refiere a dos cuevas ubicadas en el partido de Juárez y que son: "Cueva Oscura" y "La Gruta de las Aguas Doradas", recibiendo este último nombre la publicación.

R. Hauthal, en 1901, en "Contribuciones al conocimiento de la Geología de la provincia de Buenos Aires", publicación de la Facultad de Ciencias Físico - Matemáticas de la Universidad de La Plata, menciona en forma somera la génesis de ciertas cuevas existentes en Ventana, tales como la del Toro, del Tigre, de los Hele-

chos, etc. y correlaciona las mismas con "La Ventana" propiamente dicha

En 1950, O. Menghín y M. Bórmida, publicaron en RUNA, volumen III, bajo el título de "Investigaciones prehistóricas en Cuevas de Tandilia (provincia de Buenos Aires)" el estudio realizado en dos cavernas de la formación antedicha.

I. CAVERNA DE LOS AMBIENTES SERRANOS

Ia. SIERRA DE LA VENTANA

1. Caverna del Toro

1 a. Ubicación

Se encuentra situada en las proximidades del Hotel Provincial sobre la mano derecha de la ruta Nº 76 (actualmente en etapa de pavimentación) que por el abra de La Ventana une la localidad de Tornquist con la de La Ventana.

1 b. Acceso

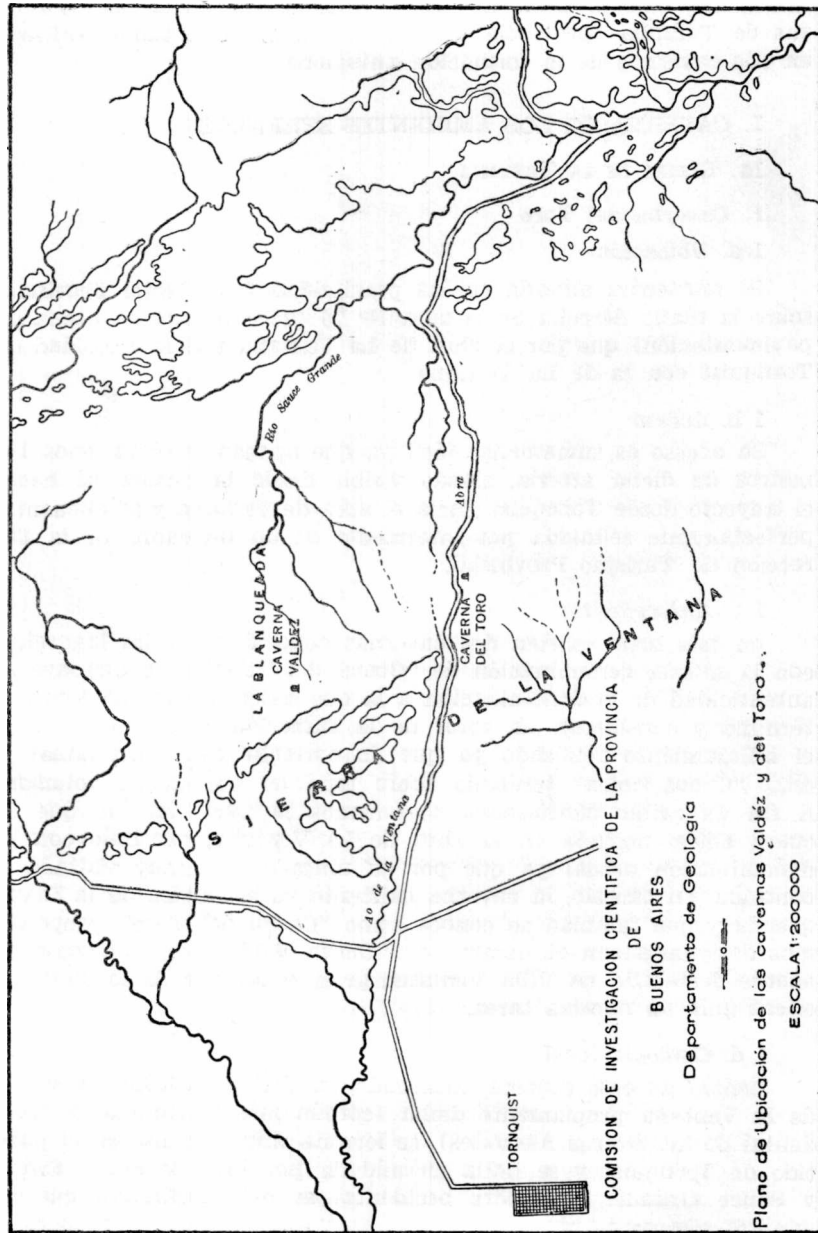
Su acceso es sumamente fácil ya que apenas se eleva unos 150 metros de dicha arteria, siendo visible desde la misma, al hacer el trayecto desde Tornquist hacia el abra de Ventana y se encuentra perfectamente señalada por intermedio de un indicador de la Dirección de Turismo Provincial.

1 c. Antecedentes

En esta zona existen dos cavernas conocidas por los lugareños con la misma denominación de "Cueva del Toro" y se atribuye la autenticidad de la denominación a la que describiremos en segundo término y consideran un error de la Dirección antes mencionada, el señalamiento realizado ya que lo correcto sería denominar a ésta, "Cueva chica" teniendo sobre todo en cuenta su volumen. A fin de evitar confusiones, sostenemos la necesidad de que la cueva chica, ubicada en el abra de La Ventana, continúe con la denominación actual ya que por su ubicación es muy visitada y conocida, en cambio, la caverna existente en el cuadro de la Blanqueada y que también se conoce como "Cueva del Toro", proponemos designarla con el nombre de "Cueva Valdez" en homenaje al agente destacado en Villa Ventana, gran conocedor de la sierra y eficaz guía en nuestra tarea.

1 d. Geología local

Dentro de este sistema, localizado en varios partidos, la sierra de la Ventana propiamente dicha (cordón más meridional y occidental de las Sierras Australes), se levanta íntegramente en el partido de Tornquist y se halla circundada por los ríos Sauce Chico y Sauce Grande. La ladera occidental es más escarpada que la oriental que se pierde suavemente bajos los sedimentos modernos de la llanura que rodea a todo este sistema serrano. Fueron plegadas por fuerzas provenientes del sector occidental y ocurridas al finalizar el Terciario y principios del Cuaternario, constituyendo un bloque compacto integrado en su gran mayoría por rocas paleozoicas de un miogeosinclinal, fuertemente plegadas encontrándose



aquí las alturas mayores de todo este sistema. Separado de la sierra de Bravard por el Abra del Chaco, que según Harrington "no es más que una gran diaclasa o conjunto de diaclasas". Tienen una altura promedio de 900 metros sobre el nivel del mar, siendo su mayor elevación la del cerro Tres Picos, que alcanza los 1.243 metros.

Cronológicamente corresponden a la Serie de Ventana (Devónico inferior). Harrington la subdivide en cuatro grupos, Bravard, Napostá, Providencia y Lolén, constituidos todos ellos por areniscas, cuarcitas y conglomerados principalmente.

Los estratos del Devónico inferior de la serie de Ventana y del grupo Providencia, constituidos por areniscas rojas, fuertemente pigmentadas y compactadas, alojan en su masa a esta caverna, al igual que otras de menor tamaño. La morfología del cerro donde se encuentra la caverna, es de ladera suave, cubierta por sedimentos pleistocénicos del "médano invasor" que se continúan y toman mayor potencia en los valles.

Estas areniscas cuarcíticas infrapaleozoicas han sufrido fuertes plegamientos y en la parte más débil de los mismos, los procesos exógenos han producido las oquedades, que a medida que transcurre el tiempo se magnifican. Como prueba de ello, se aprecian numerosos bloques, desprendidos del techo y paredes laterales, que yacen en su interior y en ladera del cerro. Contribuye también a su formación las diaclasas existentes, que se observan con gran profusión en el lugar. Merced a esta acción la caverna adopta una forma telescópica.

1 e. *Caracteres de la caverna*

Está orientada hacia el Noroeste, su rumbo es de 316° y se encuentra a una altura aproximada de 150 m sobre el nivel del camino.

El frente de la caverna tal cual se observa en la fotografía N° 3 tiene una forma de arco de 8 m de ancho por 5,50 m de alto. Presenta una especie de vestíbulo o pre-sala con las medidas antedichas y cuya profundidad es de 2,50 m. De inmediato pasamos a la caverna propiamente dicha que al comienzo tiene un ancho de 6 m y se enangosta hacia su fondo donde alcanza a medir solamente 4 m. A su vez en el techo se presentan dos escalones invertidos cuya altura sobre el nivel del piso es de 4,50 m para el más externo y 3,40 m. para el interno. Esta disposición del techo hace que presente una forma telescópica, forma ésta que en estos momentos continúa ampliándose en su fondo y en su techo, debido a desprendimientos continuos de estratos, proceso visible y en etapa de desarrollo. Obsérvanse bloques que yacen en el piso de la caverna, uno de los cuales alcanza un volumen de un metro cúbico aproximadamente y se encuentra obstruyendo parcialmente su entrada. A contraste de su techo escalonado, el piso se presenta perfectamente horizontal en lo que respecta al manto de sedimentos que tapizan la caverna ya que el piso natural de la misma es fuertemente inclinado hacia adelante, razón por la cual el espesor de los sedimentos tiene forma de cuña, afinada hacia la parte posterior de la cueva.

Los gráficos 1 y 2 corresponden respectivamente a un corte longitudinal y a un esquema de su planta.

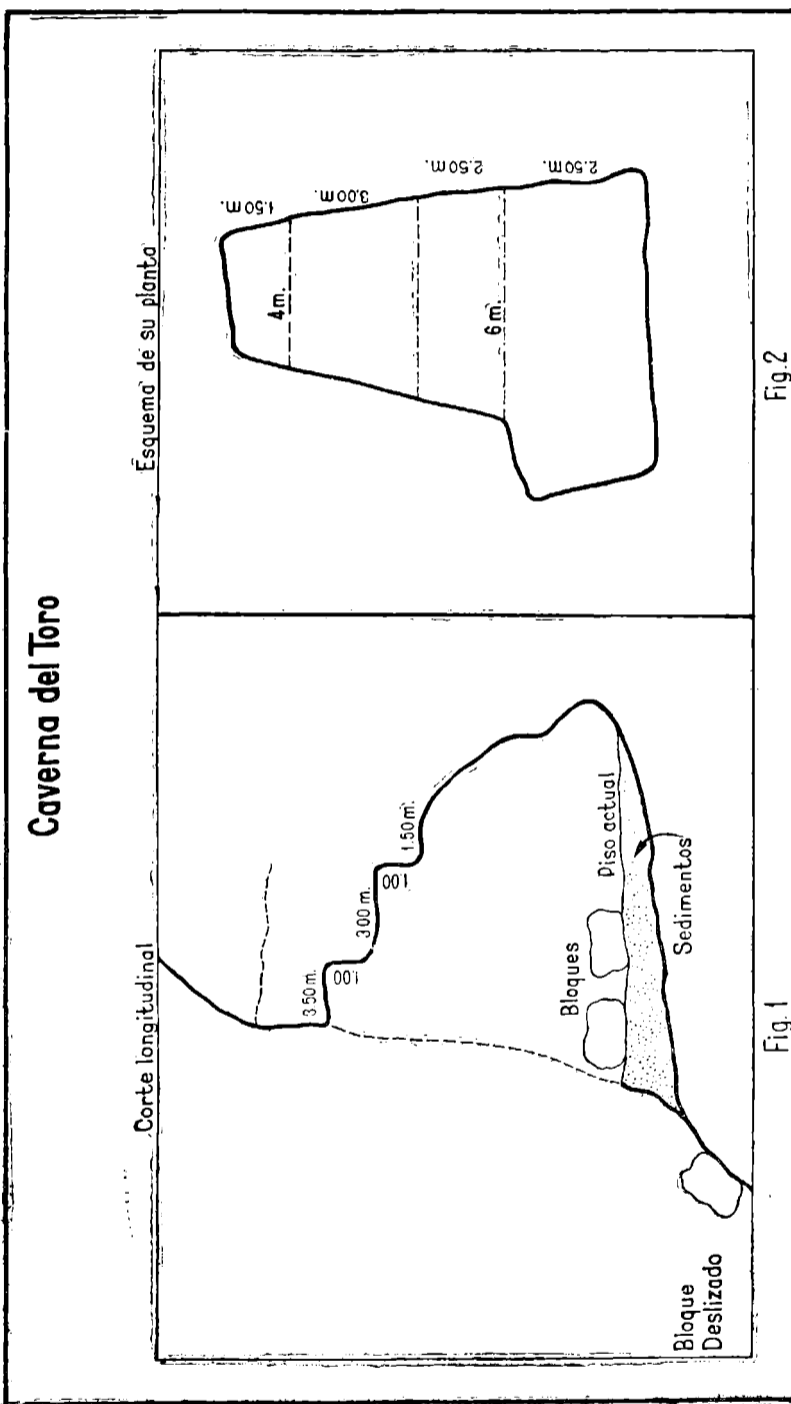


Fig. 2

Fig. 1

507

Tiene una superficie cubierta de 42 m cuadrados aproximadamente y una capacidad cúbica de unos 130 m.

Las paredes, en general, no presentan irregularidades mayores, no se observan indicios pictóricos y como una curiosidad, el turista no ha dejado testimonio de su visita. Se observan las características diaclasas de la región, algunas de ellas ocupadas por venas de cuarzo de origen autotermal.

La cueva es perfectamente iluminada, clara, fresca en verano, seca, sin infiltraciones de agua. Puede servir de habitat al hombre y presumiblemente lo fue del hombre primitivo, ya que es cómoda, abrigada en invierno, no expuesta a los vientos predominantes y fundamentalmente tiene una ubicación estratégica, inclusive en la actualidad, ya que desde ella se domina gran parte del abra y al pie de la misma se encuentra un curso permanente de agua.

Sedimentos:

El piso se encuentra cubierto por un manto sedimentario de espesores variables alcanzando en su comienzo, o sea en el "vestíbulo" de la caverna, una potencia de algo más de 1,50 m. y afinándose hacia la parte posterior de la misma, donde prácticamente desaparece ya que como piso se observa la cuarcita. Podemos describir al sedimento adoptando una forma de cuña con su mayor espesor hacia el Noroeste.

Se realizaron dos perforaciones y se extrajeron las muestras correspondientes. La primer perforación la denominaremos perfil 1 y fue obtenida a 3,50 m. de la línea de frente y la segunda de ellas, que denominaremos perfil 2, la hemos realizado con el mismo rumbo de la anterior y separada de ella por una distancia de 1,60 m o sea a 5,10 m de la entrada de la caverna.

El perfil 1 consta de un primer horizonte arenoso-humífero de 18 cm de espesor, con abundante detritus de roca, al que le sigue un segundo horizonte, también de naturaleza arenosa, de color amarillento con detritus más finos y con mayor contenido en arcilla y de 59 cm de potencia, hallándose por debajo de él la cuarcita o roca de caja. En total, el espesor del manto sedimentario llega a tener 77 cm. de potencia. Dado lo exiguo de la muestra algo más de un kilo, no se hallaron en la misma restos fósiles, pero luego del zarandeado por un tamiz de malla 2 mm aparecieron algunos restos de valvas de moluscos, muy fragmentados, disimulados entre los detritus de rocas cuarcíticas, que corresponden, sin lugar a dudas, a moluscos actuales, aunque por su tamaño no pudieron estudiarse.

El perfil 2 tiene un primer y segundo horizonte con las mismas características que las enunciadas para el anterior, aunque difiere notablemente en lo que respecta a su espesor, ya que en total solamente tiene 45 cm correspondiendo 41 cm al horizonte superior y sólo 4 cm al subyacente, que se asienta sobre la misma roca cuarcítica. Se observa un estado incipiente de edafización, indicio de una evolución edafológica, que al igual que los del primer perfil, están en una etapa primaria de desarrollo y han de alcanzar el carácter de suelo.

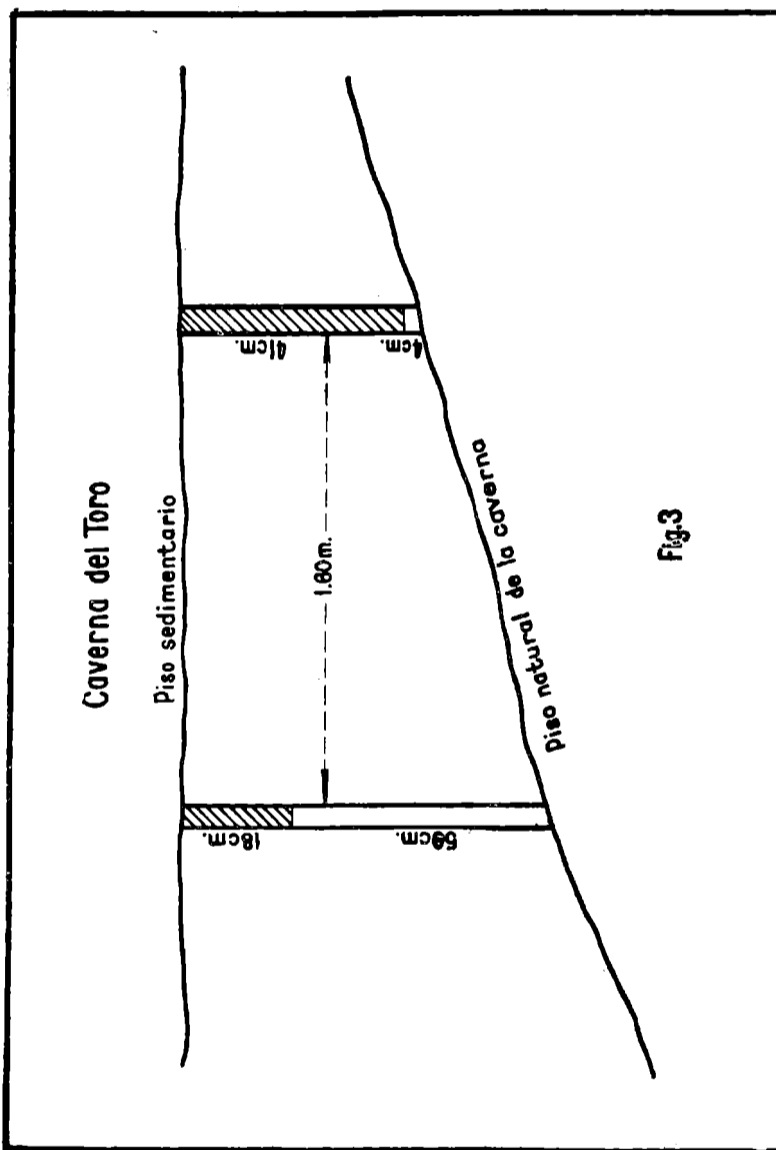


Fig.3

La figura 3 representa en forma esquemática un corte longitudinal de la caverna con los dos perfiles realizados.

Se consideró conveniente realizar un análisis granulométrico por medio de los tamices "Tyller" en el primer perfil y en sus dos horizontes. Se ha comprobado, el cuadro adjunto lo demuestra que en el primer horizonte existe un predominio de partículas de mayor diámetro, con un máximo exponente en el tamiz N° 48 y un mínimo en su tamiz de malla más fina (N° 200). Por otra parte, en el segundo horizonte luego de un alto valor en el tamiz inicial (N° 16) decrece considerablemente en los siguientes y en los tres finales alcanza valores que superan inclusive al primero. El excedente o sea el sedimento cuya granulometría escapa al tamiz más fino, es insignificante en el primer horizonte y alcanza su máximo valor en el segundo horizonte.

En el primer caso se partió de 600 g de muestra y en el segundo de 750 g y los valores obtenidos se consignan a continuación:

Tamiz N°	Horizonte 1	Horizonte 2
16	109,500 g.	112,500 g.
20	21,000 „	12,500 „
30	82,000 „	42,000 „
40	68,000 „	13,000 „
48	210,000 „	29,500 „
60	26,000 „	9,500 „
80	46,000 „	24,500 „
110	21,500 „	165,000 „
140	2,200 „	63,500 „
200	0,600 „	80,500 „
Diámetro inferior a abertura de tamiz 200	2,900 „	187,000 „

Todo el piso de la caverna presenta un manto uniforme, de aproximadamente 5 cm constituido por deyecciones de animales bovinos y ovinos que utilizan la cueva como refugio. A una profundidad de unos 3 cm, en la capa humifera del primer perfil, hemos observado rastros de fogones, constituidos por pequeños trozos de carbón vegetal que indudablemente han de ser recientes o actuales.

1 f. Conclusiones

No hemos hallado indicios del hombre primitivo, debiendo hacer constar que no se ha procedido a una remoción total de los sedimentos por varias razones, entre ellas: la naturaleza del trabajo encarado, la falta material de tiempo disponible y fundamentalmente imposibilidad material de contar con la mano de obra requerida.

Sería interesante y conveniente arbitrar los medios necesarios para realizar un estudio exhaustivo en dichos sedimentos, a fin de correlacionar la vida del hombre primitivo de estas sierras con las piezas líticas halladas y descritas por Tapia, Menghin y Bórmida,

en las sierras de Tandilia. Así mismo podrían encararse estudios sedimentológicos del médano invasor, constituyente principal del tapiz de la caverna.

2. Caverna de Valdez

1 a. *Ubicación*

En línea recta, a 8 km aproximadamente del vivero dependiente de la Dirección Forestal de la provincia de Buenos Aires, con rumbo Noroeste, en las proximidades del cerro Destierro Primero y en la ladera del cerro Toro, (perteneciente al cuadro de La Blanqueada); se encuentra emplazada la caverna estudiada y que hemos denominado "Valdez".

1 b. *Acceso*

Su acceso es relativamente sencillo, aunque no existe un camino trazado, siendo para ello necesario recurrir a guías para arribar a ella. Las dificultades que se presentan consisten en transponer dos alambradas, faldear dos cerros de escasa altura, transitar por quebradas y hondonadas, llegándose a caballo hasta su misma entrada, luego de un viaje de una hora y media de duración.

1 c. *Antecedentes*

A pesar de estar alejada un tanto de la ruta nacional, es visitada con relativa frecuencia por los turistas y lugareños, como lo atestiguan algunas inscripciones y restos de fogones. Cuentan los lugareños que en dicha caverna moraba un toro (de allí su anterior denominación) de fiera estampa y sumamente bravío que fue necesario ultimarle, dada su peligrosidad, y que el cráneo que se encuentra depositado en la entrada de la caverna, con un orificio de bala en su testuz, perteneció a dicho animal.

1 d. *Geología local*

Al igual que la caverna anteriormente descrita se halla en la misma formación geológica y su génesis se debe a la acción combinada de su estratigrafía y tectónica. Constituida por areniscas cuarcíticas de tonalidades rojizas con sedimentación entrecruzada, que han sufrido plegamientos y en el núcleo de un anticlinal, inclinado han actuado agentes que originaron diaclasas en distintas direcciones y que unido a las fuerzas erosivas dieron como resultado, la formación de esta caverna.

1 e. *Caracteres de la caverna*

Está orientada hacia el Sudeste y posee un rumbo de 150°. Su forma es cónica y por su disposición se asemeja a un cono algo helicoidal; presenta un primer compartimiento (vestíbulo), con las siguientes dimensiones: altura máxima 3 m, ancho máximo 7.50 m y de 1 m de profundidad. Inmediatamente continúa la caverna propiamente dicha de 22 m de penetración, perfectamente horizontal, que en su comienzo posee una altura máxima de 5,50 m, siendo el ancho el mismo que el del vestíbulo, afinándose paulatinamente

hasta terminar en una punta muy reducida, donde no es posible el paso de una persona.

La pared izquierda es completamente lisa, no así su techo y flanco derecho que presentan irregularidades pronunciadas, constituida por estratos cuarcíticos de bordes angulosos, algunos de los cuales son bien romos y completamente pulidos y brillantes, que se debe al roce de los animales que la frecuentan, tales como ciervos, venados, guanacos, cabras y otros que utilizan estas prominencias para frotar su piel y cornamenta.

También se observan incrustaciones silíceas mamelonadas, de pocos mm de altura, que deben su origen a redisolución de la sílice de las cuarcitas y areniscas.

La caverna está ubicada a unos 50 m sobre la quebrada por donde corre un pequeño hilo de agua, posible nacimiento del río Sauce Grande. La altura del cerro, con respecto a la quebrada existente entre el mismo y su vecino, el cerro 35, es de unos 150 m aproximadamente.

La caverna, que fué visitada en verano, es fresca, iluminada completamente en sus primeros tramos, (los que corresponden a su máxima amplitud) y a medida que nos internamos en la misma, la luminosidad decrece en forma considerable y hay que recurrir al uso de la luz artificial. Debido a la gran cantidad de diaclasas, por donde se infiltran las aguas, en mayor proporción en los períodos de precipitación, es que la caverna se presenta húmeda, sobre todo en tramo medio y final, donde al no actuar tan directamente los elementos atmosféricos se mantiene esa condición de humedad. Debido a ello crecen plantas inferiores características de este medio (líquenes, musgos y helechos), que alcanzan su mayor desarrollo en el vestíbulo.

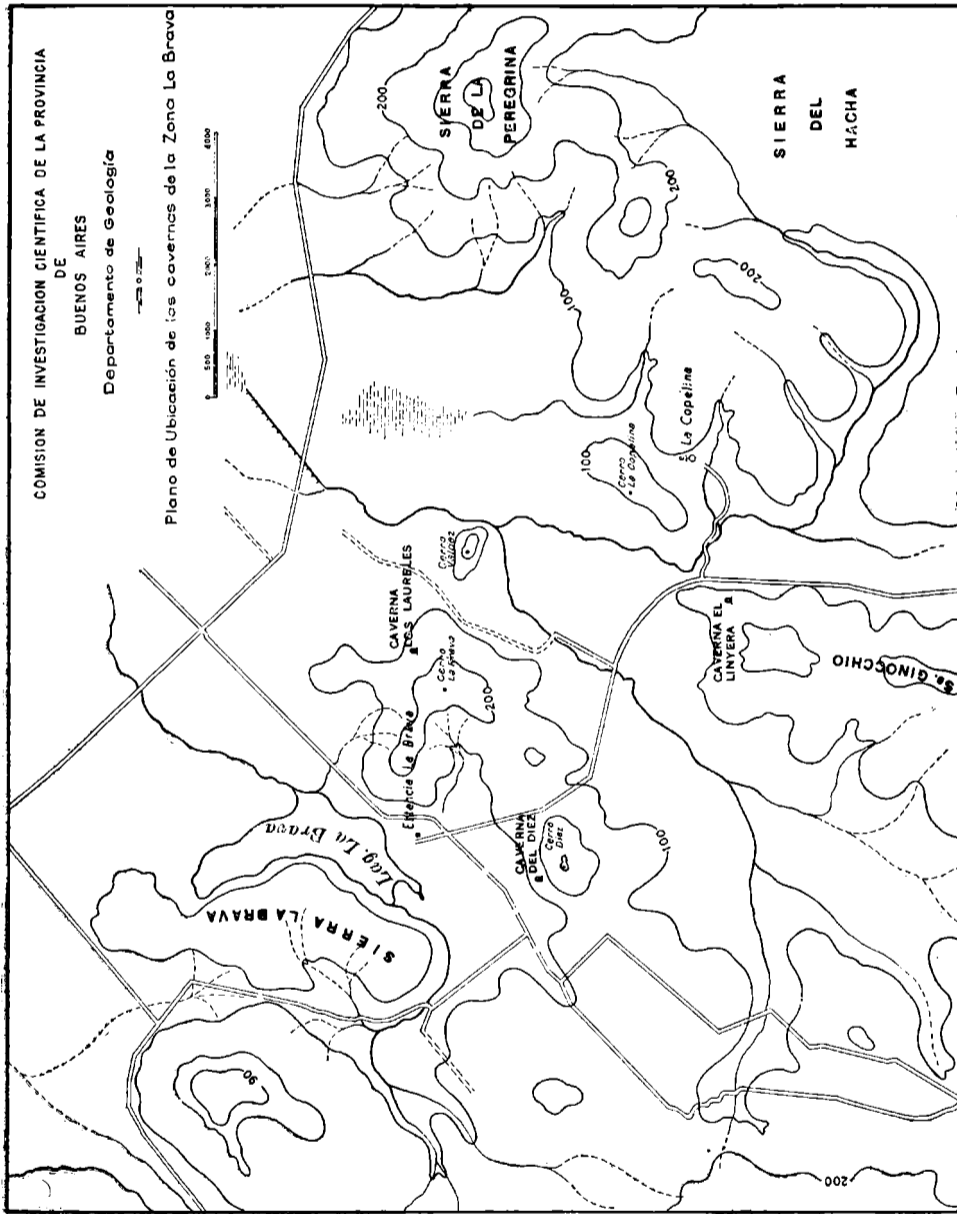
Sobre la caverna propiamente dicha y separada por tres potentes estratos (2 m) cuarcíticos, se encuentra una oquedad reducida que tiene el mismo origen; desde ella y hasta la cima continúa la sucesión estratigráfica descrita con un espesor de aproximadamente 80 m.

Al igual que en la caverna del Toro, se observan en su vestíbulo y parte exterior circundante, una serie de bloques de diversos tamaños que se han desprendido de la roca de caja que constituye la caverna.

Sedimentos:

Todo su piso se encuentra tapizado por un manto considerable de sedimentos arenosos, de poco contenido en elementos arcillosos, que llega a sobrepasar el metro y medio de espesor siendo principalmente de coloración rojiza amarillenta.

En el perfil del suelo se observa que en los primeros tramos de la caverna, el primer horizonte tiene menor cantidad de materia orgánica que el segundo perfil (realizado en su tramo medio), atribuyéndose esta condición, al hecho anteriormente mencionado, de ser utilizada como refugio por la abundante fauna lugareña ya que la cantidad de excrementos que en ella existen es muy considerable sobre todo los de murciélagos y caprinos y por lixiviación se incorporan a los horizontes subyacentes.



1 f. *Conclusiones*

Presumiblemente esta caverna ha sido habitada por el hombre, aunque no hemos encontrado manifestaciones de vida. Sus paredes se presentan limpias, sin vestigios de pinturas u otras manifestaciones de arte o vivencia y es muy probable que en los sedimentos se encuentren restos de industrias primitivas y recientes, aseedando esta manifestación el hecho de haber hallado una pieza de piedra (boleadora) en la quebrada que corre al pie de la misma. También indica la posible condición de habitat la posición geográfica, la existencia de una rica fauna y el hecho de estar dotada esta región de abundantes cursos de agua.

I b. SIERRAS SEPTENTRIONALES

1. **Caverna de Los Laureles**

1 a. *Ubicación*

A 35 km aproximadamente de la ciudad de Mar del Plata y en la ruta asfaltada que nos lleva a la ciudad de Balcarce se encuentra sobre la mano derecha el almacén "El Dorado", en este punto hay un cruce de caminos y tomando el que sale hacia la izquierda llegamos luego de 5 km aproximadamente al casco de la estancia "La Brava" donde se encuentra la caverna objeto de estudio.

1 b. *Acceso*

El acceso de la misma es bien viable ya que partiendo del casco de la estancia y yendo hacia "La Copelina", luego de pasar el primer puente (sobre el arroyo Peredo), entramos en el campo que se halla sobre la margen izquierda del camino y a una distancia aproximada de 3.000 m se encuentra el puesto Los Laureles que enfrenta al cerro La Brava en cuya falda se abre la caverna.

Se puede llegar con vehículos hasta el pie mismo de la sierra e inclusive ascender con los mismos, un tramo de su suave falda, cubierta con el médano y en la cual se hallan diseminados bloques cuarcíticos de distintos tamaños, que provienen del desprendimiento y deslizamiento de los mismos, desde el cerro.

1 c. *Antecedentes*

Las cavernas que hemos estudiado en las sierras septentrionales son las que se hallan únicamente dentro del partido de Balcarce y a su vez algunas de las que se encuentran en la sierra de Ginocchio y en los cerros La Brava y Diez.

En los flancos de estas sierras se encuentran numerosas cavernas, de distintos tamaños, ubicadas principalmente en dos niveles que se correlacionan en todo su desarrollo.

La caverna objeto de nuestro primer estudio en este lugar, al igual que casi todas las demás, no posee denominación conocida y en virtud de encontrarse en las cercanías del puesto "Los Laureles" hemos preferido asignarle este nombre.

Precisamente en este puesto fué donde realizó su asiento la comisión presidida por el profesor Tapia, quién tuvo a su cargo el

estudio de la cuenca tectónica de La Brava y uno de los pioneros en los estudios espeleológicos realizados en nuestro país.

1 d. *Geología local*

Las sierras de Balcarce forman parte del sistema de Tandilia, recibiendo la denominación del partido en el cual se elevan. Tandilia va desde la costa atlántica (Mar del Plata) hasta rebasar los límites del partido de Olavarría, con una orientación paralela al sistema de Ventana y con un rumbo general de Noroeste a Sudeste. (Nágera, J. J. 1940).

Su formación se debe a ascensos en bloques y a empujes provenientes del sector Sud-Sudoeste que produjeron una serie de fallas orientadas de Noroeste a Sudoeste y perpendiculares a este rumbo.

Entre las sierras de Mar del Plata y las de Tandil, se ubican las sierras de Balcarce con alturas que oscilan entre 150 y 330 m sobre el nivel del mar. Están constituidas, en su mayor parte por cuarcitas que alternan con bancos de areniscas, conglomerados y arcillas infrapaleozoicas siendo la sedimentación entrecruzada. Se observan también, aunque en mucho menor proporción, afloramientos precámbricos.

Las sierras de Balcarce se presentan como bloques aislados, de forma tabular, con un frente orientado hacia el Nordeste, de paredes bien escarpadas, que sobresalen de los valles circundantes, con alturas que superan los 100 m., mientras que hacia el Sudoeste se hunden suavemente bajo sedimentos arenosos y loésicos del médano invasor, de edad bonaerense.

El ascenso en bloques hace que los mismos sirvan de contención y faciliten el endicamiento de cursos de agua subterráneas que surgen en forma natural en distintos lugares de estas sierras, en las líneas de fallas, muy numerosas en esta región y que da motivo a una serie de fuentes u ojos de agua.

Las cavernas se encuentran principalmente en dos niveles y esto puede apreciarse perfectamente al recorrer la sierra de La Vigilancia por su cúspide, que es plana (al igual que muchas otras), y que permite transitar con vehículos por ella y de este modo la observación es panorámica y se ven perfectamente las laderas de las sierras que la rodean, con sus faldas con innumerables oquedades, cornisas y bloques desprendidos, siempre situados en los dos niveles mencionados. Esta correlación se debe al siguiente proceso: al producirse los movimientos de ascenso en bloques de esta pila sedimentaria, la erosión fluvial produjo en sus flancos (contacto de la pared con el valle), esta serie de aberturas y al repetirse en un segundo ascenso y correlativamente un descenso del valle, volvió a originarse el mismo fenómeno en un nivel inferior con respecto al primero y en el momento actual se observa el mismo proceso, en un estado incipiente de desarrollo, en el actual nivel del valle y que ha de constituir, a no dudarlo, con el transcurso del tiempo, un tercer nivel.

1 e - *Caracteres de la caverna*

Su rasgo característico, al igual que las demás existentes en esta formación, es poseer un techo plano en forma de alero o visera. Es abierta, bien plana y de poca profundidad.

Su frente alcanza a 22 m. siendo su profundidad máxima de 11 m. en su parte central y 6 m. de altura en la misma, aunque podemos establecer como promedio de altura de la caverna, la cifra de 2,30 m.

Tiene gran similitud con la de "Las Hachas" existente en las mismas serranías y que fuera estudiada por Tapia.

Su orientación es casi de Sud a Norte, teniendo un rumbo de 25°. El piso presenta dos niveles separados entre sí por un escalón de más de 1 metro de altura y hacia el fondo presenta un tercer nivel (señalados en la foto correspondiente con los números 1, 2 y 3), que da origen a una prolongación de la caverna.

En el primer nivel y lo que constituye la terraza central se observan bloques desprendidos del techo de la caverna y que se han deslizado parcialmente, como se observa en las fotografías que se han obtenido de toda esta formación. Algunos de estos bloques al desprenderse, quedan en posición de equilibrio, balanceándose sobre un punto de apoyo, constituyendo piedras movilizadas como la recientemente hallada en las cercanías de la ciudad de Balcarce, que tuviera amplia difusión periodística.

El techo presenta un buzamiento de 12° hacia el Sudoeste y tiene también una forma telescópica, pudiendo observarse nítidamente los distintos bancos de areniscas y cuarcitas blanquecinas, de sedimentación entrecruzada. Estos pormenores se observan en las cinco fotografías de esta formación que acompañan al texto y que en forma esquemática podría representarse según los pormenores de la figura 4.

A través de la descripción, gráficos y fotografías que se insertan en el presente trabajo se aprecia que la caverna es bien clara, ventilada, fresca, seca, pese a que en su techo se observa una enorme grieta que corta transversalmente a la misma, desde su frente hasta la parte más profunda, por donde se infiltran las aguas, observándose en el techo una gran mancha de humedad en la que se hallan pequeñas concreciones, con aspecto de diminutas estalactitas que no son otra cosa que el producto de redisolución de la sílice que constituye estos sedimentos.

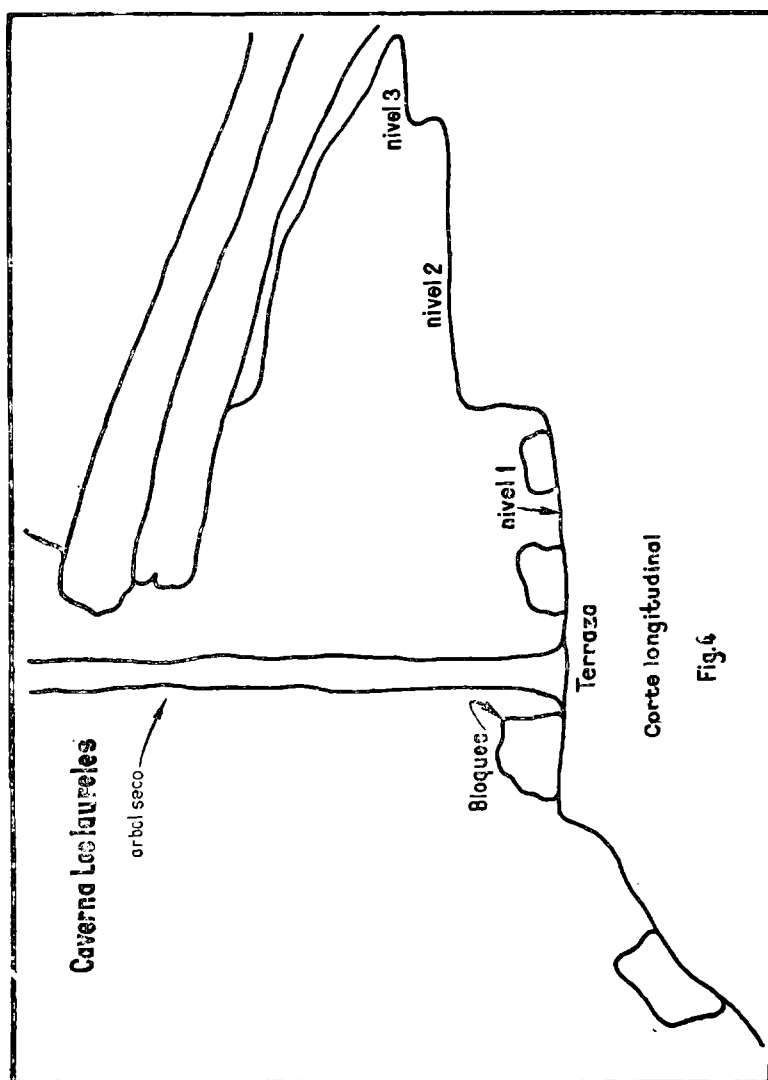
Como manifestaciones de vida se encuentran deyecciones de animales que utilizan las cavernas como refugios transitorios y algunos líquenes y musgos, adheridos sobre las paredes.

No se observan pinturas rurales de sus probables habitantes primitivos y sí gran cantidad de inscripciones realizadas por turistas con pinturas indelebles.

Sedimentos

En lo que se refiere al sedimento que tapiza el interior de la misma, existe una notabilísima diferencia con respecto a los existentes en la formación de La Ventana, ya que aquí tiene un primer horizonte de apenas 2 ó 3 cm. de espesor de color oscuro y de textura arenosa con gran cantidad de detritus de rocas al que le sigue un sedimento también arenoso, de color rojizo y de sólo unos 5 cm. de potencia.

El viento juega un papel muy importante en la acumulación de estos sedimentos, ya que siendo abiertas, pese a su protección arbórea, los barre fundamentalmente en su parte central y los acumula



en los flancos de las cavernas donde allí si que podemos considerar potente el espesor puesto que alcanza valores de 50 cm.

1f. *Conclusiones.*

Llama la atención la cantidad enorme de fragmentos líticos en forma de lajas y de pocos centímetros la mayoría de ellos, que yacen en su piso y en su terraza frontal. En su enorme mayoría deben su origen a desprendimientos naturales, en cambio algunos de ellos parecerían haber sido trabajados por el hombre, ya que no podemos dudar de que muchas de estas cavernas hayan sido moradas del hombre primitivo. En el piso se halla una roca con dos hendiduras paralelas y tres pequeños promontorios que probablemente haya sido elaborada por el hombre.

1g. *Vegetación.*

Analizando la fotografía Nº 13 se aprecia la vegetación típica de la zona constituida en su mayoría por especies de los géneros *Stipa* sp y *Piptochaetium* sp., destacándose grupos de arbustos xerofíticos de *Colletia cruziata* (curro) y árboles de *Celtis espinosa* (tala), entre los cuales se intercalan los plantados por el hombre: laureles y eucaliptos. Precisaente uno de éstos se distingue netamente en la misma fotografía, por encontrarse seco y señala exactamente el lugar de ubicación de la caverna.

OTRAS CAVERNAS.

Sería casi imposible, por la enorme cantidad de cavernas que existen en esta región, hacer una descripción de cada una de ellas, ni siquiera sería factible realizar un recuento ya que encontramos oquedades de escaso volumen hasta cavernas de gran frente que dejan de ser tales y constituyen corredores o galerías. Por este motivo nos hemos de referir, a grandes rasgos, a dos de ellas, cercanas a la anteriormente descripta y que presentan un aspecto muy peculiar.

2. *Caverna del Linyera.*

1 a. *Ubicación.*

Saliendo del campo donde está el puesto Los Laureles y retomando el camino que lleva a La Copelina, luego de pasar la entrada del establecimiento, y unos 500 m. más adelante yendo hacia Dionisia, sobre la margen derecha del camino se halla el cuadro 30 del predio cuyo propietario es el señor Balbiani.

En este cuadro se levanta una parte de la sierra de Ginocchio y precisamente en las últimas estribaciones de la misma se encuentra la caverna que así hemos denominado.

1b. *Acceso.*

El acceso es sumamente sencillo ya que apenas a unos 400 metros del camino se halla ubicada la caverna y en lo que se refiere a desnivel con respecto a la ruta es apenas de 50 metros pero muy accesible puesto que existen una serie de bloques que constituyen una escalera natural.

1c. *Antecedentes.*

Desde hace mucho tiempo habita en ella un menesteroso de edad proveccta quien nos aseguró que la modificación que presenta la caverna, o sea la pared de pircas construida en su frente, no es obra de él.

1d. *Geología local.*

Al referirnos a las cavernas de Balcarce habíamos dicho que las mismas ocupaban dos niveles distintos, pues bien ésta se halla ubicada en el nivel inferior correlacionado con la de Los Laureles

1e. *Caracteres de la caverna.*

Las dimensiones son reducidas ya que solamente tiene 7 metros de largo por 3,50 metros de ancho y con una altura máxima que no supera los 2 metros. Dada las malas condiciones de tiempo reinante y ante la imposibilidad de fotografiarla hemos tratado de reproducirla en forma esquemática por medio de la figura 5.

La principal modificación que presenta esta caverna se refiere a la construcción de una pared de algo más de 1 metro que tapiza el frente en su parte más baja.

El camino de acceso se orienta de este a oeste y desde el mismo es imposible localizarla ya que es paralela a aquél su orientación.

Su piso es perfectamente horizontal, se observan algunos helechos en su techo y si existen inscripciones murales es imposible distinguirlas ya que su morador o moradores anteriores, al encender fuego y dado el pequeño tamaño de la caverna han pintado prácticamente con negro de humo y hollín, todas sus paredes y su techo.

1f. *Conclusiones.*

Carece de importancia para realizar en ella estudios, puesto que dado su condición de habitat actual, los sedimentos que pudieran haber existido en su piso fueron eliminados totalmente y no existen rastros de habitantes anteriores.

3. Caverna del Diez1a. *Ubicación.*

A 2.000 metros aproximadamente del casco de la estancia en el camino que lleva a la sierra La Vigilancia y que tiene una orientación de Noreste a Sudoeste. A unos 500 metros del camino y entre los bloques desprendidos que se hallan al pie del cerro se encuentra la caverna.

1b. *Acceso.*

Resulta perfectamente accesible por cualquier medio de locomoción que permite detenerse a pocos metros de la misma.

1c. *Antecedentes.*

En realidad existen muy pocos antecedentes e inclusive es de poca importancia el estudio de la misma. No tiene denominación

conocida y ya que se encuentra en el cerro Diez, es que proponemos que se denomine del mismo modo.

1d. *Geología local.*

La característica principal de esta caverna, motivo por el cual la mencionamos y describimos consiste en constituir un bloque íntegro desprendido y deslizado hacia el valle que mantiene en su posición normal la caverna pese a su desplazamiento.

1e. *Caracteres de la caverna.*

Posee las siguientes dimensiones: Alto máximo 2,50 m, ancho o frente 5 m, y 4 m de profundidad. Su techo y su piso presentan fuerte buzamiento.

Posee una grieta por donde se infiltran las aguas y en su techo se notan algunas pequeñas concreciones mamelonares precisamente en la línea de la grieta.

Existe además un bloque desprendido de su techo que yace en el piso de la caverna.

No se observan pinturas ni indicios de vida y solamente se convierte en refugio de los animales actuales.

Existen algunas fotos de esta caverna que son bien explícitas y precisamente en una de ellas se destaca un tercer nivel, incipiente, y que se halla justamente en el contacto del cerro con el médano invasor.

II. CAVERNAS DEL LITORAL ATLANTICO

INTRODUCCION.

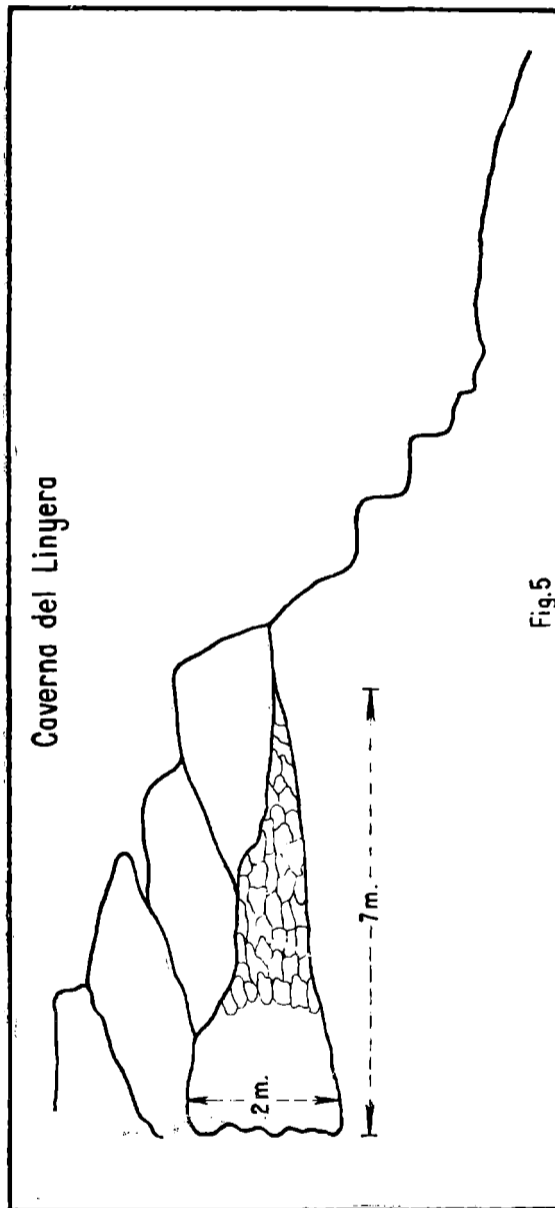
Existen en el ámbito marino bonaerense numerosas cavernas que cobran desarrollo en las barrancas de la costa Atlántica. Dichas cavernas, muy conocidas por el público, tienen sólo importancia turística y no científica por el hecho de ser invadidas periódicamente por las aguas, razón por la cual, no pueden ni pudieron ser moradas permanentes del hombre.

1a. *Ubicación.*

Desde el paraje conocido con la denominación de Punta Negra y hasta las cercanías del balneario de la ciudad de Necochea, en un tramo de 3 a 4 kilómetros, se encuentran excavadas en la barranca costera, una serie innumerables de pequeñas y medianas cuevas o cavernas y solamente unas pocas de mayor envergadura, que son conocidas con el nombre de "Las Grutas".

1b. *Acceso.*

El arribo a ellas es sumamente fácil y por distintos conductos, entre ellos: el camino de la playa, o sea desde el balneario de la ciudad de Necochea, en horas de bajante, por la playa misma e inclusive con vehículos; por la barranca, desde el mismo lugar a caballo o a pie y desde la ciudad de Necochea por la prolongación de una avenida céntrica, paralela a la costanera, pero en este caso, la distancia es mayor alcanzando a 10 kilómetros, aproximadamente.



1c. *Antecedentes.*

Tal cual lo enunciáramos anteriormente, no existen antecedentes de estudios realizados en las mismas e inclusive resulta difícil realizar inventarios o trabajos en ellas, por el hecho de que por ser productos de la abrasión marina presentan una fisonomía distinta año a año.

En todas bien conocidas y algunas de las que fueron importantes, actualmente se encuentran en etapa de destrucción y solamente quedan promontorios aislados, tal cual se observa en la fotografía N° 27.

1d. *Geología local.*

Las cavernas relevadas se hallan abiertas en pisos pampeanos. El desarrollo estratigráfico se aprecia magníficamente en el paraje conocido como Punta Negra y que ya fuera descrito por otros autores.

Las cavernas se originan en un sedimento arenoso, rojizo, bastante friable y que corresponde al Bonaerense presentando un espesor promedio de unos 3 metros. El piso de las mismas, excluyendo el sedimento arenoso actual que lo cubre y que no es permanente, está constituido por un sedimento más bien compacto, de un color grisáceo de edad Ensenadense y que resiste a los embates de las aguas del mar, presentando escalones tal cual se puede apreciar en las fotografías N° 23, 26 y 28.

Deben su génesis a procesos abrasivos del mar, actualmente y al igual que siempre, en etapa activa de desarrollo, motivo por el cual a menudo cambian su fisonomía, estando expuestas a su desaparición, como así también al surgimiento de otras nuevas.

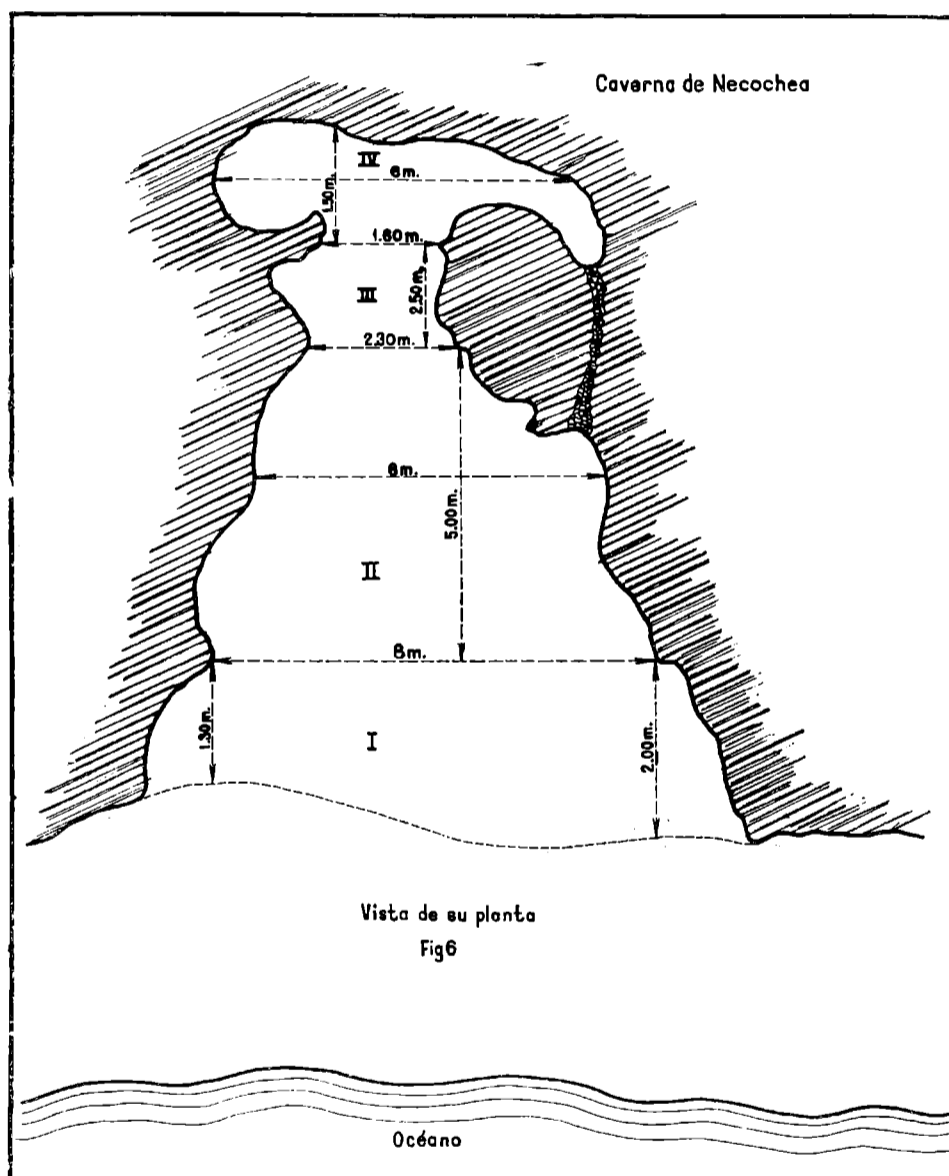
1e. *Caracteres de la caverna.*

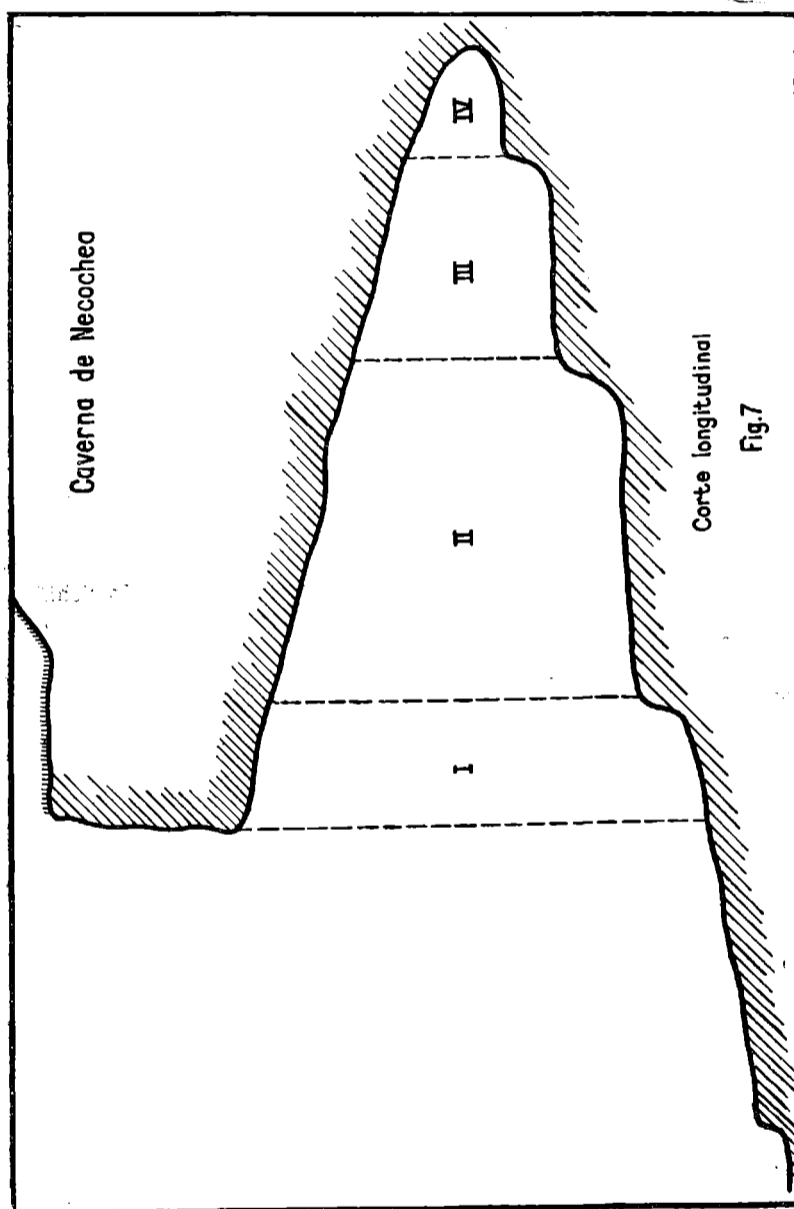
En el tramo recorrido existen dos cavernas de gran amplitud de las cuales una de ellas, presenta la peculiaridad de que en su frente existe una columna que la divide en dos, pero nosotros hemos de referirnos en particular a otra, que se encuentra unos 500 m más cerca del balneario de Necochea, que no tiene denominación conocida y que en el presente trabajo, por considerarla representativa de este tipo de formación, la denominamos caverna "Necochea".

La caverna se desarrolla en un sedimento arenoso que tiene en su seno, bancos de tosca de hasta 20 cm de potencia, generalmente en forma horizontal y que tienen prolongaciones en forma de "coladas" o "cuñas" dispuestas verticalmente. Debido a este hecho es que las cavernas presentan las formas más variadas e inclusive esta caverna, al igual que muchas otras, presentan diversos divertículos o compartimentos.

La caverna "Necochea" está orientada casi de Oeste a Este puesto que su rumbo es de 280°.

Para su mejor descripción consideramos dividida a la caverna en 4 sectores, que están dados por prominencias laterales de la misma, que producen estrangulamientos y que simultáneamente corresponden a distintos niveles del piso, mientras que su techo





es liso con pendiente hacia el interior y con un buzamiento de 25°.

Analizando los sectores y siguiendo con el criterio que hemos utilizado en las de la región serrana, diremos que primeramente posee un vestibulo (sector I) de 8 m de ancho por 3,50 m de alto, cubierto por un sedimento arenoso actual o mejor dicho reciente de unos 30 cm de potencia.

Su profundidad varía en ambas márgenes puesto que en la derecha es de 1,30 m y en su izquierda es algo más de 2 m pero estos valores son relativos puesto que en forma difusa pasa a constituir la barranca.

El segundo sector constituye la parte más importante de la caverna por su amplitud ya que sus medidas son las siguientes: 5 m. de profundidad, 6 m. de ancho y un alto máximo de 2.70 m. A continuación un gran estrangulamiento da lugar al sector III que en su piso presenta un escalón de algo más de 70 cm. de altura con respecto al sector II. Sus medidas son: alto máximo 1,60 m., profundidad 2,50 m. e igual medida en su ancho.

Un nuevo estrangulamiento de sus paredes da origen a un cuarto compartimento de 1,50 m de profundidad y sólo 1,10 m de altura y ubicado en un nivel superior en lo que se refiere a su piso. Este IV sector tiene la peculiaridad de que se ensancha considerablemente y llega a tener 6 m de ancho, adoptando una forma de cuerno. Por su extremo más delgado, se comunica por un pequeño "chiflón" con el segundo sector que se encuentra algo más de un metro más bajo. En el comienzo de esta comunicación, al igual que en su salida en el sector II, está casi totalmente cubierto de rodados de tosca, lo que nos permite suponer que este pequeño divertículo se encuentre cubierto de rodados.

Hemos tratado de representar en forma esquemática su planta y corte longitudinal por medio de las figuras 6 y 7 que acompañan al presente trabajo.

Se observan grietas en su parte superior que darán lugar a futuros derrumbes como se producen a lo largo de toda la barranca y que han sido registrados en algunas fotografías que se acompañan.

Hacia la parte posterior la caverna es bastante húmeda y las paredes y techos se encuentran tapizadas por musgos no encontrándose deyecciones de animales.

1 f. Conclusiones.

Por las razones expuestas el estudio sistemático de ellas carece de importancia y si merecen destacarse sus cualidades turísticas que proporcionan al litoral un motivo más de atracción.

Resumen y sugerencias

En el área de los partidos de Balcarce, Tornquist y Necochea, se han iniciado trabajos de reconocimientos geológicos con el propósito de estudiar las condiciones morfológicas y genéticas que caracterizan la distribución y los pormenores en cada caso, de las cavernas y grutas existentes.

El número de estas cavernas es considerable al punto que entre grandes, medianas y pequeñas, el total debe sobrepasar el millar de unidades en el territorio bonaerense.

En principio pueden ser agrupadas en dos conjuntos: las abiertas en areniscas y areniscas cuarcíticas y las que se desarrollan en medio de terrenos pampeanos. Respectivamente, las primeras se encuentran en el ambiente de las serranías locales y las segundas sobre el litoral marítimo del Sudeste de la Provincia.

Según informaciones precedentes, estas cavernas en algunos casos habitadas por el hombre, se encuentran en proceso de derrocamiento progresivo. Un relleno sedimentario interno, que genéticamente ha alcanzado el grado de suelo, a veces potente, configura una característica destacada en virtud de la cual se prevee el examen comparativo de los materiales que lo componen.

Es probable que mediante el estudio de la fisuración local pueda arbitrarse algún medio de encaminar una conservación eventual de estos elementos, que aparte del significado geológico que tienen, sirven de atracción turística al paisaje bonaerense.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- AGUIRRE, E. (1897). *La gruta de Aguas Doradas*. Anal. Mus. Nac. Bs. As., 2ª Ser., t. II, p. 303-307, 1 lám.
- BARROS MACHADO, A. y BERNARDINO (1941). *Inventario das cavernas calcárias de Portugal*. Actas do I Cong. Nac. Cienc. Nat. Bol. Soc. Port. Cienc. Nat., vol. XIII. Suplemento III, p. 444-473.
- DELGADO, J. F. N. (1867). *Da existencia do homem no nosso solo en tempos mui remotos Provarada pelo estudo das cavernas*. Mem. Com. Geol. de Portugal.
- HARRINGTON, H. J. (1941). *Viaje a las Sierras Australes de la Prov. de Buenos Aires*. Rev. Mus. La Plata, Ser. Oficial 1940, p. 78-88, La Plata.
- HARRINGTON, H. J. (1947). *Explicación de las hojas geológicas 33 m y 34 m, Sierras de Curamalal y de la Ventana, Provincia de Buenos Aires*. Dir. Min. Geol., Bol. N° 61, p. 43, 2 mapas en color, Buenos Aires.
- HAUTHAL, R. (1901). *Contribución al conocimiento de la geología de la Provincia de Buenos Aires. I. Excursión a la Sierra de la Ventana; II. Apuntes geológicos de las Sierras de Olavarría*. Publ. Univ. La Plata, N° 1, 30 p.
- HOLMBERG, E. L. (1884). *La Sierra de Curú-Malal (Currumalan)*. P. 81, 6 figs., 7 láms. Imprenta de P. E. Coni, Buenos Aires.
- MENCHIN, O. y BORMIDA, M. (1950). *Investigaciones Prehistóricas en Cuevas de Tandilia (Provincia de Buenos Aires)*. Runa, Archivo para las Ciencias del Hombre; vol. III, partes 1-2, p. 5 a 36; figs. 1 a 10; láms. 1 a 4, Buenos Aires.
- NAGERA, J. J. (1940). *Tandilia*. Bibl. Humanidades (Fac. Human. Cienc. Educ. Univ. Nac. La Plata), t. XXIV, p. 1-272 (t. 1 de "Historia Física de la Provincia de Buenos Aires"), La Plata.
- TAPIA, A. (1937 a). *Una investigación geológica en La Brava (Prov. de Bs. Aires)*. Rev. Geog. Amer., t. VIII, p. 167-176 y 341-352, Bs. As.; Bol. D. N. G. M., N° 43, Buenos Aires.
- TAPIA, A. (1937 b). *Las cavernas de Ojo de Agua y Las Hachas. Historia geológica de la región de La Brava en relación con la existencia del Hombre prehistórico*. Bol. Dir.

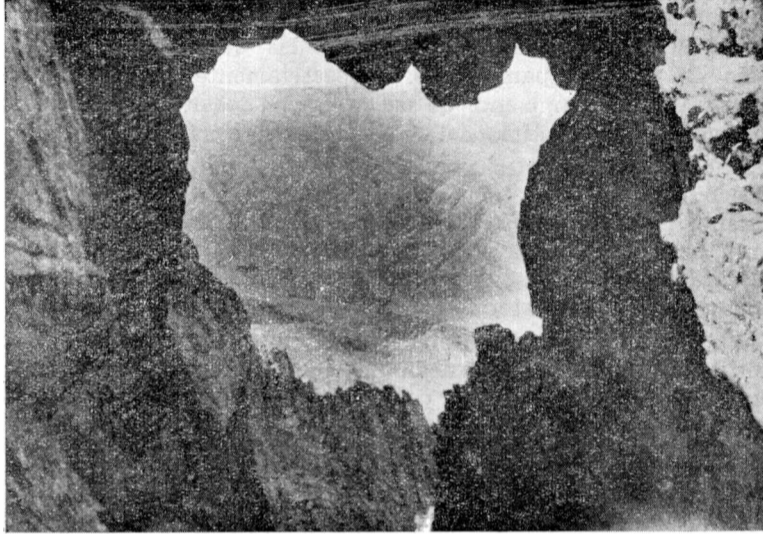
SIERRA DE LA VENTANA

Foto Nº 1. — La Ventana.



Foto Nº 2. — Sector del techo de "La Ventana" fuertemente diaclasado.

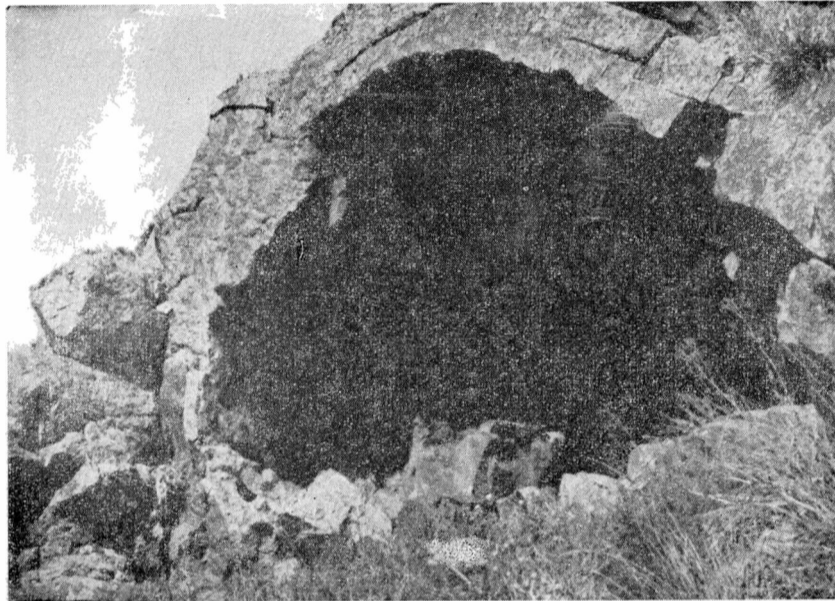


Foto N° 3.— Frente de la Caverna del Toro.

CAVERNA VALDEZ



Foto N° 4.— Interior de la Caverna Valdéz (el objeto luminoso proviene de la luz de una linterna situada en su parte posterior).



Foto N° 5. — Pared izquierda.



Foto N° 6. — Vista de su frente.



Foto N° 7. — Vista de su frente desde ángulo distinto.

CAVERNA LOS LAURELES

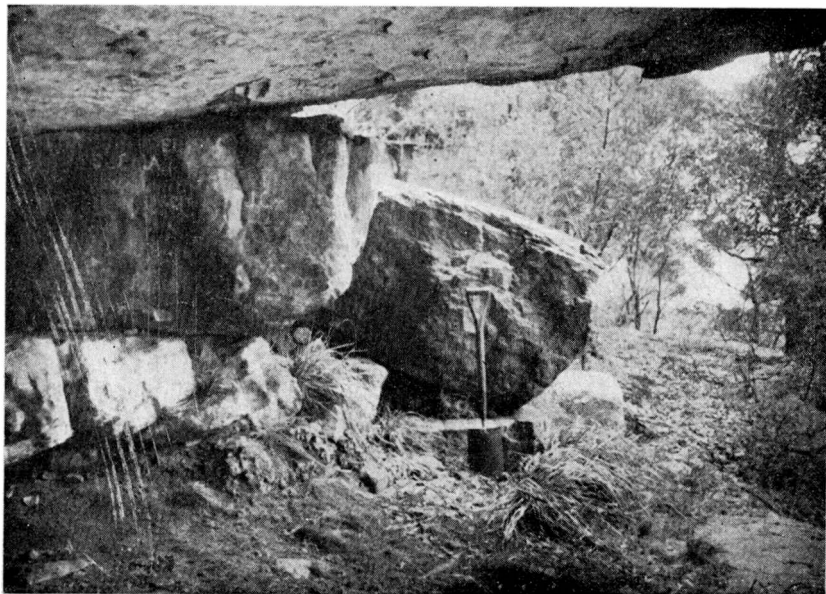


Foto N° 8. — Interior de la caverna, techo y pared izquierda.

CAVERNA LOS LAURELES

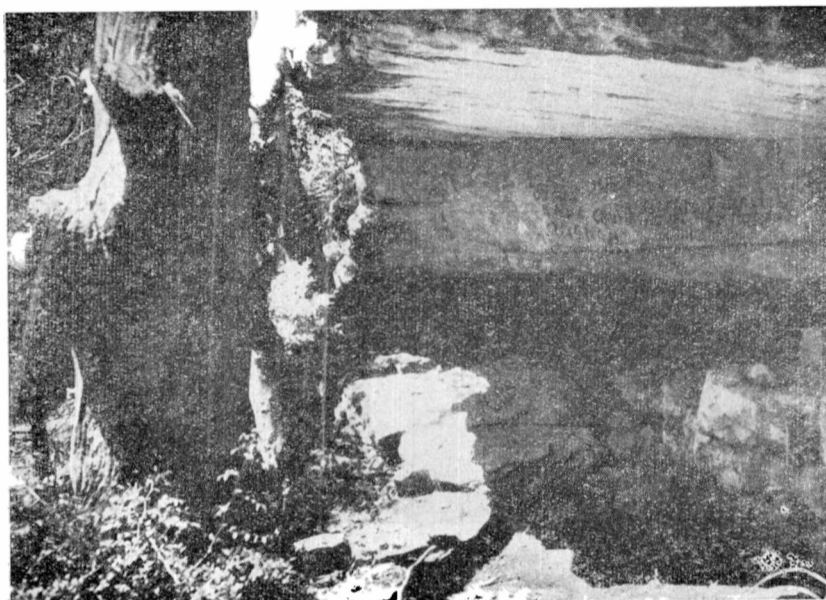


Foto N° 9. — Pared derecha donde se observan los bancos de sedimentación entrecruzada. Se observa además los niveles 1 y 2 de su piso. Finalmente se aprecia el árbol seco a que se hace mención.



Foto N° 10. — Interior de la caverna. Obsérvense los 3 niveles descriptos.



Foto N° 11. — Vista de la caverna desde su terraza.

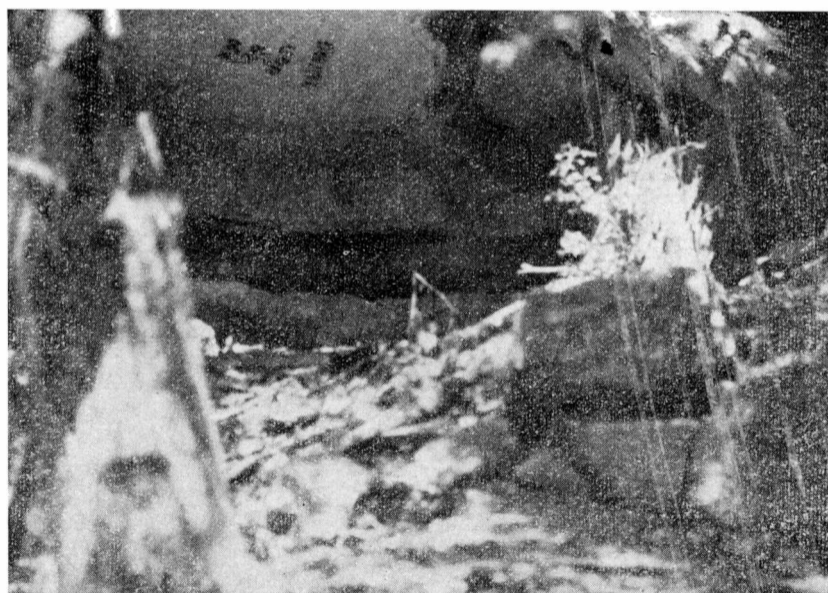


Foto N° 12. — Distinto enfoque desde la terraza. (En ambas se notan las inscripciones dejadas por los turistas).

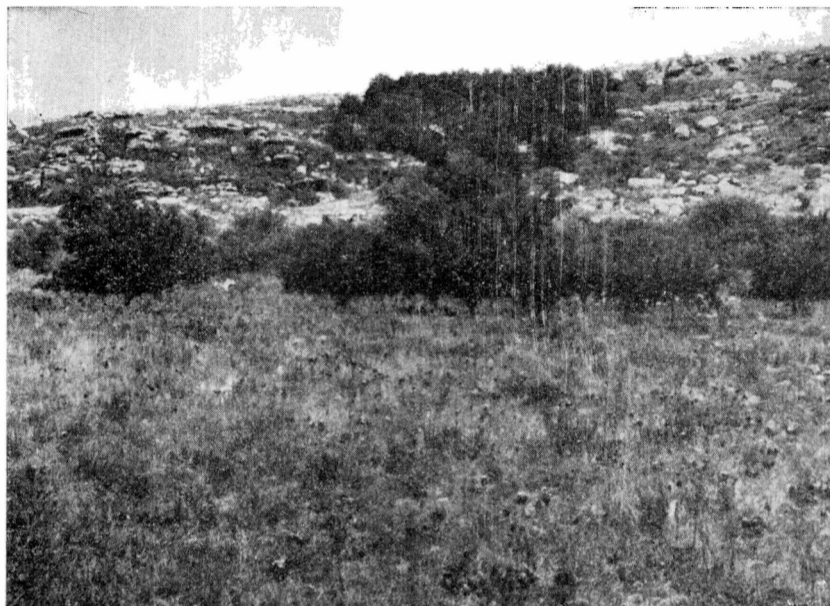


Foto N^o 13. — Vista panorámica del cerro La Brava. La vegetación cubre la entrada situada exactamente donde se halla el acaulíptus seco. Obsérvense los distintos alerones y los bloques desprendidos.



Foto N^o 14. — Vista panorámica obtenida desde la cúspide de la Sierra de La Vigilancia.

CAVERNA OJO DE AGUA



Foto N° 15. — Vista del frente de la caverna descrita por Tapia.



Foto N° 16. — Estado actual de la caverna.



Foto N° 17. — Vegetación exuberante existente en un "ojo de agua" ubicado en la falda de la Sierra de La Vigilancia. Obsérvase además un bloque desprendido.



Foto N° 18. — Techo en forma de visera. Incipiente estadio de formación de una caverna.



Foto N° 19. — Falda del mismo sector en las proximidades de la cantera "La Vigilancia".

CAVERNA DEL DIEZ

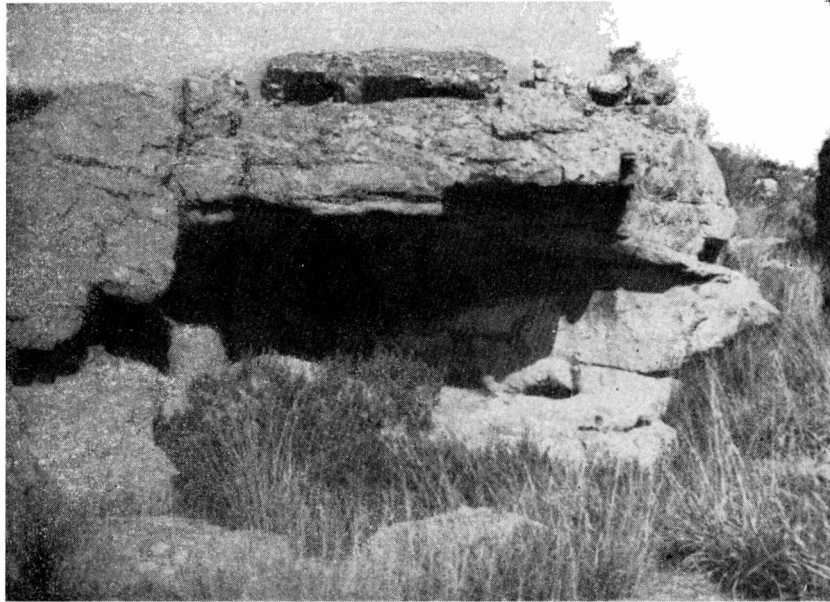


Foto N° 20. — Vista de la caverna.



Foto N° 21. — Sector derecho de la caverna. Obsérvese el bloque de prendido de su techo que yace en el piso.



Foto N° 22. — Falda del cerro Diez. Obsérvense los distintos niveles de erosión.

CAVERNA DE NECOCHEA

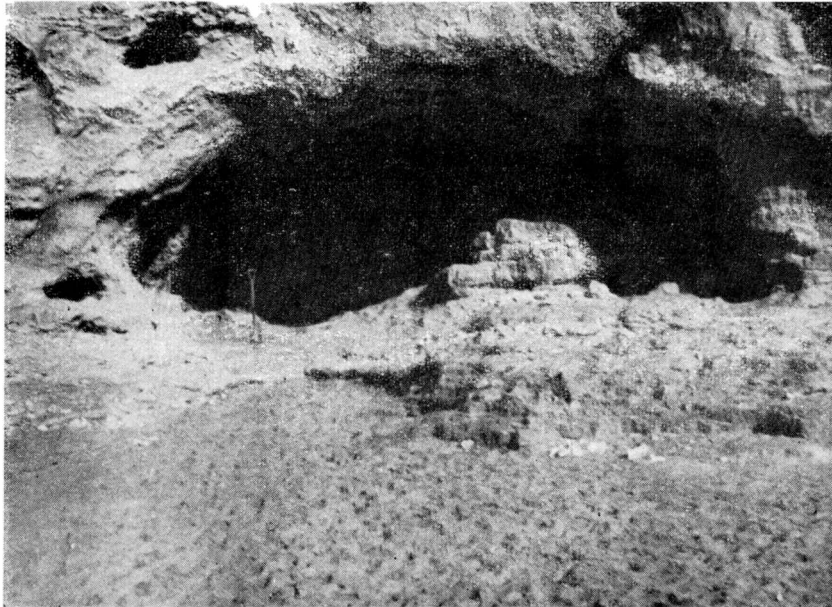


Foto N° 23. ---Entrada de la caverna descripta.

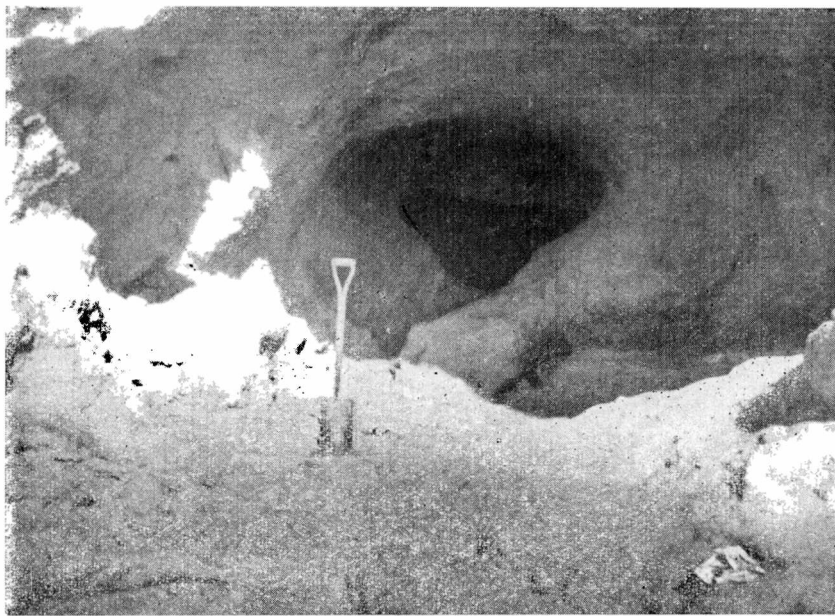


Foto N° 24. Vista interior de la misma caverna. Se ven los distintos compartimientos.

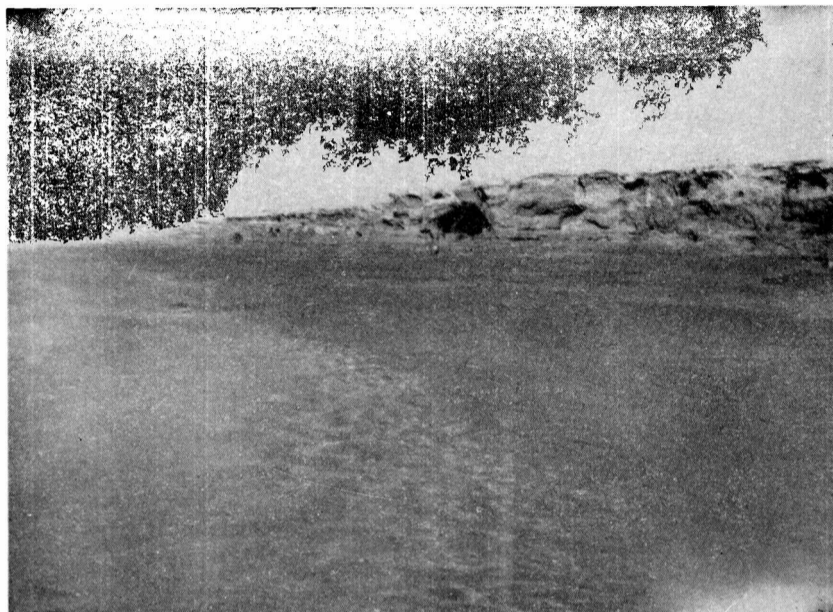


Foto Nº 25. — Vista de la caverna descripta obtenida desde el mar.

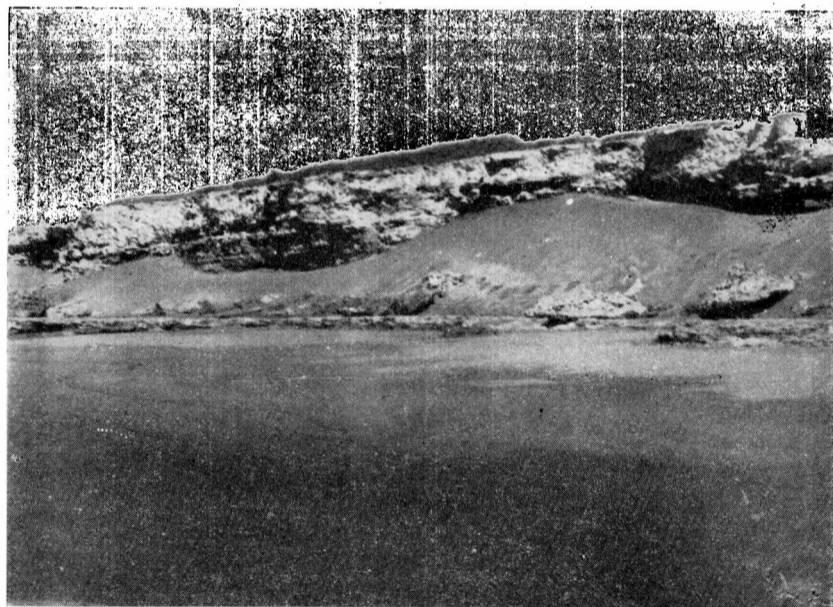


Foto Nº 26. — Acumulaciones de arena contra las barrancas ocultando las "grutas".

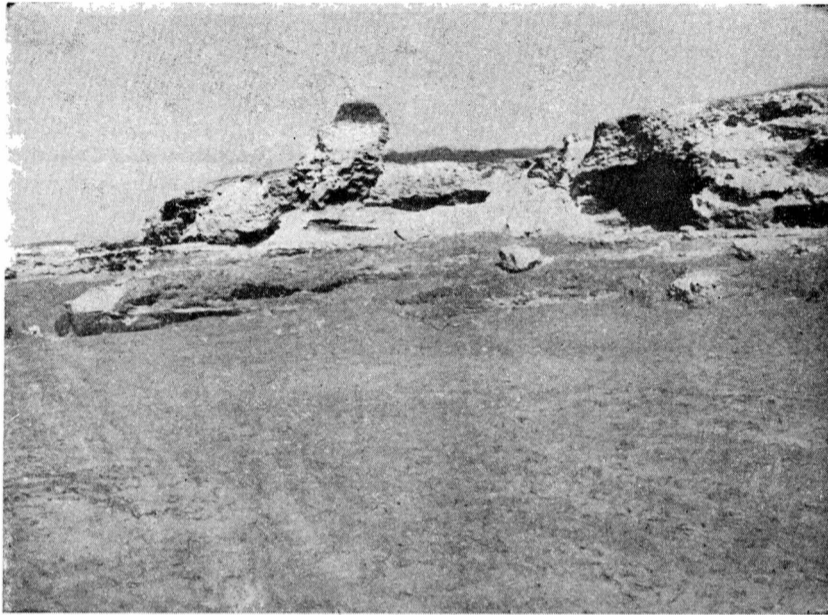


Foto N° 27. — Vista de la barranca. Obsérvense los efectos de la abrasión.

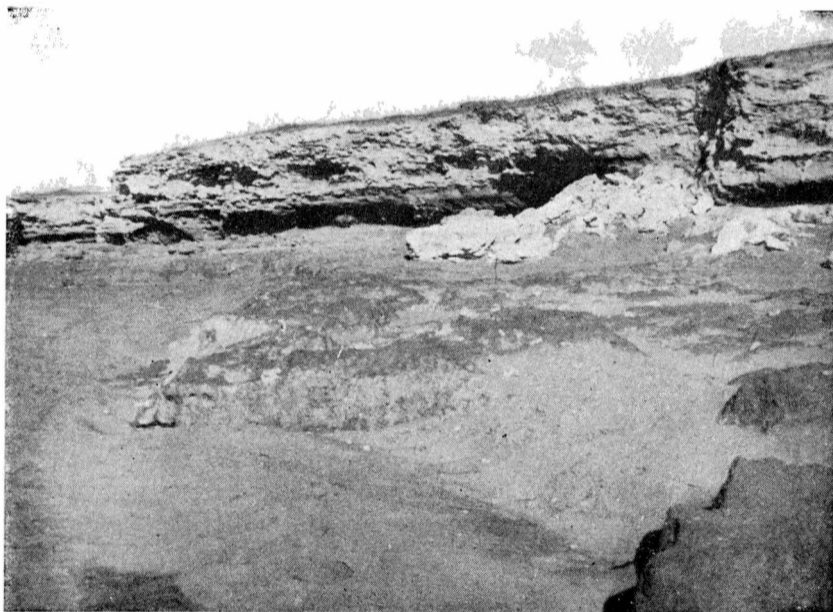


Foto N° 28. — Vista parcial de la barranca en las proximidades de Punta Negra. Se observa en primer plano sedimentos del Ensenadense y al pie de la barranca bloques de tosca desprendida de la misma.



Foto N° 29. — Bloques desprendidos de la barranca en Punta Negra.

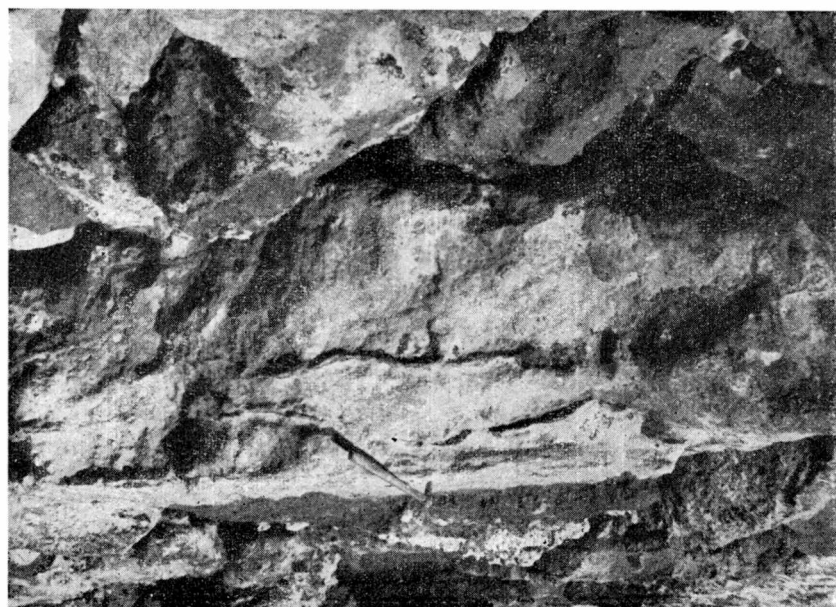


Foto N° 30. — En el mismo lugar, un bloque desprendido donde se observan intercalaciones calcáreas mantiformes.

LANTIONINA. CONCEPTOS MODERNOS. IMPORTANCIA. CONTENIDOS EN LANAS ARGENTINAS.

Por el Ing. Qco. T. KOPSIC, Dr. G. MALEK (*)
e Ing. Qco. A. HACK (**)

RESUMEN

Continuando con el estudio de algunos de los aminoácidos más importantes de la proteína de la lana, ya sean constitucionales o provenientes de posteriores tratamientos, se encara en el presente trabajo la Lantionina. Importancia de la misma, tratamientos en los cuales se forma, porcentajes contenidos normalmente en la lana, significado de porcentajes elevados, relación entre solubilidad a la urea-bisulfito y % de lantionina, determinación, experiencias prácticas realizadas, etc. Es sumamente interesante el caso del control del lavado de lana y las anomalías que se pueden presentar, por medio del análisis de los porcentajes de lantionina. También la influencia del vaporizado irregular sobre ese contenido y los defectos que puede ocasionar.

ABSTRACT

Following with the studies of some of the more outstanding aminoacids of wool's protein, either constitutional or resulting from further treatments we refer in this paper to Lanthyonine. Reference is made to its importance, the treatments during which it is formed, normal percentual contents in wool, significance of high percentages, relationship between the solubility in urea-disulphyte and % of lanthyonine, determination, practical experiences which have been performed, etc. The control of wool-washing with its possible anomalies that may be present by the determination of the percentages of lanthyonine has been found very interesting. Also the influence of an irregular vaporisation on this content and the failures it may produce.

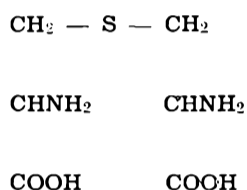
(*) Laboratorio de Lanás, Departamento de Química e Ingeniería Química; U. N. S.
(**) Deutsches Wollforschungsinstitut de Aachen, W. Germany.

Trabajo realizado en 1964

INTRODUCCION

Horn, Jones y Ringel (1941), aislaron un nuevo aminoácido en lanas tratadas con soda, y se lo denominó LANTIONINA. Posteriormente se lo encontró en numerosas proteínas, tratadas con álcalis, por ej. en plumas insulina, en ovoalbumina, en el cabello, etc. Todos ellos contienen cistina en su molécula; el puente disulfuro de este aminoácido es atacado por los álcalis formándose la lantionina.

La fórmula de la lantionina es:

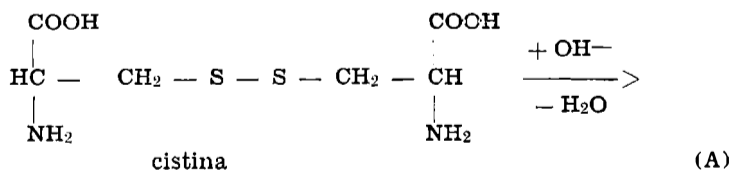


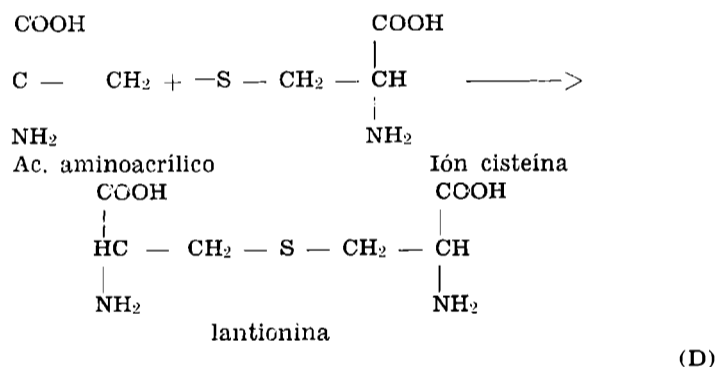
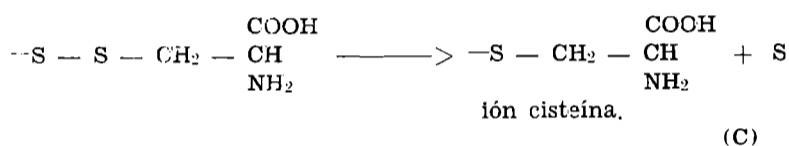
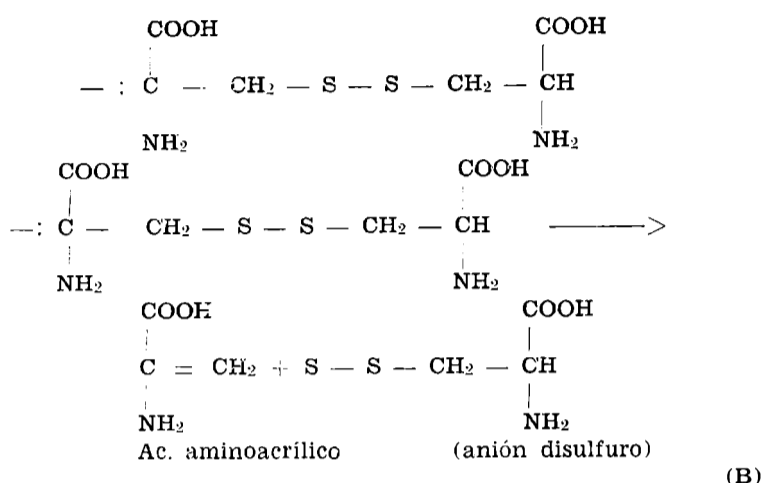
Se conoce perfectamente la enorme importancia que tiene la cistina sobre las propiedades químicas, físicas y mecánicas de la fibra de lana, y por ende cualquier alteración que se registre en la misma, incidirá sobre sus características Kopsic-Malek (1963). El análisis de la lantionina puede indicar con bastante precisión el grado de ataque que ha sufrido la lana, especialmente el alcalino. Combinando este análisis con otros, tal cual lo indica Miro Plans (1959), dispondremos de un valioso medio para individualizar los tratamientos a que fue sometida la fibra y sus posibles anomalías.

TRATAMIENTO EN LOS CUALES SE FORMA LANTIONINA

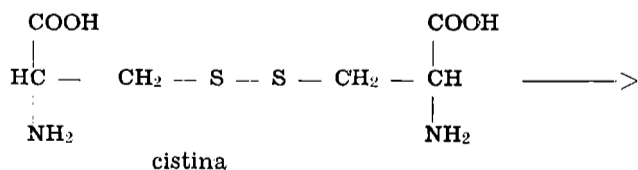
Indudablemente son los alcalinos los que han sido más estudiados hasta el momento, ya que hay una estrecha relación entre la intensidad del ataque y el porcentaje de lantionina formada. Respecto a la explicación teórica de su formación, existen varias; es difícil elegir la mejor, pues ninguna de ellas tiene validez general. Incide sobre ello el hecho que hasta el momento los conocimientos sobre la constitución química de la lana son incompletos y sobre todo, que no podemos aplicar directamente los conocimientos de la química orgánica, pues las reacciones ocurren dentro de una macromolécula. Recordemos que los distintos aminoácidos se hallan unidos peptídicamente, es decir que las funciones amina y carboxilo no están libres sino combinadas.

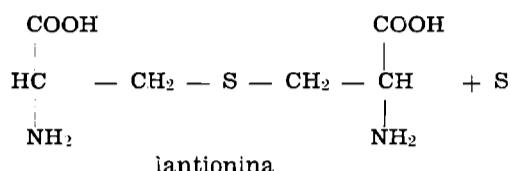
El mecanismo más funcional es el de Swan (1955), llamado de "β eliminación"; en la misma se produce una primer etapa, el ataque del ión oxidrilo sobre el hidrógeno en posición β (respecto al S) de la cistina:





En la reacción (A) se forma un ión inestable, que después de redistribuir el par de electrones del átomo de carbono en posición β' se descompone formando el hipotético ácido aminoacrílico y un anión disulfuro (reacción B) Rao y Gorin (1959), lo han puesto en evidencia por medio de análisis espectroscópicos en la zona ultravioleta. En cuanto al ácido aminoacrílico, no se tienen pruebas reales de su existencia, ni fue sintetizado hasta la fecha. Se supone que puede existir dentro de una cadena peptídica en la que su función ácida y amina están combinadas. Sumando las cuatro reacciones tenemos:





Salvo algunas excepciones, el conocimiento de la formación de lantionina por otros tratamientos, que no sean los alcalinos, es muy reciente. Existen varias publicaciones sobre este tema y podemos recopilar, como las más interesantes, las siguientes:

- Efecto del reactivo KCN de W. Cuthbertson (1959).
- Efecto del reactivo NaHSO₃ de H. Zahn y colaboradores (1960).
- Efecto del reactivo Na₂S de F. Kunitz (1960).
- Efecto de los tioles de J. Swan (1958).
- Efecto del Na₂S₂O₃ de A. Vassiliadis (1963).

También aumentan el porcentaje de la lantionina los tratamientos térmicos, y en forma acentuada cuando el calor actúa a la vez con humedad. Así, Kunitz (1960) determinó, que lanas hervidas durante una hora, con agua destilada, registran aumento del 0,18 % hasta un 0,36 % de lantionina.

Vassiliadis (1963) que ha estudiado muy bien la formación de la lantionina debido al tratamiento de la lana con tiosulfato de sodio, ha encontrado que se forma también ácido cisteinsulfónico. El porcentaje de lantionina depende de las condiciones de tratamiento; en forma muy especial de la concentración del reactivo. Los ensayos e investigaciones no pudieron demostrar el mecanismo de formación. Posteriormente y recurriendo a caminos indirectos, se pudo demostrar que la lantionina puede originarse como un producto secundario de la reacción entre el ácido cisteinsulfónico y la cistina.

CONTENIDOS DE LANTIONINA EN LANA

La lana bruta, que nunca estuvo en contacto con álcalis, contiene menos del 0,1 % de lantionina. Todo tratamiento alcalino conduce a un aumento de ese porcentaje, tal cual ya dijimos. Así podemos encontrar en estudios de Satlow (1963), realizados sobre 24 lanas, porcentajes que oscilan entre 0,2 a 1 %, con un coeficiente de variación del 54 %.

En las tablas clásicas de composición de la queratina de la lana, realizadas por Robson - Corfield (1955) no la encontramos.

Sin embargo, lanas que no han sufrido ningún tratamiento alcalino (por ej. sometidas a lavado con bencina), también contienen lantionina, en baja proporción. A continuación, indicamos algunos de esos porcentajes encontrados por diversos autores:

—R. Curthbertson (1960) halló 0,29 %; método analítico utilizado por diferencia del contenido de S, año 1945.

—S. Blankenburg y R. Lee (1960) por determinación indirecta, hallaron un 0,01 %, año 1956.

—G. Decroix y G. Mazingue (1962) hallaron un 0,19 % utilizando el sensible método de cromatografía del sulfóxido, año 1958.

H. Zhan y F. Kunitz (1960), recurriendo al mismo método, hallan en el año 1960, contenidos de 0,2 a 0,4 %.

A. Vassiliadis (1963), halla 0,1 %, con el mismo método, en el año 1963.

Estos porcentajes se explican por la acción de los agentes atmosféricos sobre la lana. Las bacterias y la alcalinidad del sudor se suman en la alteración. Esto fue confirmado por el hecho de que el contenido de lantionina, dentro de una misma fibra, aumenta desde la raíz hacia la punta. Interesantes trabajos, realizados por Blankenburg (1960) sobre siete sectores de la fibra, se reproducen en el Gráfico N° 1. En la misma vemos cómo ese contenido aumenta desde un 0,2 hasta casi un 0,6 %.

Kunitz (1961), y otros, demostraron, como lanas expuestas largo tiempo a la acción de la intemperie, van arrojando mayores porcentajes de lantionina.

PORCENTAJES ELEVADOS DE LANTIONINA. SU SIGNIFICADO:

Desde el punto de vista tecnológico, es sumamente interesante el hecho de que los tratamientos alcalinos son los que más inciden sobre el aumento del porcentaje de este aminoácido. Al respecto existen numerosos estudios. Así por ejemplo Zhan y Blankenburg (1963) estudiaron la acción de una solución decimonormal de carbonato de sodio, a 45°C, condiciones que son muy semejantes a las usadas en el lavado de la lana bruta con jabón-soda.

Tiempo de tratamiento (en minutos)	% lantionina
0 (sin tratar)	0.12
30	0.25
60	0.45
120	0.83

Después de los 30' se nota una modificación medible de las propiedades mecánicas. Esta modificación (no se puede hablar todavía de alteración) se desarrolla paralelamente, como vemos en la tabla, con una pequeña formación de lantionina, perfectamente determinable, con una disminución del contenido de cisteína y de la solubilidad urea-bisulfito. Ver gráfico N° 2.

También Kunitz (1961), estudió a fondo las relaciones entre el valor del % y la temperatura, ver gráfico N° 3. Y el % y el tiempo, siempre tratando la lana con soluciones N/10 de carbonato de sodio y N/10 de hidróxido de sodio. Ver gráfico N° 4.

Es interesante que el aumento del contenido de lantionina, origina en las lanas una mayor estabilidad frente a agentes reductores y a nuevos tratamientos alcalinos; esto lo podemos poner en evidencia efectuando análisis de "solubilidad alcalina" y de "urea bisulfito" cuyos valores resultan sensiblemente disminuidos. Pero, en general, podemos afirmar que solamente pequeñas formaciones de

lantionina conducen a buenos resultados, ya que pasando de un cierto porcentaje, debemos considerar la lana dañada. Así lo han demostrado Zahn y Blankenburg (1963), y otros. Los primeros encuentran en el caso de la influencia de los % de lantionina sobre las propiedades mecánicas, los siguientes valores:

% de lantionina	% pérdida por tracción
0.25	3,6
0.45	5,4
0.83	7,0

También determinaron, que disminuye la propiedad de la supercontracción en las lanas con contenidos elevados de lantionina.

Por ello, volvemos a sostener, que la extendida opinión de que un cuidadoso tratamiento alcalino durante el lavado de la lana no altera las propiedades mecánicas *no puede ser mantenido*. Claramente lo vemos de la tabla anterior, en donde aumentos de 0.25 a 0.45 % de lantionina disminuyen la resistencia en un 5 %. Podría alegarse, que una disminución de esta magnitud no tiene mayor importancia, pero no debe olvidarse que al lavado siguen otra larga serie de procesos, cada uno de los cuales va produciendo alteraciones (cuya magnitud está muy influenciada por ese primer daño en el lavado, Malek (1964)). Todos ellos se suman y al final tendremos daños de importancia. Por eso, se vuelve a insistir sobre la imperiosa necesidad de disminuir la concentración de soda en los procesos de lavado, y muy especialmente en nuestro país.

Podemos afirmar que la presencia de contenidos elevados de lantionina, o superiores a las normales, son (en forma muy particular sobre la cistina) un *indicio de ataques irreversibles* sobre la queratina de la fibra. Esto va acompañado de una estabilización frente a los reductores a los álcalis, y a la vez de una sensible disminución en las propiedades mecánicas y elásticas de la lana.

Es interesante acotar que las transformaciones de cistina en lantionina, conducen a un aumento progresivo del contenido del % de agua en la lana (a mayores humedades ambientes). Este aumento del poder de sorbción, de la lana modificada, es aún más notable cuando se utiliza como agente de estudio, vapores de ácido fórmico.

RELACION ENTRE LA SOLUBILIDAD UREA BISULFITO Y LOS CONTENIDOS DE LANTIONINA:

Ya mencionamos que en lanas brutas los contenidos de lantionina son muy bajos. Contenidos elevados de lantionina, indican, con bastante certeza, tratamientos alcalinos, y a la vez una estabilización. Este efecto, denota también una vinculación entre el porcentaje de lantionina y el origen de algunos análisis de solubilidades, especialmente el de urea-bisulfito. Lees, Peryman y Elsworth (1960), lo han demostrado claramente, lo mismo que Kunitz (1961). Ver gráfico N° 5.

DETERMINACION DE LA LANTIONINA:

Hemos visto, en trabajos anteriores, que la determinación de diversos componentes de la lana, se efectuaban recurriendo a téc-

nicas reproducibles, incluso en laboratorios industriales. Hasta el momento, no podemos decir lo mismo para la lantionina.

Su determinación cuantitativa es difícil. Nosotros hemos probado con el método de cromatografía sobre papel, tal cual indica Miro Plans (1962), pero los resultados obtenidos no fueron satisfactorios.

La determinación por cromatografía en columna, fue propuesta por Blankenburg y Lee (1955), quienes recurrieron al empleo de resinas de intercambio iónico. Zahn y Osterloch (1956), aplicaron una variante, proponiendo su dosificación por cromatografía sobre papel. El mayor problema reside, tal cual lo indica Turba (1954), que tanto la lantionina como la cistina, presentes en la lana, poseen un R_f , calculado a partir del llamado coeficiente de reparto, muy pequeños (sumamente próximos) y por lo tanto son difíciles de separar.

El método utilizado, desarrollado por Decroix y Mazingue (1958), transforma previamente la lantionina en sulfóxido de lantionina, ya que de esta manera se obtiene una diferencia en R_f mayor. Esto incide también en una disminución del número de días de desarrollo del cromatograma.

Puede objetarse que en las lanas alteradas por álcali, encontramos sulfóxido de lantionina conjuntamente con la lantionina, y que con el método utilizado no puede obtenerse la proporción de cada uno de ellos en la fibra. Pero, como el sulfóxido procede de la lantionina, que a la vez se ha formado por alteración de la cistina, consideramos que obtenemos la magnitud de la alteración del enlace bisulfuro.

Incluimos únicamente, en el presente trabajo, un resumen del método:

- Se hidroliza la lana en ácido clorhídrico y por reacción con agua oxigenada transformamos la lantionina en sulfóxido de lantionina. Posteriormente el hidrolizado se coloca en el papel y se procede al desarrollo del cromatograma, siguiendo la técnica descendente monodimensional, durante cuatro días. Una vez revelado el cromatograma y eluido el sulfóxido de lantionina de la zona de papel que lo contenía, realizamos la reacción con una solución de ninhidrina y valoramos espectrofotométricamente.

EXPERIENCIAS REALIZADAS:

Se aclara de antemano, que debido a los problemas encontrados para la determinación cuantitativa de la lantionina, falta de material adecuado, etc., y por lo cual los resultados que hallábamos no coincidían, en un gran porcentaje, con las pruebas patrón, se decidió enviar las muestras a analizar a Aquisgran. Dichos resultados fueron utilizados para los cálculos correspondientes de los valores que aparecen en las tablas de los estudios A), B) y C).

ESTUDIO A:

LAVADO DE LA LANA:

Basándose en el estudio efectuado por Malek (1963-64) sobre lavado de la lana con diversos agentes, se realizó también la comparación en el contenido de lantionina de lanas lavadas con jabón-soda, con detergentes sintéticos aniónicos y no iónicos. Se encon-

traron resultados muy interesantes, que corroboran una vez más las ventajas de lavar con pH bajos, pues se comprueba que la cistina permanece casi inalterable, mientras que con los clásicos métodos jabón-soda (pH por encima de 10) hay modificaciones sustanciales del doble enlace bisulfuro, con aparición de lantionina.

VALORES HALLADOS:

	Lana tipo (sin lavar)	Lana lavada jabón soda	Lana lavada c/al- coholes lauricos sulfonados y soda sulfato	Lana lavada con no iónicos
Solubilidad				
Urea - Bisulfito	46,3%	34,8%	42,1%	44,9%
Contenido en				
Lantionina	0,14%	0,76%	0,55%	0,27%

NOTA: El agente no iónico fue un octil-fenol condensado con nueve moléculas de óxido de etileno. Como coadyuvante se utilizó bicarbonato de sodio.

ESTUDIO B:

LAVADO DE LA LANA: ACCION TEMPERATURA.

A los efectos de ver la influencia de la temperatura en el proceso de lavado, realizamos el estudio comparativo de lanas lavadas con soluciones iguales de carbonato de sodio, 4 grs/litro (condiciones similares a los lavaderos industriales) y durante tres minutos. Se variaron las temperaturas desde 20°C hasta 70°C. Normalmente, en un lavadero, oscilan entre 40 y 60°C como máximo. Se obtuvieron los siguientes valores:

	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
% de Lantionina	0.14	0.15	0.18	0.23	0.29	0.41	0.58	0.83
	60°C	65°C	70°C					
	1.15	2.03	2.25					

Un estudio comparativo semejante, realizado por Miró (1959) dio valores aún bastante más altos de % de lantionina; si bien, se efectuó el trabajo manteniendo las muestras de lana mucho más tiempo en la solución.

Del estudio de la tabla de valores hallados, se puede extraer una vez más, la importancia de los pH elevados por encima de 50-55°C. (Fuerte degradación de la fibra).

ESTUDIO C:

INFLUENCIA DEL VAPORIZADO:

Ya se conoce perfectamente la acción perjudicial que tiene el calor sobre la cistina. Se ha estudiado este efecto muy bien, y tal cual lo comprobó Miró (1962), por ej. a 160°C durante 14 horas, es poca la lantionina formada, tanto en aire con 69% de humedad, co-

mo en un nitrógeno al 52%. Por el contrario, si la atmósfera es muy húmeda, es sumamente perjudicial, tal como puede verse en los valores siguientes:

Condiciones de vaporizado	% de lantionina
15 minutos a 100°C	0,33
20 minutos a 130°C	1,14
1 hora a 130°C	2,50

Es sumamente interesante consignar un caso práctico que pudimos estudiar. En una industria lanera se presentaba el problema que algunas veces, cuando se teñía madejas de hilado 2/32, se notaba una evidente diferencia de matiz entre los dos cabos. Se estudió el problema a fondo, descartándose posibles faltas de igualación por colorantes, por sistema de teñido, por diferencia de torsión en el hilado, etc. etc.

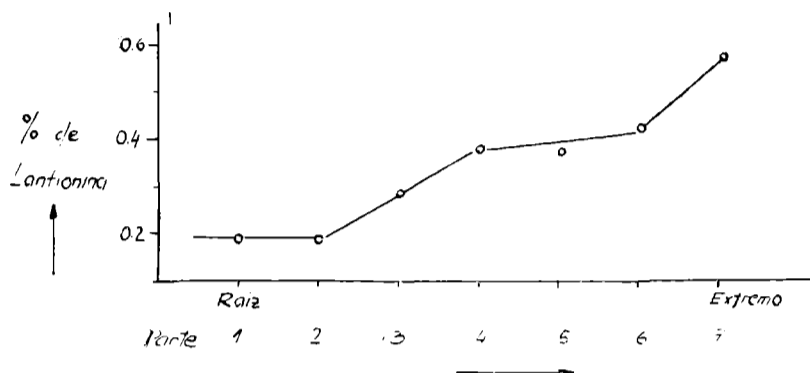
Se nos trajo el problema y luego de analizar cada una de las operaciones, a las cuales se sometía el hilado, se encontró una diferencia en el vaporizado de las partidas de hilado 1/32. Una vez enfocado bien la posible raíz de la anomalía, se analizaron las partidas de madejas 2/32 crudas, provenientes de hilados 1/32 con tiempos y humedades de vaporizado diferentes y que posteriormente al teñirse dieron matices disímiles, encontrándose que los porcentajes de lantionina de cada uno de los cabos era totalmente diferente. Uno de ellos tenía 0.24% y el otro 0.67% (promedios).

Este es un defecto que puede pasar muy frecuentemente en la industria textil lanera tal cual lo manifestaron Kopsic-Malek (1964) y que origina problemas posteriores, cuya razón, probablemente, se impute a causas muy alejadas de la realidad.

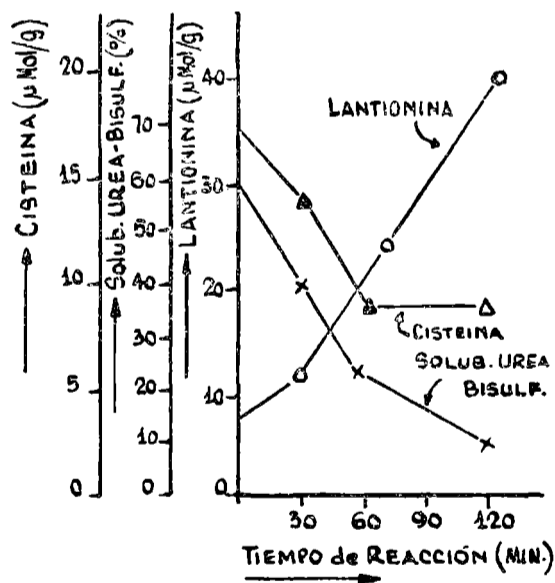
OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- 1.a BLANKENBURG, G. - LEE, (1955). *The Analyst J. of Soc. Anal. Chem.* 80,875.
- 1.b BLANKENBURG, G. - (1960). Dissertation TH, AACHEN.
2. CORFIELD - ROBSON (1955). *Biochem. J.*, 59,62.
3. CUTHBERTSON, W., (1959). *Biochem. J.* 39, 7.
4. DECROIX - MAZINGUE (1958). *Bull. Inst. Tex. France*, 73, 41.
5. HORN, J. - JONES, B. - RINGEL, S. (1941). *J. Biol. Chem.* N° 138.
6. KOPSIC, T. - MALEK, G. (1963). *Galaxia*, N° 1, 47, Bs. As.
- 6.b KOPSIC, T. - MALEK, G. (1964). Conf. I Congreso Iberoamericano de Química Textil A. Q. T. A., Bs. As.
7. KUNITZ, F. (1960). DISS. TH. AACHEN.
8. KUNITZ, W. (1961), *Textil Industrie*, 126, 63.
9. LEES, K. - PERYSMAN, R. - ELSWORTH, F. (1960), *J. Textile Inst.*, 51, 717-725.
10. MALEK, G. (1964) Conf. "Lavado de la lana, principios fisicoquímicos", Lima, II Congreso Interamericano de Ingenieros Químicos.
- 11.a MIRO PLANS (1959), *Invest. e Inf. Textil*, N° 2, 289.
- 11.b MIRO PLANS, P. (1962) "Determinación de alteraciones químicas de la lana" - Tarrasa.
12. SATLOW, G. (1963) "Charakteristische Eigenschaften von Rohwollen" 35, Aachen.
- 13.a SWAN, J. (1955), *Australia Conf. Pj. C.* 25.
- 13.b SWAN, J. (1958), *Sulfur Proteins*, N. Y.
14. RAO, G. y GORIN, G. (1959). *J. org. Che.* N° 24, 749.
15. TURBA, F. (1954) *Chromatographische Methoden in der Proteinchemie* Springer, Berlín.
16. VASSILIADIS, A. (1963), *Tex. Res. J.*, 33,5.
- 17.a ZAHN, H. - OSTERLOCH, (1956), *Makromol. Chem.* 16, 183.
- 17.b ZAHN, H. y col. (1960), *J. Tex. Inst.* 51, 740.
- 17.c ZAHN, H. y BLANKENBURG, G. (1963), *Textil Rund.* 10, 523.

VARIACION DEL CONTENIDO DE LANTIONINA A LO LARGO DE LA FIBRA DE LANA



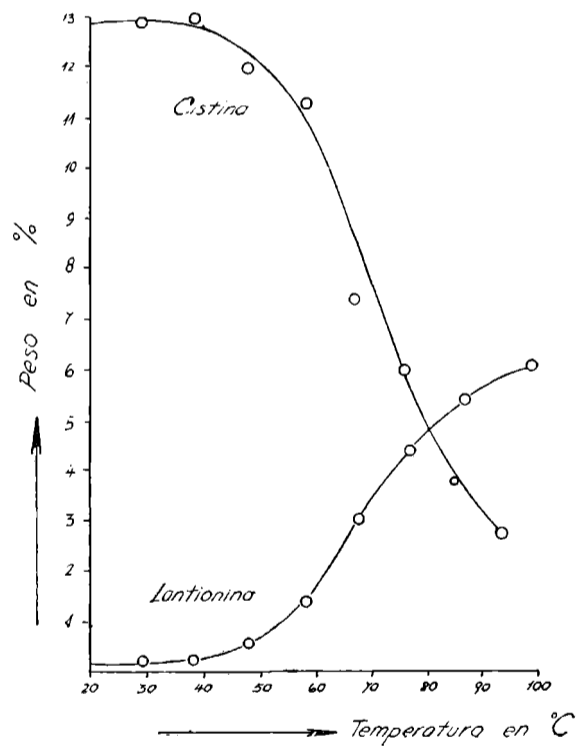
Nº 1



Nº 2

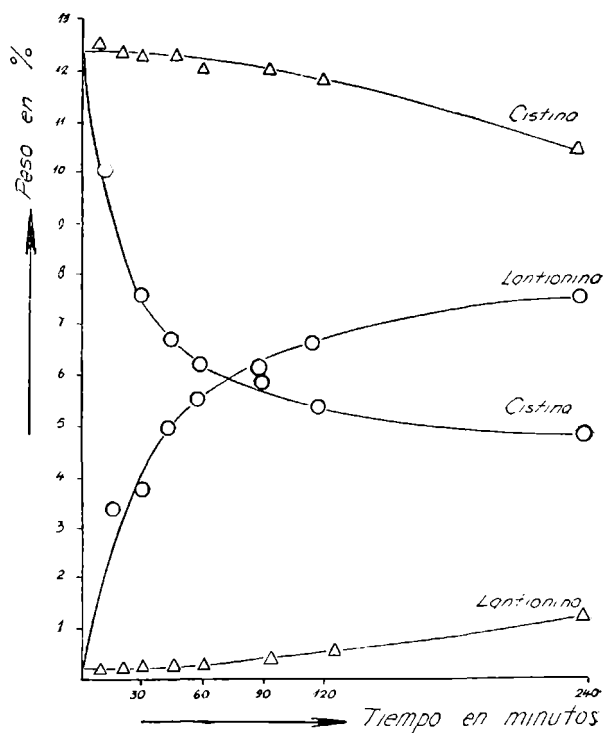
Formación de lantionina y cisteina con un tratamiento de la lana con solución N/10 de carbonato de sodio a la temperatura de 45°C.

CONTENIDO DE CISTINA Y LANTIONINA DESPUES DE
TRATAMIENTO DE LANA CON N/10 Na_2CO_3 A DISTINTAS
TEMPERATURAS



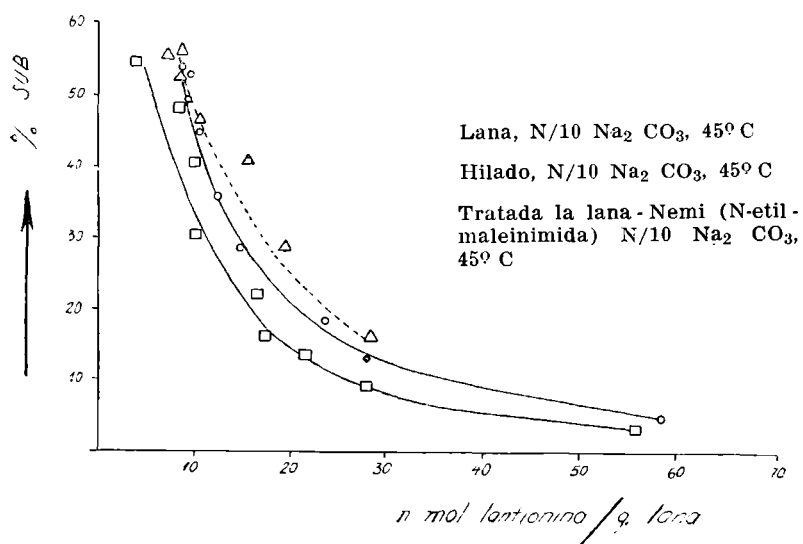
Nº 3

CONTENIDO DE CISTINA Y LANTIONINA DESPUES DE LA ACCION DE N/10 Na₂ CO₃ Y N/10 Na OH SOBRE LANA A 45 °C



Nº 4

RELACION ENTRE SOLUBILIDAD, UREA, BISULFITO Y CONTENIDO DE LANTIONINA EN LANA TRATADO CON SODA



Nº 5

LAS EDADES DEL CENOZOICO MAMALIFERO DE LA ARGENTINA, CON ESPECIAL ATENCION A AQUELLAS DEL TERRITORIO BONAERENSE

Por ROSENDO PASCUAL, ENRIQUE J. ORTEGA HINOJOSA,
DOLORES GONDAR Y EDUARDO TONNI (*)

RESUMEN

La primera parte del trabajo ha sido dedicada a discutir los problemas de la Clasificación, Terminología y Nomenclatura estratigráfica en la Argentina. Sucintamente se analizan las dificultades que los estratígrafos argentinos actuales encuentran en estos aspectos por la falta de claridad que ha regido la distinción de las unidades y los nombres aplicados a las rocas, a las faunas y al tiempo. Como en los EE. UU. se han vivido situaciones semejantes, se analizan las proposiciones de su Código Estratigráfico, y su aplicabilidad a la Estratigrafía de Argentina. Especialmente se analizan las exigencias formales de la clasificación cronoestratigráfica y geocronológica, y la practicabilidad de sus equivalencias. Dado que en la distinción de las unidades cronoestratigráficas y geocronológicas no se han seguido en la mayoría de los casos las proposiciones del Congreso Geológico Internacional de Copenhague, de 1961, ni las del mencionado Código norteamericano, los autores eluden premeditadamente el uso de la clasificación cronoestratigráfica y sólo aplican la clasificación geocronológica. Pero al reconocer las Edades del Cenozoico mamalífero de Argentina lo hacen con el significado que le diera en los EE. UU. Savage, es decir, Edades-mamífero ("Land-Mammals Ages"), señalando que su correspondencia con las Edades reconocidas según las exigencias formales vigentes y su equivalencia con los Pisos respectivos serán determinadas por el avance de los estudios, y por el sometimiento más riguroso a los cánones estratigráficos.

La segunda parte del trabajo se dedica al análisis de los criterios que se han seguido para reconocer las Edades-mamífero, y se analizan las bases de sus correlaciones continentales y extracontinentales, y por ellas se las asigna a las Epocas universalmente reconocidas. Las conclusiones se sintetizan en dos cuadros: uno de todas las Edades-mamífero de Argentina y su correlación con las Edades de América del Norte y Europa, y otro de las Edades del Cenozoico mamalífero representadas en la provincia de Buenos Aires, indicando la asignación a ellas de las unidades litoestratigráficas fundamentales reconocidas hasta el momento.

Finalmente se incluye una lista sistemática de los taxa de mamíferos de cada Edad, y se señalan para cada una de ellas los "fósiles guías" y los "fósiles característicos", indicando además aquellos taxa que aparecen y desaparecen en cada una.

(*) Profesor y alumnos de la Cátedra de Paleontología Vertebrados de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata.

Durante la confección de la **Parte IV: Vertebrata**, de la **Paleontografía Bonaerense**, que la Comisión de Investigación Científica de la provincia de Buenos Aires nos encargara, surgieron una serie de problemas, especialmente de carácter terminológico y nomenclatorial, al referirnos a las unidades estratigráficas mamalíferas del territorio bonaerense; derivaban ellos de la falta de claros conceptos estratigráficos y de las peculiares características litológicas de tales unidades. Nos vimos por ello obligados a intentar alguna ordenación que satisficiera nuestro propósito original de establecer una cronología de las unidades diversamente reconocidas en la llanura pampeana por el estudio de sus vertebrados fósiles, casi exclusivamente mamíferos. Tal intento se concretó en un opúsculo que constituyó la introducción a ese trabajo. La discusión promovida por diversos especialistas durante su realización nos alentó a intentar ahora un trabajo algo más extenso, que consideramos podía servir para mayores discusiones, de las que eventualmente podrían surgir algunas bases para la elaboración de un Código Argentino de Estratigrafía, tan necesario en nuestro medio geológico. Tales son las razones que motivaron este trabajo.

Queremos agradecer a la Comisión de Investigación Científica de la provincia de Buenos Aires, el que nos permitiera publicar aparte los resultados básicos alcanzados, y especialmente al doctor Angel V. Borrello, directivo y secretario de publicaciones de esa Comisión.

También queremos destacar nuestro agradecimiento a los doctores Sergio Archangelsky, Francisco Fidalgo y Marcelo Irigoyen por haber leído y criticado el trabajo. Sin dudas sus sugerencias nos permitieron alcanzar una más clara y ajustada expresión de nuestras ideas.

ABSTRACT

"The ages of the Mammal-bearing Cenozoic of Argentine specially those of the Buenos Aires territory.

The first part of the paper deals with the stratigraphical classification, terminology and nomenclature of units specially those mammal-bearing of Argentina. Difficulty is emphasized in applying stratigraphical codes in connexion with the stages and ages. Savage criteria is here adopted recognizing only Land-Mammal Ages. The second part analyzes the criteria used for recognizing the Argentine Land-Mammals Ages specially those of the Province of Buenos Aires. An attempt is made to correlate them with those of Europe and North America. Finally a systematic list ending with the genus with indication of "guide fossils" and "characteristic fossils", etc., of each Land-Mammal Ages of the Province of Buenos Aires is displayed.

I. INTRODUCCION

No existe en nuestro país un consenso sobre los criterios que deben substanciar la clasificación, terminología y nomenclatura estratigráficas. Ya lo ha dicho Simpson (1941:4): "Como en la geología de América del Norte, la taxinomia estratigráfica de Argentina ha sido muy confusa por falta de claridad en la distinción de las unidades y los nombres aplicables a las rocas, a las faunas y al tiempo". No es el caso analizar aquí los diversos criterios usados por los investigadores argentinos, ⁽¹⁾ pero vale la pena recalcar que si aún entre los geólogos los criterios clasificatorios y los procedimientos terminológicos y nomenclatoriales han sido diversos, diferentes lo han sido también los usados por los paleontólogos de los vertebrados.

La estratigrafía, y más concretamente la cronología del Cenozoico argentino ha sido basada fundamentalmente en la secuencia de los frecuentes mamíferos exhumados de sus estratos. Los nombres usados por los paleontólogos de vertebrados en la mayor parte de los casos han sido incorporados al acervo consuetudinario de los geólogos y paleontólogos casi por lo general sin un análisis crítico de su procedencia. Entendemos en nuestro caso que el problema vigente no es meramente nomenclatorial o terminológico, sino conceptual. Por ejemplo, el criterio usado por los paleontólogos de los vertebrados en la estratigrafía y cronología del Cenozoico mamalífero argentino no es el familiarmente usado por los geólogos, y sin embargo la terminología y nomenclatura usada por ambos es la misma. El simple nombre Chapadmalense, por ejemplo, tiene comunes y distintas connotaciones para un geólogo y para un paleontólogo. Las comunes se refieren a su significación cronológica respecto del cuadro universal o de la secuencia regional; pero un geólogo caracteriza al Chapadmalense fundamentalmente por su litología particular, mientras que el paleontólogo de vertebrados lo hace fundamentalmente por su contenido de mamíferos. Es decir que según los especialistas este simple nombre tiene denotaciones cronológicas y litológicas o faunísticas. Y ésto es aplicable perfectamente a todas las demás entidades estratigráficas o cronológicas que se han reconocido por el estudio de los mamíferos fósiles ⁽²⁾. Más aún, ha existido en la práctica una evidente confusión entre la significación de algunos términos cronoestratigráficos y litoestratigráficos; por ejemplo, indistintamente se ha usado Piso por Formación y viceversa, sin tener en cuenta que no existe ninguna correspondencia puesto que la formulación y substanciación de ellos se basa formalmente en criterios muy distintos.

En los Estados Unidos se han vivido problemas llamativamente similares durante el estudio del Cenozoico mamalífero, por lo que los esfuerzos allí realizados para encontrar soluciones pueden ser incorporados perfectamente a nuestra experiencia adaptándolos a nuestras exigencias regionales y salvando así pasos innecesariamente dilatorios.

(1) Sugerimos la lectura de Simpson, G. G. 1940: 687-698.

(2) Y también lo es para muchas otras entidades reconocidas por otros métodos.

La primer tentativa en nuestro país en este sentido fue realizada por J. Kraglievich (1952), la que constituye una buena base de partida, aunque necesariamente precisa algunos ajustes y adaptaciones a las exigencias formales vigentes y al progreso del conocimiento. Como en los Estados Unidos, la cronoestratigrafía del Cenozoico argentino se ha hecho fundamentalmente sobre la base del "agregado" (3) de mamíferos reconociendo implícita o explícitamente "Edades". Savage, D. E. (1962) y Evernden, J. F. et al. (1964) han denominado a éstas "Land-mammals ages", que podríamos traducir como Edades-mamífero, pero reconociendo que "are not the same as the ages that signify duration of the formalized Stages of modern practice Stratigraphy". Efectivamente, de acuerdo a las definiciones formales, e. g. American Code of Stratigraphic Nomenclature (1961, art. 36), las "unidades geocronológicas son divisiones temporales diferenciadas sobre la base del registro litológico, particularmente expresadas por las unidades cronoestratigráficas". Así, la Edad está definida como el tiempo durante el cual el correspondiente Piso (4) fue depositado (art. 37). De acuerdo con esta definición una Edad sólo puede ser establecida previa definición del correspondiente Piso. Más aún, aquel Código (art. 26 a) aconseja "tener cuidado en definir las unidades geocronológicas en términos de unidades cronoestratigráficas y no viceversa".

En nuestro país, como en los Estados Unidos, este prerequisite no se ha cumplido en la mayoría de los casos. Si no aceptamos el criterio de Wood, A. E. et al. (1941) según el cual en el caso de depósitos continentales variables el Piso es una abstracción "consistente simplemente de todos los depósitos continentales fechados como de una determinada Edad", y aceptamos las imposiciones formales del código estadounidense, o las más exigentes de Savage (op cit.) y Evernden et, al. (op. cit.), terminaremos por admitir que en nuestro Cenozoico mamalífero no se han reconocido substancialmente Pisos. Por consecuencia las Edades reconocidas no cumplen

(3) Quizá este término usado por EVERNDEN, J. F. et. al. (1964) no resulte para el caso el más apropiado, pero estamos seguros que resulta impropio el uso de comunidad, asociación, y menos aún biocenosis por sus más complejas denotaciones. Tanto en la datación relativa de los estratos mamalíferos como en su correlación el concepto cenogenético (fide Sukachev, 1944, 1958; en Reig, O. A. 1962) es su piedra fundamental, por lo que nuestro trabajo es fundamentalmente cenocronológico (sensu Reig, op. cit.). Sin embargo, la imperfección del registro paleontológico, la imposibilidad de lograr una ajustada evaluación de las condiciones ambientales, etc., impiden usar sin distorsiones semánticas los términos acuñados para la ecología y biogeografía dinámica. Por eso, à faute de mieux, preferimos provisionalmente usar "agregados" con la aclaración de que: (a) sólo se aplican a los mamíferos terrestres; (b) en cada caso se refiere a formas que aparecen como coevas; (c) están integrados por géneros y especies; (d) no representan seguramente la totalidad de los taxones vivientes en ese "momento".

(4) En el XXI Congreso Internacional de Geología de Copenhague (1961) quedó formalmente establecido que el término español equivalente a Stage es Piso (Part. XXV, página 37). Aunque este término en español ha sido usado desde hace mucho tiempo en nuestro país, como se dijo, lo fue también con otros significados distintos al puramente cronoestratigráfico. Dentro del ambiente de nuestros especialistas nadie ha usado este término correctamente. J. KRAGLIEVICH (op. cit.) y KRAGLIEVICH, J. y DE OLAZÁBAL, A. G. (1959) usaron Edades, aunque sin establecer su equivalencia con los correspondientes Pisos, y con la desinencia *iana* o *ana*, en lugar de *ense*, que no es más que una castellanización de la grafía inglesa.

con las exigencias mencionadas, de manera que debemos admitir que nuestras "Edades" son Edades-mamífero. Los paleontólogos de vertebrados estamos convencidos que dentro del Cenozoico los mamíferos continentales proveen actualmente la mejor base para el reconocimiento de "Edades", para la determinación de los planos temporales de los Pisos, y aún para la asignación de Formaciones a Pisos. Si el reconocimiento de estas "Edades" se ha hecho un poco unilateralmente, sin un riguroso sometimiento a las exigencias formales vigentes, en un punto que exige mayores discusiones. En todo caso su correspondencia con las Edades formales serán precisadas a medida que se cumplan con aquellas exigencias; pero mientras tanto, con un sentido puramente pragmático, estas Edades resultan perfectamente aceptables por su correspondencia con los resultados de otras técnicas (K/A, Evernden et. al. op. cit.) y porque representan verdaderas secuencias temporales apoyadas en su verdadera significación evolutiva.

No intentaremos discutir particularmente la validez de los criterios usados, pero creemos que el código estadounidense es, en lo referente a la equivalencia de las unidades cronoestratigráficas con las geocronológicas, muy ambiguo; sus provisiones son ni muy claras ni completas y muchas veces contradictorias (5). Esto es perfectamente válido cuando, por ejemplo, se desea lograr por él una ajustada definición y equivalencia de Piso y Edad. Pero aún las proposiciones de Savage, D. E. (6) para el reconocimiento de un Piso suficientemente substanciadas nos parecen escapar en la mayoría de los casos de la realidad, ya que muchas resultan impracticables.

Lo cierto es que —repetimos— en nuestro país no se ha cumplido ni siquiera parcialmente las provisiones formales para el reconoci-

(5) Un análisis del significado de los conceptos básicos de la Estratigrafía, tan subjetivo como certero a veces, fue hecho recientemente por H. HARRINGTON (1965). Muchas de sus observaciones son por cierto aplicables a este Código, y en general a los conceptos consuetudinariamente adoptados por los geólogos preocupados por los complejos problemas estratigráficos. Sin embargo, muchos conceptos de este autor exigen ser discutidos ampliamente antes de su aceptación o rechazo, por lo que preferimos seguir usando un criterio "oficial", como el del Código Norteamericano, por simples razones de orden.

(6) 1. Una sección columnar tipo de los estratos en base a los cuales se funda el Piso. En la descripción de la sección tipo se debe puntuar:

- a) Límite estratigráfico del agregado o agregados fósiles que caracterizan el Piso.
- b) Pisos sub y suprayacentes (Se admite que la conducción óptima de encontrar una sucesión columnar de tres Pisos puede no encontrarse nunca).
- c) Distinción de las unidades litoestratigráficas (Grupos, Formaciones, Miembros) y bioestratigráficas (Zónulas, Faunizonas) representadas en la sección tipo.

2. Identificación sistemática y descripción substancial de los fósiles característicos con:

- a) Límite vertical de cada taxón en esa localidad, preferentemente demostrado por métodos gráficos.
- b) Límite vertical de cada taxón en la totalidad de su distribución geográfica.

3. Descripción de otras secciones estratigráficas preferibles al Piso, ofreciendo la información pedida en 1 y 2.

4. Interpretación de los límites ecológicos y de posibles provincias faunísticas representados, su probable extensión lateral y vertical y sus límites geográficos dentro del Piso.

5. Correlaciones.

miento de la unidad "standard" Piso dentro del Cenozoico mamalífero, por lo que las Edades reconocidas no podrian ser aceptadas.

Basadas nuestras Edades exclusivamente en el agregado de mamíferos superficialmente pueden aparecer como unidades de una clasificación bioestratigráfica, ya que por definición éstas son "cuerpos de estratos caracterizados por su contenido de fósiles contemporáneos con su depositación". Sin embargo no es así, ya que la definición se basa en los taxa bióticos presentes en las rocas como tales, con prescindencia de la Edad inferida de ellos.

Quizá todas las dificultades clasificatorias y terminológicas de nuestro Cenozoico mamalífero pueden encontrar solución si reincorporamos a nuestro uso el término Fauna, de alguna manera con las denotaciones que le diera F. Ameghino (especialmente 1906), aunque con necesarias modificaciones y más preciso significado. Recientemente Wilson, J. A. (1959) ha incorporado este término, que formalmente no ha sido incluido o discutido en ningún Código estratigráfico pero que no se opone a ninguna de las provisiones de éstos. Este término se complementa de alguna manera con aquel de **Fauna local** ("local fauna") introducido por Wood, A. E. et. al. (op. cit.), aunque su significación y alcance sería de mayor magnitud. Sin embargo, el significado dado por Wilson es algo distinto al de Ameghino. Este último autor, según el uso que hizo del mismo, le dio fundamentalmente una significación cronológica, o para expresarlo mejor biocronológica. De alguna manera sería un equivalente biocronológico del término bioestratigráfico Cenozona. Pero tanto Ameghino como Wood et. al. y Wilson no establecieron una clara distinción entre Fauna, Fauna Local y las rocas donde aparecen, como lo ha remarcado para estos últimos casos Simpson, G. G. (M. S.), aunque en los hechos —como lo dice Wilson— una Fauna caracteriza a una Faunizone (Cenozona o Zona) de la clasificación bioestratigráfica.

Implicitamente el uso de aquellos términos significaría la incorporación a la Estratigrafía de una nueva clasificación, que Simpson (M. S.) ha denominado clasificación biótica (7), distinta pero paralela a la clasificación bioestratigráfica, con una relación análoga a la existente entre la clasificación geocronológica y la clasificación cronoestratigráfica.

Nosotros por el momento preferimos seguir usando para la estratigrafía de nuestro Cenozoico mamalífero la clasificación geocronológica, distinguiendo Edades con el significado que le reconociera Savage (op. cit.). Por ello es muy posible que nuestras Edades no guarden correspondencia con las que puedan reconocerse por la aplicación de otros métodos o por el uso de otras evidencias, pero por el momento los mamíferos son los elementos mejor conocidos

(7) Quizá más apropiado sería la denominación de "Clasificación biocronológica". Agradecemos a Simpson que nos permitiera consultar el trabajo que preparara como integrante del North American Continental Cenozoic Committee of the Society of Vertebrate Paleontology. Tal informe no fue discutido por el Comité *ad hoc* de manera que permanece inédito, lo cual es lamentable porque sus observaciones y proposiciones se adaptan extraordinariamente a las exigencias de la estratigrafía del Cenozoico continental de Argentina, especialmente al mamalífero, y en general significan un enfoque más realista de los problemas estratigráficos.

y los únicos que han provisto las evidencias básicas para reconocer una escala temporal del Cenozoico mamalífero de Argentina. Seguiremos, así, usándolos hasta que se demuestre fehacientemente que el método no es el mejor.

II. CRITERIOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE LAS EDADES ⁽⁸⁾ CORRELACIONES Y ASIGNACIONES A EPOCAS

Como bien lo ha remarcado Simpson (1940:69), el problema de la correlación de las formaciones mamalíferas de Argentina con aquellas de América del Norte y Europa "surge originalmente de la naturaleza única de los mamíferos de América del Sur, y de la larga aislación de este continente, que otorga a su fauna pocas posibilidades de comparación". A pesar de las limitaciones impuestas por esta especial característica, se han acumulado suficientes evidencias como para lograr un cuadro de las Edades y sus correlaciones que resulta hoy bastante aceptable.

El reconocimiento de las Edades se ha hecho según el criterio discutido en el capítulo precedente: por su agregado de mamíferos. El cuadro de ellas (Cuadros 1 y 2) y la caracterización por los mamíferos de aquellas de la provincia de Buenos Aires se insertan más adelante. Se verá que las entidades básicas y su secuencia temporal se ajustan a las ideas y proposiciones de Ameghino, F. (op. cit.), con las enmiendas de Frenguelli, J. (1930), Kraglievich, L. (1930; 1934), Simpson, G. G. (1940) y Kraglievich, J. (op. cit.) ya que a nuestro criterio son esencialmente las más correctas y aceptables. ⁽⁹⁾

Hemos dicho en el capítulo anterior que los mamíferos continentales proveen actualmente la mejor base para el reconocimiento de las Edades, para la determinación de los planos temporales, y aún para la asignación de Formaciones a Pisos. Pero la asignación de Formaciones a nuestras Edades (Edades-mamífero) no sería correcta si consideramos que los Pisos sobre los que debió basarse su reconocimiento no fueron formalmente propuestos como lo remarcamos anteriormente. Pero la realidad es que ni siquiera la mayoría de las Formaciones reconocidas fueron propuestas cumpliendo con las exigencias formales, de manera que nos encontramos en un *cul-de-sac*, atados de pies y manos e imposibilitados de intentar cualquier ordenación racional. Lo cierto es que en la práctica sabemos que tales o cuales estratos, referidos correcta o incorrectamente a una Formación determinada, contienen restos de mamíferos que por su estado evolutivo, por la presencia entre ellos de tipos de procedencia geográfica o cronológica conocida o inferida, pueden ser asig-

(8) Aunque los límites de este trabajo se encontraban originalmente en el Cenozoico mamalífero del territorio bonaerense, su obvia dependencia del conocimiento de todo el Cenozoico argentino exige un tratamiento más externo.

(9) El criterio usado por los primeros investigadores para la clasificación, terminología y nomenclatura del Cenozoico mamalífero de Argentina ha sido muy claramente discutido por los dos últimos mencionados, de manera que nuestra contribución se limitará a los aspectos que son discutibles y a la proposición de soluciones acordes con el estado actual del conocimiento.

nados a algunas de las Edades que hemos reconocido. Aplicando un necesario sentido práctico hemos referido las clásicas "Formaciones" (10) a las Edades reconocidas por el estudio de los mamíferos contenidos en ellas.

Creemos con Simpson (1940: 689) que no siempre se puede usar para reconocer límites temporales las fases orogénicas de los Andes, ya que no se han probado en todos los casos sus efectos en la secuencia cenozoica extraandina. Sin embargo, ciertos notorios cambios en la sedimentación, en la distribución geográfica de los sedimentos y en los tipos faunísticos aparecen sugestivamente relacionados. Indudablemente ellos se relacionan a las fases orogénicas andinas y por ello proveen una buena base para reconocer límites de mayor magnitud. Así lo comprendieron muchos investigadores al reconocer unidades mayores ("Formations", Ameghino, F. op. cit.; "Formacionès" (Ciclos faunísticos), Kraglievich, L., 1930; Grupos, Frenguelli, J. op. cit.) igualmente aplicables a rocas, tiempo y faunas. Aun cuando esta práctica es formalmente cuestionable y no igualmente válida en toda su extensión, es evidente que surgió de la percepción común de verdaderos acontecimientos naturales. Nadie puede dudar, por ejemplo, que el Grupo Sarmiento (Sarmientense o Tobas con Mamíferos) es distinto por su litología y distribución geográfica general del "Santacrucense", y que los sendos restos de mamíferos que contienen permiten reconocer dos "momentos mayores", muy distintos, de la evolución de los mamíferos sudamericanos. Más notoria es aún la diferencia litológica y distribución geográfica del denominado "Grupo Arauco-entrerriano" con el

(10) La verdad es que el primero que comenzó a aplicar al Cenozoico mamalífero la nomenclatura litoestratigráfica para los latos nombres con la desinencia —ense fue J. KRAGLIEVICH (op. cit.). Pero a pesar de la bondad del intento creemos que no ha sido lograda una clara distinción de todas las Formaciones que él creyó reconocer (V. TERUGGI et. al., 1957). Y se debió a que es muy difícil encontrar dentro de la serie sedimentaria que representa el Cenozoico en la provincia de Buenos Aires unidades litológicas con características verdaderamente distintivas, ya que el rasgo predominante es la uniformidad litológica. Esta homogeneidad aparece más intensamente expresada en la constitución mineralógica (TERUGGI et. al., op. cit.). Por lo tanto, el reconocimiento de Formaciones, con límites más o menos precisos, ha sido en la mayor parte de los casos extremadamente subjetivo y convencional. Además, la extensión areal de los afloramientos en la dilatada llanura bonaerense es ciertamente muy limitada, ya que en la mayoría de los casos se restringen a cortes naturales en los cursos fluviales, exposiciones superficiales a lo largo de grandes cursos (e.g. Formación Ensenada en las costas del Río de la Plata), barrancas marinas, etc., que aunque muy prolongadas en muchos casos, no permiten reconocerlos ciertamente más que en una dimensión. Estos caracteres especiales impiden reconocer unidades mapeables, condición enfáticamente señalada como esencial para diferenciar una Formación. Debemos admitir que la distinción de la mayoría de las Formaciones mamalíferas del territorio bonaerense se ha hecho bajo la influencia de los testimonios paleontológicos, especialmente por los mamíferos, los cuales han permitido "usar" dudosas diferencias litológicas y presuntas discordancias o diastramas para marcar límites que con un criterio puramente geológico no hubieran alcanzado, en la integridad de la secuencia estratigráfica cenozoica bonaerense, valor semejante. No obstante la caracterización de algunas Formaciones parece ser bastante neta y estamos seguros que estudios litoestratigráficos más detenidos con la aplicación de nuevos métodos o técnicas permitirán reconocer diferencias litológicas que hagan accesible una división en Formaciones menos dudosas. Hasta tanto esto sea posible, reconociendo los vicios aplicados, seguiremos usando las unidades tan ampliamente difundidas en la literatura especializada, ya que no nos atrevemos actualmente a proponer alguna modificación debidamente fundamentada. (Véase el Postscriptum).

CUADRO I

EPOCAS		E D A D E S		
		Eu. (1)	N. A.	S. A. (Argentino)
PLEIST.	S	Versiliense	Rancholabrense	Lujanense
	M	Tirreniense	Irvingtonense	Ensenadense
	I	Siciliense Calabriense	J	Uquiense
PLIOCENO	S	Astiense	m t Blanquense	Montehermosense
	M	Plaisancense	Henfilense	Huayqueriense
	I	Pontiense	Clarendonense	Chasiquense ? — ? — ?
MIOCENO	S	Sarmatiense	Barstovense	Friasense ? — ? — ?
	M	Vindobonense Tortonense Helvetiense	Hemingfordense	Santacruzense
		Burdigaliense		
	I	Aquitaniense	Arikareense	Colhuehuapense
OLIGOC.	S	Chattiense	Whitneyense	
	M	Rupeliense	Orellense	Hiato Deseadense
	I	Sannoisiense	Chadronense	Hiato
EÓCENO ₂	S	Ludense	Duchesnense	Divisaderense ? — ? — ?
		Bartonense	Uintanense	Hiato
	M	Luteciense	Bridgerense	Mustersense
	I	Cuisiense	Wasatchense	Hiato ? — ? — ?
		Sparnaciense		Casamayorenses
PALEOCENO	S	Thanetiense	Clarkforkense	Riochiquense ? — ? — ?
			Tiffanense	
	M	?	Torrejonense	?
			Dragonense	
I		Puerquense		

(1) No hay consenso en el reconocimiento de los Pisos/Edades pleistocénicos por el estudio de los mamíferos de los depósitos continentales europeos. Por eso hemos preferido usar los Pisos reconocidos por el estudio de las unidades marinas del Mediterráneo; pero como sus correlaciones con los Pisos de América del Norte y del Sur son difíciles de reconocer con seguridad, sólo hemos señalado su sucesión.

En cuanto a Villafranquense, seguimos el criterio de Bonifay (1964: 219), para quien "n'est pas et ne peut pas être pris pour un étage géologique...". En todo caso, siguiendo la tendencia moderna, podría considerárselo como equivalente continental del Calabriense, aunque está demostrado que dentro de la "fauna villafranquense" se distinguen agregados que corresponderían al lapso comprendido entre el Plaisancense medio (Plioceno medio) y el Calabriense superior (Pleistoceno inferior) de los Pisos/Edades mediterráneos.

CUADRO II

FORMACIONES CONTINENTALES		PERIODO	SUBEPOCA	EDADES - MAMIFERO
MARINAS				
SAMBOROMBÓN				
?	LUJÁN	CP	SUP.	
BELGRANO	SANTA ISABEL incl. Cobos	UL	NEOPLEIST.	LUJANENSE
?	BUENOSAIRES	AE		
INTERENSENADENSE	ARROYO SECO	TE		
	ENSENADA	ERT	MESOPLEIST.	ENSENADENSE
	VOROHUÉ	NO		
	incl. SAN ANDRÉS	AC	SUP.	
	BARRANCA DE LOS LOBOS	RE	EOPLEIST	UQUIENSE
	CHAPADMALAL	NO		
	MONTE HERMOSO	RE	SUP.	MONTEHERMOSENSE
?	EPECUEN	NO	NEOPLIOC.	
"ENTRERRRIENSE"	RÍO NEGRO	PL		
"RIONEGRENSIS"	?	TE	MESEPLIOC.	HUAYQUERIENSE
	A° CHASICÓ	RO	EOPLEIOC.	CHASIQUENSE
PARANA		CE		
		NO	NEOMIOCENO	SANTACRUZENSE
		RI		
		OC		

Las unidades mamalíferas del territorio bonaerense. Correlaciones y Edades.

"Santacruzense", que representa a su vez un tercer "momento mayor" en la evolución de los mamíferos ⁽¹¹⁾ que llevó a Kraglievich, L., a relacionarlo bajo el mismo nombre con uno de sus "ciclos faunísticos". La misma base es la que sirvió a Simpson (1940:690) para correlacionar distintos *stratigraphic groups* con "tipos faunísticos", entre los que reconoce como más superiores al Araucaniano y al Pan-pampeano, a los que pertenecen los mamíferos hallados en el territorio bonaerense.

Un análisis de las evidencias usadas para la datación relativa y para la correlación de las primeras Edades-mamífero del territorio argentino (Cuadro 1) permitirá extraer las bases para su aplicación a las Edades-mamífero representadas en el territorio bonaerense (Cuadro 2). Consideraremos sólo las evidencias provistas por los mamíferos y en forma somera, aunque de pasada mencionaremos otras incorporadas últimamente a nuestro conocimiento.

Aún cuando los primeros mamíferos hallados en América del Sur (Formación Itaborai, Brasil; Formación Río Chico, Chubut, Argentina) tienen —como se dijo— un marcado carácter autóctono que impide su comparación con los mamíferos de cualquier otra parte del mundo, hay entre ellos un grupo de Condylarthra, los Didolodontidae, que se asemejan a formas del Paleoceno y Eoceno inferior norteamericano. Sin embargo, los agregados de mamíferos de las Formaciones Río Chico y Casamayor son más semejantes entre sí que el de esta última y aquel de la Formación Musters (Simpson 1935 a y b; Ameghino, op. cit.). Este hecho parece cuestionar la asignación de las tres Formaciones a sendas Edades e indicar que las dos primeras podrían ser referidas a la misma Edad. No obstante, (1) la relación estratigráfica entre el "Salamanquense" —probablemente Paleoceno inferior— y la Formación Río Chico; (2) la primera y última aparición en ésta de un orden de mamíferos (Xenungulata) de evolución paralela a la de los Dinocerata de América del Norte (Paula Couto, 1952); y (3) la existencia de algunas formas primitivas de Marsupialia, Litopterna, Notoungulata y (?) Astrapotheria (Trigonostylopiidae) llevaron a reconocer una Edad Riochiquense, que tentativamente aceptamos.

Tomando como base la Edad Casamayoreense, el grado de evolución de los sucesivos agregados de mamíferos y el valor comparativo de los hiatos reconocidos entre ellos, los paleontólogos habían elaborado un cuadro cronológico y efectuado correlaciones que cada día encuentran mayores evidencias confirmatorias. De tal manera se reconocieron después de la Edad Casamayoreense una Mustersense, una Deseadense y otra Colhuehuapense (Cuadro 1), separadas entre sí por hiatos, reconociéndose como de mayor extensión a aquel entre la segunda y tercera Edades. Los restos de mamíferos fósiles de la Formación Divisadero Largo de Mendoza (Simpson G. G. et al., 1962 y los trabajos allí citados) parecen llenar en buena parte este gran hiato. Por otro lado, es muy probable que los Estratos de Cosquín (Linares, E. et al., 1961) provean nuevos restos de ma-

(11) V. PASCUAL, 1961; PASCUAL et al., 1965.

míferos que demuestren corresponder a una Edad aproximada a la de aquellos de la Formación Divisadero Largo. Los restos hallados hasta el momento son de formas tan primitivas como muchas de las de Divisadero Largo, pero conociendo el desusado tipo de agregado de esta Formación no sería extraño el hallazgo también en los Estratos de Cosquín de formas en un nivel evolutivo más avanzado. Tampoco debe desecharse la posibilidad de que puedan hallarse fuera de Patagonia otras Formaciones mamalíferas de la misma Edad. Tal puede ser el caso del "Castillense" de Kraglievich, L. (Martínez, C., 1958). Consideramos, pues que hay suficientes evidencias como para reconocer una nueva Edad entre la Mustersense y la Deseadense, que proponemos denominar Divisaderense por obvias razones. Pero, en todas estas Edades del Eógeno argentino no existe ningún mamífero que permita su comparación directa con aquellos que poblaron los demás continentes, de manera que la inferencia de la antigüedad y correlación se obtuvo fundamentalmente por una verdadera interpolación entre las Formaciones marinas mejor datadas que establecen los límites stratigráficos inferior y superior. Sin embargo, la aparición de los primeros roedores en unidades referibles a la Edad Deseadense permite establecer mejor las correlaciones de esta Edad. Si aceptamos con Wood, A. E. y Patterson, B. (1959: 387-388) que *Rapamys* del Eoceno superior de América del Norte (Duchesnense) representa al "stock" antecesor de los primeros roedores sudamericanos, la Edad Deseadense correspondería por lo menos al Oligoceno. Aún admitiendo que el ritmo evolutivo de los roedores inmigrantes fue particularmente rápido desde su emplazamiento en el continente sudamericano, el proceso de la diferenciación de sus descendientes autóctonos debió de insumir cierto tiempo, que bien pudo ser el correspondiente a la primera parte del Oligoceno, como lo señalaron ya Wood, A. E. y Patterson, B. (op. cit.). Aunque es imposible evaluar con certeza la extensión de este lapso, de una manera general sí podemos reconocer que la Edad Deseadense no representa a la primera parte del Oligoceno. Siguiendo el mismo orden de razonamientos cabe admitir que las Edades Casamayorenses, Mustersense y Divisaderense representan al Eoceno inferior, medio y superior, respectivamente. La referencia de la Edad Divisaderense al Eoceno superior es procedente por la ausencia de roedores y por su tipo de agregado, donde coexisten "tipos mustersenses" con "tipos deseadenses" (v. gr. *Trachytheriinae*, *Ethegotherium*). De tal manera el gran hiato reconocido entre la Edad Mustersense y la Edad Deseadense quedaría ahora retringido a la primera parte del Oligoceno.

Tal juego de ideas llevó a considerar que la Edad Colhuehuapense representaría la finalización del Eógeno o Paleógeno, y que la ingresión marina "Patagónica" marcaría los comienzos de los tiempos neógenos. El "Superpatagónica" y la Edad Santacrucesense que le suceden habían sido referidos modernamente a la parte media del Mioceno, más concretamente a la parte inferior del Mioceno

medio. Estudios recientes de los microfósiles del "Superpatagoniense" (Becker, 1964) confirman en general esta asignación. Por otro lado el análisis radiactivo (K/A) de una muestra de sedimento de la Formación Santa Cruz (Everden et. al., op. cit.: 192) dio $21,7 \times 10^6$ años, corroborando su correlación con la Edad Hemingfordense de América del Norte y la Edad Burdigaliense de Europa, como se había inferido por el estudio de los mamíferos. A la Edad Santacrucense así iniciada referimos las unidades "Colloncureense" y "Friasense", considerando que sus mamíferos integran un tipo algo más evolucionado que los de la Formación Santa Cruz pero básicamente similares (12).

La presencia de algunas formas de mamíferos relictuales de Edad Santacrucense en la Formación Arroyo Chasicó, y en otras formaciones correlacionables de otras partes de Argentina (Pascual, 1965), y la diferenciación neta de un tipo de mamíferos pan-araucanianos (Araucanianos, *sensu* Simpson op. cit.) ha sido el fundamento en que se basó el reconocimiento de una Edad Chasiquense, referible al Plioceno más inferior. Los comienzos de esta Edad parecen vincularse a procesos geológicos y biológicos que guardan una aparente relación (Pascual, 1961; 1965). Patterson (Com. pers.) ha sugerido como más natural refundir la Edad Chasiquense y la inmediata Edad Huayqueriense en una sola, reconociendo en ellas a dos Sub-Edades. En verdad, según se usen las evidencias provistas por los mamíferos, se justificaría tal criterio, aunque a nuestro juicio tentativamente conviene mantener la Edad Chasiquense apoyados en la presencia de mamíferos pan-santacrucianos y en el carácter primitivo de sus elementos pan-araucanianos, que son predominantes.

La aparición de carnívoros placentarios, roedores cricétidos, artiodáctilos, perisodáctilos y proboscídeos en las siguientes Edades, de indudable origen neártico, permite por primera vez una correlación relativamente directa con las Edades norteamericanas. Obviamente esta aparición es el resultado del surgimiento de una conexión continental entre ambas Américas, por lo que la datación de este evento es sumamente importante. Se ha dicho que los prociénidos (ositos lavadores) fueron los primeros inmigrantes norteamericanos y que aparecen en el "Mesopotamiente", por lo que este "Piso"/"Edad"

(12) Como lo ha dicho SIMPSON (1940: 665), los mamíferos de la Formación Colhué-Huapi y los de la Formación Santa Cruz son "reconociblemente diferentes, pero el promedio de esta diferencia es tan baja que sugiere estados sucesivos muy próximos de la misma fauna general, a pesar de la intercalación de capas marinas entre ellos. El tiempo representado por el Patagoniense y el Superpatagoniense juntos no puede ser muy largo, geológicamente hablando. Es más corto que el tiempo representado por cualquiera de los tres hiatos mayores de la serie eógena". Quizá por ello el reconocimiento de una Edad Colhuehuapense resulte exagerado, pero un análisis detenido de sus respectivos agregados de mamíferos, y de su comparación, escapan a los propósitos de este trabajo. Las capas de Pintura y su fauna de *Astrapothericulus*, y el Karaikenense de KRAGLIEVICH los incluimos en la misma Edad Santacrucense, ya que no hay elementos que se opongan.

representaría la concreción de aquel evento. Sin embargo, sostenemos que: (a) los prociénidos aparecen en el "Araucaniano" *s. str.* por primera vez (i. e. durante la Edad Huayqueriense), y que el denominado "Mesopotamiente" es cronológicamente posterior (Pascual, R. y Bondesio, P., 1961); (b) seguramente, como ya lo sostuviera Patterson, B. (1937), los prociénidos adelantaron su ingreso al momento del establecimiento definitivo de la conexión entre ambas Américas. Los antecesores de las primeras formas sudamericanas conocidas parecen hallarse en formas del Mioceno superior o Plioceno inferior norteamericano (Simpson, G. G., 1940:694; Kraglievich, J. y de Olazábal, A. G. op. cit.: 36-45); (c) la aparición en nuestras latitudes de los inmigrantes norteamericanos no permite una ajustada datación del momento de la conexión, ya que resulta muy verosímil que su ingreso a América del Sur debió de producirse antes de su aparición en las regiones australes. Apoyan estas inferencias los datos geológicos que databan los comienzos de esa conexión para el Mioceno superior o el Plioceno inferior (Nygren, 1950), aunque en general los demás autores que han trabajado sobre la geología del sur de América Central y del septentrión sudamericano, y sobre la datación del o los acontecimientos que hicieron posible un intercambio de vertebrados terrestres entre ambas Américas, señalan de una manera general que éste pudo realizarse desde el Plioceno, y de una manera más efectiva desde el Plioceno superior. El hallazgo reciente de mamíferos en la zona del Canal de Panamá no hace más que confirmar estas conclusiones, aunque no permite ubicar con certeza en qué momento o momentos del Plioceno pudo iniciarse el intercambio faunístico (V. Whitmore, F. C. y Stewart, R. H., 1965, y los trabajos sobre el tema allí mencionados). Todas estas evidencias, a las que se agrega la aparición en el Plioceno medio norteamericano (Edad Henfiliense) de *Megalonychidae* emigrantes de la América del Sur, nos llevan a referir la Edad Huayqueriense al Plioceno medio. (13)

En cuanto a la Edad Montehermosense, (14) su reconocimiento se ha basado fundamentalmente en la primera aparición de algunos tipos pan-araucanianos y en la aparición de los representantes de la "gran inmigración" neártica. Referida la Edad Huayqueriense al Plioceno medio cabe referir esta Edad al Plioceno más superior, correlacionándola al Blanquense más inferior de los Estados Unidos, donde también aparece por primera vez una variedad mayor de mamíferos de abolengo sudamericano (*Xenarthra*: *Megalonyx*, Pa-

(13) El uso de Huayqueriense (SIMPSON, G. G., 1940) en lugar del corriente nombre Araucanense se hace atendiendo a las valideras razones expuestas en parte por SIMPSON, G. G., 1940: 668, nota), y más concretamente por KRAGLIEVICH, J. (op. cit.: 36) y KRAGLIEVICH, J. y BING, O. (1954: 213, nota).

(14) Preferimos este nombre por razones de prioridad. Por otro lado, con una grafía diferente, pero con el mismo significado, fue usado por KRAGLIEVICH, J. y A. G. DE OLAZÁBAL (op. cit.: 45).

ramylodon, Glyptotherium). La asignación de las Formaciones Monte Hermoso y Chapadmalal a esta Edad se basa en que la diferencia de antigüedad, inferida de sus respectivos agregados de mamíferos, no debió de ser suficientemente grande; sospechamos, además, que en buena parte las diferencias surgen de su correspondencia a comunidades ecológicas distintas. No obstante, el porcentaje de identidad taxonómica es tal que corresponde su referencia a una misma Edad.

Todas las Edades reconocidas por Kraglievich, J., (op. cit.) entre la Montehermosense y la Ensenadense nos parecen inexistentes. (15) Nadie ha probado hasta ahora con suficientes pruebas que la Vorohuense es realmente una Edad distinta de la Uquiense. Aceptamos, pues, a la Edad Uquiense (16) como la intermedia entre la Montehermosense y la Ensenadense, desconsiderando las demás propuestas. La discutida cuestión del límite Plio-Pleistoceno está relacionada con la Edad Uquiense, ya que dos de los depósitos mamíferos referidos a esta Edad ("Uquiense" y "Puelchense") fueron los que hasta hace poco habían previsto los restos que "llenaban" el hiato faunístico reconocido entre el "Chapadmalense" y el Ensenadense. Sin embargo, el reconocimiento de esta Edad parece haberse apoyado originalmente en inferencias teóricas más que en evidencias incontrastables. Como ha dicho Simpson (1940: 696), el reconocimiento de los mamíferos de Uquia es insuficiente, y los que se conocen no parecen contener las formas convenientemente dagnósticas del límite pretendido. Aún es posible que los citados correspondan a más de una unidad, aparentemente referibles a Edades distintas (Kraglievich, L., 1934: 115). Los restos de fósiles extraídos del "Puelchense" estudiados desde 1933 por Rusconi contienen sin dudas mezcla de fragmentos de mamíferos provenientes de rocas más antiguas, pero contienen también los restos de una rica faúna de aspecto evidentemente post-montehermosense (Pan-pampeana). Rusconi (1948) correlacionó el "Puelchense" con las capas de Uquia, aunque los elementos supuestamente autógenos parecen ser más modernos que parte de la faúna conocida de Uquia. Por otro lado, los restos de mamíferos del "Puelchense" en la gran mayoría de los casos son muy fragmentarios y su determinación es a nuestro juicio más dudosa de lo pretendido por Rusconi. De todas maneras, parece que muchos de los mamíferos que corrientemente se creyeron exclusivos de la Edad Ensenadense se hallaban ya re-

(15) Ya este autor (1959: 6) ha reconocido que su Formación San Andrés es un Miembro de la Formación Vorohué, lo cual implícitamente significa desconocer su Edad Sanandresiana (*sic*).

(16) Edad indirectamente reconocida por L. KRAGLIEVICH (1930) cuando hablaba de una "Fauna Uquiense", de transición entre la del "Chapadmalense" y la del Ensenadense.

presentados en los tiempos del "Puelchense", de manera que —a pesar de las distintas posiciones estratigráficas y características litológicas— ambas formaciones ("Puelchense" y Formación Ensenada) podrían ser asignadas a la misma Edad. Tentativamente aceptamos una Edad Uquiense sobre la base de la existencia en Uquiá de ciertos elementos de un tipo posmontehermosense pero preensenadense. El "Puelchense" (17), también tentativamente, lo referimos a la Edad Uquiense, aunque advertidos de que un mejor conocimiento de su fauna de mamíferos puede demostrar su mayor aproximación a la Edad Ensenadense. Pero quizá la más segura representación de esa Edad Uquiense ha comenzado a surgir con los fósiles obtenidos en aquellas formaciones superpuestas a la Formación Chapadmalal de la región bonaerense homónima, que J. Kraglievich (op. cit.) denominara Barranca de Los Lobos, Vorohué y San Andrés. (18) Los elementos hasta ahora exhumados han servido para "llenar" en parte el hiato entre los últimos representantes montehermosenses (de la Formación Chapadmalal) y los ensenadenses (de las Formaciones Ensenada y Miramar), aunque se necesitan hacer más prolijas colecciones basadas en el moderno conocimiento estratigráfico de la región.

Aceptando, pues, la existencia de una Edad Uquiense que precedió a la Ensenadense, cabe preguntarse si realmente puede ser referida al Pleistoceno más inferior y cuáles son las evidencias disponibles. Si aceptáramos que el incremento de mamíferos de origen holártico indica los comienzos del Pleistoceno, todas las evidencias señalarían a la Uquiense como la Edad con que se inicia esa Epoca en la América del Sur. Sin embargo, hay grandes dudas de que tal criterio sea correcto, ya que (a) hay pruebas de que el ingreso de los mamíferos en forma masiva pudo iniciarse perfectamente en el Plioceno (Nygren, W. E., op. cit. Whitmore, F. C. y R. H. Stewart, op. cit.), y (b) el grado de diferenciación regional de los mamíferos de origen neártico hallados en la Edad Uquiense presupone un proceso evolutivo en el continente de más antigua data. (19) Sea cual fuere el criterio que finalmente se acepte consideramos provisionalmente a la Edad Uquiense como correlacionable con la primera parte del Pleistoceno del meridi6n sudamericano. La Edad Ensenadense podría caracterizarse por una mayor frecuencia de mamíferos holárticos, y sobre todo por una tendencia bastante generalizada en ciertos taxa a diferenciar formas verdaderamente gigantes, mucho más que las conocidas anterior y pos-

(17) El origen y alcance del nombre "Puelches" o sus derivados ha sido discutido por CASTELLANOS (1928). Una síntesis puede encontrarse también en SIMPSON (1940: 696-697). Véase el Postscriptum de este trabajo.

(18) En verdad restos de mamíferos de estas Formaciones fueron obtenidos desde el mismo momento en que AMEGHINO, F. (1908) inició el reconocimiento y estudio de ese tramo de barrancas marinas, pero siempre fueron referidos al "Chapadmalense" hasta el momento en que KRAGLIEVICH, J. demostró la presencia allí de un mayor número de unidades estratigráficas.

(19) Es muy probable que ese proceso de diferenciación, respecto de los antecesores norteamericanos, háyase producido en parte en la América Central, hasta ese momento parte de la América del Norte, pero la falta de información concreta mantiene esta interpretación sólo como posible.

teriormente. Entre ellas podemos mencionar a *Scelidodon capellini*, *Megatherium gallardoi*, *Eutatus seguini*, *Propraopus grandis*, *Maccraucheniopsis ensenadensis*, *Toxodon ensenadensis*, *Catagonus metropolitanus*, *Palaeolama* (aparentemente varias especies). Aunque muchas de estas formas fueron citadas por Rusconi (op. cit.) para el "Puelchense", lo fragmentario del material conocido en casi todos los casos hace dudosa su asignación a los géneros ensenadenses. De cualquier forma, la Edad Ensenadense corresponde con el climax de los mamíferos Pan-pampeanos, y el tipo de su agregado de mamíferos indica una Edad distinta de las demás Edades referidas al Pleistoceno. Su posición intermedia nos lleva a correlacionarla con el Pleistoceno medio.

La Edad Lujanense se ha reconocido por la presencia de un agregado de géneros y especies en su mayoría distintos de los ensenadenses, con la aparición de muchas formas nuevas que persisten hasta nuestros días como representantes conspicuos de la Región Neotropical. Por lo demás, se caracteriza por la última aparición de un gran número de taxa que caracterizaron las demás Edades referidas al Pleistoceno. Este carácter solamente impone su referencia al Pleistoceno superior. Las Formaciones Buenos Aires y Luján son referidas a la misma Edad porque los mamíferos que se hallan en ambas no presentan diferencias que justifiquen alguna escisión. Hemos preferido llamar a esta Edad Lujanense por ser mejor conocidos los mamíferos de la Formación que da el nombre.

POST-SCRIPTUM

La reciente aparición de un trabajo de González Bonorino, F. (1965), que tuvo su anticipo años anteriores (González Bonorino, F. y G. Cetrángolo, 1962), nos obliga a extender nuestros comentarios. En ese trabajo el autor realiza una caracterización mineralógica de las fracciones arcilla y limo de las Formaciones Pampeano (sic) y Pospampeano (sic) del área de la ciudad de Buenos Aires y vecindades. La aplicación de esta técnica resulta novedosa en nuestro medio, y es evidente que aporta nuevos elementos de juicio para un mejor entendimiento de la estratigrafía de los terrenos del ámbito pampeano. Pero en este trabajo el autor ha aplicado además criterios terminológicos y nomenclatoriales que son a nuestro juicio criticables, y que consideramos oportuno comentar, aunque sólo en forma breve, porque tienen mucho que ver con nuestro propósito de ordenación de la estratigrafía del Cenozoico mamalífero.

En primer lugar la denominación formación Pampeano (sic) es impropia e inconveniente. Impropia porque no cumple con las exigencias formales vigentes (v. gr. International Geological Congress, 1960: 21; American Code of Stratigraphic Nomenclature, 1961), las que establecen que el nombre de cualquier unidad litoestratigráfica debe ser binominal, consistente en un nombre geográfico combinado con un término litológico descriptivo, o simplemente con el término del rango que se trata. De esta manera Pam-

peano aparece como nombre adjetivado, y sin concordancia genérica; pero lo más importante es que se refiere a una región fisiográfica demasiado amplia, y por lo tanto imprecisa como para considerarla como representativa de una "localidad" geográfica o área tipo. En todo caso más apropiado hubiera sido denominarla Formación Buenos Aires (también siguiendo las recomendaciones de los códigos corresponde usar mayúsculas en las letras iniciales de todas las palabras que forman el nombre, incluyendo el término), ya que es en la ciudad de Buenos Aires donde se reconoce la sección tipo o secciones de referencia, sino fuera porque tal denominación fue usada para el "Bonaerense" por diversos autores (v. gr. J. Kraglievich, 1952). Lo más conveniente es, pues, acuñar un nuevo nombre.

Y creemos que también es inconveniente el nombre "Pampeano" porque con diversas grafías ha sido usado por diversos autores, con significados estratigráficos distintos. A nuestro juicio se corre el peligro de seguir perpetuando un nombre que fue aplicado ambiguamente por F. Ameghino, ya para una "Formación" ya para un "Piso", o por J. Frenguelli —quizá más correctamente— para una Serie (Pampiano, 1950: 44).

Nuestro rechazo del nombre "Pampeano" para esta unidad formacional reconoce una razón formal más, ya que González Bonorino lo usa con una denotación temporal al hacerlo equivalente y no referible al Pleistoceno, lo cual está en contra de las exigencias de independizar las unidades litoestratigráficas de todo concepto de tiempo.

Otro problema, cualquiera sea el nombre que se dé a la Formación que tan precisamente fue definida y limitada por González Bonorino en el ámbito de la Capital Federal y alrededores, es: ¿cuáles son sus límites lateral y vertical? Si aceptamos las normas de basar tales límites en criterios exclusivamente litológicos, ¿cuál es el límite inferior de la Formación "Pampeano" donde no existen las arenas "Puelches"? Porque implícitamente o explícitamente está aceptado que esta Formación se extiende más allá de los límites del área de la Capital Federal y alrededores, ya que los petrólogos que estudiaron las muestras de sedimentos obtenidos del centro y sur bonaerense, y de gran parte de La Pampa —que van del Plioceno inferior al Pleistoceno inferior (Teruggi, M. E. et. al., 1957; R. Pascual, 1961; R. Pascual y Bocchino, R., 1963; R. Pascual, et. al., 1965; Pascual, R., 1965)— no encontraron diferencias fundamentales entre ellas, y con los sedimentos del NE referidos complexivamente al "Ensenadense". Más precisamente González Bonorino, F. y G. Cetrángolo (1962: 40, pie) remarcaron que la mineralogía de los limos del **Pampeano de la costa atlántica**..., "no difiere substancialmente de la del Pampeano del subsuelo de Buenos Aires". De ahí que la expresión de González Bonorino (op. cit.: 130) de que "El Pampeano es una formación claramente definida por su litología uniforme y sus límites bien marcados" resulte contradictoria ya que los sedimentos de la barranca Chapadmalal-Miramar, por él reconocidos como de la misma formación (p. 131), se presentan allí con límites muy difíciles de reconocer. Apoyados en todas estas evidencias dudamos si ellas no

constituyen razón formal para incluir todos estos sedimentos del territorio bonaerense, y aun aquellos superiores del resto de la llanura pampeana, dentro de una misma unidad formacional, puesto que aparecen como isotópicos y con una continuidad y una homogeneidad litológica que los hacen bien mapeables, como lo exigen las cánones estratigráficos. Creemos, pues, que faltan hacer estudios areales más extensos y detallados, incluyendo por cierto el estudio especial de las arcillas, a fin de lograr un conocimiento más completo que permita reconocer más certeramente los límites laterales y verticales de lo que ahora aparece como una unidad formacional.

Por último, queremos insistir en que la división en Pisos del "Pampeano", tal como lo hizo originalmente Ameghino y posteriormente Frenguelli y muchos otros autores, es en la actualidad formalmente incorrecta. Pero, como dijimos, Frenguelli, J. (1950: 44), ya estuvo advertido de esta incorrección y por eso consideró al "Pampeano" como una unidad cronoestratigráfica con la categoría de Serie, denominándola Pampiano. Por ello la división en pisos hubiera sido perfectamente legítima, si no fuera —insistimos— porque en su uso no hubo una clara distinción conceptual con los términos de la clasificación litoestratigráfica. No resultaba así impropio "extender a las más remotas regiones del país la subdivisión cronoestratigráfica propuesta por Ameghino, F., para el área de Buenos Aires... (González Bonorino, F., op. cit., p. 131), ya que los criterios paleontológicos usados están formalmente permitidos (v. gr. Código norteamericano, Art. 28). Porque son precisamente criterios paleontológicos los que fundamentalmente usó Ameghino en su correlación con otras entidades estratigráficas del territorio argentino. Es muy razonable admitir que la iniciación de la sedimentación del "Pampeano" y "Pospampeano" no fue necesariamente simultánea en todas partes, y que su interrupción pudo producirse en distintos momentos en diferentes lugares. Pero mientras el tipo de agregado de mamíferos que se encuentra en cualquier unidad estratigráfica de Córdoba, por ejemplo, sea igual al del Piso Lujanense de su área tipo, nada impide su igual asignación cronoestratigráfica. Es muy probable que los sendos sedimentos componentes no sean totalmente sincrónicos, pero en todo caso tal alocronía no resulta significativa según la única evidencia de que se dispuso para su correlación: los mamíferos fósiles. También es lógicamente criticable la aplicación del criterio según el cual todos los depósitos fluviales y lacustres que aparecen adosados sobre una superficie de erosión del "Pampeano" deban ser referidos al Piso Lujanense; pero no lo es si a esa característica se suma la identidad de sus respectivos agregados de mamíferos. Como dice Simpson (MS). "En los hechos y en la práctica de virtualmente todos los estratígrafos cuando dos formaciones son referidas al mismo Piso no se lo hace por la comparación directa con las rocas tipo de ese Piso. Se lo hace casi siempre por la determinación de otras evidencias (usualmente paleontológicas) que demuestran que ambas fueron formadas durante la misma Edad a que corresponde el tipo del Piso" (El concepto y valor del tipo en Estratigrafía no son muy diferentes de aquellos del de la Biología Siste-

mática. Véase al respecto, Dunbar, C. O. y Rogers, J., 1957 y Wilson, S. A., op. cit.). Precisamente sobre estas bases no dudamos, por ejemplo, en asignar al mismo Piso —Lujanense— los sedimentos que aparecen adosados a la terraza alta a lo largo del curso inferior del río Quequén Salado y aquellos que ocupan similar posición en el curso del río Luján (los primeros se apoyan sobre sedimentos asignados por sus mamíferos fósiles al Piso Montehermosense y los segundos a otros asignados por igual evidencia al Piso Bonaerense. El criterio litológico para una correlación es distinto del biológico, aunque a nuestro juicio en toda correlación hay un implícito e ineludible concepto temporal. Consideramos como Rogers (1959) (en este trabajo puede encontrarse además una interesante consideración del valor que sucesivamente se ha dado al término correlación) que "in stratigraphy the term correlation should and in fact does mean the attempt to determine time relationships among strata, however they may be divided into stratigraphic units, and that all the criteria of correlation, imperfect though they may be, are means to this end".

La división del Cenozoico mamalífero del territorio argentino en Pisos y su correlación hubiera estado en perfecto orden de no ser porque el defecto original estuvo —como ya lo remarcamos— en que no fueron reconocidos en todos los casos según las exigencias formales, por lo que su única caracterización por el contenido de mamíferos los convierte en Edades, rompiendo con el procedimiento recomendado —muy discutible— de reconocer las unidades geocronológicas por las cronestratigráficas, y no viceversa.

En cuanto a que la Formación Arenas "Puelches" esté representada en las barrancas de la ciudad de Paraná (F. González Bonorino, op. cit.: 129-130), creemos que no es una cuestión suficientemente probada. Ya hemos tratado este asunto anteriormente (Pascual R. y P. Bondesio, 1961: 95), y seguimos con las dudas manifestadas entonces. Habría que determinar primeramente a qué arenas de Paraná se refiere, ya que en el sector de las barrancas del río Paraná comprendido entre Diamante y Hernandarias aparecen en distintos niveles estratigráficos arenas que por su composición y características macroscópicas son difícilmente diferenciables de aquellas de la Formación Arenas "Puelches" del subsuelo bonaerense; Franguelli (1929) las ha referido a diversas unidades litoestratigráficas, considerándolas como las facies continentales siguientes a las fases regresivas de las intrusiones marinas por él reconocidas en ese sector entrerriano. Por otro lado, en los alrededores de la ciudad de Paraná por arriba de arenas semejantes a las "Puelches" aparecen sedimentos del tipo de los limos leosoides del "Pampeano", de donde se exhumaron restos de mamíferos pliocénicos. Aplicando un criterio litológico no habría dificultades en referir ambos a las Formaciones Arenas "Puelches" y "Pampeano", respectivamente, pero se necesitan estudios geológicos regionales y mineralógicos más profundos a fin de lograr mejores bases para una correlación semejante. Por de pronto —y aunque no puede ser criterio formal para una correlación litoestratigráfica— las evidencias paleontológicas indican que

aquellos sedimentos entrerrianos no pertenecen a las mismas unidades cronoestratigráficas que los del área de la Capital Federal estudiados por González Bonorino.

Otro problema diferente es el reconocimiento del origen de las Arenas "Puelches". Tanto Cordini (1946) como González Bonorino, F. y Cetrángolo, G. (1962) y González Bonorino, F. (1965) no dudan en reconocerles un origen marino, correspondiente a la regresión marina del denominado "Paranense". Los fósiles extraídos y estudiados principalmente por Rusconi, C. (1948 y 1949) al parecer provienen de los niveles del "Paranense" (sensu González Bonorino, F. y Cetrángolo, G. op. cit.) asignados a las arenas cuarzosas que integran la Formación Arenas "Puelches". Sin embargo, como lo dijimos anteriormente (Pascual, R. y Bondesio, P., op. cit.), hasta es posible que algunos de los restos fósiles descritos por Rusconi provengan de las "Arcillas verdes", lo que explicaría la mezcla de formas de ambientes tan distintos. Pero si como parece los fósiles provienen sólo de las Arenas "Puelches", el conjunto de ellos indica que fueron depositados en un ambiente fluvial. Nos basamos para ello en que: (1) los restos de invertebrados marinos han sido citados tanto para el "Paranense" marino infrayacente como para el "Entrerriense" y el "Rionegrense" aflorantes en las costas paranenses del sur entrerriano (V. especialmente Frenguelli, 1920; cabe aquí la pregunta que hicimos ya: a cuál de las formaciones marinas entrerrianas deben referirse las "Arcillas verdes" de la región bonaerense?) Por otro lado estos restos marinos representan un porcentaje mínimo en relación a aquel de los animales terrestres, lo cual —especialmente en lo referente a los moluscos— está en contradicción con lo que es corriente en sedimentos neríticos o costaneros como los que corresponderían a una fase regresiva. La presencia de vertebrados indudablemente alóti-genos admite la posibilidad de su igual carácter; (2) los restos de peces condrictios son también conocidos para las formaciones marinas "Paranense", "Entrerriense" y "Rionegrense", de manera que bien pueden ser alóti-genos; (3) los restos de mamíferos, que son predominantes, corresponden en su casi absoluta mayoría a formas terrestres, entre los que se cuentan (a) formas alóti-genas conocidas como presentes en los sedimentos pliocénicos de las barrancas del río Paraná medio, generalmente con evidencias de un mayor rodamiento, y (b) formas autóti-genas, con menos trazas de rodamiento, pertenecientes a especies pleistocénicas; (4) hay frecuentes restos de maderas fósiles, de plantas que por sus conocidas exigencias ecológicas nunca pudieron vivir en una ribera marina o en sus proximidades, y que pertenecen en cambio a formas de comunidades que viven actualmente a lo largo de la ribera paranense.

III. LOS AGREGADOS DE MAMIFEROS (GENEROS) DE LAS EDADES CENOZOICAS DEL TERRITORIO BONAERENSE (20)

EDAD CHASIQUENSE

Orden Marsupialia	TETRASTYLUS Ameghino, 1886
Familia Borhyaenidae	DIAPHOROMYS Kraglievich, 1931
CHASICOSTYLUS Reig,	Orden Litopterna
Orden Edentata	Familia Macrauchenidae
Familia Megatheriidae	THEOSODON Ameghino, 1887
PLESIOMEGATHERIUM Roth, 1911	CULLINIA Cabrera y Kraglievich, 1931
Familia Megalonychidae	Orden Notoungulata
HAPALOPS	Familia Homalodotheriidae
Familia Dasypodidae	CHASICOTHERIUM Cabrera y Kraglievich, 1931
PALEUPHRACTUS Kraglievich, 1934	Familia Toxodontidae
MACROEUPHRACTUS Ameghino, 1887	PALAEOTOXODON Ameghino, 1904
PROEUPHRACTUS Ameghino, 1886	HEMIXOTODON Cabrera y Kraglievich, 1931
Familia Peltephilidae	OCNEROTHERIUM Pascual, 1954
EPIPELTEPHILUS Ameghino, 1904	PARATRIGODON Cabrera y Kraglievich, 1931
Familia Glyptodontidae	Familia Mesotheriidae
PALAEHOPHOPHORUS Ameghino, 1883	TYPOTHERIOPSIS Cabrera y Kraglievich, 1931
Orden Rodentia	Familia Hegetotheriidae
Familia Caviidae	PSEUDOHEGETOTHERIUM Cabrera y Kraglievich, 1931
CARDIOMYS Ameghino, 1885	PAEDOTHERIUM Burmeister, 1888
PROCARDIOMYS Pascual, 1961	TREMACYLLUS Ameghino, 1891
ORTHOMYCTERA Ameghino, 1889	Familia Interatheriidae
ALLOCAVIA Pascual, 1962	PROTYPOTHERIUM Ameghino, 1885
PROCARDIATHERIUM Ameghino, 1885	
Familia Chinchillidae	
LAGOSTOMOPSIS Kraglievich, 1926	
Familia Dinomyidae	
POTAMARCHUS Burmeister, 1885	
GYRIABRUS Ameghino, 1891	

FÓSILES GUÍAS. (21) CHASICOSTYLUS, ALLOCAVIA, PROCARDIOMYS, CULLINIA, CHASICOTHERIUM, HEMIXOTODON, OCNEROTHERIUM, PARATRIGODON, PSEUDOHEGETOTHERIUM.

PRIMERA APARICIÓN. Caviinae, Cardiatheriinae, TETRASTYLUS, GYRIABRUS, DIAPHOROMYS, TYPOTHERIOPSIS, PAEDOTHERIUM, TREMACYLLUS.

(20) Con el objeto de hacer más gráficas las relaciones filogenéticas de los mamíferos fósiles de la provincia de Buenos Aires, y a través de ellas inferir el grado de aproximación cronológica de las Edades-mamífero reconocidas, intentamos la aplicación de un elaborado método estadístico propuesto por G. G. SIMPSON (1960). El resultado conseguido fue que, por el momento, este aspecto de la investigación paleontológica está fuera de nuestro alcance. En efecto, pese al grado a que ha llegado nuestro conocimiento de los mamíferos fósiles no se ha alcanzado aún el refinamiento que por lo menos permita alguna certeza en la evaluación de los taxa, no ya a nivel específico sino genérico, o de los límites de su distribución vertical y horizontal. Simpson ha aclarado al respecto que "si alguna de las faunas es imperfectamente conocida o si el número de los taxa conocidos en cada fauna es muy desigual, el índice es difícil de interpretar y puede ser bastante erróneo" (op. cit.: 301). Como este es precisamente el caso creemos riesgoso, si no vano, ofrecer índices distorsionados, que podrían resultar falso respaldo a cualquier inferencia.

(21) El concepto de fósil guía, tal como lo usamos aquí, seguramente no responde al original o al corrientemente usado. Con un criterio biológico, evolutivo, renegamos un poco del uso indiscriminado de los "fósiles guías", pero reconocemos su valor práctico en Estratigrafía cuando se lo usa con las previsiones que impone un verdadero conocimiento de la Evolución Biológica. En este caso lo usamos con el alcance que se le diera moderadamente en "Glossary of Geology and Related Sciences" preparado por un equipo *ad hoc* del American Geological Institute (1962, Supl.: 28).

ROSENDO PASCUAL y OTROS, *Las Edades del Cenozoico, etc.* 187

ULTIMA APARICIÓN. HAPALOPS, PROEUPHRACTUS, Peltephilidae, THEOSODON, Homalodotheriidae, Interatheriidae.

FÓSILES CARACTERÍSTICOS. (22) POTAMARCHUS, TYPOTHERIOPSIS.

FORMACIONES MAMALÍFERAS REFERIBLES. Fm. Arroyo Chasicó, Fm. Los Llanos (partim), Fm. Chiquimil.

EDAD HUAYQUERIENSE

Orden Marsupialia	DIAPHOROMYS
Familia Borhyaenidae	Familia Octodontidae
BORHYAENIDIUM Pascual y Bocchino	PHTORAMYS Ameghino, 1887
R., 1963	PSEUDOPLATAEOMYS Kraglievich, 1934
Familia Mesotheriidae	Familia Abrocomidae
PLESIOMEGATHERIUM	PROTABROCOMA Kraglievich, 1927
Familia Mylodontidae	Familia Echimyidae
ELASSOTHERIUM Cabrera, 1939	?EUMYSOPS Ameghino, 1888
Familia Dasypodidae	Orden Litopterna
MACROEUPHRACTUS	Familia Protheroheriidae
PALEUPHRACTUS	BRACHYTHERIUM Ameghino, 1883
Familia Clyptodontidae	EOAUCHENIA Ameghino, 1887
HOPLOPHRACTUS Cabrera, 1939	EPECUENIA Cabrera, 1939
ASPIDOCALYPTUS Cabrera, 1939	Familia Macraucheniiidae
?PLOPHORUS Ameghino, 1887	MACRAUCHENIDIA Cabrera, 1939
COSCINOCERCUS Cabrera, 1939	PROMACRAUCHENIA Ameghino, 1904
?ELEUTHEROCERCUS Koken, 1888	Orden Notoungulata
Orden Rodentia	Familia Toxodontidae
Familia Caviidae	PALAEOTOXODON
CARDIOMYS	XOTODON Ameghino, 1887
CAVIODON Ameghino, 1885	Familia Mesotheriidae
ORTHOMYCTERA	TYPOTHERIOPSIS
Familia Hydrochoeridae	PSEUDOTYPOTHERIUM
PROCARDIATHERIUM	Familia Hegetotheriidae
Familia Chinchillidae	PAEDOTHERIUM
LAGOSTOMOPSIS	TREMACYLLUS
Familia Dinomyidae	Orden Carnivora
POTAMARCHUS	Familia Procyonidae
TETRASTYLUS	CYONASUA Ameghino, 1885

FÓSILES GUÍAS. BORHYAENIDIUM, ELASSOTHERIUM, HOPILOPHRACTUS, ASPIDOCALYPTUS, COSCINOCERCUS, PROTABROCOMA, EPECUENIA, MACRAUCHENIDIA.

PRIMERA APARICIÓN. ELEUTHEROCERCUS, PHTORAMYS, PSEUDOPLATAEOMYS, Procyonidae, BRACHYTHERIUM, EOAUCHENIA, PROMACRAUCHENIA, PSEUDOTYPOTHERIUM.

ULTIMA APARICIÓN. DIAPHOROMYS, TYPOTHERIOPSIS.

FÓSILES CARACTERÍSTICOS. PLESIOMEGATHERIUM, MACROEUPHRACTUS, CARDIOMYS, TETRASTYLUS, DIAPHOROMYS, PALAEOTOXODON, XOTODON, PSEUDOTYPOTHERIUM.

FORMACIONES MAMALÍFERAS REFERIBLES. Fm. Epecuén, "Araucaniano s. str." (*sensu* Riggs y Patterson, 1939), Fm. Huayquerías, Fm. Río Ja-hal plus Fm. Mogna (Prov. de San Juan).

EDAD MONTEHERMOSENSE

Orden Marsupialia	LUTREOLINA Thomas, 1910
Familia Didelphidae	MARMOSA Gray, 1821
?DIDELPHYS Linnaeus, 1758	PARADIDELPHYS Ameghino, 1904

(22) Usamos esta denominación con el sentido dado por Wood et. al. (op. cit.), esto es, para aquellos taxa que son más frecuentes en las Edades reconocidas, aunque no exclusivos.

- THYLATHERIDIUM Reig, 1952
 THYLOPHOROPS Reig, 1952
 SPARASSOCYNUS Mercerat, 1898
 Familia Borhyaenidae Ameghino, 1894
 ACROHYAENODON Ameghino, 1904
 PARAHYAENODON Ameghino, 1904
 NOTOCYNUS Mercerat, 1891
 NOTOSMYLUS J. Kraglievich, 1960
 Familia Caenolestidae
 PLIOLESTES Reig, 1955
 Familia Microtragulidae
 MICROTRAGULUS Ameghino, 1904
 Orden Edentata
 Familia Megalonychidae
 PRONOTHROTHERIUM Ameghino, 1907
 DIHETEROCNUS Kraglievich, 1928
 Familia Megatheriidae
 PLESIOGATHERIUM
 Familia Mylodontidae
 PROSCOLIDODON Bordas, 1935
 SCOLIDOTHERIDIUM Kraglievich, 1934
 SCOLIDOTHERIUM Owen, 1840
 GLOSSOTHERIDIUM Kraglievich, 1934
 Familia Myrmecophagidae
 NUÑEZIA Kraglievich, 1934
 Familia Dasypodidae
 PALEUPHRACTUS
 CHOROBATES Reig, 1958
 CHAETOPHRATUS Fitzinger, 1871
 ZAEDYUS Ameghino, 1889
 MACROEUPHRACTUS
 RINGUELETIA Reig, 1958
 DOELLOTATUS Bordas, 1932
 TOLYPEUTES Illiger, 1811
 KRAGLIEVICHIA Castellanos, 1927
 PROPRAOPUS Ameghino, 1881
 Familia Glyptodontidae
 PLOHOPHORUS
 PLOHOPHOROIDES Castellanos, 1928
 NOPACHTHUS Ameghino, 1888
 TRACHYCALYPTUS Ameghino, 1908
 UROTHERIUM Castellanos, 1926
 ELEUTHEROCERCUS Koken, 1888
 PALAEDOEDICURUS Castellanos, 1927
 PARAGLYPTODON Castellanos, 1932
 Orden Rodentia
 Familia Cricetidae
 PROREITHRODON Ameghino, 1908
 Familia Criatidae
 CARDIOMYS Ameghino, 1885
 CAVIODON Ameghino, 1885
 ORTHOMYCTERA Ameghino, 1889
 CAVIOPS Ameghino, 1908
 DOLICAVIA Ameghino, C., 1916
 NEOCAVIA Kraglievich, 1932
 PALAEOCAVIA Ameghino, 1889
 Familia Hydrochoeridae
 CARDIATHERIUM Ameghino, 1883
 ANCHIMYSOPS Kraglievich, 1927
 NEOANCHIMYS Pascual y Bondesio, 1961
 PROTOHYDROCHOERUS Rovereto, 1914
 CHAPALMATHERIUM Ameghino, 1908
 Familia Cinchillidae
 LAGOSTOMOPSIS Kraglievich, 1926
 Familia Dinomyidae
 TELICOMYS Kraglievich, 1926
 Familia Octodontidae
 PHTORAMYS Ameghino, 1887
 PSEUDOPLATAEOMYS Kraglievich, 1934
 PROCTENOMYS
 PITHANOTOMYS Ameghino, 1887
 XENODONTOMYS Kraglievich, 1927
 ?MEGACTENOMYS Rusconi, 1930
 ACTENOMYS Bumeister, 1888
 EUCOELOPHORUS Ameghino, 1908
 Familia Echimyidae
 EUMYSOPS Ameghino, 1888
 Familia Myocastoridae
 ISOMYOPOTAMUS Rovereto, 1914
 Orden Carnivora
 Familia Procyonidae
 CHAPALMALANIA Ameghino, 1908
 CYONASUA Ameghino, 1885
 Familia Mustelidae
 CONEPATUS Gray, 1837
 Orden Litopterna
 Familia Protheriidae
 BRACHYTHERIUM Ameghino, 1883
 DIPLASIOOTHERIUM Rovereto, 1914
 EOAUCHENIA Ameghino, 1887
 Familia Macrauchenidae
 PROMACRAUCHENIA Ameghino, 1904
 Orden Notoungulata
 Familia Toxodontidae
 TOXODON Owen, 1840
 PALAEOOTOXODON Ameghino, 1904
 ALITOXODON Rovereto, 1914
 XOTODON Ameghino, 1887
 TRIGODON Ameghino, 1882
 Familia Mesotheriidae
 PSEUDOTYPOTHERIUM Ameghino, 1904
 Familia Hegetotheriidae
 PAEDOTHERIUM Burmeister, 1888
 TREMACYLLUS Ameghino, 1891
 Orden Artiodactyla
 ARGYROHYUS J. Kraglievich, 1959

FÓSILES guías. PARADIDELPHYS, THYLATHERIDIUM, THYLOPHOROPS, SPARASSOCYNUS, ACROHYAENODON, NOTOCYNUS, PARAHYAENODON, NOTOSMYLUS, PLIOLESTES, PROSCOLIDODON, SCOLIDOTHERIDIUM, GLOSSOTHERIDIUM, RINGUELETIA, DOELLOTATUS, PLOHOPHOROIDES, NOPACHTHUS, TRACHYCALYPTUS, UROTHERIUM, NEOCAVIA, ANCHIMYSOPS, NEOANCHIMYS, PROTOHYDROCHOERUS, CHAPALMATHERIUM, PROCTENOMYS, XENODONTOMYS, ISOMYOPOTAMUS, CHAPALMALANIA, DIPLASIOOTHERIUM, TRIGODON.

PRIMERA APARICIÓN. Cricetidae, Myocastoridae, Tayassuidae, TOXODON.

ULTIMA APARICIÓN. Borhyaenidae, Microtragulidae, CARDIOMYS, CAVIODON, CARDIATHERIUM, ANCHIMYSOPS, NEOANCHIMYS, PHTORAMYS, CYONASUA, Protherotheidac, PSEUDOTYPOTHERIUM, TRAMACYLLUS.

FORMAS CARACTERÍSTICAS. MICROTRAGULUS, DIHETEROCNUS, CHOROBATES, KRAGLIEVICHIA, PALAEUPHRACTUS, ELEUTHEROCERCUS, PLOHOPHORUS, PARAGLYPTODON, CAVIODON, DOLICAVIA, PSEUDOPLATAEOMYS, PITHANOTOMYS, ACTENOMYS, EUMYSOPS, EOAUCHENIA, PAEDOTHERIUM.

FORMACIONES MAMALÍFERAS REFERIBLES. Fm. Monte Hermoso, "Irenense" (L. Kraglievich, 1934), Fm. Corral Quemado, Fm. Tunuyán, "Rionegrense", "Mesopotamiense", Fm. Chapadmalal.

EDAD UQUIENSE

Orden Marsupialia	Orden Carnivora
Familia Didelphidae	Familia Canidae
DIDELPHIS Linnaeus, 1758	DUSICYON H. Smith, 1839
Orden Edentata	PROTOCYON Giebel, 1855
Familia Mylodontidae	Familia Ursidae
SCELIDOTHERIUM Owen, 1840	ARCTOTHERIUM Bravard, 1857
SCELIDODON Ameghino, 1881	Familia Procyonidae
GLOSSOTHERIUM Owen, 1840	CYONASUA Ameghino, 1885
?MYLONON Owen, 1840	Familia Mustelidae
Familia Megatheriidae	CONEPATUS Gray, 1837
?MEGATHERIUM Cuvier, 1796	GALICTIS Bell, 1826
Familia Dasypodidae	STIPANICICIA Reig, 1956
?CHAETOPHRACTUS Fitzinger, 1871	Familia Felidae
?PAMPATHERIUM Ameghino, 1875	SMILODONTIDION J. Kraglievich, 1948
?EUTATUS Gervais, 1867	Orden Notoungulata
Familia Glyptodontidae	Familia Toxodontidae
?PANOCOTHUS Burmeister, 1864	TOXODON Owen, 1840
DOEDICURUS Burmeister, 1874	Familia Mesotheriidae
GLYPTODON Owen, 1838	MESOTHERIUM Serres, 1857
Orden Rodentia	Familia Hegetotheriidae
Familia Caviidae	PAEDOTHERIUM Burmeister, 1888
ORTHOMYCTERA Ameghino, 1889	Orden Proboscidea
?PALAEOCAVIA Ameghino, 1889	Familia Gomphotheriidae
DOLICAVIA Ameghino, C., 1916	?STEGOMASTODON Pohlig, 1912
Familia Chinchillidae	Orden Perissodactyla
LAGOSTOMUS Brooke, 1828	Familia Equidae
?LAGOSTOMOPSIS Kraglievich, 1926	HIPPIDION Owen, 1870
Familia Hydrochoeridae	ONOHIPPIDIUM Moreno, 1891
HYDROCHOERUS Brisson, 1762	Familia Tapiridae
NOTHYDROCHOERUS Rusconi, 1935	TAPIRUS Brisson, 1762
Familia Octodontidae	Orden Artiodactyla
ACTENOMYS Burmeister, 1888	Familia Tayassuidae
MEGACTENOMYS Rusconi, 1930	PLATYGONUS Le Conte, 1848
CTENOMYS Blainville, 1826	Familia Camelidae
Familia Echimyidae	PALAEO LAMA Gervais, 1867
EUMYSOPS Ameghino, 1888	LAMA Cuvier, 1800
Familia Myocastoridae	Familia Cervidae
TRAMYOCASTOR Rusconi, 1936	?OZOTOCEROS Ameghino, 1891
MYOCASTOR Kerr, 1792	?HABROMERYX Cabrera, 1929
	?ANTIFER Ameghino, 1889

FÓSILES GUÍAS. NOTHYDROCHOERUS, TRAMYOCASTOR, STIPANICICIA, SMILODONTIDION.

PRIMERA APARICIÓN. SCELIDODON, LAGOSTOMUS, HYDROCHOERUS, CTENOMYS, MYOCASTOR, Canidae, Ursidae, GALICTIS, Proboscidea, Perissodactyla, PALAEO LAMA.

ULTIMA APARICIÓN. DOLICAVIA, CAVIOPS, PALAEOCAVIA, EUMYSOPS, CYONASUA, Hegetotheriidae.

FORMAS CARACTERÍSTICAS. ?

FORMACIONES MAMALÍFERAS REFERIBLES. "Uquiense", Fm. Barranca de Los Lobos, Fm. Vorohué (=San Andrés), "Puelchense" (=Formación Arenas "Puelches"), ?Fm. Malacara.

EDAD ENSENADENSE

- Orden Marsupialia
 Familia Didelphidae
 DIDELPHIS Linnaeus, 1758
 Orden Edentata
 Familia Megatheriidae
 MEGATHERIUM Cuvier, 1796
 Familia Mylodontidae
 SCOLIDODON Ameghino, 1881
 SCOLIDOTHERIUM Owen, 1840
 GLOSSOTHERIUM Owen, 1840
 MYLONDON Owen, 1840
 Familia Dasypodidae
 CHAETOPHRACTUS Fitzinger, 1871
 EUTATUS Gervais, 1867
 TOLYPEUTES Illiger, 1811
 PROPRAOPUS Ameghino, 1881
 PAMPATHERIUM Ameghino, 1875
 Familia Glyptodontidae
 HOPIOPHORUS Lund, 1839
 SCLEROCALYPTUS Ameghino, 1891
 PANOCHTHUS Burmeister, 1864
 LOMAPHORUS Ameghino, 1889
 NEOTHORACOPHORUS Ameghino, 1889
 NEURYURUS Ameghino, 1889
 PLAXHAPLOUS Ameghino, 1884
 DAEDICUROIDES Castellano, 1940
 DOEDICURUS Burmeister, 1874
 GLYPTODON Owen, 1838
 Orden Rodentia
 Familia Cricetidae
 REITHRODON Waterhouse, 1837
 NECROMYS Ameghino, 1889
 PTYSSOPHORUS Ameghino, 1889
 Familia Caviidae
 DOLICHOTIS Desmarest, 1820
 ORTHOMYCTERA Ameghino, 1889
 MICROCLAVIA Gervais y Ameghino, 1880
 Familia Hydrochoeridae
 NEOCHOERUS Hay, 1926
 Familia Chinchillidae
 LAGOSTOMUS Brookes, 1828
 Familia Octodontidae
 CTENOMYS Blainville, 1826
 Orden Carnivora
 Familia Canidae
 DUSICYON Hamilton Smith, 1839
 THERIODICTIS Mercerat, 1891
 Familia Ursidae
 ARCTOTHERIUM Bravard, 1857
 Familia Mustelidae
 CONEPATUS Gray, 1837
 LYNCODON Gervais, 1884
 GALICTIS Bell, 1826
 LUTRA Brisson, 1762
 Familia Procyonidae
 BRACHYNASUA Kraglievich, L. y C.
 Ameghino, 1925
 Familia Felidae
 FELIS Linnaeus, 1758
 LEO Brehm, 1829
 SMILODON Lund, 1842
 Orden Litopterna
 Familia Macraucheniidae
 MACRAUCHENIOPSIS Paula Couto, 1888
 Orden Notoungulata
 Familia Toxodontidae
 TOXODON Owen, 1840
 Familia Mesotheriidae
 MESOTHERIUM Serres, 1857 (?)
 Orden Proboscidea
 Familia Gomphotheriidae
 STEGOMASTODON Pohlig, 1912
 Orden Perissodactyla
 Familia Equidae
 HIPPIDION Owen, 1870
 ONOHIPPIDION Moreno, 1891
 Familia Tapiridae
 TAPIRUS Brisson, 1762
 Orden Artiodactyla
 Familia Tayassuidae
 TAYASSU Fischer, 1814
 PLATYGONUS Le Conte, 1848
 CATAGONUS Ameghino, 1904
 Familia Camelidae
 PALAEOLAMA Gervais, 1867
 LAMA Cuvier, 1800
 VICUGNA Gray, 1872
 Familia Cervidae
 ANTIFER Ameghino, 1889
- FÓSILES GUÍAS. DAEDICUROIDES, NEURYURUS, THERIODICTIS, BRACHYNASUA, MACRAUCHENIOPSIS, CATAGONUS.
- PRIMERA APARICIÓN. LOMAPHORUS, NEOTHORACOPHORUS, PLAXHAPLOUS, REITHRODON, NECROMYS, PTYSSOPHORUS, MICROCLAVIA, LYNCODON, LUTRA, FELIS, LEO, SMILODON, TAYASSU, VICUGNA.
- ÚLTIMA APARICIÓN. ORTHOMYCTERA, Procyonidae, PALAEOLAMA.
- FÓSILES CARACTERÍSTICOS. SCOLIDODON, EUTATUS, MESOTHERIUM, ANTIFER, ARCTOTHERIUM, PALAEOLAMA.
- FORMACIONES MAMALÍFERAS REFERIBLES. Fm. Ensenada, Fm. Miramar.

EDAD LUJANENSE

- Orden Marsupialia
 Familia Didelphidae
 DIDELPHIS Linnaeus, 1758
 Orden Edentata
 Familia Megatheriidae
 MEGATHERIUM Cuvier, 1796
 ESSONODONTHERIUM (?)
 Familia Megalonychidae
 NOTHROTHERIUM Lydekker, 1889
 Familia Mylodontidae

- SCELIDOTHERIUM Owen, 1840
 MYLODON Owen, 1840
 LESTODON Gervais, 1865
 Familia Dasypodidae
 CHAETOPHRACTUS Fitzinger, 1871
 EUPHRACTUS Wagler, 1830
 ZAEDYUS Ameghino, 1889
 EUTATUS Gervais, 1867
 CABASSOUS Mc Murtrie, 1831
 PROPRAOPUS Ameghino, 1881
 DASYPUS Linnaeus, 1758
 CHLAMYPHORUS Harlan, 1825
 PAMPATHERIUM Ameghino, 1875
 Familia Glyptodontidae
 HOPIOPHORUS Lund, 1839
 SCLEROCALYPTUS Ameghino, 1891
 LOMAPHORUS Ameghino, 1889
 NEOTHORACOPHORUS Ameghino, 1889
 PLAXHAPLOUS Ameghino, 1884
 DOEDICURUS Burmeister, 1874
 GLYPTODON Owen, 1838
 Orden Rodentia
 Familia Cricetidae
 REITHRODON Waterhouse, 1837
 HOLOCHILUS Brandt, 1835
 NECROMYS Ameghino, 1889
 PTYSSOPHORUS Ameghino, 1889
 Familia Caviidae
 DOLICHOTIS Desmarest, 1820
 MICROCAVIA Gervais y Ameghino, 1880
 CAVIA Pallas, 1766
 Familia Hydrochoeridae
 HYDROCHOERUS Brisson, 1762
 NEOCHOERUS Hay, 1926
 Familia Chinchillidae
 LAGOSTOMUS
 Familia Octodontidae
 CTENOMYS Blainville, 1826
 Orden Carnivora
 Familia Canidae
 DUSICYON H. Smith, 1839
 Familia Ursidae
 ARCTOTHERIUM Bravard, 1857
 PARARCTOTHERIUM Ameghino, 1904
 Familia Mustelidae
 CONEPATUS Gray, 1837
 LYNCODON Gervais, 1884
 GALICTIS Bell, 1826
 LUTRA Brisson, 1762
 Familia Felidae
 FELIS Linnaeus, 1758
 SMILODON Lund, 1842
 Orden Litopterna
 Familia Macrauchenidae
 MACRAUCHENIA Owen, 1840
 Orden Notoungulata
 Familia Toxodontidae
 TOXODON Owen, 1840
 Orden Proboscidea
 Familia Gomphotheriidae
 STEGOMASTODON Pohlig, 1912
 NOTIOMASTODON Cabrera, 1929
 Orden Perisodactyla
 Familia Equidae
 EQUUS Linnaeus, 1758
 HIPPIDION Owen, 1870
 ONOHIPPIDIUM Moreno, 1891
 Orden Artiodactyla
 Familia Tayassuidae
 TAYASSU Fischer, 1814
 PLATYGONUS Le Conte, 1848
 Familia Camelidae
 LAMA Cuvier, 1800
 EULAMAOPS Ameghino, 1889
 VICUGNA Gray, 1872
 Familia Cervidae
 HIPPOCAMELUS Leuckart, 1816
 OZOTOCEROS Ameghino, 1891
 BLASTOCERUS Wagner, 1844
 MORENELAPHUS Carrette, 1922
 HABROMERYX Cabrera, 1929
 ANTIFER Ameghino, 1889
 FÓSILES GUFAS. PARARCTOTHERIUM, EQUUS (AMERHIPPIUS), EULAMAOPS, MACRAUCHENIA, NOTIOMASTODON.
 PRIMERA APARICIÓN. EUPHRACTUS, CABASSOUS, CHLAMYPHORUS, HOLOCHILUS, CAVIA.
 ÚLTIMA APARICIÓN. Megatherioidea, Glyptodontoidea, ARCTOTHERIUM, PARARCTOTHERIUM, SMILODON, Litopterna, Notoungulata, Proboscidea, MORENELAPHUS, HABROMERYX, ANTIFER.
 FÓSILES CARACTERÍSTICOS. MEGATHERIUM, SCELIDOTHERIUM, LESTODON.
 FORMACIONES MAMALÍFERAS REFERIBLES. Form. Buenos Aires, Form. Arroyo Seco, "Belgranense" continental, Sedimentos eolomarinicos de Malacara, Form. Luján, Form. Santa Isabel, Conglomerados de Magdalena y del arroyo Sauce Grande.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

- AMEGHINO, F., 1906. "Les formations sédimentaires du Crétacé supérieur et Tertiaire de Patagonie avec un parallèle entre leurs faunes mammalogiques et celles de l'ancien continent". *Anal. Mus. Hist. Nat.* Buenos Aires, XV, 3ª ser.: 1-568.
 AMEGHINO, F., 1908. "Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapalmalán". *Ibidem*, X, 3ª ser.: 343-428.
 AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE, 1961. "Code of Stratigraphic Nomenclature". *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 45 (5): 645-665.
 AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE, 1962. *Glossary of Geology and Related Sciences*. (Plus Supplement), Howell, J. V. y Marvin Weller, J., Chairmen.

- BECKER, D., 1964. "Micropaleontología del Superpatagónico de las localidades Las Cuevas y Monte Entrance (Provincia de Santa Cruz)". *Ameghiniana*, III (10).
- BONIFAY, EUGÈNE, 1964. "Pliocène et pléistocène méditerranéens: vué d'ensemble et essai de corrélations avec la chronologie glaciaire". *An. Paléont. (Vertébrés)*, I (2): 197-226.
- CASTELLANOS, A., 1928. "Notas críticas sobre el Puelchense de los sedimentos neógenos de la Argentina". *Rev. Univ. Córdoba*, XV (5 y 6): 1-54.
- CORDINI, I. R., 1946. "Nota sobre las arenas de la provincia de Entre Ríos". *Anal. 2do. Congr. Panam. Ing. Min. Geol.*, Brasil, II.
- DUNBAR, C. O. y ROGERS, J., 1957. *Principles of Stratigraphy*. New York, John Wiley and Sons Edit.
- EVERDEN, C. O.; D. E. SAVAGE & G. T. JAMES, 1964. "Potassium-Argon dates and the Cenozoic Mammalian Chronology of North America". *Amer. Journ. Sc.*, 262: 145-198.
- FRENGUELLI, J., 1920. "Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos". *Bol. Acad. Nac. Cs. Córdoba*, XXIV (1-2): 55-256.
- FRENGUELLI, J., 1930. "Nomenclatura estratigráfica de Patagonia". *Anal. Soc. Cient. Santa Fe*, III: 1-117.
- FRENGUELLI, J., 1950. "Rasgos generales de la morfología y geología de la provincia de Buenos Aires". *Public. L. E. M. I. T. (M. O. P. B. A.)*, 33 (2): 1-72.
- GONZÁLEZ BONORINO, F., 1965. "Mineralogía de las fracciones arcillas y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico". *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, XX (1): 57-150.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. y CETRÁNGOLO, G., 1962. "Minerales de arcilla en el subsuelo de la Capital Federal y el origen de la Formación Terciaria «Arcilla Parda»". *Anal. Primeras Jorn. Geol. Arg.*, III: 37-58.
- HARRINGTON, H., 1965. "Space, things, time and events — and essay on Stratigraphy". *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 49: 1601-1646.
- IHERING, H. VON, 1907. "Les mollusques fossiles du Tertiaire et du Crétacé Supérieur de l'Argentine". *Anal. Mus. Nac. Buenos Aires*, ser. III, VII: 1-611.
- INTERNATIONAL SUBCOMMISSION OF STRATIGRAPHIC TERMINOLOGY, 1961. "Stratigraphic Classification and Terminology". *International Geological Congress, Report of the Twenty-First Session Norden (1960) Copenhagen*.
- KRAGLIEVICH, L., 1930. "La formación Friaseana del río Frías, río Fénix, laguna Blanca, etc., y su fauna de mamíferos". *Physis*, (Rev. Soc. Arg. Cs. Nat.), X: 127-161.
- KRAGLIEVICH, L., 1934. *La antigüedad pliocena de las faunas de Monte Hermoso y Chapadmalal deducida de su comparación con las que les precedieron y sucedieron*. Imprenta "El Siglo Ilustrado". Montevideo.
- KRAGLIEVICH, J., 1952. "El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Provincia de Buenos Aires. Resumen preliminar". *Rev. Mus. Mun. Cs. Nat. y Trad. de Mar del Plata*, I (1): 8-37.
- KRAGLIEVICH, J., 1959. "Contribución al conocimiento de la geología cuaternaria en la Argentina. IV ...". *Com. Mus. Arg. Cs. Nat. "B. Rivadavia"*, I (17): 1-19.
- KRAGLIEVICH, J. y REIG, O. A., 1954. "Un nuevo prociénido del Plioceno de Las Playas (Córdoba)". *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, IX (4): 211-231.
- KRAGLIEVICH, J. y A. G. DE OLAZÁBAL, 1959. "Los prociénidos extinguidos del género *Chapalmalania* Amegh." *Rev. Mus. Arg. Cs. Nat. "B. Rivadavia"*, VI (1): 1-59.
- LINARES, E. et al., 1961. "La Edad de los sedimentos terciarios del valle de Punilla, provincia de Córdoba y la presencia de *Eohyrax rusticus* Amegh. en los mismos". *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, XV (3-4): 191-212.
- MARTÍNEZ, C. G. M., 1958. *Observaciones geológicas en Curuzú-Cuatá (Provincia de Corrientes) y alrededores*. Tesis doctoral, Fac. Cs. Exactas, Fis. y Nat., Univ. Nac. Córdoba (inédita).
- NYGREN, W. E., 1950. "Bolívar geosyncline of Northwestern South America". *Bull. Amer. Ass. Petr. Geol.*, 36 (10): 1998-2006.
- PASCUAL, R., 1961. "Un nuevo *Cardiomyinae* (Rodentia, Caviidae) de la Formación Arroyo Chasicó (Plioceno inferior) de la provincia de Buenos Aires". *Ameghiniana*, II (4): 61-64.
- PASCUAL, R., 1965. "Los *Toxodontidae* (Toxodonta, Notoungulata) de la Formación Arroyo Chasicó (Plioceno inferior) de la provincia de Buenos Aires. Consideraciones geológicas". *Ameghiniana*, IV (4): 101-132.
- PASCUAL, R. y A. BOCCHINO, R., 1963. "Un nuevo *Borhyaeninae* (Marsupialia) del Plioceno medio de Hidalgo (La Pampa)". *Ameghiniana*, III (4): 97-107.
- PASCUAL, R. y P. BONDESIO, 1961. "Un nuevo *Cardiatheriinae* (Rodentia, Hydrochoeridae) de la Formación Monte Hermoso (Plioceno superior) de la provincia de Buenos Aires. Algunas consideraciones sobre la evolución morfológica de los molariformes de los *Cardiatheriinae*". *Ameghiniana*, II (6): 93-111.

- PASCUAL, R.; J. PISANO y E. J. ORTEGA HINOJOSA, 1965. "Un nuevo Octodontidae (Rodentia, Caviomorpha) de la Formación Epecuén (Plioceno medio) de Hidalgo (provincia de La Pampa). Consideraciones sobre los Ctenomyinae Reig, 1958, y la morfología de sus molariformes". *Ameghiniana*, IV (1): 19-30.
- PATTERSON, B., 1937. "Didelphines from the Pliocene of Argentina (Abstract)". *Proc. Geol. Soc. Amer.*, p. 379.
- PAULA COUTO, C. DE, 1952. "Fossil Mammals from the beginning of the Cenozoic in Brazil, Condylarthra, Litopterna, Xenungulata and Astrapotheria". *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 99 (6).
- REIG, O. A., 1962. "Las integraciones cenogénicas en el desarrollo de la fauna de vertebrados tetrápodos de América del Sur". *Ameghiniana*, II (8): 131-140.
- RIGGS, E. S. y B. PATTERSON, 1939. "Stratigraphy of the late Miocene and Pliocene deposits of the Province of Catamarca (Argentina) with notes on the fauna". *Physis (Rev. Soc. Arg. Cs. Nat.)* XIV: 143-162.
- ROGERS, JOHN, 1959. "The meaning of Correlation". *Amer. Journ. Sci.*, 257: 684-691.
- RUSCONI, C., 1933. "Apuntes preliminares sobre las arenas puelchenses y su fauna". *Anal. Soc. Cient. Arg.*, CXVI: 169 y sig.
- RUSCONI, C., 1935. "Tres nuevas especies de mamíferos del Puelchense de Villa Balles-ter". *Bol. Paleont.*, 5: 1-4.
- RUSCONI, C., 1948. "El Puelchense de Buenos Aires y su fauna (Plioceno medio). I.ª Parte". *Public. Inst. Fis. y Geol.*, Rosario, XXXIII: 5-99.
- RUSCONI, C., 1949. "El Puelchense de Buenos Aires y su fauna (Plioceno medio). (Segunda Parte)". *Ibidem*, XXXVI: 100-242.
- SAVAGE, D. E., 1962. "Cenozoic geochronology of the fossil mammals of the Western Hemisphere". *Rev. Mus. Arg. Cs. Nat. "B. Rivadavia"*, VIII (4): 53-67.
- SIMPSON, G. G., 1933. "Stratigraphic Nomenclature of the Early Tertiary of Central Patagonia". *Amer. Mus. Nov.*, 644: 1-13.
- SIMPSON, G. G., 1935. "Description of the oldest known South American Mammals from the Río Chico Formation". *Amer. Mus. Nov.*, 793.
- SIMPSON, G. G., 1940. "Review of the Mammal-bearing Tertiary of South America". *Proc. Amer. Phil. Soc. Philad.*, 83 (5): 649-709.
- SIMPSON, G. G., 1941. "The Eocene of Patagonia". *Amer. Mus. Nov.*, 1120.
- SIMPSON, G. G., 1947. "Holarctic Mammalian Faunas and Continental Relationships during the Cenozoic". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 58: 613-688.
- SIMPSON, G. G., 1960. "Notes on the measurement of faunal resemblance". *Amer. Journ. Sc.*, 258 A: 300-311.
- SIMPSON, G. G., (MS). *Classification, Terminology and Nomenclature*.
- SIMPSON, G. G.; J. L. MINOPRIO y B. PATTERSON, 1962. "The Mammalian Fauna of Divisadero Largo Formation, Mendoza, Argentina". *Bull. Mus. Comp. Zool. at Harv. Coll.*, 127 (4): 239-293.
- TERUGGI, M. E. et al., 1957. "Estudio sedimentológico de los terrenos de las barrancas entre Mar del Plata y Miramar". *Rev. Mus. Arg. Cs. Nat. "B. Rivadavia"*, IV (2).
- WHITMORE, F. C. y R. H. STEWART, 1965. "Miocene Mammals and Central American Seaways". *Science*, 148 (3667): 180-185.
- WILSON, J. A., 1959. "Stratigraphic concepts in Vertebrate Paleontology" in Bell, W. C., Chairman Symposium on "Concepts in Stratigraphic Classification and Correlation". *Amer. Journ. Sc.*, 257 (10): 770-778.
- WOOD, A. E. y B. PATTERSON, 1959. "The rodents of the Deseadan Oligocene of Patagonia and the beginning of South American rodents evolution". *Bull. Mus. Comp. Zool. at Harv. Coll.*, 120 (3): 281-428.
- WOOD, H. E. et al., 1941. "Nomenclature and correlation of the North American Continental Tertiary". *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 52 (1): 1-48.

ESTADO ACIDO - BASE EN EL MEDIO INTERNO (1)

Por

Dres. J. M. GUERISOLI, J. M. SARRAILLET y J. PETROLITO

RESUMEN

El presente trabajo abarca los temas desarrollados en un curso para graduados realizado en el Hospital de Niños de La Plata, en el mes de setiembre de 1964.

En él se ha procurado actualizar un tema de singular trascendencia médica, siguiendo los lineamientos impuestos por la moderna escuela danesa a cuyo frente figuran Astrup, Siggaard-Andersen, Engel y Jorgensen, quienes en el año 1960 publicaron un micrométodo que permite, con muy pequeñas cantidades de sangre capilar, efectuar una determinación precisa del estado ácido-base, tanto en su aspecto respiratorio como metabólico.

Asimismo se dan aquí las bases terapéuticas, que se infieren de los valores del estado ácido-base obtenidos por este sistema.

ABSTRACT

The present paper approaches the subjects developed in a post-graduated course performed in the Hospital de Niños de La Plata, during the month of September 1964.

In this work we have tried to realize a subject of a great medical importance following the features given by the modern Danish school led by Astrup, Siggaard-Andersen, Engel and Jorgensen, who in the year 1960 published a micromethod which allows to perform an exact determination of the acid-base status of the blood, in its respiratory as well as metabolic aspect with very small quantities of capillary blood.

The therapeutic treatment inferred from the values of the acid-base status obtained by this system are also given here.

PARTE I

DR. JOSE M. GUERISOLI

Acidos y bases. Ecuación de Henderson-Hasselbalch. El estado ácido-base. Valores que lo definen: pH real, presión parcial de CO_2 ($p\text{CO}_2$), CO_2 total, bicarbonato standard y real, bases buffer normal y real, exceso de base. Los estados ácido-base. Acidosis y baseosis. Revisión.

Antes de comenzar con los distintos aspectos que es necesario tener presente para interpretar o definir exactamente lo que vamos a llamar un *estado ácido-base*, será conveniente que ubiquemos los objetivos.

El problema que vamos a ventilar aquí es de suma importancia desde diversos puntos de vista, pero fundamentalmente es de

(1) Síntesis de un curso para graduados desarrollado en el Hospital de Niños de La Plata (21-26 Set. 1964) bajo la dirección del Dr. J. M. Sarraillet.

interés para el médico que tiene que manejarse frente a enfermos graves, frente a comas, frente a una cantidad de desequilibrios que ocurren en el organismo y que exigen tomar conocimiento del estado ácido-base del paciente.

En este planteo hay dos situaciones a considerar: una es el aspecto cualitativo del estado ácido-base y otra el aspecto cuantitativo.

Desde el punto de vista cualitativo nosotros queremos o pretendemos establecer si un paciente está en una acidosis por ejemplo y si esta acidosis es metabólica, respiratoria o bien una suma de ambas. Podemos llegar a saberlo, pero no tendremos con esto una medida de ese estado, es decir, no conoceremos el aspecto cuantitativo. Quienes se ocuparon intensamente de este problema fueron Singer y Hastings (1), y en el año 1948, en la revista *Medicine* apareció un trabajo que resolvía prácticamente este gran problema.

En ese trabajo estos autores definen la *concentración de base buffer* B. B., denominación que se mantiene aún. Al estudiar y establecer los valores de la concentración de B. B. en estado normal, dieron los fundamentos para que el estado ácido-base pudiese ser estudiado desde el punto de vista cuantitativo y al concluir que un paciente que está en acidosis, tiene un exceso de protones en cantidad determinada, permitir al médico la conducción de un tratamiento adecuado.

La posibilidad de medida en este campo nos ha sido dada con el *aparato de Astrup*. Lo hemos tenido a nuestra disposición y hemos podido cerciorarnos de los errores que el médico puede cometer cuando no cuenta con estos recursos y también hemos comprobado que la información que nos proporciona este sistema evita al enfermo ciertos fenómenos secundarios graves cuando es tratado adecuadamente.

Singer y Hastings son en realidad los padres de esta solución; hasta el año 1958 prácticamente no se hizo nada; el precioso artículo de la revista *Medicine* daba todos los fundamentos; en él había un nomograma magnífico pero no se ponía en práctica.

Es indudable que el adelanto técnico y el avance físico-químico facilitaron aparatos que miden la milésima de unidad de pH y aseguran plenamente la centésima. El otro avance extraordinario se debe a la *ultramicroquímica*. Esta nueva forma de trabajo ha permitido efectuar un gran número de determinaciones con pequeñísimas muestras de sangre. Penetramos así en un terreno que no es repetición de la macroquímica, sino en un campo fructífero que permite realizaciones que en macroquímica no son tan objetivables ni tan simples.

Esto ha sido posible gracias a los microelectrodos que actualmente acompañan a todo aparato destinado a medir pH en sangre y que permiten establecer un estado ácido-base con toda precisión desde el punto de vista cualitativo-cuantitativo en escasos minutos, digamos 10 a 15 minutos. Como se ha comprobado que los valores correspondientes al estado ácido-base obtenidos en sangre capilar son prácticamente iguales a los de la sangre arterial, mediante un mecanismo simple, la punción digital, obtenemos unas gotas de sangre que totalizan menos de 0,1 ml. y resolvemos el problema.

Indudablemente esto constituye un gran adelanto que tiene que incorporarse necesariamente a la medicina práctica, ya que se puede llegar a determinar el estado ácido-base de un paciente cada 15 minutos por ejemplo, proporcionando al médico una información muy valiosa que le permitirá administrar al enfermo el tratamiento más adecuado.

ACIDOS Y BASES

Nos proponemos hacer un enfoque claro sobre ácidos y bases. Esto es fundamental por cuanto los libros que llegan a manos del médico usan definiciones referentes a ácidos y bases que son inexactas. Así los libros médicos consideran la capacidad de base del Na⁺ y del K⁺. Más adelante demostraremos que un razonamiento tal, es absolutamente erróneo.

Respecto al *equilibrio ácido-base* o *equilibrio ácido-básico*, Warburg (2) en 1956 aconseja que no se use más esta denominación, porque según él desde el punto de vista ácido-base, aún en situaciones patológicas siempre hay equilibrio y esto es cierto. Propone en cambio la denominación *estado ácido-base* para ubicar en toda su amplitud y con todos sus valores la situación real de un paciente en determinado instante.

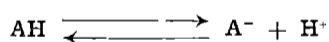
Define la *acidosis* como toda situación que transcurre con una acumulación de H⁺ sin que nos preocupe qué tipo de ácido es el que se acumula. Finalmente el mismo Warburg propugna que se reemplace al término *alcalosis* por *baseosis*.

Estos términos usados por la escuela dinamarquesa de Siggaard-Andersen, Astrup, Engel y Jorgensen son, como veremos luego, absolutamente racionales. Por ejemplo, no debe hablarse de alcalosis porque alcalosis presume álcalis y una situación de alcalosis no está dada por una acumulación de álcalis sino por una acumulación de bases que pueden no ser álcalis.

Pero nuestro problema no consiste exclusivamente en las denominaciones erróneas, lo más erróneo es el concepto de ácido y de base que aparece en la mayoría de los libros de Fisiología.

¿Qué es un ácido? Un ácido es toda sustancia o ión capaz de liberar protones. Este es el concepto de Bronsted y Lowry propuesto en 1923.

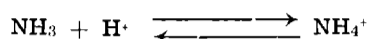
Consideremos la molécula de un ácido débil representada por AH:



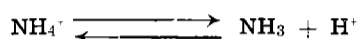
Esta molécula es un ácido porque tiene la posibilidad de liberar protones. ¿Qué son protones? El protón es un ión hidrógeno (H⁺). El átomo de hidrógeno está constituido por un protón en el núcleo y un electrón extranuclear que equilibra eléctricamente la carga positiva del protón. Perdido ese electrón nos queda únicamente el núcleo, es decir un protón. Por eso se ha dado en usar la sinonimia *protones* o *iones hidrógeno*.

¿Qué es una base? Para Bronsted y Lowry base es toda sustancia o ión capaz de fijar protones.

Desde este punto de vista el anión A⁻ es una base pues fija un protón para generar una molécula de ácido. Consideremos el caso del NH₃:

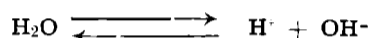


el amoníaco al fijar un protón y dar un ión amonio, se comporta como una base. En el proceso contrario:

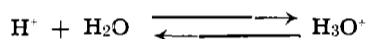


el amonio es un ácido y debemos ver al ácido y a la base exclusivamente así: liberando protones o fijándolos.

Consideremos algo sumamente importante y simple; el caso del agua. El agua pura tiene una capacidad conductora reducida debido a su infimo grado de disociación (18 g. de agua se hallan disociados totalmente en aproximadamente 10.000.000 de litros, dando 1 g. de H^+ y 17 g. de OH^-).

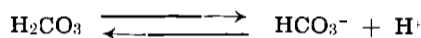


Esta molécula de agua capaz de liberar un protón es un ácido. Nosotros sabemos que estos protones no pueden permanecer libres y que se fijan a una molécula de agua dando un ión hidronio (H_3O^+)

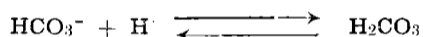


Aquí la molécula de agua está actuando como base.

Tratemos el caso del ácido carbónico:

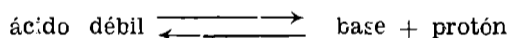


el ácido carbónico está actuando como ácido. A su vez:

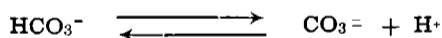


este anión bicarbonato tiene la capacidad de fijar un protón y dar una molécula de ácido. En consecuencia este anión está actuando como base.

Puede decirse en general que toda vez que se trate de un ácido débil, luego veremos lo que esto significa, el ácido estará en equilibrio con base más protón:



Ahora bien, al anión bicarbonato le cabe otra posibilidad más de disociación que es la que conduce a la formación del anión carbonato y otro protón:



de manera que antes el ión bicarbonato actuaba como base y ahora como ácido. El anión bicarbonato puede ser entonces un ácido o una base, esto dependerá del pH del medio. En la sangre, en el rango de pH compatible con la vida, el bicarbonato actúa exclusivamente como base, nunca como ácido. Aclarados estos conceptos, nuestros cationes sanguíneos Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , etc., no juegan ningún rol en el problema ácido-base. En consecuencia todo lo que se dice en ciertos libros cuando se habla de acidosis o alcalosis y se pone en juego a estos cationes, no tiene en realidad nada que ver con acidosis ni con baseosis. Lo que ocurre es que cada uno de los estados de acidosis y de baseosis va acompañado de alteraciones en la concentración de estos cationes. Hay situaciones con alteración característica de cationes, pero no es esta alteración de cationes la que caracteriza el estado ácido-base. Desde el momento

que los cationes citados no tienen capacidad para fijar o liberar protones, no juegan ningún papel en el estado ácido-base.

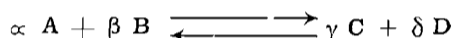
ECUACION DE HENDERSON-HASSELBALCH

Vamos a utilizar una ecuación fundamental para definir y establecer el estado ácido-base, la ecuación de Henderson-Hasselbalch.

Los libros de texto generalmente utilizan la ecuación de Henderson-Hasselbalch en forma restringida aplicándola al ácido carbónico sin aclarar que esta ecuación tiene una aplicación general frente a cualquier ácido o base débil. Es importante discriminar entre ácido débil y ácido fuerte; todo ácido débil en solución es capaz de sufrir una disociación de tipo reversible, en cambio los ácidos fuertes están totalmente disociados.

De acuerdo a lo dicho, a todo ácido débil en estado de equilibrio se le puede aplicar la ecuación de Henderson-Hasselbalch que vamos a deducir a continuación.

Un proceso reversible está sujeto a la ley de acción de las masas, enunciada por Guldberg y Waage en 1867. La expresión general de esta ley puede lograrse primariamente partiendo de:



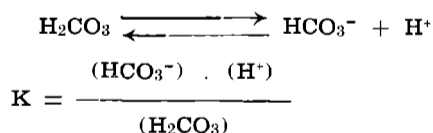
A, B, C, D, son cuatro especies químicas diferentes; α , β , γ , δ , son los llamados coeficientes estequiométricos, esto es, el número de moles de cada una de las sustancias que intervienen en el proceso. A toda reacción reversible se le puede asignar una constante K que es el resultado de un cociente entre el producto de las concentraciones que están a la derecha y el producto de las concentraciones de las sustancias que están a la izquierda, cada una elevada a su correspondiente coeficiente estequiométrico:

$$K = \frac{(C)^\gamma \cdot (D)^\delta}{(A)^\alpha \cdot (B)^\beta}$$

En realidad deben intervenir las *actividades* y no las *concentraciones* pero tomaremos aquí la mínima cantidad de conocimientos físico-químicos que permitan ubicarnos en nuestro propósito.

A todo proceso reversible se le puede aplicar una ley que tiene una expresión matemática de este tipo. La aplicaremos ahora a la disociación de un ácido débil, el ácido carbónico.

Su constante de disociación será:



Aplicando la logaritmicación a esta igualdad:

$$\log. K = \log. (\text{HCO}_3^-) + \log. (\text{H}^+) - \log. (\text{H}_2\text{CO}_3)$$

pasando $\log. (\text{H}^+)$ al primer miembro y $\log. K$ al segundo:

$$- \log. (\text{H}^+) = - \log. K + \log. (\text{HCO}_3^-) - \log. (\text{H}_2\text{CO}_3)$$

o también:

$$-\log. (H^+) = -\log. K + \log. \frac{(HCO_3^-)}{(H_2CO_3)}$$

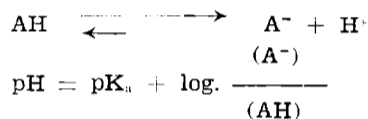
De acuerdo con Sorensen (1909): $-\log. (H^+) = \text{pH}$, por analogía $-\log. K = \text{pK}$. Reemplazando:

$$\text{pH} = \text{pK} + \log. \frac{(HCO_3^-)}{(H_2CO_3)}$$

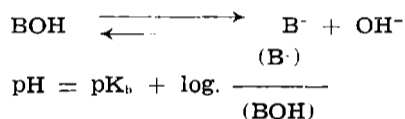
y hemos llegado a la ecuación de Henderson-Hasselbalch aplicada a la disociación de un ácido débil, el ácido carbónico.

Esta ecuación es también aplicable a la disociación de una base débil.

Generalizando, para todo ácido débil:

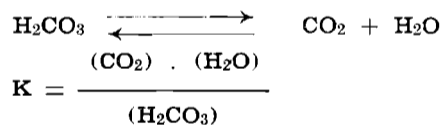


Para todo hidróxido o base débil:



Podemos decir entonces que en una solución de ácido débil o de base débil el pH de la solución depende de la relación existente entre moléculas disociadas y no disociadas, en otras palabras, del grado de disociación. Eso es lo que expresa la ecuación de Henderson-Hasselbalch.

En la sangre la concentración de ácido carbónico es muy pequeña, este problema fue estudiado por Roughton en 1943 (3). Teniendo presente las soluciones de CO₂ en plasma:



pasando (H₂O) al primer miembro:

$$\frac{K}{(H_2O)} = \frac{(CO_2)}{(H_2CO_3)}$$

y siendo en soluciones diluidas la concentración molar del agua prácticamente constante, podemos considerar el cociente del primer miembro una nueva constante, a la que llamaremos K' y que resulta la constante de equilibrio para el sistema considerado:

$$\frac{K}{(H_2O)} = K', \text{ de donde:}$$

$$K' = \frac{(CO_2)}{(H_2CO_3)}$$

El valor de K' ha sido calculado por Roughton y resulta aproximado a 600 a 38° C.

Siendo grande el valor de K', ello significa que la mayor parte del CO₂ está disuelto en forma física y sólo una pequeña cantidad está combinada con el agua como H₂CO₃. En la ecuación de Henderson-Hasselbalch el término (H₂CO₃), corresponde por lo expuesto, a la suma del CO₂ disuelto y a la pequeña cantidad que se ha combinado con el agua para dar H₂CO₃. Esta suma está dada por la presión parcial de CO₂ multiplicada por un coeficiente de absorción, vinculado a la solubilidad del CO₂ en el medio en que estamos trabajando, plasma sanguíneo, suero o sangre total. El coeficiente α se llama coeficiente de absorción de Bunsen y su valor se ha determinado para distintos medios, de los cuales nos interesa el plasma humano.

Según lo dicho, la ecuación de Henderson-Hasselbalch toma esta nueva expresión:

$$\text{pH} = \text{pK} + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)}{\text{pCO}_2 \cdot \alpha}$$

y el denominador será proporcional a la pCO₂; a mayor pCO₂ aumentará la concentración de CO₂ disuelto y de H₂CO₃.

Se ha discutido mucho el valor de α , pero se ha llegado a la conclusión de que se puede aceptar con gran precisión el valor 0,0300 para plasma humano.

Otro problema lo constituye el valor de pK. En realidad pK no es una constante, pero puede considerársela como una constante cuando usamos la ecuación de Henderson-Hasselbalch con fines clínicos. El pK depende del pH y esto ha motivado diversos trabajos de investigación, entre ellos uno de Siggaard-Andersen (4) donde se establecen las variaciones del pK con el pH. Este autor estudió el efecto del pK para distintos pH dentro del rango de pH compatible con la vida y observó que los resultados no tienen variación significativa desde el punto de vista clínico, adoptando para el plasma a 38° C un valor para pK = 6,100.

Introduciendo dichos valores, habremos llegado a la ecuación de Henderson-Hasselbalch que utilizaremos en adelante en los estudios del estado ácido-base:

$$\text{pH} = 6,10 + \log. \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{pCO}_2 \cdot 0,03}$$

Razonemos ahora con esta ecuación. ¿Qué debe ocurrir para que el valor del pH ascienda o disminuya? Las variaciones del pH requieren una variación del cociente:

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{pCO}_2 \cdot 0,03}$$

Un descenso del pH, lo que ocurre en las llamadas **acidosis**, puede estar motivado por dos causas: descenso de la (HCO₃⁻), manteniéndose constante la pCO₂ o aumento de la pCO₂ cuando permanece constante la (HCO₃⁻). Estas son dos situaciones extremas debidas a la alteración de uno solo de los factores en cada caso.

Frente a estas situaciones deben considerarse otras intermedias, esto es alteraciones de ambos factores simultáneamente, en forma tal que conduzcan a un pH descendido con respecto al normal.

Si el pH normal de la sangre es 7,40, todas las **acidosis** estarán caracterizadas por un pH menor de 7,40 y toda **baseosis** por un pH mayor de 7,40.

Los ascensos de pH, **baseosis**, transcurren con aumento de la (HCO_3^-) o descenso de la pCO_2 .

Por lo tanto, toda baseosis o acidosis está definida exclusivamente por la medida del pH.

Cuando nos interese indagar el origen de una alteración del pH, necesitaremos conocer los valores del numerador y del denominador. En la terminología médica, con muy buen criterio se ha dicho que las variaciones del bicarbonato son variaciones metabólicas y las variaciones de la pCO_2 , **variaciones respiratorias**.

Lo que interesa al médico, porque de ello depende la terapéutica, es conocer ambos valores, el del bicarbonato y el de la pCO_2 .

EL ESTADO ACIDO-BASE. VALORES QUE LO DEFINEN: pH REAL, PRESION PARCIAL DE CO_2 (pCO_2), CO_2 TOTAL, BICARBONATO STANDARD Y REAL, BASES BUFFER NORMAL Y REAL, EXCESO DE BASE.

pH real, presión parcial de CO_2 (pCO_2) y CO_2 total.

Cuando medimos el pH de la sangre de un paciente decimos que éste es el **pH real**. Debemos relacionar este pH real con la **concentración real del bicarbonato** presente en la sangre y la **presión parcial real del CO_2 (pCO_2)**.

No existe ninguna técnica de laboratorio que nos permita medir directamente la concentración real del bicarbonato y en cuanto a la medida de la presión parcial real del CO_2 la podemos obtener midiendo la presión parcial del CO_2 en el aire alveolar por cuanto sabemos que es prácticamente igual a la pCO_2 que existe en la sangre arterial. No obstante, las técnicas destinadas a medir la presión parcial de CO_2 en el aire alveolar han sido sumamente criticadas con justificada razón.

Por lo tanto en el laboratorio común, no disponemos de aparatos sencillos que nos permitan establecer los valores del numerador o el denominador en la ecuación de Henderson-Hasselbalch. De ahí que se haya recurrido a otras determinaciones con el objeto de decidir si la acidosis o baseosis de un paciente es de origen metabólico, por alteración de la concentración de bicarbonato o de origen respiratorio, por alteración de la presión parcial de CO_2 . Así se ha justificado la medida de la **concentración de CO_2 total** por un lado y la llamada **reserva alcalina** por otro.

Vamos a hacer una crítica a estos dos valores, aclarando desde ya que ninguno de ellos, ni el CO_2 total, ni la reserva alcalina, pueden ser introducidos en la ecuación de Henderson-Hasselbalch, la que requiere como hemos visto el conocimiento de la concentración real de bicarbonato y de la pCO_2 real.

El CO_2 total es una medida gasométrica que determina la concentración del CO_2 que logramos liberar del **plasma separado**. El plasma separado es el plasma que proviene de una muestra de sangre que ha sido tratada con un anticoagulante apropiado, en

condiciones anaeróbicas y que ha sido centrifugada también en forma anaeróbica. Los diversos mecanismos ideados para evitar el contacto con el aire son deficientes. Se acostumbraba a recoger la sangre bajo parafina o vaselina líquida, hasta que Gambino ⁽⁵⁾ demuestra que el aire en contacto con la sangre prácticamente no ejerce alteración sobre la muestra, mientras que en la superficie de contacto entre la sangre y la vaselina o parafina se produce una verdadera captación de CO₂, razón por la cual no recomienda su uso.

Los trabajos realizados por Siggaard-Andersen ⁽⁶⁾, demuestran que se puede obtener una muestra de sangre en determinadas condiciones y en contacto con el aire, sin que se produzcan alteraciones medibles en su concentración de CO₂.

Sobre el plasma separado se hace la determinación de CO₂ total, introduciéndolo en un aparato de Van Slyke del tipo manométrico y agregándole ácido láctico para provocar el desprendimiento de CO₂. Este CO₂ tiene tres orígenes: el anión bicarbonato, el CO₂ disuelto y la pequeña cantidad que está bajo forma de ácido carbónico.

Quiere decir que al medir el CO₂ total no resolvemos nuestro problema, porque si bien una de las incógnitas de la ecuación de Henderson-Hasselbalch, el pH puede ser resuelta por vía potenciométrica, el CO₂ total nos da la suma de las dos incógnitas restantes.

Aunque la medida del CO₂ total, correctamente realizada, es de gran significado, no nos resuelve el problema al que estamos abocados: la determinación del estado ácido-base.

Pasemos ahora a estudiar el significado de la reserva alcalina. Se toma el plasma separado y se lo equilibra con el aire alveolar del operador. ¿Cuál es el objeto de esta operación? Se pretende dentro del estado ácido-base realizar una medida que refleje exclusivamente el aspecto metabólico, optándose por un camino nada recomendable, a saber:

1º Se supone que se va a equilibrar el plasma con el aire alveolar del operador.

En las condiciones en que se trabaja esto no es posible. Astrup concibió un aparato en el que se equilibra una muestra de sangre con una mezcla de O₂ y de CO₂ a una pCO₂ conocida y para lograr este propósito es necesario el burbujeo del gas a través de la muestra durante 30 minutos.

2º Se supone que el aire alveolar del operador tiene una pCO₂ normal.

Bien sabemos que esto no siempre es exacto.

Se pretende en la determinación de la reserva alcalina eliminar la incógnita del denominador en la ecuación de Henderson-Hasselbalch, es decir eliminar la situación que tendría lugar en el plasma si la pCO₂ del paciente estuviera alterada, por un camino nada aconsejable como hemos dicho: considerar que el aire alveolar del operador es normal y pretender equilibrar el plasma empleando una ampolla, en condiciones que no admiten la posibilidad de llegar a tal equilibrio.

De cualquier manera y aunque la reserva alcalina se realizara en las mejores condiciones obtendríamos con ella un CO₂ total en condiciones normales de pCO₂ y caben aquí las mismas observaciones que hicieramos anteriormente: el CO₂ medido proviene de tres orígenes distintos y por lo tanto no resolvemos el problema con este procedimiento.

Bicarbonato standard y bicarbonato real

Como consecuencia de lo expuesto, se trató de buscar una medida que reflejara exclusivamente el aspecto metabólico del estado ácido-base, ya que la determinación de la concentración real de bicarbonato no puede realizarse en forma directa en el laboratorio.

Jorgensen y Astrup en 1957 (1) proponen determinar la concentración del **bicarbonato standard**. Esta es una medida que no puede ser introducida en la ecuación de Henderson-Hasselbalch pero es correcta y permite establecer si en las alteraciones que han conducido a una acidosis o baseosis, está involucrada una alteración del bicarbonato, es decir si existe o no modificación metabólica. Para ello se fijan condiciones con el objeto de eliminar la variable respiratoria: se recoge la muestra de sangre sin ninguna precaución de anaerobiosis y se la somete a una presión parcial de CO₂ de 40 mm. de Hg, oxigenando completamente la hemoglobina. Esto es muy importante porque la hemoglobina reducida y la hemoglobina oxidada dan pH diferentes.

En tales condiciones, medimos el pH que denominamos **pH standard a 40 mm. de Hg a 38° C** y este pH nos va a permitir calcular el **bicarbonato standard**.

RELACION ENTRE pH Y pCO₂ A 38° C

EN PLASMA

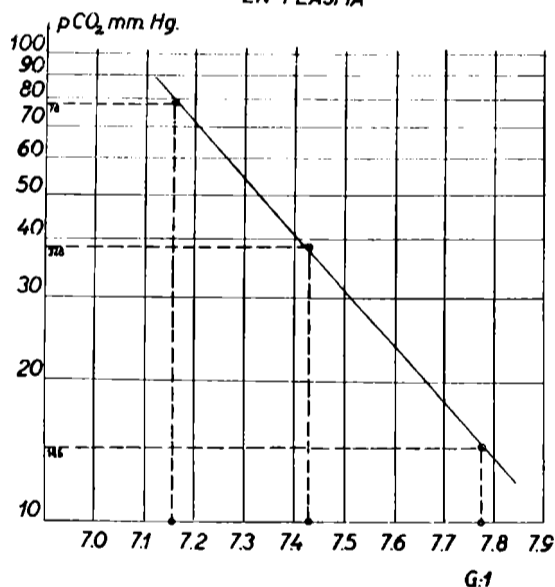


Gráfico 1. — El plasma sometido a pCO₂ diferentes, adquiere valores de pH tales que su graficación conduce a una recta en un sistema log. pCO₂, pH.

Volvamos a la ecuación de Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)}{\text{pCO}_2 \cdot 0,03}$$

Introducimos el pH standard a 40 mm. (pH_{st.}⁴⁰) y la concentración de bicarbonato corresponderá al bicarbonato standard

$[(\text{HCO}_3^-)_{st}]$. A cada medida de pH standard le corresponderá una única medida de bicarbonato standard:

$$\text{pH}_{st}^{40} = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)_{st}}{40 \cdot 0,03}$$

o también:

$$\text{pH}_{st}^{40} = 6,10 + \log. (\text{HCO}_3^-)_{st} - \log. 1,2$$

despejando $\log. (\text{HCO}_3^-)_{st}$:

$$\log. (\text{HCO}_3^-)_{st} = \text{pH}_{st}^{40} - 6,10 + \log. 1,2$$

como $\log. 1,2 = 0,08$

$$\log. (\text{HCO}_3^-)_{st} = \text{pH}_{st}^{40} - 6,02 \text{ y}$$

$$(\text{HCO}_3^-)_{st} = \text{antilog.} (\text{pH}_{st}^{40} - 6,02)$$

Los valores normales establecidos para el bicarbonato standard son:

$$21,7 \pm 2,8 \text{ mEq/l}$$

lo que da valores extremos de 18,9 y 24,5 mEq/l.

Si un paciente presenta valores inferiores o superiores a estos habrá una alteración de su concentración de bicarbonato real y podemos reconocer la magnitud de esa alteración metabólica en forma relativa, porque la concentración de bicarbonato standard no coincide con la de bicarbonato real.

En 1923 Van Slyke (*) descubrió algo sumamente importante. Cuando un mismo plasma se somete a distintas presiones parciales de CO_2 y se mide el pH, transportando los valores hallados a un sistema de coordenadas donde en el eje de las abscisas están los pH en escala lineal y en el eje de las ordenadas los valores logarítmicos de las pCO_2 , se obtiene una recta (gráfico 1).

Si esto es así, al tomar un plasma problema y someterlo a una pCO_2 conocida y medir el pH, tendremos determinado un punto de esa recta. Si al mismo plasma lo sometemos a otra pCO_2 conocida y medimos nuevamente el pH tendremos determinado otro punto. Uniendo ambos puntos obtenemos una recta. Midiendo ahora el pH real de nuestro plasma, ubicaremos el punto correspondiente sobre la recta obtenida y conoceremos la pCO_2 real. No se trata como vemos de una pCO_2 medida sino de una pCO_2 real calculada analíticamente.

Una vez determinada la pCO_2 real, conociendo el pH real medido, calculamos el **bicarbonato real** del plasma:

$$\text{pH real} = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-) \text{ real}}{\text{pCO}_2 \text{ real} \cdot 0,03}$$

$$\text{pH real} = 6,10 + \log. (\text{HCO}_3^-) \text{ real} - \log. (\text{pCO}_2 \text{ real} \cdot 0,03)$$

de donde:

$$\log. (\text{HCO}_3^-) \text{ real} = \text{pH real} - 6,10 + \log. (\text{pCO}_2 \text{ real} \cdot 0,03)$$

y:

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ real} = \text{antilog.} [\text{pH real} - 6,10 + \log. (\text{pCO}_2 \text{ real} \cdot 0,03)]$$

de esta manera quedan despejadas las tres incógnitas de la ecuación de Henderson-Hasselbalch y ahora podremos establecer con pre-

cisión la naturaleza de un trastorno del metabolismo ácido-base. Por ejemplo asegurar que la acidosis de un paciente es del tipo respiratorio descompensado, si la acidosis (caída del pH), está motivada por su $p\text{CO}_2$ más alta que la normal, (superior a 45 mm. de Hg), mientras se mantiene normal su bicarbonato real.

Y si al calcular la $p\text{CO}_2$ encontramos un valor aumentado, 82 mm. de Hg y la concentración de bicarbonato real es 42 meq/l., es decir está también elevada, diremos que la alteración es respiratoria y metabólica a la vez.

Tenemos pues resuelto el problema cualitativo del estado ácido-base en el plasma.

Bases buffer normal y real. Exceso de base

Haremos ahora un planteo cuantitativo del estado ácido-base.

Si un paciente está en acidosis es porque tiene un exceso de protones en el organismo debido a que falla alguno de sus mecanismos de eliminación. Ese exceso de protones en el organismo se va a traducir en un aumento de protones en la sangre, de tal forma que una medida cuantitativa en la sangre nos permitirá extraer una conclusión sobre el estado ácido-base en el organismo total.

Como hemos señalado al principio, fueron Singer y Hastings⁽¹⁾ quienes resolvieron el problema cuantitativo en la sangre.

Cuando la sangre es invadida por protones utiliza sus bases buffer para reprimir la agresión y el sistema de bases buffer capta los protones formando moléculas de ácidos débiles, poco ionizados. Mediante este mecanismo desaparecen protones; simultáneamente disminuye la concentración de aniones buffer. A medida que desaparecen protones desaparecen aniones buffer.

Toda acidosis caracterizada por un aumento de protones también está acompañada por un descenso de aniones buffer.

Por lo tanto puede definirse con propiedad a la acidosis como una caída de la concentración de los aniones buffer sanguíneos.

Los aniones buffer son todos los aniones de ácidos débiles, principalmente bicarbonato, proteinato y fosfato (HCO_3^- , P^- y HPO_4^-).

A la suma de todas las concentraciones de aniones de ácidos débiles presentes en la sangre se la ha denominado *concentración de base buffer* (B. B.).

$$(\text{B.B.}) = (\text{HCO}_3^-) + (\text{P}^-) + (\text{HPO}_4^-)$$

En el plasma la concentración de fosfatos es mínima con respecto a la de bicarbonatos y proteinatos.

Prácticamente puede considerarse que la (B.B.) es la suma de (HCO_3^-) y (P^-).

Singer y Hastings establecieron que si en un plasma normal lograban determinar el valor de la suma anterior conocerían la **concentración de base buffer normal**.

Para ello definieron como **sangre normal** a toda sangre que sometida a una $p\text{CO}_2$ de 40 mm. de Hg a 38° C y con la hemoglobina completamente oxigenada, tiene un $\text{pH} = 7,40$.

Tomaron sangre normal, separaron su plasma y determinaron el valor de la (B.B.) en ese plasma. Encontraron que para ese plasma normal la (B.B.) = 41,7 meq/l.

Luego agregaron glóbulos para tener con el mismo plasma sangres con distintas concentraciones de hemoglobina: 3, 5, 10, 15 g. % y observaron que la (B.B.) en cada caso variaba.

Por cada gramo de hemoglobina por 100 ml. de plasma que agregaban la B.B. aumentaba 0,42 meq/l. y esto permitió establecer que para cualquier sangre, la **concentración de base buffer normal** (B.B.N.) queda expresada por la siguiente fórmula:

$$(B.B.N. = 41,7 + 0,42 \cdot (Hb))$$

donde la concentración de hemoglobina (Hb) está indicada en gramos por 100 ml.

Como vemos los hematíes tienen una concentración de base buffer mayor que el plasma. Ya en 1948 Singer y Hastings dieron los valores respectivos:

(B.B.) hematíes = 55,7 meq/l. en una sangre normal

(B.B.) plasma = 41,7 meq/l. en un plasma normal

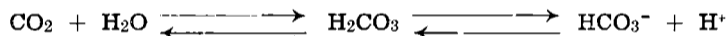
Luego:

(B.B.N.) hematíes — (B.B.N.) plasma = 14 meq/l.

Aplicando la fórmula ya vista podemos calcular en una muestra de sangre su (B.B.N.) conociendo simplemente su concentración de hemoglobina. Sea por ejemplo una sangre con 10 g. por 100 ml. de hemoglobina:

$$(B.B.N.) = 41,7 + 0,42 \cdot 10 = 45,9 \text{ meq/l.}$$

La concentración de base buffer (B.B.) depende de la concentración de hemoglobina pero además y esto es de suma importancia, es independiente de la pCO_2 . Nuestra primera reacción frente a esta afirmación es naturalmente de sorpresa, ya que la (B.B.) es la suma de (HCO_3^-) y (P^-) y al variar la pCO_2 varía la (HCO_3^-) según las ecuaciones conocidas:



Ocurre que al aumentar la pCO_2 aumenta la (HCO_3^-) pero al mismo tiempo tiene lugar una disminución correspondiente de (P^-) , en forma tal que la suma:

$(HCO_3^-) + (P^-)$ permanece constante.

Esto es fundamental y debe tenerse presente. Más adelante volveremos sobre ello.

Si dispusiéramos de una medida de la **concentración de la base buffer real** de una sangre, podríamos establecer la diferencia con la **concentración de su base buffer normal**, calculada a partir de la hemoglobina y tendríamos una **variación de base buffer** (Δ B.B.), que nos permitiría reconocer si un paciente tiene un exceso o defecto de base buffer:

$$\Delta \text{ B.B.} = (\text{B.B.}) - (\text{B.B.N.})$$

Esta diferencia que Astrup y colaboradores llaman **exceso de base** (E.B.) y que Singer y Hastings denominan **variación de base buffer** (Δ B.B.), puede ser positiva o negativa.

¿Cómo se explica un déficit de B.B.? Frente a una invasión de H^+ en el organismo, estos se unen a los aniones buffer y forman moléculas de ácido débil poco ionizado, con disminución de la concentración de base buffer real. La Δ B.B. o E.B. será en este caso negativa y diremos que el paciente está en acidosis.

Si en cambio el paciente tiene una baseosis, presentará un déficit de H^+ y esto irá acompañado de un exceso de su B.B. real y su E.B. tendrá un valor positivo. Supongamos un E.B. = +6 meq/l. Significa que por litro de sangre circulante faltan 6 meq/l. de protones.

Este valor nos será de utilidad en el tratamiento de un paciente y conociéndolo podremos corregir su pH es decir que habremos logrado controlar cuantitativamente el estado ácido-base.

LOS ESTADOS ACIDO-BASE. ACIDOSIS Y BASEOSIS.

Consideraremos a continuación los posibles estados ácido-base.

Si el pH sanguíneo normal es 7,40, toda situación que presente un pH menor se denomina **acidosis**, mientras que los pH sanguíneos superiores al normal caracterizan a las **baseosis**.

Tanto la acidosis como la baseosis pueden motivarse por una alteración del **factor metabólico** (HCO_3^-) o del **factor respiratorio** (pCO_2).

Si solamente la desviación de uno de los factores causa una variación del pH, se dice que la alteración del estado ácido-base es **descompensada**.

En numerosas ocasiones la desviación de un factor transcurre con una modificación del otro en el mismo sentido, por ejemplo aumento de la (HCO_3^-) y aumento de la pCO_2 o disminución de la (HCO_3^-) y disminución de la pCO_2 conduciendo a los estados denominados de **compensación parcial o total**.

Puede ocurrir asimismo en las acidosis y baseosis que las variaciones de los factores metabólico y respiratorio se sumen para dar acidosis y baseosis **combinadas**.

Los estados ácido-base podrán diferenciarse conociendo en cada caso los valores involucrados en la ecuación de Henderson-Hasselbalch y son 15 incluyendo el normal, como veremos a continuación:

ACIDOSIS	{	Respiratoria	{	descompensada
				parcialmente compensada
				compensada
	{	Metabólica	{	descompensada
				parcialmente compensada
				compensada
		Acidosis respiratoria + acidosis metabólica		

NORMAL

BASEOSIS	{	Respiratoria	{	descompensada
				parcialmente compensada
				compensada
	{	Metabólica	{	descompensada
				parcialmente compensada
				compensada
		Baseosis metabólica + baseosis respiratoria		

Previo a la discusión de las acidosis y baseosis, nos referiremos al estado normal.

Valores normales en sangre

Numerosos estudios comparativos permiten afirmar que los valores que definen el estado ácido-base son iguales en sangre arterial y en sangre capilar obtenida por punción del talón, pulpejo del dedo o lóbulo de la oreja.

	ACR D	ACR PC	ACR C	ACM D	ACM PC	ACM C	ACR ACM	NOR	ALR D	ALR PC	ALR C	ALM D	ALM PC	ALM C	ALR ALM
	1	2	3	11	10	9	12	13	7	8	9	5	4	3	6
pH	↑	↑	N	↑	↑	N	↑	N	↑	↑	N	↑	↑	N	↑
pCO ₂	↑	↑	↑	N	↑	↑	↑	N	↑	↑	↑	N	↑	↑	↑
(CO ₂ H)	N	↑	↑	↑	↑	↑	↑	N	N	↑	↑	↑	↑	↑	↑
BB	N	↑	↑	↑	↑	↑	↑	N	N	↑	↑	↑	↑	↑	↑
EB	0	+	+	-	-	-	-	0	0	-	-	+	+	+	+
(CO ₂ H) pCO ₂	↑	↑	N	↑	↑	N	↑	N	↑	↑	N	↑	↑	N	↑

N. NORMAL ↑ AUMENTO ↓ DESCENSO

Gráfico 2. — Variaciones de los valores relevantes en los posibles estados ácido-base.

A continuación transcribimos los valores normales dados por Siggaard-Andersen (9), para sangre arterial o capilar en adultos:

	Hombre		Mujer	
pH	7,360	— 7,420	7,376	— 7,420
pCO ₂ (mm. de Hg)	35,8	— 46,6	32,5	— 43,7
Exceso de base (meq/l.)	—2,4 a +2,3		—3,3 a +1,2	

En sangre venosa el pH es entre 0 y 0,03 unidades menor, la pCO₂ de 6 a 7 mm. de Hg más elevada y el exceso de base entre 2,0 y 2,5 meq/l. mayor. Estas diferencias entre sangre arterial y venosa son debidas al consumo de O₂, a la producción de base al reducirse la hemoglobina y a la producción de CO₂.

Acidosis y baseosis

Las acidosis respiratorias descompensadas transcurren con elevación de la pCO₂. La concentración de bicarbonato plasmático, la base buffer y el exceso de base se encuentran dentro de valores normales.

En cambio la normalidad de todos estos valores, con descenso exclusivo de la pCO₂, caracteriza a la baseosis respiratoria descompensada.

La acidosis metabólica descompensada, es motivada por un descenso del pH debido a disminución de la concentración de bicarbonato, manteniéndose normal la pCO₂. En tal caso la base buffer está disminuida y por lo tanto el exceso de base es negativo.

La elevación del bicarbonato con pCO_2 normal, corresponde a la **baseosis metabólica descompensada**, que va acompañada con valores de base buffer elevados y exceso de base positivos.

Estos cuatro estados descritos, pueden presentar alteraciones de ambos factores: metabólico y respiratorio, lo que conduce a situaciones de **compensación parcial o total**.

Así la compensación en la acidosis respiratoria tiene lugar por elevación de la concentración de bicarbonato. Cuando la elevación del bicarbonato es tal que el pH se restituye a la normalidad, se dice que se trata de una **acidosis respiratoria compensada**. (Gráfico 2, columna 3'a).

Acidosis respiratoria descompensada

$$pH \downarrow = 6,10 + \log. \frac{(HCO_3^-)}{pCO_2 \uparrow \cdot 0,03}$$

pCO_2	elevada
(HCO_3^-)	normal
(B. B.)	normal
E. B.	normal

Gráfico 2, columna 1

Acidosis respiratoria parcialmente compensada

$$pH \downarrow = 6,10 + \log. \frac{(HCO_3^-) \uparrow}{pCO_2 \uparrow \cdot 0,03}$$

pCO_2	elevada
(HCO_3^-)	elevada
(B. B.)	elevada
E. B.	positivo

2

Baseosis respiratoria descompensada

$$pH \uparrow = 6,10 + \log. \frac{(HCO_3^-)}{pCO_2 \downarrow \cdot 0,03}$$

pCO_2	disminuida
(HCO_3^-)	normal
(B. B.)	normal
E. B.	normal

7

Baseosis respiratoria parcialmente compensada

$$pH \uparrow = 6,10 + \log. \frac{(HCO_3^-) \downarrow}{pCO_2 \downarrow \cdot 0,03}$$

pCO_2	disminuida
(HCO_3^-)	disminuida
(B. B.)	disminuida
E. B.	negativo

8

Cuando el descenso del bicarbonato es tal que el pH alcanza a normalizarse, se dice que se trata de una **baseosis respiratoria compensada**. 9."

Acidosis metabólica descompensada

$$\text{pH} \downarrow = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-) \downarrow}{\text{pCO}_2 \cdot 0,03}$$

(HCO ₃ ⁻)	disminuida	
pCO ₂	normal	11
(B. B.)	disminuida	
E. B.	negativo	

Acidosis metabólica parcialmente compensada

$$\text{pH} \downarrow = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-) \downarrow}{\text{pCO}_2 \downarrow \cdot 0,03}$$

(HCO ₃ ⁻)	disminuida	
pCO ₂	disminuida	10
(B. B.)	disminuida	
E. B.	negativo	

Si el bicarbonato y la pCO₂ están disminuidos y el pH se mantiene dentro de la normalidad, estaremos en el caso de la *acidosis metabólica compensada*. 9".

Baseosis metabólica descompensada

$$\text{pH} \uparrow = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-) \uparrow}{\text{pCO}_2 \cdot 0,03}$$

(HCO ₃ ⁻)	elevada	
pCO ₂	normal	5
(B. B.)	elevada	
E. B.	positivo	

Baseosis metabólica parcialmente compensada

$$\text{pH} \uparrow = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-) \uparrow}{\text{pCO}_2 \uparrow \cdot 0,03}$$

(HCO ₃ ⁻)	elevada	
pCO ₂	elevada	4
(B. B.)	elevada	
E. B.	positivo	

La *baseosis metabólica compensada*, presenta un pH normal con elevación simultánea de la (HCO₃⁻) y de la pCO₂. 3b'.

Cuando en una acidosis metabólica, caracterizada por disminución de la (HCO₃⁻), tiene lugar una elevación de la pCO₂, el correspondiente estado ácido-base será una *acidosis metabólica + acidosis respiratoria* o *acidosis combinada*. 12. Este estado va acompañado con los valores más bajos de pH sanguíneo.

Contrariamente, los valores más elevados corresponden a *baseosis respiratoria + baseosis metabólica* o *baseosis combinada*, caracterizada por disminución de la pCO₂ y elevación de la (HCO₃⁻). 6.







Debemos hacer notar que la *acidosis respiratoria compensada* 3a y la *baseosis metabólica compensada* 3b, muestran variaciones

similares. Lo mismo puede decirse respecto a la *acidosis metabólica compensada 9.*" y la *baseosis respiratoria compensada 9.*".

En total hemos puntualizado 14 situaciones, que sumadas a la normal totalizan los 15 posibles estados ácido-base.

REVISION

A continuación insertamos algunos gráficos que nos resultarán útiles para efectuar una revisión de los temas hasta aquí tratados y aclarar algunos conceptos.

$p\text{CO}_2$ 20mmHg	$p\text{CO}_2$ 40mmHg	$p\text{CO}_2$ 80mmHg	
1 	2 	3 	<i>Hb. totalmente oxidada</i>
4 	5 	6 	<i>Hb. totalmente reducida</i>

	$p\text{CO}_2$ 20 mm de Hg	$p\text{CO}_2$ 40 mm de Hg	$p\text{CO}_2$ 80 mm de Hg	
CO_2 TOTAL	18.6	22.2	30.1	Hb. OXIDADA
PODER DE COMBINACION DEL CO_2	18.0	22.2	27.5	
BICARBONATO STANDARD	21.0	21.0	21.0	
CO_2 TOTAL	19.6	25.7	34.6	Hb. REDUCIDA
PODER DE COMBINACION DEL CO_2	21.0	25.7	31.9	
BICARBONATO STANDARD	21.0	21.0	21.0	

Gráfico 3.— El bicarbonato standard es independiente de la $p\text{CO}_2$ y del porcentaje de oxihemoglobina. Jorgensen y Astrup (7).

Una misma muestra de sangre ha sido repartida en seis tubos. Cada tubo es sometido a condiciones diferentes. En los tres primeros la hemoglobina se ha oxidado totalmente. En los otros tres se ha procedido a la reducción de la hemoglobina. Cada par de tubos es tratado a $p\text{CO}_2$ distintas. En la sangre de cada tubo se ha determinado el CO_2 total, el poder de combinación del CO_2 o reserva alcalina y el bicarbonato standard. Gráfico 3.

Los resultados muestran que el CO_2 total aumenta a medida que se eleva la $p\text{CO}_2$. Otro tanto ocurre con el poder de combinación del CO_2 , pero el bicarbonato standard es el mismo en todos los casos para la misma sangre.

Concluimos que la concentración de bicarbonato standard es independiente de la $p\text{CO}_2$ y del porcentaje de oxihemoglobina de la sangre de un paciente. Por lo tanto el bicarbonato standard es una medida que depende exclusivamente del aspecto metabólico del estado ácido-base.

Sin embargo debemos tener presente que el bicarbonato standard al igual que la (B.B.), depende de la concentración de hemoglobina añadido al plasma bajo forma de hematíes. En ese caso, por cada gramo por 100 ml. de hemoglobina añadido al plasma, el $\text{pH}_{\text{st.}}^{40}$ disminuye 0,01 unidad. Como consecuencia, el bicarbonato standard también desciende.

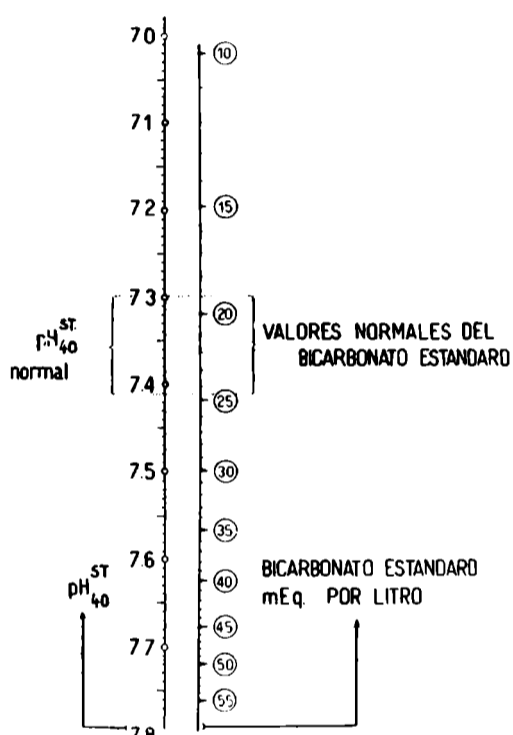


Gráfico 4. — A cada valor del pH le corresponde una concentración de bicarbonato standard.

Cuando definimos bicarbonato standard concluimos que:

$$\text{pH}_{\text{st.}}^{40} = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)_{\text{st.}}}{40 \cdot 0,03}$$

Fijando la pCO_2 en 40 mm. de Hg, se oxida totalmente la hemoglobina y a 38° C se lee el pH que denominamos $\text{pH}_{\text{st.}}^{40}$. La concentración de bicarbonato es la única incognita y por ello a cada valor del $\text{pH}_{\text{st.}}^{40}$, le corresponderá una única concentración de bicarbonato standard, gráfico 4).

Comentaremos ahora las experiencias de Singer y Hastings (1), que tienen suma importancia para interpretar los valores de (B.B.) y de E.B.

La concentración de base buffer presente en plasma y hematíes es diferente (gráfico 5). La mayor (B.B.) en los hematíes es debida a la elevada concentración del anión proteinato. En la sangre total la (B.B.) está dada por la relación entre el volumen de plasma y volumen de hematíes; por ello se computa el porcentaje de hemoglobina o el valor hematocrito.

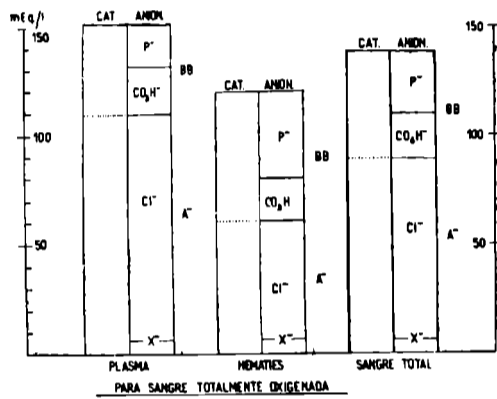


Gráfico 5

El gráfico 6 representa una sangre cuya concentración de base buffer es 50 meq/l. y a la que se ha sometido a pCO₂ de 11 mm. de Hg, 15, 22, etc. midiéndose sus correspondientes pH. Puede observarse que a medida que se eleva la pCO₂, el pH disminuye (acidosis respiratoria), pero la (B.B.) se mantiene constante.

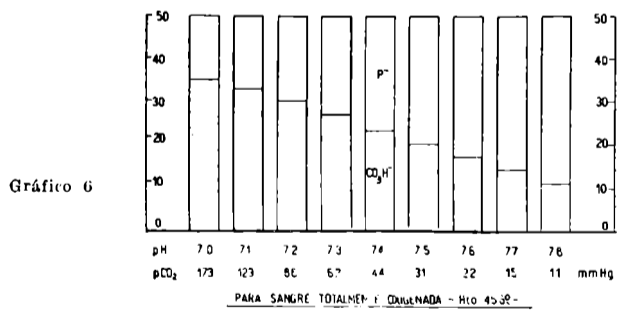


Gráfico 6

Asimismo se comprueba que el aumento de la pCO₂ eleva la concentración de bicarbonato y que la concentración de proteinato disminuye, manteniéndose constante la suma de ambos.

En el gráfico 7 cada par de valores correspondientes pH, pCO_2 del gráfico anterior, individualiza un punto en un sistema coordinado log. pCO_2 , pH y todos los puntos están sobre una recta. La posición de esa recta en el plano depende de la concentración de base buffer de la sangre.

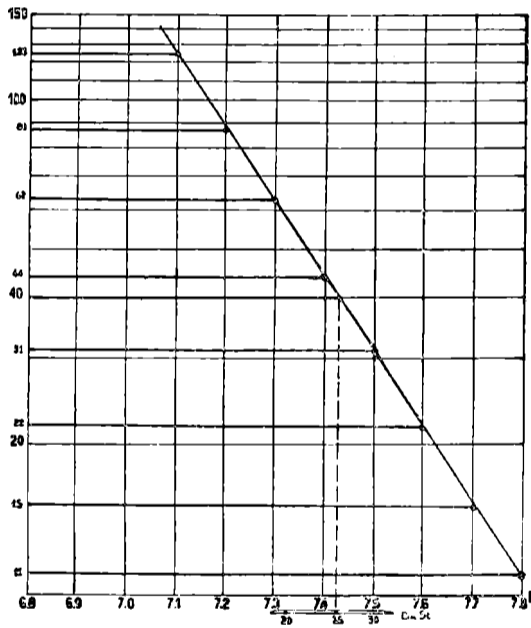


Gráfico 7

PARTE II

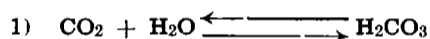
Dr. JOSE M. SARRILLET

Nomograma curvo de Siggaard-Andersen y Engel. Curvas de exceso de base y de base buffer. Aparato de Astrup. Obtención de muestras de sangre para la determinación de los valores del estado ácido-base. Valores normales y valores extremos patológicos en sangre capilar. Nomograma de alineamiento de Siggaard-Andersen. Representación gráfica de los cambios en el estado ácido-base.

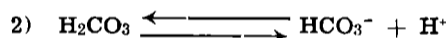
Las modificaciones que diversos estados patológicos traen sobre lo que modernamente se ha dado en llamar el estado ácido-base, se ponen en evidencia al efectuar la determinación del pH de la sangre.

A las alteraciones de los valores normales del pH en la sangre (7,36 a 7,42), se oponen los sistemas buffer entre los cuales el más importante es el constituido por ácido carbónico-bicarbonatos, ya que representa alrededor del 75 % de la capacidad buffer de la sangre ⁽¹⁰⁾.

Como sabemos el CO₂ disuelto en la sangre reacciona en parte con el agua para dar H₂CO₃:



y este ácido carbónico se ioniza a su vez dando anión bicarbonato y un protón o ión hidrógeno:



Aplicando la ley de acción de las masas de Guldberg y Waage, al sistema representado por la ecuación 2), llegamos a la ecuación de Henderson-Hasselbalch una de cuyas expresiones es:

$$3) \text{pH} = \text{pK} + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)}$$

Para el plasma puede reemplazarse en la ecuación 3) (H₂CO₃) por la presión parcial de CO₂ (pCO₂), multiplicada por un factor α (coeficiente de absorción), que resulta igual a 0,03. Además para el plasma humano a 38° C pK tiene un valor de 6,10. Reemplazando por los valores apuntados:

$$4) \text{pH} = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)}{\text{pCO}_2 \cdot 0,03}$$

queda la (HCO₃⁻) expresada en mmol/l.

Recordamos aquí que mol es la cantidad en gramos de una sustancia numéricamente igual a su peso molecular. Así un mol de NaHCO₃ es igual a 84 g. y un milimol (mmol), milésima parte del mol, para esta sustancia es 0,084 g.

La ecuación 4) fue originariamente utilizada por Hasselbalch en 1916, ⁽¹¹⁾, para calcular el pH de la sangre midiendo la pCO₂

alveolar y el CO₂ total de la sangre porque en aquella época la medida del pH por medio del electrodo de hidrógeno era técnicamente dificultosa.

Más tarde cuando la medida del pH fue practicable, ya sea por vía colorimétrica o por el electrodo de vidrio, la ecuación fue empleada para calcular la pCO₂ midiendo el pH y determinando gaseométricamente el CO₂ total.

Actualmente empleamos la ecuación de Henderson-Hasselbalch para calcular la concentración de bicarbonato, midiendo el pH y determinando la pCO₂ por medio del nomograma de O. Siggaard-Andersen y K. Engel ⁽¹²⁾ como veremos más adelante.

Para una sangre normal su pH se considera igual a 7,40, de manera que la ecuación de Henderson-Hasselbalch nos dice que la relación entre la concentración de bicarbonato y la de ácido carbónico en esa sangre normal es de 20 : 1, en efecto:

$$7,40 = 6,10 + \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)}$$

$$\text{y: } 7,40 - 6,10 = \log. \frac{(\text{HCO}_3^-)}{(\text{H}_2\text{CO}_3)} = 1,3$$

$$\text{antilog. } 1,3 = 20$$

Por lo tanto en el plasma la relación $\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{H}_2\text{CO}_3}$ es de 20 a 1.

La concentración de CO₂ producido en el metabolismo celular es regulada por la eliminación pulmonar y por la formación de H₂CO₃, reacción catalizada en el glóbulo rojo de la sangre por una metaloenzima que contiene cinc, la anhidrasa carbónica. En cuanto al bicarbonato, su concentración es regulada por la función renal.

De esto resulta un hecho interesante; en la ecuación de Henderson-Hasselbalch el factor metabólico en el estado ácido-base está representado por la medida de la (HCO₃⁻) y su órgano regulador es el riñón, mientras que el factor respiratorio, cuya regulación se efectúa a través del pulmón se mide por la pCO₂.

NOMOGRAMA CURVO DE SIGGAARD-ANDERSEN Y ENGEL. CURVAS DE EXCESO DE BASE Y DE BASE BUFFER

La ecuación de Henderson-Hasselbalch puede ser representada por medio de *nomogramas*.

Se entiende por nomogramas o ábacos la representación gráfica de la dependencia entre dos o más variables y tienen por objeto determinar mediante simples lecturas, valores de una variable al conocer los valores de las restantes en una relación dada.

Tendremos oportunidad de referirnos al *nomograma curvo* de O. Siggaard-Andersen y K. Engel y al *nomograma de alineamiento* de O. Siggaard-Andersen.

El nomograma curvo es un nomograma cartesiano denominado así en homenaje a Renato Descartes, filósofo y matemático fran-

cés que en 1637 crea la geometría analítica al combinar el álgebra con la geometría, lo que nos permite el cálculo gráfico, es decir determinar en un nomograma el valor de una variable conociendo las restantes.

El nomograma de alineamiento o de puntos alineados que trataremos más adelante, nos interesa porque su manejo es extraordinariamente simple, los ábacos de puntos alineados fueron desarrollados por d'Ocagne en 1921 (13).

Nos referiremos ahora al nomograma curvo y ubicaremos en él los valores modernos que se emplean en la determinación del estado ácido-base: pH real, pCO₂ real, base buffer, exceso de base y bicarbonato standard, dejando aclarado que del nomograma curvo pueden derivarse otros como bicarbonato real, CO₂ total, etc.

Observando la ecuación de Henderson-Hasselbalch 4) encontramos tres variables: pH, (HCO₃⁻) y pCO₂. Conociendo los valores de dos de esas variables podremos determinar el valor de la tercera. Si consideramos valores constantes para la concentración de bicarbonato, la función pH, log pCO₂ puede ser representada por una recta.

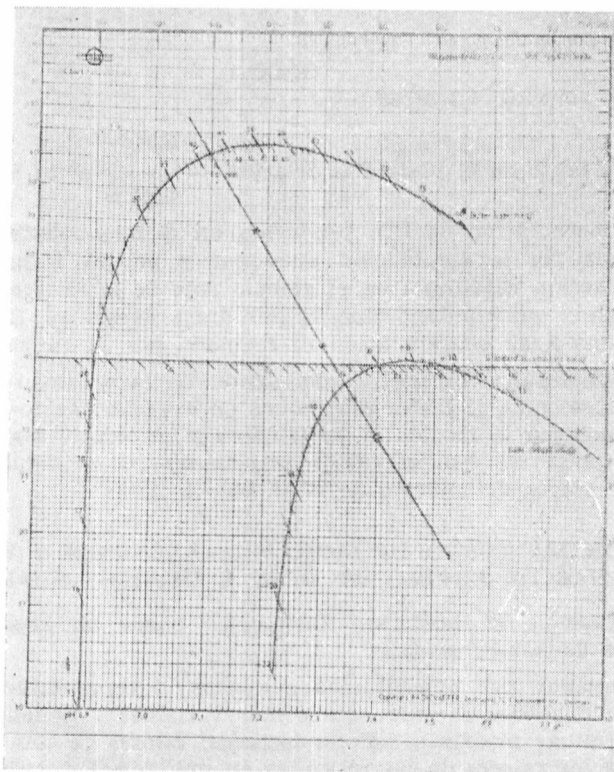


Gráfico 8. — Curva de equilibración del CO₂ en el nomograma curvo de Siggaard-Andersen.

En efecto de la ecuación de Henderson-Hasselbalch se deduce que:

$$\text{pH} = \text{pK} + \log. (\text{HCO}_3^-) - \log. (\text{pCO}_2 \cdot 0,03)$$

$$\text{y: } \log. (\text{pCO}_2 \cdot 0,03) = -\text{pH} + \text{pK} + \log. (\text{HCO}_3^-)$$

Considerando el pK constante y manteniendo también constante la concentración de bicarbonato, tendremos:

$$\log. (pCO_2 \cdot 0,03) = -pH + \text{constante}$$

y la representación en un sistema de coordenadas de esta última ecuación nos dará una recta.

En el nomograma curvo de Siggaard-Andersen y Engel se representa la función pH, log. pCO₂ en un sistema semilogarítmico de coordenadas cartesianas; en las abscisas se ubican los valores de pH y en las ordenadas los valores en expresión logarítmica de la pCO₂ en mm. de Hg.

Aparecen además en dicho nomograma dos curvas, una inferior denominada *curva de exceso de base* y otra superior la *curva de base buffer*, determinadas experimentalmente.

Para obtener los valores del estado ácido-base en este nomograma, será necesario determinar para cada muestra de sangre, la posición de la recta que representa la función pH, log. pCO₂. Una vez logrado esto, midiendo el pH real de la sangre, el punto correspondiente de la recta nos indicará la pCO₂ real que tiene la sangre.

Los puntos de intersección de la recta encontrada con las curvas de exceso de base y de base buffer, nos darán los valores correspondientes.

Es necesario insistir aquí que para cada muestra de sangre se debe determinar la posición de la recta que representa la función pH, log. pCO₂ en el nomograma cartesiano, porque todas las muestras no poseen igual cantidad de hemoglobina, proteínas, bases o ácidos fijos, etc. y como consecuencia esa recta no ocupará siempre la misma posición.

¿Cómo se logra experimentalmente determinar en el nomograma la recta citada?

Siggaard-Andersen, Engel, Jorgensen y Astrup dieron en el año 1960⁽¹⁴⁾, una magnífica solución a este problema al publicar un micrométodo y el nomograma curvo a que nos estamos refiriendo.

Empleando el micrométodo de estos autores, se determina la posición de la recta equilibrando muestras de una misma sangre a dos presiones conocidas de CO₂ y midiendo sus respectivos pH.

Supongamos que hemos equilibrado una muestra de sangre a una presión parcial de CO₂ de 30 mm. de Hg y su pH a esa tensión es 7,40. Hacemos lo mismo con otra muestra de la sangre que hemos equilibrado ahora a 68 mm. de Hg y cuyo pH medido resulta igual a 7,18. Uniendo esos dos puntos encontrados, obtendremos la recta que buscábamos y a la cual se denomina también *curva de equilibración del CO₂*. Gráfico 8.

Si en otra muestra de la misma sangre determinamos el pH real y este es igual a 7,30, para conocer su pCO₂ real, nos bastará buscar el punto correspondiente sobre la recta determinada, en nuestro caso hallaremos una pCO₂ real de 43 mm de Hg.

Los puntos de intersección de la curva de equilibración hallada y las curvas del nomograma, nos darán los siguientes valores: 42 meq/l. para las B.B. y —5 meq/l. para el E.B.

Asimismo en el punto de intersección de la recta encontrada con la ordenada a 40 mm. de Hg, hallaremos el valor del bicarbonato standard, que resulta igual en este caso a 20 meq/l.

Todos estos valores, ver gráfico 8, han sido ubicados en el *nomograma curvo corregido* de Siggaard-Andersen (9), confeccionado sobre la base del primitivo (14), ya citado.

La curva de equilibración del CO₂ se obtiene en la práctica empleando el llamado *equipo micro-Astrup*, según veremos más adelante. Sin embargo, teniendo en cuenta que las curvas de base buffer y de exceso de base del nomograma han sido determinadas experimentalmente siguiendo los conceptos de Singer y Hastings (1), podemos lograr el mismo objetivo equilibrando la sangre a una tensión conocida de CO₂, para lo cual utilizamos nuestro propio aire alveolar y midiendo su hemoglobina, tal como lo hemos descrito en otra parte (15).

Resumiendo, con cantidades muy pequeñas de sangre capilar, bastan unos 100 microlitros (100 μ l.) y en un corto espacio de tiempo, estamos en condiciones de determinar con toda precisión la condición total del estado ácido-base en el espacio extracelular de un paciente a través del pH real y además saber con seguridad en qué medida están alterados el factor respiratorio y el metabólico: el primero por el valor de la pCO₂ y el segundo por los valores del bicarbonato standard y del exceso de base, como fuera destacado ya en la primera parte de este curso.

Podemos afirmar sin temor a equivocarnos que el micrométodo propuesto por Siggaard-Andersen y colaboradores como así sus nomogramas curvo y de alineamiento, este último publicado en 1963, provocarán una verdadera revolución en este campo apasionante de la medicina, al suministrar al médico información precisa que le permitirá controlar casi permanentemente el estado ácido-base del enfermo.

Aparato de Astrup

Los modernos estudios que sobre el estado ácido-base estamos reseñando, fueron iniciados en 1958 en el Departamento de Química Clínica del Rigshospitalet en Copenhague, por un grupo de investigadores entre los cuales debemos citar a Astrup, jefe de dicho Departamento, a Siggaard-Andersen y Engel creadores del nomograma curvo y a Jorgensen.

Durante la gran epidemia de polio ocurrida en Dinamarca en 1952, se hizo evidente la necesidad de contar con métodos más simples y rápidos para determinar los estados ácido-base de los pacientes.

Hasta la aparición de los modernos estudios de la escuela dinamarquesa, se pretendió medir los desequilibrios metabólicos a través de la reserva alcalina ya sea como CO₂ total del plasma o como poder de combinación del plasma para el CO₂, por medio del aparato de Van Slyke, pero estos valores varían con la pCO₂ real y también con la saturación de O₂ de la sangre y por lo tanto no pueden suministrarnos una medida ideal de los disturbios metabólicos, es decir no respiratorios.

Jorgensen y Astrup en 1957, propusieron en su reemplazo, la determinación del bicarbonato standard, para eliminar la influencia del factor respiratorio, siendo este valor independiente de la pCO₂ y de la saturación de O₂.

No obstante, el valor del bicarbonato standard presenta el inconveniente de que no mide la cantidad en meq/l. de sangre, de ácidos o bases fijas que provocan un cambio en el estado ácido-base,

debido a que como ya se indicó oportunamente el sistema regulador ácido carbónico bicarbonatos es responsable de aproximadamente un 75 % de la acción buffer de la sangre.

Es entonces que Astrup y sus colaboradores introduciendo la medición del pH de la sangre como rutina, desarrollando métodos prácticos para equilibrar la sangre a tensiones conocidas de CO₂ y recurriendo a los conceptos de base buffer expuestos por Singer y Hastings en 1948, nos proporcionan en el año 1960 una microtécnica y un nomograma adecuados para determinar valores del estado ácido-base que nos permiten delimitar con toda precisión la influencia en él del factor respiratorio y del factor metabólico.

Nos ocuparemos a continuación de los equipos empleados en el laboratorio para la correcta determinación de los valores ya estudiados.

La manera ideal de determinar la curva de equilibración del CO₂ se logra con el *aparato de Astrup* o *equipo micro-Astrup* que muestra la foto N° 1.

Consta este equipo dinamarqués proporcionado por la firma Radiometer de:

a) Un peachimetro tipo PHM 22, con un medidor externo a escala expandida PHA 621, que cubre un rango de pH de 6,6 a 8,0, con divisiones para cada centésima de pH y cuyas lecturas dan una exactitud de 5 milésimas de pH.

b) Una unidad microelectrodo E 5021, especialmente diseñada para determinaciones en sangre, constituida por un microelectrodo de vidrio G 297 y electrodo de calomel K 497. El volumen de sangre requerido para cada determinación es aproximadamente de 20 µl. Los electrodos están rodeados de una chaqueta que permite el paso de agua proveniente de un termostato.

c) Un microtonómetro AMT 1, donde se equilibran las muestras de sangre durante 2 a 3 minutos, a 2 tensiones distintas y conocidas de CO₂. Las cámaras especiales del tonómetro permiten agitar, humidificar y regularizar la temperatura de las muestras durante la equilibración.

d) Un termostato de circulación VTS 13 que mantiene la temperatura del agua que circula por la unidad microelectrodo y el microtonómetro dentro de una variación de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Posee el termostato una bomba de succión, operada por el agua de la bomba de circulación, que hace posible cargar automáticamente el microelectrodo con la muestra de sangre.

La temperatura tiene una gran influencia en las determinaciones de pH, de ahí la necesidad de usar un buen termostato.

e) El equipo completo incluye dos cilindros para gases de 2,5 l. de capacidad. En uno de ellos se carga una mezcla de O₂—CO₂ con un contenido menor a 5 % de CO₂ y el otro contiene una mezcla de O₂—CO₂ con más de 5 % de este último. Por ejemplo 3,92 % de CO₂ en uno y 8,13 % de CO₂ en otro, que corresponde a pCO₂ de 28 y de 58 mm. de Hg respectivamente. Estas mezclas gaseosas son las empleadas en el microtonómetro.

f) Un analizador de gases GAA 1 usado para determinar el contenido en CO₂ de las mezclas gaseosas de los cilindros. Es necesario para nuestros fines conocer el valor del CO₂ con una exactitud de $\pm 0,03\%$, por lo tanto cualquier instrumento que determine la

segunda decimal puede utilizarse. El analizador de este equipo, como los aparatos Orsat y Haldane, está basado en el método volumétrico.

En cuanto al procedimiento seguido para obtener, con el equipo micro-Astrup, la curva de equilibración del CO_2 es muy simple. Todo consiste en tomar tres muestras de una misma sangre. Dos de ellas se depositan directamente del tubito capilar de extracción, en las ramas correspondientes de la cámara de equilibración del microtonómetro. Se agita durante 3 minutos mientras se hace burbujear las mezclas gaseosas con pCO_2 conocidas. Una vez hecho esto, se cargan por succión en el microelectrodo las muestras equilibradas y se miden sus respectivos pH. Así tendremos los dos puntos necesarios para trazar la recta de equilibración en el nomograma curvo. Con la tercera muestra de sangre se mide su pH real y en posesión de estos datos, se determinan los restantes valores del estado ácido-base según explicáramos anteriormente.

Cuando no se dispone del micro-Astrup, puede trazarse la curva de equilibración equilibrando la muestra de sangre a una sola pCO_2 conocida y midiendo su hemoglobina.

Para ello empleamos el equipo que muestra la foto N° 2 y que consta esencialmente de:

a) Un peachimetro Metrohm AG Herisau E 322 de origen suizo, con escala expandida y divisiones cada centésima de pH, que permite lecturas de 5 milésimas de pH.

b) Una cadena de medición Metrohm EA 521 para sangre, constituida por un electrodo capilar EA 139-5 y un electrodo de referencia de calomel EA 421, ambos con chaqueta para circulación de agua.

c) Un baño termostático de 6 litros y bomba circulante, ambos de industria argentina.

Con este equipo equilibramos una pequeña muestra de sangre, haciendo llegar a una ampollita que contiene sangre nuestro aire alveolar durante unos 2 minutos y cargamos luego la muestra equilibrada, en el microelectrodo de vidrio por succión suave. Al pH que se determina a continuación lo denominamos pH a 40 mm. de Hg.

En otra muestra de la misma sangre determinamos su pH real.

Finalmente establecemos el valor de la hemoglobina de la muestra por el método de la cianmetahemoglobina y con los tres datos obtenidos: pH real, pH de la sangre a una tensión de 40 mm. de Hg y hemoglobina se opera sobre el nomograma de alineamiento como veremos más adelante.

En una publicación anterior ⁽¹⁵⁾ se ha descrito el procedimiento a seguir para encontrar la curva de equilibración en el nomograma curvo, conociendo estos tres valores.

OBTENCION DE MUESTRAS DE SANGRE PARA LA DETERMINACION DE LOS VALORES DEL ESTADO ACIDO-BASE

Se obtienen muestras de sangre capilar porque se ha demostrado que los valores para el estado ácido-base de la sangre arterial son prácticamente los mismos que los de la sangre capilar obtenida por punción de la yema del dedo, del lóbulo de la oreja o del talón.

En prematuros o lactantes se prefiere esta última zona, efectuando la punción con una profundidad de 3-5 mm., mediante una

hojita de afeitar cortada adecuadamente, en la región próxima al pliegue poco marcado que separa el talón de la planta del pie.

La sangre que fluye espontáneamente se origina en las arteriolas y tiene una composición que corresponde a la sangre arterial. Si se efectúa expresión se corre el riesgo de obtenerla mezclada con sangre venosa.

La primer gota se desecha a causa de esta posibilidad y luego la sangre que sigue fluyendo se recoge en un tubito de 2 mm. de diámetro interno por 100 mm. de longitud, humedecido previamente con una solución de heparina sódica (50 mg./ml.).

Conviene que el tubito tenga un extremo ligeramente aguzado para que la sangre penetre por él fácilmente, al mantener el tubito algo inclinado. Cuando está casi lleno, se tapa con el índice el extremo superior, se introduce por el inferior una pequeña pieza de alambre de acero con ayuda de un pequeño imán y se sellan ambos extremos con plastilina.

La introducción del trocito de hierro tiene por objeto homogeneizar la muestra antes de efectuar las determinaciones en el laboratorio, valiéndonos para ello del imán.

Los tubitos empleados en la extracción, son heparinizados para evitar la coagulación de la sangre, absorbiendo y expeliendo la solución de heparina sódica varias veces, de manera que las paredes queden apenas mojadas.

Astrup y colaboradores emplearon como anticoagulante fluoruro de sodio para prevenir glucolisis, más tarde desecharon su uso por varias razones, siendo una de ellas el cambio que provoca en la disociación de los ácidos débiles, por ejemplo el pK del ácido carbónico. Actualmente dichos autores usan una solución acuosa de heparina (0,5 g./l.), con la que llenan los tubos y luego evaporan el agua en estufa a 60°C.

A veces se presentan dificultades en la obtención de la muestra de sangre; para obviar este inconveniente se puede provocar una vasodilatación calentando la zona donde se va a efectuar la punción o bien se activa la circulación mediante masajes.

Para obtener la muestra en condiciones de anaerobiosis se acostumbraba colocar en el tubito de extracción, antes de punzar, una columna de 3 - 4 mm. de aceite mineral. La sangre al penetrar desplaza el aceite y cuando llega al otro extremo se sella con plastilina como hemos explicado antes.

De acuerdo a trabajos de Gambino (5) el uso del aceite mineral debe desecharse completamente.

También se ha preconizado y abandonado después el uso de tubos plásticos para la extracción al comprobarse que el CO₂ es soluble en toda clase de plásticos.

La sangre debe ser almacenada un espacio de tiempo tan corto como sea posible, conservando las muestras bajo hielo y manteniendo los tubitos horizontalmente para facilitar su posterior homogeneización.

Una mezcla inadecuada de la sangre antes de la medición del pH puede dar lugar a errores. Si en el electrodo entra una cantidad desproporcionada a favor del plasma, se obtendrá un valor más alto de pH y si la desproporción es a favor de los glóbulos rojos, el pH obtenido será menor al que corresponda en realidad.

Por la razón apuntada, cuando la muestra llega al laboratorio, se homogeneiza bien con ayuda del imán, se cortan los extremos sellados con plastilina y se introduce en el tubito de extracción el extremo flexible de plástico del microelectrodo de vidrio, para llenarlo con sangre apelando a suave succión o bien se utiliza la muestra para su equilibración en el microtonómetro.

Una vez lleno el capilar del microelectrodo de vidrio, se introduce su extremo en una solución de gelatina-KCl, que hace las veces de puente salino con el electrodo de referencia, cerrando el circuito. Se aguarda un minuto y se efectúa la lectura del pH, que obtendremos con una precisión de alrededor de una centésima de pH.

VALORES NORMALES Y VALORES EXTREMOS PATOLOGICOS EN SANGRE CAPILAR

En la primera parte de este curso se han citado los valores normales dados por Siggaard-Andersen y que corresponden a sangre capilar del lóbulo de la oreja para hombres y mujeres de 20 a 45 años.

El primer nomograma curvo (1960) fue originalmente construido sobre la base de titulaciones realizadas sobre sangre total, empleando como anticoagulante fluoruro de sodio. El uso de esta droga tiene sus inconvenientes y por ello Siggaard-Andersen (1962) publica un nomograma corregido sustituyendo el fluoruro de sodio por heparina.

Existen diferencias no muy grandes entre ambos nomogramas, así en el primitivo el exceso de base tiene un valor 0 para la sangre con un pH de 7,38 a una pCO_2 de 40 mm. de Hg, mientras que en el corregido el punto 0 del exceso de base corresponde a una sangre con pH 7,40 a pCO_2 de 40 mm. de Hg.

Con respecto a los valores extremos patológicos, el pH puede variar entre 6,8 y 7,8 aproximadamente. En casos crónicos los límites son mucho más estrechos 7,2 a 7,5.

Los valores más bajos de pH se encuentran en comas diabéticos y en casos de severa falla renal.

Nosotros tenemos registrado un pH de 6,62 en una niñita de 10 meses de edad con deshidratación muy grave y que se regularizó después de tratamiento adecuado, caso que comentaremos más adelante.

Valores bajos de pH aparecen también en excesiva actividad muscular con metabolismo anaeróbico. Aquí la caída de pH con valores de E.B. negativos elevados, se debe a la producción de ácidos no volátiles.

Una elevación en la pCO_2 no da valores muy bajos de pH; recién cuando la pCO_2 llegara a 200 mm. de Hg, el pH caería a 6,8, si el desequilibrio fuera exclusivamente respiratorio.

Valores altos de pH se ven en hiperventilación aguda relacionada con anestesia y en vómitos.

La pCO_2 puede variar entre 10 y 130 mm. de Hg. Valores muy bajos se observan en hiperventilación violenta y como consecuencia de hiperventilación compensatoria debida a exceso de ácidos no volátiles, por ejemplo en comas diabéticos o en fallas renales.

Valores muy altos de pCO_2 se registran en insuficiencias crónicas pulmonares severas. Se han informado valores de 150 mm. de Hg en sangre venosa, en poliomiélitis.

El exceso de base puede variar entre -30 y $+30$ meq/l. Se encuentran valores muy bajos en comas diabéticos y en fallas renales graves, asimismo como consecuencia de actividad muscular anaeróbica por formación de ácido láctico.

En cambio aparecen valores altos en vómitos prolongados con pérdida de ácidos, pérdida de potasio y deshidratación.

NOMOGRAMA DE ALINEAMIENTO DE SIGGAARD-ANDERSEN

En el año 1963 Siggaard-Andersen (16), publicó un nomograma de puntos alineados, que tiene la ventaja sobre el nomograma curvo de facilitar ciertos cálculos.

Este nomograma de alineamiento representa las mismas funciones que el nomograma curvo e idéntica exactitud puede obtenerse con los dos nomogramas.

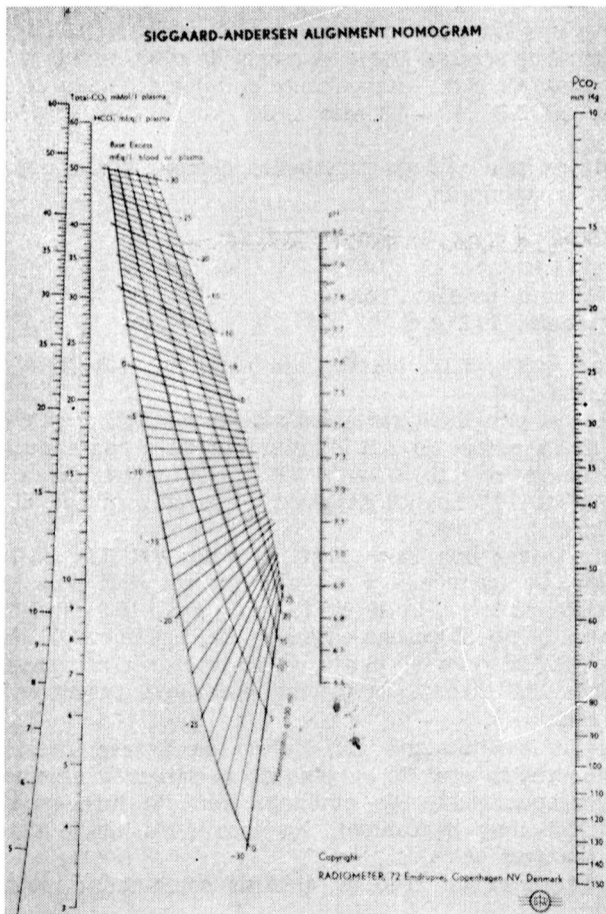


Gráfico 9. — Nomograma de alineamiento de Siggaard-Andersen.

En el nomograma de alineamiento el sistema de coordenadas pH, log. pCO₂ está representado por dos líneas paralelas: una con

escala lineal representa los pH y la otra con escala logarítmica las $p\text{CO}_2$.

El autor en la publicación citada, ofrece detalles sobre la construcción de este nomograma (gráfico 9), en el que aparecen cinco escalas: pH, $p\text{CO}_2$ en mm. de Hg, E.B. en meq/l. de sangre o plasma, HCO_3^- en meq/l. de plasma y CO_2 total en mmol/l. de plasma.

A continuación ofrecemos algunos ejemplos referentes al empleo del nomograma de alineamiento, cuyo manejo es más sencillo que el del nomograma curvo en casi todos los casos.

Ejemplo N° 1.

CO_2 total del plasma: 19,7 mmol/l. (medido en microgasómetro Natelson modelo 600).

pH real: 7,40

Hemoglobina: 10,5 g. %

Calcular: $p\text{CO}_2$ y E.B.

Se traza una línea entre los valores conocidos de pH y CO_2 total, en las respectivas escalas. Sobre la escala de $p\text{CO}_2$ se lee 31,7 mm. de Hg, en la escala de E.B., interpolando el valor conocido de hemoglobina, se lee un E.B. = -4,3 meq/l. de sangre. Esos son los valores buscados.

Se trata de una acidosis metabólica compensada o una alcalosis respiratoria compensada.

Ejemplo N° 2.

pH real: 7,15

pH a 40 mm. de Hg: 7,25

Hemoglobina: 14,2 g. %

Calcular: $p\text{CO}_2$, E.B., bicarbonato standard, CO_2 total y bicarbonato real.

Se une con una línea recta los valores pH 7,25 y $p\text{CO}_2$ 40 mm. de Hg. Sobre la escala de E.B. e interpolando el valor de hemoglobina conocido, se lee E.B. = -9,6 meq/l. de sangre; sobre la escala de HCO_3^- se lee 16,7 meq/l. de plasma que corresponde al bicarbonato standard.

Se traza ahora una línea entre el valor del E.B. hallado a la hemoglobina que conocemos y el valor del pH real conocido. Sobre la escala $p\text{CO}_2$ se lee el valor de la $p\text{CO}_2$ real, 59,9 mm. de Hg en nuestro caso. Sobre la misma línea se lee 21,4 mmol/l. de plasma para el CO_2 total y en el punto de intersección con la escala de HCO_3^- leemos 19,8 meq/l. de plasma, valor que corresponde al bicarbonato real.

Esto no es exactamente así; habría que hacer intervenir otro factor, la saturación real de oxígeno de la sangre y efectuar la corrección correspondiente. Sin embargo como la influencia de este factor modifica muy ligeramente los resultados, no lo tenemos en cuenta en nuestros cálculos.

Este ejemplo es un caso de acidosis combinada: metabólica y respiratoria.

Ejemplo N° 3

pH real: 7,54

pH a $p\text{CO}_2$ de 29,3 mm. de Hg = 7,75

pH a $p\text{CO}_2$ de 64,0 mm. de Hg = 7,48

Hemoglobina: 11,8 g. %

Calcular: pCO_2 y E.B.

En este caso es más fácil la determinación de los valores buscados empleando el nomograma curvo. No obstante pueden determinarse en el nomograma de alineamiento de la siguiente manera: se traza una recta entre pH 7,75 y pCO_2 29,3 y otra recta entre pH 7,48 y pCO_2 64 mm. de Hg. En el punto de intersección de las dos rectas trazadas se lee E. B. = + 19,6 meq/l. de sangre y hemoglobina 13,5 g. %.

La concentración de hemoglobina debe coincidir dentro de valores ± 5 g. % con el valor de la hemoglobina medido directamente.

Luego se traza una recta entre el punto de E. B. encontrado: + 19,6 a 13,5 g % de hemoglobina y el pH real 7,54. Sobre la escala pCO_2 tenemos la pCO_2 real: 54 mm. de Hg.

El presente es un ejemplo de alcalosis metabólica parcialmente compensada.

REPRESENTACION GRAFICA DE LOS CAMBIOS EN EL ESTADO ACIDO - BASE

Siggaard-Andersen (18) propuso en el año 1960 una interesante representación gráfica que muestra los cambios del estado ácido-base en función del tiempo.

Se ha visto que el estado ácido-base de la sangre es consecuencia de la suma de los factores respiratorio y metabólico. También se ha establecido oportunamente que el pH real indica la condición total, mientras que la pCO_2 representa el componente respiratorio y el E. B. el metabólico.

Para que puedan ser directamente comparados los tres valores, Siggaard-Andersen los ilustra en su representación gráfica como se explica a continuación:

1. El valor del pH real es indicado en las ordenadas.
2. Los valores de la pCO_2 son colocados sobre el eje de las ordenadas de tal manera que correspondan a los valores de pH que se obtendrían si el disturbio fuera solamente respiratorio, es decir un disturbio con un E. B. = 0 y llama a este pH, *pH respiratorio*.
3. Los valores de E. B. son colocados sobre el eje de las ordenadas y de modo que correspondan a los valores de pH que se obtendrían si el disturbio fuera únicamente metabólico, es decir un disturbio con una $pCO_2 = 40$ mm. de Hg. Este valor de pH es designado *pH no respiratorio*.

El tiempo registrado en las abcisas, permite seguir perfectamente la evolución del estado ácido-base del paciente.

Además este sistema presenta las siguientes ventajas:

1. Las zonas normales para los tres valores son aproximadamente idénticas y puede trazarse una zona normal.
2. El disturbio total, representado por el pH real es consecuencia de la suma de los disturbios respiratorios y metabólicos en relación al valor promedio normal, pH 7,40.
3. Es fácilmente visible en la gráfica si el disturbio es no compensado, parcialmente compensado o totalmente compensado.

Veamos el ejemplo perteneciente a la Historia Clínica N° 20.824 de la sala V, cuyo jefe es el Dr. Climent, del Hospital de Niños de La Plata. Ver gráfico 10 y cuadro de valores.

Se trata de una niña de 10 meses de edad y 5,530 Kg. de peso, que ingresó el día 15/5/65 con deshidratación muy grave, en coma, en shock, con hipotermia y opacidad de córnea. Tenía además un compromiso renal.

Habiéndosele efectuado a su ingreso un estudio ácido-base, encontramos un pH real de 6,62, marcado en la gráfica fuera de la escala. No se indican otros valores por caer fuera de la escala del nomograma de alineamiento. Se inicia inmediatamente el tratamiento a base de bicarbonato de sodio.

La segunda determinación realizada quince horas más tarde, nos revela una severa acidosis metabólica no compensada, con un E. B. = -26,5. La tercera determinación indica una acidosis metabólica parcialmente compensada, con una pCO_2 de 21 mm. de Hg y un pH de 7,165. La cuarta determinación, muestra que el pH real ha seguido elevándose merced a un aumento en el E. B. que es aquí de -16,2 y a que se mantiene una parcial compensación por el factor respiratorio. La quinta determinación, a 48 horas de la primera, nos permite apreciar que los tres valores se han normalizado.

En 48 horas han sido administrados por vía endovenosa aproximadamente 54 meq. de $NaHCO_3$. La urea que había llegado a 1,50 g. % ha disminuido para entonces a 0,65 g. % (micrométodo de la ureasa).

La última determinación del estado ácido-base, nos revela un ligero aumento en el E. B. pero dentro de lo normal. La urea se normaliza.

Días después la niña fue dada de alta.

Cuadro de valores

Fecha	15/5	16/5	16/5	17/5	17/5	19/5
Hora extracción muestra	20 hs.	11 hs.	20 hs.	11 hs.	20 hs.	8 hs.
Tiempo en horas	0	15	24	39	48	84
pH real	6,62	6,88	7,165	7,27	7,40	7,44
pCO_2 real	—	37,5	21	20,5	39	39
E. B.	—	-26,5	-20	-16,2	-0,5	+2
Bicarbonato standard	—	6,8	9,8	12	23,5	26
CO_2 total	—	7,4	7,8	9,5	24,5	26,5
Hemoglobina g. %	17,0	10,5	9,9	10,5	10,5	10,1
Hematocrito %	48,4	38,6	31	33,4	32	34,5
Urea g. %	—	1,34	1,50	0,96	0,65	0,19

Tratamiento

	15/5	16/5	17/5
Bicarbonato de sodio endovenoso	24 meq.	12 meq.	18 meq.

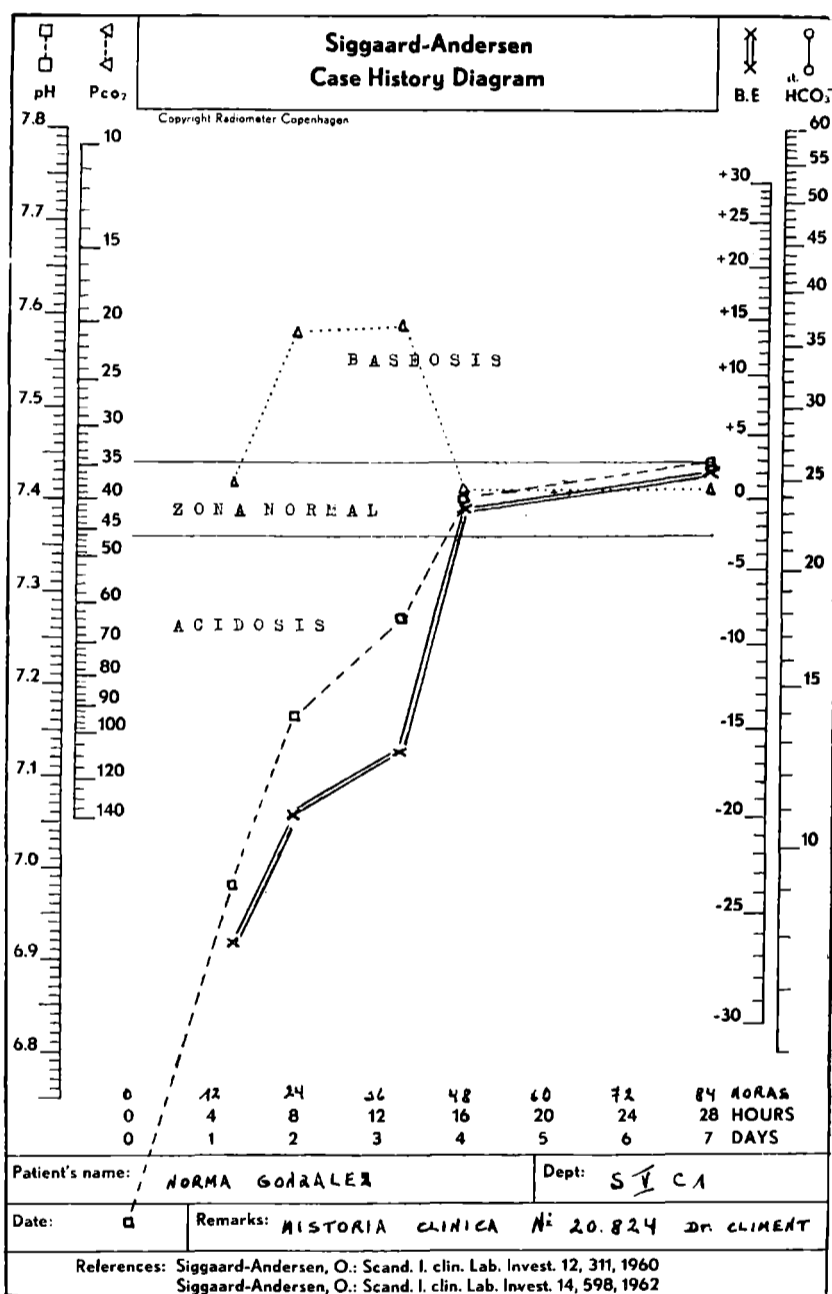


GRAFICO 10

PARTE III

Dr. JOSE PETROLITO

Las trece zonas del nomograma curvo. Análisis de las trece zonas. Corrección de las alteraciones del metabolismo ácido-base. Acidosis y baseosis respiratorias. Baseosis metabólica. Acidosis metabólica: acidosis diabética y acidosis renal. Tratamiento.

Se ha visto que en la ecuación de Henderson-Hasselbalch la concentración de bicarbonato representa el factor metabólico mientras que la $p\text{CO}_2$ mide el factor respiratorio. Asimismo se consideró la representación gráfica de esta ecuación en el nomograma curvo de Siggaard-Andersen y Engel y la determinación mediante el nomograma de los principales valores del estado ácido-base.

Nos ocuparemos a continuación de las distintas zonas en que puede dividirse el nomograma curvo y de la significación clínica de cada zona.

LAS TRECE ZONAS DEL NOMOGRAMA CURVO

Teniendo presente los valores normales de pH, $p\text{CO}_2$ y E. B. en sangre capilar, es posible definir trece zonas en el nomograma curvo, que corresponden a los quince estados ácido-base posibles. (Gráfica 11).

Con una muestra de sangre normal, que contenga 14,5 g. de hemoglobina por cien ml. y E. B. + 2,3 meq/l. y con otra sangre similar pero con E. B. - 2,3 meq/l., pueden ubicarse dos rectas en el nomograma, que resultarán aproximadamente paralelas. Una recta pasa por B. B. = 45,3 meq/l. y E. B. = - 2,3 meq/l. y la otra por B. B. = 49,9 meq/l. y E. B. = + 2,3 meq/l.

Se trazan además dos paralelas al eje de abscisas por los valores de $p\text{CO}_2$ correspondientes a 35 y a 46 mm. de Hg y dos paralelas al eje de ordenadas que cortan a los valores de pH en 7,35 y 7,418 respectivamente.

Las seis rectas así ubicadas definen las trece zonas citadas.

Las zonas situadas a la izquierda de la vertical correspondiente a pH 7,35 son de *acidosis*; las que están a la derecha de 7,418 son de *baseosis*. En las zonas ubicadas por encima de 46 y por debajo de 35 mm. de Hg existirá un compromiso respiratorio.

Análisis de las trece zonas (gráfico 12)

Zona 1. Acidosis respiratoria descompensada.

- A) pH = 7,20 $p\text{CO}_2$ = 80 mm. de Hg. E. B. = 0
 La B. B., el bicarbonato standard y el E. B. son normales.
 El pH se encuentra descendido por un solo motivante: el ascenso de la $p\text{CO}_2$.

Zona 2. Acidosis respiratoria parcialmente compensada.

- B) pH = 7,29 $p\text{CO}_2$ = 91 mm. de Hg E. B. = + 10 meq/l.
 La B. B. y el bicarbonato standard son elevados.

Zona 3. Acidosis respiratoria compensada o baseosis metabólica compensada.

- C) pH = 7,39 pCO₂ = 65 mm. de Hg E.B. = + 10 meq/l.
La B. B. y el bicarbonato standard están aumentados. La elevación simultánea y apropiada de la pCO₂ y de la concentración de bicarbonato han restituido el pH a su ámbito normal.

Zona 4. Baseosis metabólica parcialmente compensada.

- D) pH = 7,45 pCO₂ = 53 mm. de Hg E.B. = + 10 meq/l.
La B. B. es elevada, al igual que el E. B. y la pCO₂ está ligeramente elevada.

Zona 5. Baseosis metabólica descompensada.

- E) pH = 7,51 pCO₂ = 43 mm. de Hg E.B. = + 10 meq/l.
La B. B. y el bicarbonato standard están elevados igual que el E. B.; la pCO₂ se encuentra dentro de la normalidad.

Zona 6. Baseosis metabólica y respiratoria.

- F) pH = 7,62 pCO₂ = 30 mm. de Hg E.B. = + 10 meq/l.
La B. B., el bicarbonato standard y el E. B. están elevados. La elevación de la concentración de bicarbonato ha sido acompañada por una disminución de la pCO₂.

Zona 7. Baseosis respiratoria descompensada.

- G) pH = 7,55 pCO₂ = 23,5 mm. de Hg E.B. = 0
La B. B., el bicarbonato standard y el E. B. son normales. El único valor motivante de la elevación del pH es la disminución de la pCO₂.

Zona 8. Baseosis respiratoria parcialmente compensada.

- H) pH = 7,45 pCO₂ = 14,5 mm. de Hg E.B. = - 12 meq/l.
La B. B., el bicarbonato y el E. B. son inferiores a los valores normales. La pCO₂ está muy disminuida.

Zona 9. Baseosis respiratoria compensada o acidosis metabólica compensada.

- I) pH = 7,37 pCO₂ = 29 mm. de Hg E.B. = - 12 meq/l.
La B. B. está disminuida, lo mismo ocurre con el bicarbonato standard y el E. B. El pH ha recuperado su valor normal merced a la caída simultánea de la concentración del bicarbonato y de la pCO₂.

Zona 10. Acidosis metabólica parcialmente compensada.

- J) pH = 7,30 pCO₂ = 26,5 mm. de Hg E.B. = - 12 meq/l.
La B. B., el bicarbonato standard y el E. B. están disminuidos.

Zona 11. Acidosis metabólica descompensada.

- K) pH = 7,18 pCO₂ = 44 mm. de Hg E.B. = - 12 meq/l.
La B. B., el bicarbonato standard y el E. B. están disminuidos; la pCO₂ se mantiene dentro de la normalidad.

Zona 12. Acidosis metabólica y respiratoria.

- L) pH = 7,065 pCO₂ = 70 mm. de Hg E.B. = - 12 meq/l.
 La elevación de la pCO₂ ha sido acompañada por una disminución de la concentración de bicarbonato. En esta zona de acidosis combinada se encuentran los valores de pH más bajos observados.

Debemos hacer notar que las zonas 3 y 9 corresponden cada una a dos estados ácido-base diferentes.

Si sumamos a las anteriores, la zona de valores normales (N), delimitada en la gráfica 11 por un trazo continuo, tendremos los quince estados ácido-base posibles.

ACIDOSIS RESPIRATORIA

En este estado fisiopatológico se observa elevación de la pCO₂ ya sea por aumento de producción de CO₂ o por déficit directo en la ventilación. Ambas situaciones se reúnen en la fórmula siguiente:

$$F_A \text{ CO}_2 = \frac{\text{VCO}_2}{0.83 \cdot V_A} \quad \text{donde}$$

$F_A \text{ CO}_2$ = fracción de CO₂ contenida en el aire alveolar.

VCO_2 = volumen de CO₂ eliminado por minuto.

V_A = ventilación alveolar, en litros por minuto.

La fracción de CO₂ contenido en el aire alveolar, se convierte en $p_A \text{ CO}_2$ (presión parcial alveolar de CO₂), en la siguiente fórmula:

$$p_A \text{ CO}_2 = F_A \text{ CO}_2 (PB - p_A \text{ H}_2\text{O}) \quad \text{donde}$$

PB = presión barométrica en mm. de Hg.

$p_A \text{ H}_2\text{O}$ = tensión de vapor de agua en el alvéolo (tiene un valor 47 mm. de Hg a 38° C).

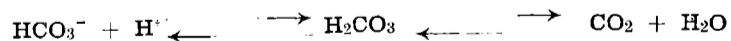
La $p_A \text{ CO}_2$ resulta igual a la pCO₂ observada en sangre.

La gran capacidad de difusión del CO₂ motiva cambios similares en sangre, espacio intracelular, líquido cefalorraquídeo y células nerviosas.

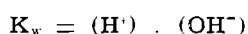
Clínicamente el síndrome narcosis carbónica se instala cuando el pH desciende rápidamente y la pCO₂ alcanza valores entre 70 y 100 o más mm. de Hg. Entonces ocurre una reacción entre el CO₂ e iones oxidrilos, para dar iones bicarbonato:



y aplicando la ley de acción de masas, se concluye que la elevación de la concentración del CO₂ tendrá como respuesta química una elevación de la concentración del bicarbonato, anión que interviene en el equilibrio:



La disminución concomitante de la (OH⁻) al combinarse éstos con el CO₂, trae aparejada una elevación de la concentración de H⁺ para que se mantenga constante el producto iónico del agua:

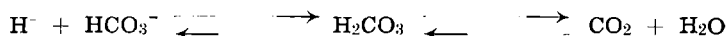


En condiciones normales casi todo el HCO₃⁻ que filtra por el glomérulo se reabsorbe en el túbulo contorneado proximal quedando una mínima parte para el distal (75 a 85 % para el primero, 25 a 15 % para el segundo). El umbral de reabsorción es de 2,5 a 2,7 meq/100 ml. de filtrado glomerular a una pCO₂ normal (gráfica 13).

El mecanismo de la reabsorción de HCO₃⁻ consiste en un intercambio iónico. El CO₂ producido en el interior de la célula por procesos oxidativos, se convierte en HCO₃⁻:



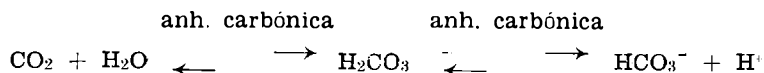
El HCO₃⁻ pasa a la sangre y el protón al fluido tubular; al encontrarse este protón con el HCO₃⁻ filtrado por el glomérulo conduce nuevamente a CO₂:



La molécula de H₂CO₃ o la de CO₂, pasan a la célula y originan H⁺ y HCO₃⁻ que reinician el proceso (gráfica 14).

Según los trabajos de Rector (18), el mecanismo proximal sería independiente de la anhidrasa carbónica, en cambio estaría relacionado con la pCO₂. A medida que la pCO₂ aumenta, hay mayor reabsorción de HCO₃⁻. Esto ocurre aun en tratamientos con drogas inhibidoras de la anhidrasa carbónica (gráficas 15 y 16).

En el túbulo distal debido a que el gradiente de protones es de 800/1, se requiere la acción enzimática de la anhidrasa carbónica:



El HCO₃⁻ pasa a la sangre y el H⁺ al fluido tubular.

El protón se intercambia con otra carga positiva (Na⁺, K⁺), contribuyendo al mantenimiento del potencial trans-tubular, a la reabsorción de electrolitos, a la formación del ión amonio y a la acidez titulable (gráfica 17).

Resumiendo, cada vez que un protón pasa al fluido tubular (distal o proximal), la sangre gana un anión HCO₃⁻ y el H⁺ presente en el túbulo permite la reabsorción del HCO₃⁻ filtrado. En esto consiste la síntesis y el ahorro de base.

En condiciones patológicas, acidosis respiratoria, concomitantemente al aumento de la reabsorción de HCO₃⁻, se observa en la orina una pérdida de Cl⁻, caída de acidez titulable y disminución de formación de ión amonio. El pH urinario en la acidosis respiratoria no llega a ser menor de 6, siendo habitual que los valores oscilen entre 6 y 7,5. La resultante será un aumento de concentración de bicarbonato en la sangre, con elevación de la base buffer real.

La acidosis respiratoria aguda motiva la disminución de la concentración del Cl⁻ plasmático y a causa de la acidosis celular aumenta la concentración de fosfato en sangre. La concentración de Na⁺ no sufre modificaciones y la de K⁺ se eleva aproximadamente 0,3 meq/1. por cada 0,1 unidad de pH que desciende.

La cronicidad en una acidosis respiratoria puede conducir a la baseosis metabólica. El mecanismo invocado en tales circunstancias es que un valor de pCO_2 entre 60 y 70 mm. de Hg conduciría a una acidosis intracelular a nivel renal. El pH celular ácido aumenta el intercambio iónico y se incrementa la reabsorción de HCO_3^- . Existen además condiciones renales y de pH celular para que el K^+ plasmático descienda. Se alcanzará así la baseosis hipocalémica que se exagera cuando el paciente ha recibido diuréticos.

Cuando la elevación de pCO_2 es aguda, no hay tiempo para el establecimiento de compensaciones metabólicas y la acidosis será respiratoria descompensada. Esto es objetivable en la gráfica 18 que pertenece a un paciente con narcosis carbónica. El enfermo se encontraba en coma hipercápnico y presentaba edema de papila. El laboratorio reveló que tenía pCO_2 de 110 mm. de Hg, un $pH = 7,16$, una B. B. = 51,7 meq/l y un E. B. = + 2,8 meq/l. con una concentración de hemoglobina de 17 g. por 100 ml.

En la gráfica 19 se tiene una situación similar; un paciente con acidosis respiratoria por accidente anestésico. Se trataba de un gran quemado con enfisema previo. La pCO_2 fue de 120 mm. de Hg y el $pH = 7,05$. No presenta cambios metabólicos importantes.

El paciente fue corrigiendo lentamente su situación y al cabo de 10 horas, en una segunda determinación, la pCO_2 se encontraba en 36,5 mm. de Hg, el pH en 7,48; esto es una ligera baseosis metabólica, eventualidad frecuente cuando la corrección tiene lugar en un corto lapso.

Destacamos finalmente que algunas acidosis respiratorias primarias se asocian a la acidosis metabólica cuando existe un compromiso de la circulación periférica con hipoxia celular, metabolismo anaerobio y aumento en la producción de ácido láctico.

Tratamiento

En la acidosis respiratoria se opta por uno de los dos caminos siguientes:

- a) Disminución de la pCO_2 mediante analépticos o por asistencia respiratoria mecánica.
- b) Utilización de buffer.

El uso de ethamivan, salicilatos, anfetaminas, etc. son de acción dudosa y preferimos la asistencia respiratoria mecánica.

Respecto al uso de buffer, no es posible la infusión intravenosa de bicarbonato porque conduce a la formación de CO_2 y si el paciente presenta dificultades en la eliminación del mismo, se contribuirá a una elevación de la pCO_2 con exageración de la acidosis. Además el bicarbonato no tiene la difusión celular requerida y es depresor del centro respiratorio.

El lactato se convierte en HCO_3^- durante el metabolismo y por ello no es indicable.

El Tris o Tham, cuyo nombre químico es 2-amino-2-hidroxi-metil-1,3-propanodiol, ha resultado un excelente buffer para el tratamiento de la acidosis respiratoria. Provoca el descenso de la pCO_2 y actúa intracelularmente (el 25 % de la cantidad suministrada). Hay corrección rápida del pH sanguíneo y la orina se alcaliniza por transformación del CO_2 en HCO_3^- . Es un diurético osmótico, aumenta el nivel de K^+ en plasma y es depresor respiratorio.

Creemos que debe utilizarse solamente cuando se cuenta con aparatos para la respiración mecánica. Está particularmente indicado en la acidosis respiratoria asociada a la acidosis metabólica y también cuando a pesar del tratamiento con respiración mecánica, la acidosis es refractaria a causa de broncoespasmos resistentes a las aminas broncodilatadoras, lo que ocurre en casos de severa acidosis intra y extracelulares.

BASEOSIS RESPIRATORIA

Dentro de los estados ácido-base no normales es el más frecuente. Se caracteriza por una eliminación exagerada de CO_2 por el aire alveolar, consecuente disminución de la pCO_2 sanguínea y elevación correspondiente del pH.

El síndrome de hipocadmia o hiperventilación primaria va asociado generalmente con cambios metabólicos tendientes a la normalización del pH. De estos cambios el más importante es la disminución de la concentración del HCO_3^- sanguíneo.

La baseosis respiratoria conduce a cambios importantes a nivel renal:

- a) La caída de la pCO_2 disminuye la producción de protones en el túbulo contorneado proximal y distal y como consecuencia desciende el trabajo máximo de reabsorción tubular (gráfica 13).
- b) El pH y la concentración de bicarbonato urinario se elevan. Secundariamente disminuye la producción de NH_4^+ y la acidez titulable.
- c) Hay una eliminación urinaria de sodio y potasio elevada, con incremento de diuresis.

Se ha demostrado que la disminución de la pCO_2 conduce a un aumento en las concentraciones de ácido láctico y pirúvico sanguíneo. Ambos son ácidos fuertes, totalmente disociados y los protones que originan se unen a aniones bicarbonato dando origen a moléculas de ácido carbónico que por vía pulmonar se eliminan bajo forma de CO_2 y H_2O . Este mecanismo explica la disminución de la concentración de bicarbonato observada en estos casos.

La acentuada formación de ácidos láctico y pirúvico induce a cierto grado de acidez celular que inhibe la acción de la insulina, mostrándose esta acción dependiente del pH.

La caída de bicarbonato plasmático que se observa a continuación de una baseosis respiratoria, responde en un 5 % a mecanismos renales y en un 95 % a la eliminación pulmonar según Stanbury y Giebisch (19). El resultado es un descenso de B.B., del bicarbonato standard y del E.B.

En el plasma o suero de pacientes con baseosis respiratoria se producen alteraciones electrolíticas secundarias: disminución de la concentración de K^+ , a razón de 0,3 meq/l. por cada 0,1 de aumento de pH. Elevación de la concentración de Cl^- plasmático, compensando la caída de concentración de bicarbonato (mantenimiento de la electroneutralidad del plasma). Los restantes electrolitos no sufren cambios significativos.

En la hipocadmia prolongada es posible localizar un estado de acidosis metabólica lactiacidémica. Cuando la pCO_2 no se corrige

rápido, al mantenerse el déficit de bicarbonato, no debe sorprender un estado de acidosis metabólica.

Las situaciones clínicas que conducen a baseosis respiratorias son muy diversas:

1. Intoxicación alcohólica y delirium tremens.
2. Anemia.
3. Anestesia general con respiración asistida.
4. Bacteriemia a gérmenes Gram negativos.
5. Beriberi.
6. Enfermedades del sistema nervioso central.
7. Insuficiencia cardíaca congestiva.
8. Cardiopatías congénitas acompañadas de cianosis.
9. Intoxicación con 2-4 dinitro fenol.
10. Circulación extracorpórea.
11. Ejercicios violentos.
12. Estados febriles.
13. Mal de altura.
14. Síndrome primario de hiperventilación.
15. Cirrosis de Laennec y coma hepático.
16. Intoxicación por paraldehído.
17. Fibrosis pulmonar (bloqueo alvéolo capilar).
18. Intoxicación por salicilato.
19. Tirototoxicosis.

Dos gráficos acompañan sendos ejemplos típicos de baseosis respiratoria (20 y 21).

El primero corresponde a un paciente con septicemia a gérmenes Gram negativos, sin fiebre ni shock y el segundo pertenece a un enfermo que en sucesivas determinaciones del estado ácido-base mostró una baseosis respiratoria parcialmente compensada (1ª y 4ª determinación), con disminución de concentración de B.B. y bicarbonato standard y E.B. negativo. Este segundo caso es un postoperatorio de una colecistectomía y el enfermo tenía antecedentes de diabetes.

Tratamiento

Las bases terapéuticas de las baseosis respiratorias son difíciles de establecer. Teóricamente, como lo muestra el nomograma curvo de Siggaard-Andersen y Engel, la corrección de la pCO_2 debiera normalizar el pH; esto es cierto en las baseosis respiratorias no compensadas pero apenas el paciente pone en marcha los mecanismos de compensación, si se trata de normalizar la pCO_2 se conduce al enfermo a una acidosis metabólica severa y además lactacidémica de grave pronóstico.

En la mayoría de los casos los pacientes en estado de baseosis respiratoria muestran excitabilidad primaria del centro respiratorio, que posteriormente se mantiene a consecuencia de la acidosis celular de dicho centro. Al administrar mezclas con CO_2 al 5-10 % no se logra deprimir la ventilación ni corregir el déficit de aniones bicarbonato ni de B.B.

La depresión respiratoria mediante el empleo de fármacos (barbitúricos, morfina, etc.) es más racional y si existe un grado de

compensación, la infusión de bicarbonato es aconsejable pues además de depresor del centro respiratorio, corrige el déficit plasmático.

La cantidad a administrar puede calcularse cuando se conoce el valor del E. B. por la fórmula de Mellemggaard y Astrup (20):

$E. B. \times \text{peso corporal en Kg.} \times 0,3 = \text{meq de } HCO_3^-$ que deben administrarse por vía endovenosa.

BASEOSIS METABOLICA

Este estado es provocado por un déficit de protones en el espacio extracelular que produce en la sangre un aumento de la concentración de bicarbonato, B. B. y E. B. con pH superior a 7,418.

La disminución de protones puede deberse a:

1. Pérdida por vómitos (síndrome pilórico), aspiración gástrica o fistula digestiva.
2. Déficit de protones en el espacio extracelular (alcalosis hipotasémica).
3. Asociación de las dos situaciones anteriores.
4. Yatrogénica por infusión de bicarbonato.

La pérdida urinaria de K^+ (en baseosis metabólica por esteroides, diuréticos, etc.) o digestiva (por vómitos o diarrea) produce a nivel celular un intercambio en el cual por cada tres K^+ que salen de la célula, penetran dos H^+ y un Na^+ .

La resultante es un déficit de H^+ en el espacio extracelular (baseosis metabólica) y un exceso de los mismos en el sector intracelular (acidosis). La acidosis intracelular conduce a una cetosis, hiperglucemia, aumento de reabsorción de bicarbonato en el túbulo distal y colector (con pH urinario entre 6,5 y 7,5) y en algunos casos a la "aciduria paradójal", llamada así porque el paciente que se encuentra en estado de baseosis tiene orinas ácidas. Hay aumento de la acidez titulable y de la concentración de NH_3 con disminución de K^+ urinario (21).

Cuando la administración de bicarbonato endovenoso desemboca en una baseosis metabólica aguda, se tienen orinas alcalinas porque el umbral renal para la reabsorción de bicarbonato es de 24 a 28 meq/l. y si se supera este valor aumenta la eliminación por orina dando un pH urinario alcalino pese a la hipocalemia desarrollada por la pérdida renal de este catión.

La baseosis metabólica provoca alteraciones electrolíticas plasmáticas:

- a) Hipocloremia secundaria a la elevación de la concentración de bicarbonato.
- b) Elevación del nitrógeno no proteico (de causa ignorada).
- c) Disminución de concentración de K^+ , a razón de 0,4 a 1,5 meq/l. por cada 0,1 de pH que aumenta.

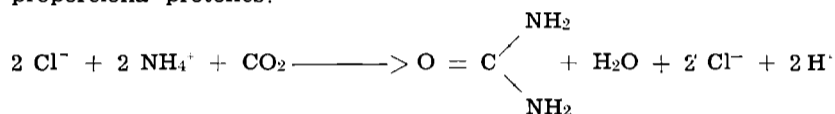
Teóricamente la baseosis metabólica tendería a la compensación por elevación de la pCO_2 . Sin embargo muy pocos pacientes exhiben ajuste respiratorio adecuado (gráfica 22).

El aumento de la pCO_2 en la mayoría de los casos conduce a una reabsorción mayor de HCO_3^- en el túbulo proximal y la compensación total no es posible.

En la mayoría no hay compensación respiratoria e incluso la $p\text{CO}_2$ puede hallarse por debajo de 35 mm. de Hg alcanzándose situaciones de baseosis metabólica más baseosis respiratoria. Esto puede relacionarse con la acidosis intracelular en el centro respiratorio.

Tratamiento

Reside en la corrección del déficit de protones. Puede a tal fin infundirse HCl o NH_4Cl . Este último al metabolizarse en el hígado proporciona protones:



Cada 10 g. de NH_4Cl originan 180 meq. de H^+ . Si se utiliza HCl, 1 litro de solución 0,3 N produce 300 meq. de protones.

La cantidad empleada se calcula por la fórmula de Mellemgard y Astrup ya citada:

$$\text{meq. de H}^+ \text{ a infundir} = \text{E. B.} \times \text{peso corporal en Kg.} \times 0,3$$

Simultáneamente se administrará K^+ de acuerdo con las reglas clásicas: valoración de la diuresis, nivel en suero, etc.

ACIDOSIS METABOLICA

Entre las causas conducentes a este estado ácido-base merecen citarse:

1. Exceso de ácidos fuertes, de origen endógeno (acidosis diabética) o exógeno (ingestión de cloruro de amonio).
2. Disminución de la concentración de anión bicarbonato, motivada por pérdidas en orina, heces o fistulas digestivas.

Nos referiremos en particular a la acidosis diabética y a la acidosis renal.

Acidosis diabética

El déficit de insulina aumenta el catabolismo proteico y los amino-ácidos se transforman en glucosa. Disminuye la utilización periférica de la misma y se origina hiperglucemia, glucosuria, diuresis osmótica y deshidratación. La elevada lipólisis provoca aumento de cuerpos cetónicos, es decir de ácidos orgánicos no volátiles y por consiguiente el pH de los fluidos corporales disminuye. Tales situaciones proporcionan diariamente al organismo entre 1.000 y 2.000 meq. de ión hidrógeno.

El ingreso de esta cantidad tan notable de protones al torrente sanguíneo provoca disminución de la concentración de bicarbonato y de la B.B., lo que conduce a un E.B. negativo (gráfica 23).

En la acidosis diabética la compensación respiratoria es evidente, pero la hiperventilación registra un descenso de la $p\text{CO}_2$ que no es suficiente para restituir el pH a la normalidad. En casos de acidosis muy severa es posible hallar una depresión respiratoria.

Por vía renal tiene lugar la eliminación de cuerpos cetónicos, siendo factible encontrar hasta 60 g. de los mismos en la orina de 24 horas.

Tratamiento

Además del tratamiento clásico (insulina, agua, cloruro de sodio, administración de K⁺), es importante la corrección rápida de la acidosis. Tal medida acorta el período de insulino-resistencia. Con ese objeto es conveniente el uso de soluciones de bicarbonato en las cantidades establecidas por la fórmula de Mellemgard y Astrup.

El lactato tiene una acción muy lenta por disminución de su metabolismo.

La corrección de la acidosis con bicarbonato conduce a un déficit de potasio que debe corregirse con la administración precoz correspondiente.

Acidosis renal

El riñón interviene en la regulación del estado ácido-base:

1. Reabsorbe 99 % del anión bicarbonato presente en el filtrado glomerular.
2. Resintetiza el bicarbonato eliminado bajo forma de CO₂ y H₂O por vía pulmonar 50 a 80 meq. diarios de HCO₃⁻.
3. Por el filtrado glomerular elimina aniones en cantidades equivalentes a los protones que ingresan por vía metabólica y mediante el intercambio iónico contribuye a la acidez titulable.
4. La regulación de iones hidrógeno en el organismo cuenta con la capacidad de fijación de protones por el amoníaco originado en las células tubulares y eliminación de ión amonio en la luz tubular.

La insuficiencia renal aguda o crónica lleva a la acidosis metabólica a consecuencia de la alteración de las funciones antedichas.

En la "acidosis renal hiperclorémica" existe un déficit en la reabsorción del bicarbonato a nivel tubular. El anión se elimina en grandes cantidades por orina y antes que una situación hiperclorémica es en realidad una verdadera "acidosis bicarbonatúrica", íntimamente asociada a pielonefritis y al síndrome de Fanconi.

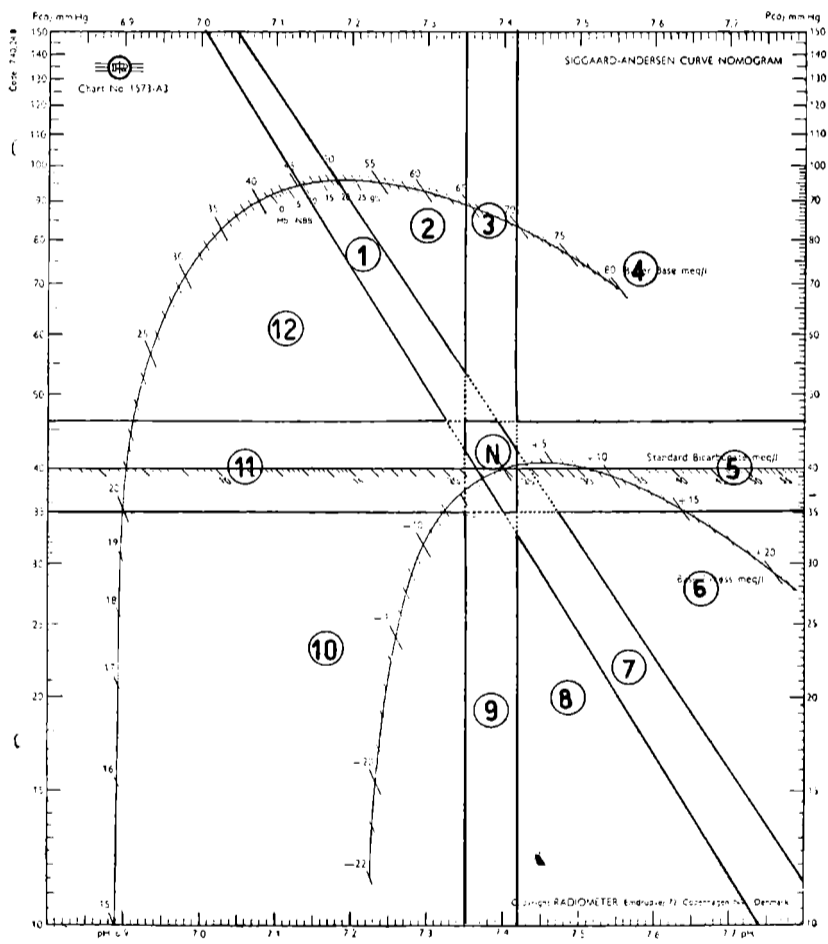
En la acidosis por insuficiencia renal crónica, la compensación respiratoria no es observable. Dicha compensación sin embargo es visible en el fallo renal agudo (gráfica 24).

Tratamiento

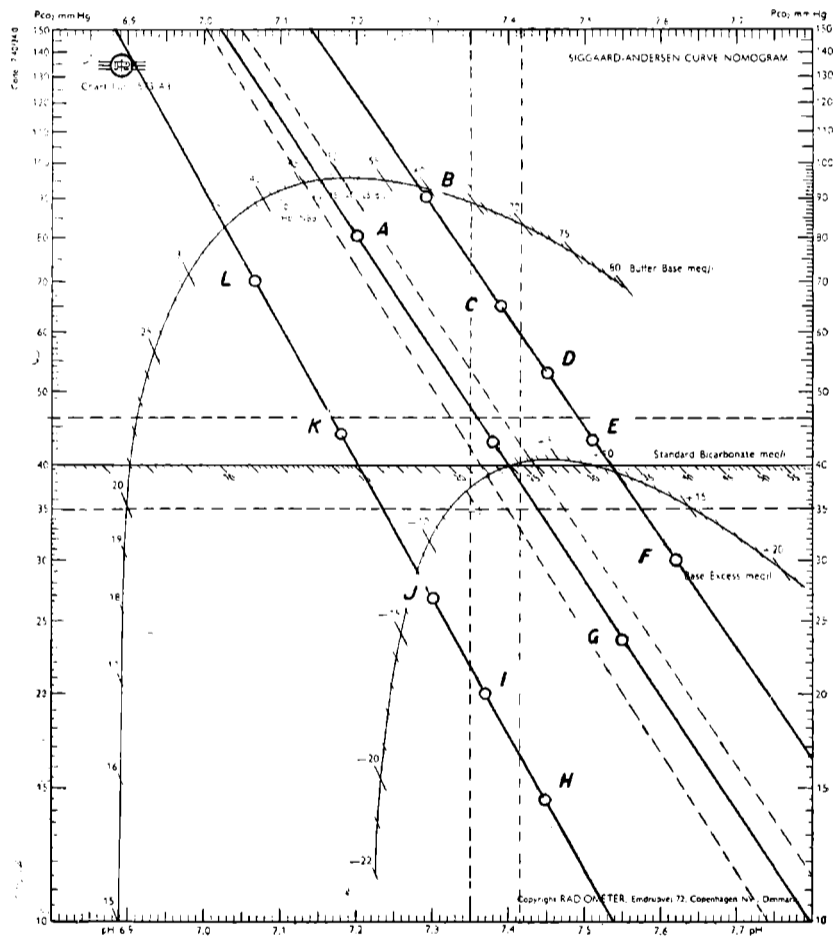
Está indicado el uso de soluciones de bicarbonato en las cantidades determinadas por la fórmula de Mellemgard y Astrup.

OBRAS CITADAS EN EL TEXTO

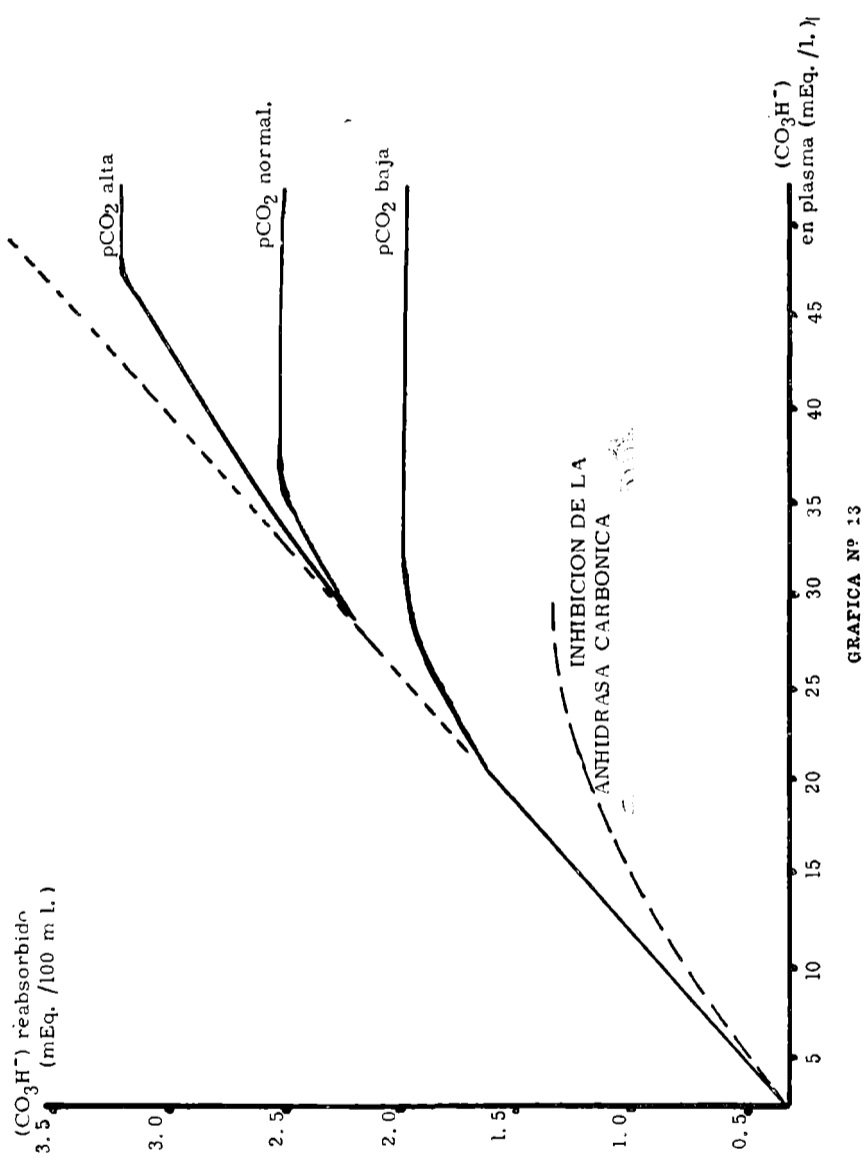
1. SINGER, R. B. y HASTINGS, A. B. *An improved clinical method for the estimation of disturbances of the acid-base balance of human blood.* *Medicine (Baltimore)* 27: 223-242 (1948).
2. WARBURG, E. *Foredrag ved nordisk kongres for intern medicin* (1956).
3. ROUGHTON, F. J. W. *Some recent work on the chemistry of carbon dioxide transport by the blood.* *Havrey Lect.* 39: 96-142 (1943).
4. SIGGAARD-ANDERSEN, O. *The first dissociation exponent of carbonic acid as a function of pH.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 14: 587-597 (1962).
5. GAMBINO, S. R. *Mineral oil and carbon dioxide.* *Amer. J. Clin. Path.* 35: 268-269 (1961).
6. SIGGAARD-ANDERSEN, O. *Sampling and storing of blood for determination of acid-base status.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 13: 196-204 (1961).
7. JORGENSEN, K. y ASTRUP, P. *Standard bicarbonate, its clinical significance, and a new method for its determination.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 9: 122-132 (1957).
8. PETERS, J. P. y VAN SLYKE, D. D. *Quantitative clinical chemistry. I. Interpretations.* London (1932), pág. 937.
9. SIGGAARD-ANDERSEN, O. *The pH, log pCO₂ blood acid-base nomogram revised.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 14: 598-604 (1962).
10. ASTRUP, P.; JORGENSEN, K.; SIGGAARD-ANDERSEN, O. y ENGEL, K. *The acid-base metabolism. A new approach.* *The Lancet* 1: 1035-1039 (1960).
11. HASSELBALCH, K. A. *Die Berechnung der Wasserstoffzahl des Blutes aus der freien und gebundenen Kohlensäure desselben, und die Sauerstoffbindung des Blutes als Funktion der Wasserstoffzahl.* *Biochem. Z.* 78: 112-144 (1916).
12. SIGGAARD-ANDERSEN, O. y ENGEL, K. *A new acid-base nomogram. An improved method for the calculation of the relevant blood acid-base data.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 12: 177-186 (1960).
13. OCAGNE, M. *d' Traité de nomographie*, 2^a ed. Paris (1921).
14. SIGGAARD-ANDERSEN, O.; ENGEL, K.; JORGENSEN, K. y ASTRUP, P. *A micro method for determination of pH, carbon dioxide tension, base excess and standard bicarbonate in capillary blood.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 12: 172-176 (1960).
15. SARRAILLET, JOSÉ M. *Ideas modernas en la determinación de los valores del equilibrio ácido-básico del medio interno.* *Com. Invest. Cient. P. B. A. Vol. I N^o 8* (1963).
16. SIGGAARD-ANDERSEN, O. *Blood acid-base alignment nomogram. Scales for pH, pCO₂, base excess of whole blood of different hemoglobin concentrations, plasma bicarbonate, and plasma total-CO₂.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 15: 211-217 (1963).
17. SIGGAARD-ANDERSEN, O. *A graphic representation of changes of the acid-base status.* *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 12: 311-314 (1960).
18. RECTOR, F. C., JR.; SOLDIN, D. W.; ROBERTS, A. D., JR. y SMITH, J. S. *The role of plasma CO₂ tension and carbonic anhydrase activity in the renal reabsorption of bicarbonate.* *J. Clin. Invest.* 39: 1706 (1960).
19. STANBURY, W. W. y THOMSON, A. E. *The renal response to respiratory alkalosis.* *Clin. Sci.* 11: 357 (1962).
20. GIBBISCH, G.; BERGES, L. y PITTS, B. F. *The extrarenal response to acute acid-base disturbances of respiratory origin.* *J. Clin. Invest.* 34: 231 (1955).
21. MELLENGAARD, K. y ASTRUP, P. *The quantitative determination of surplus amounts of acid or base in the human body.* *Scand. J. Clin. Invest.* 12: 187-199 (1960).
22. FONGI, ENRIQUE G.; HERRERO, H. y PETROLITO, J. *Reacciones urinarias paradójicas.* Congreso Internacional de Medicina Interna (1965) Buenos Aires.



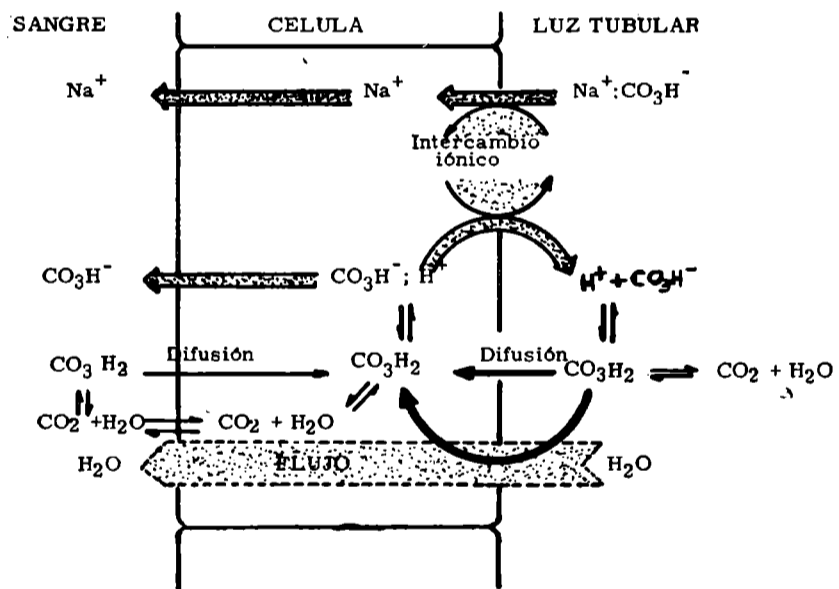
GRAFICA Nº 11



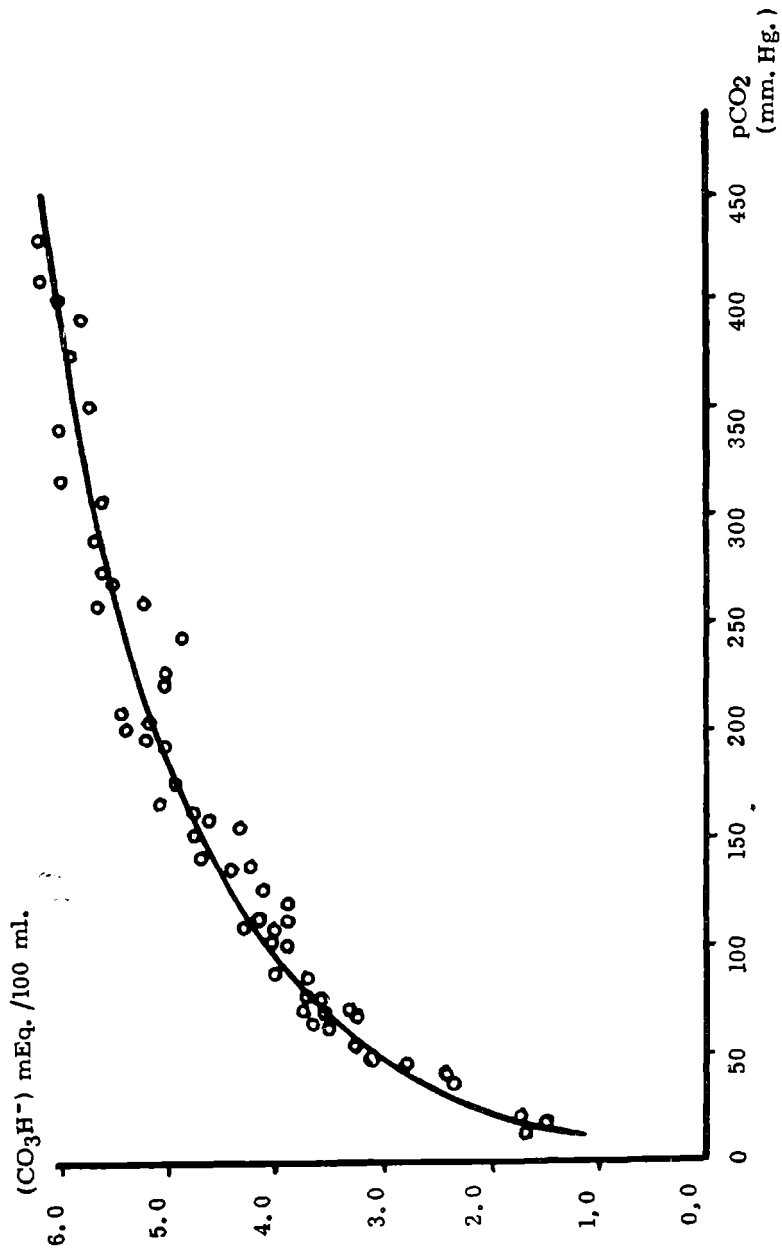
GRAFICA Nº 12



GRAFICA Nº 13



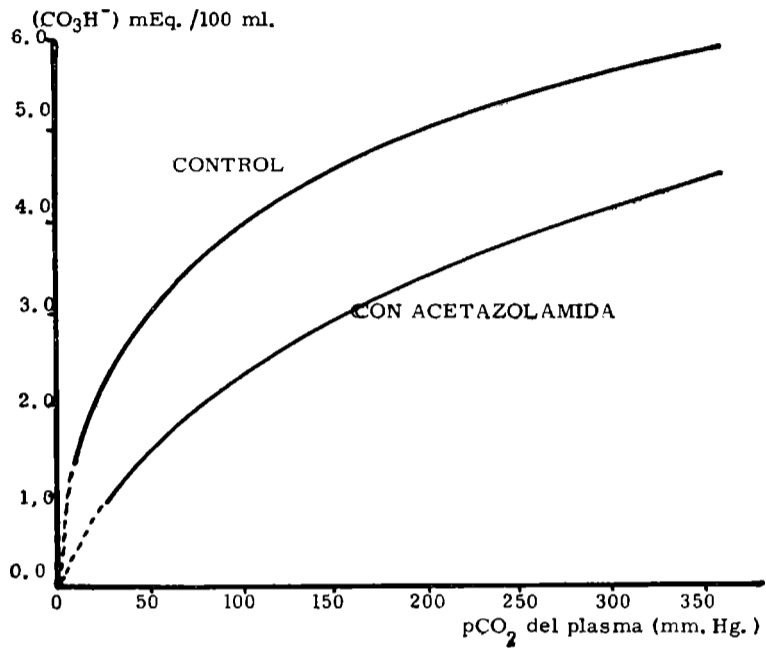
GRAFICA N° 14



RELACION : ENTRE LA pCO₂ PLASMÁTICA Y LA REABSORCIÓN DE CO₃H⁻ (en perros).

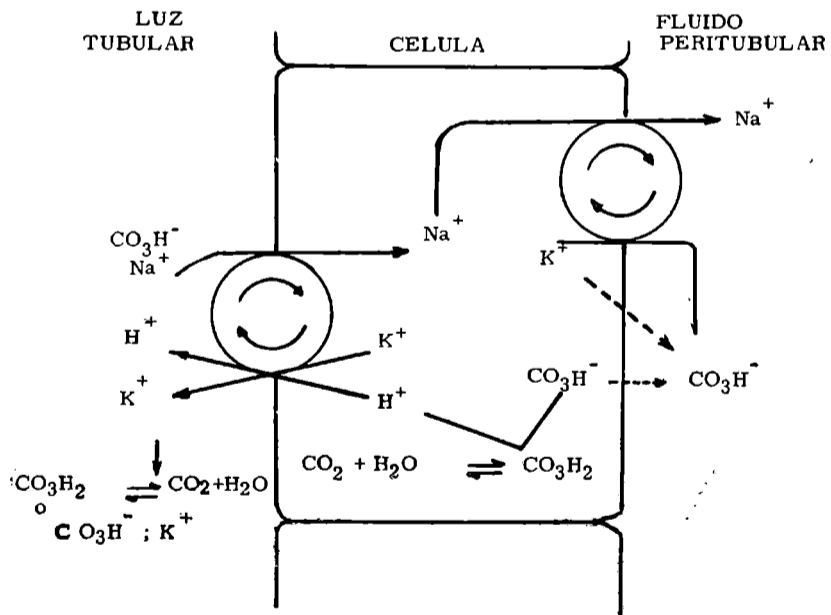
GRAFICA Nº 15

REABSORCION DE BICARBONATO CON Y SIN ACETAZOLAMIDA

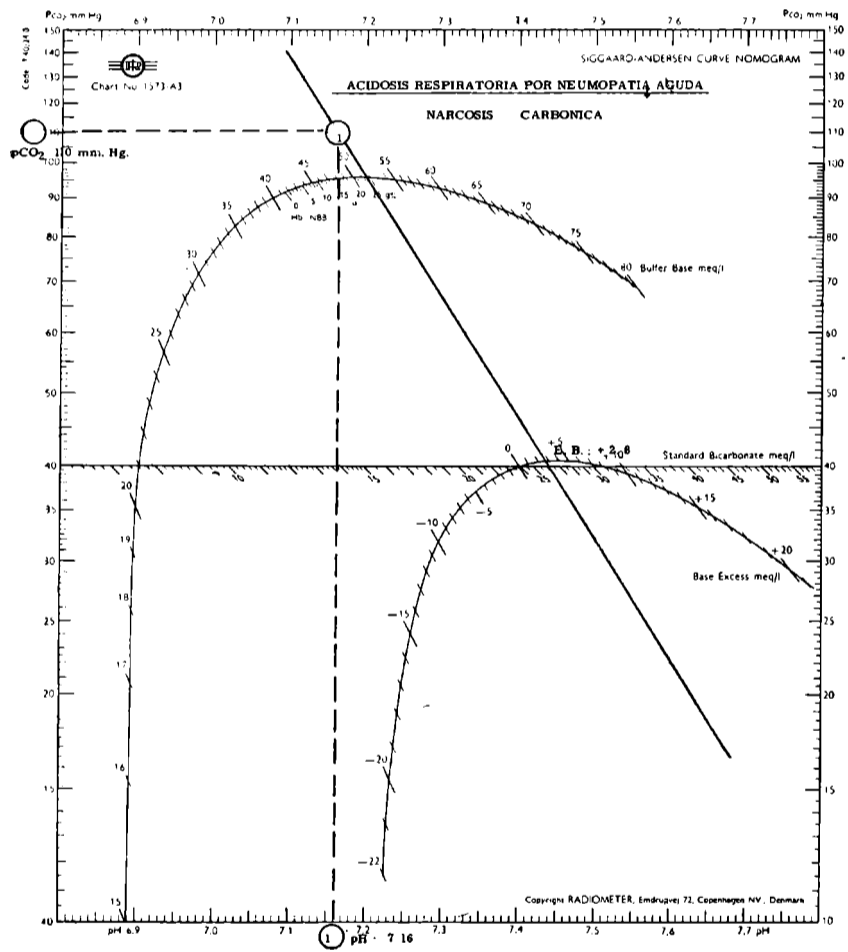


GRAFICA N° 16

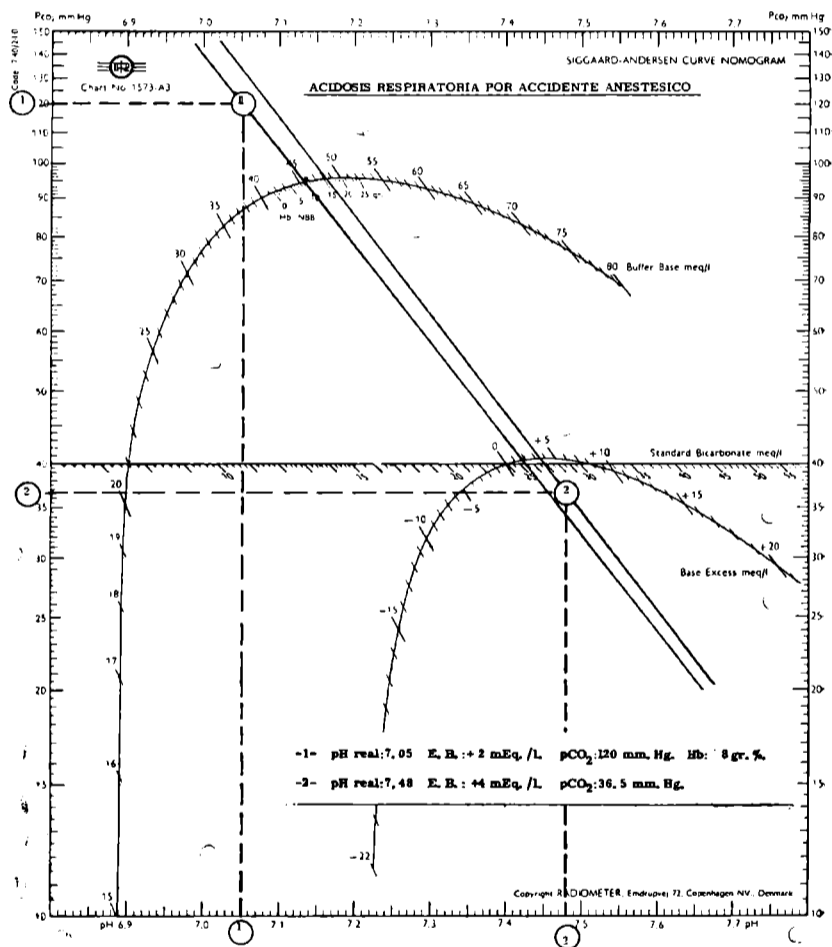
REABSORCION DEL BICARBONATO EN LAS CELULAS DEL TUBULO RENAL



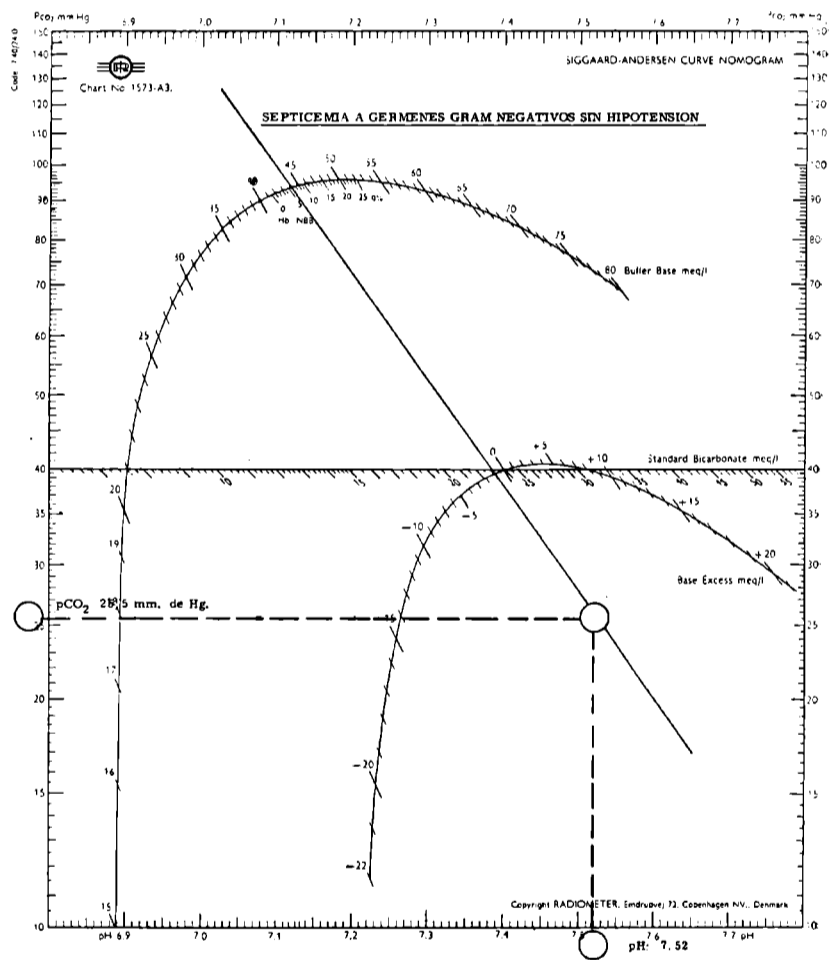
GRAFICA N° 17



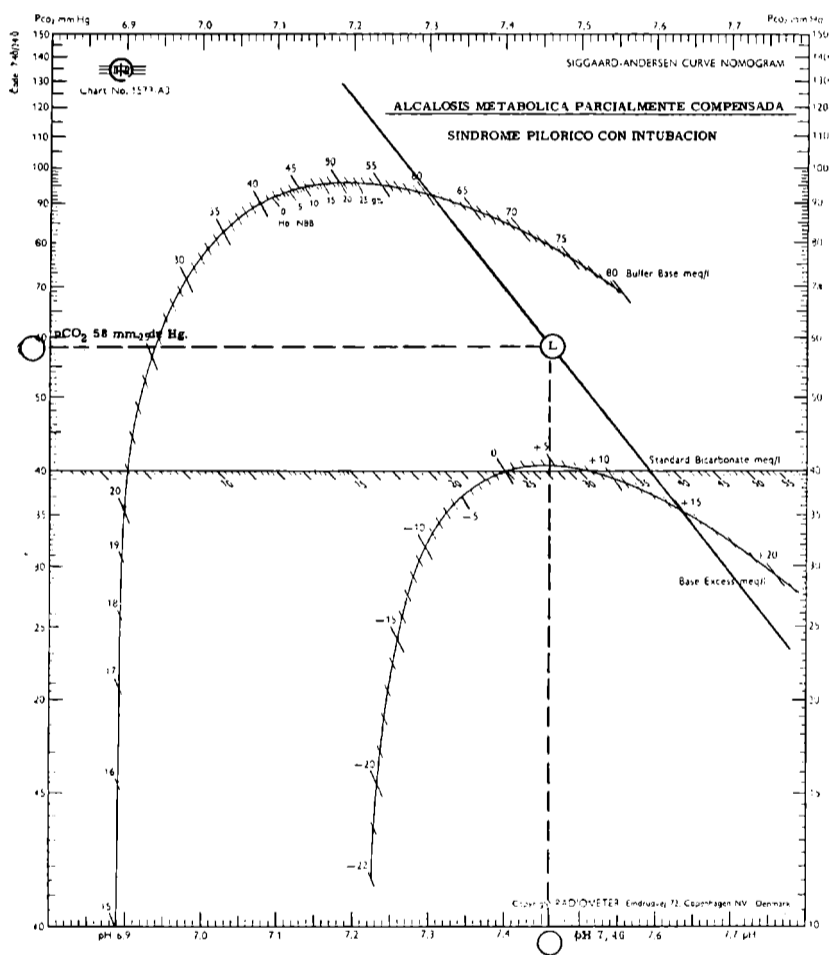
GRAFICA Nº 18



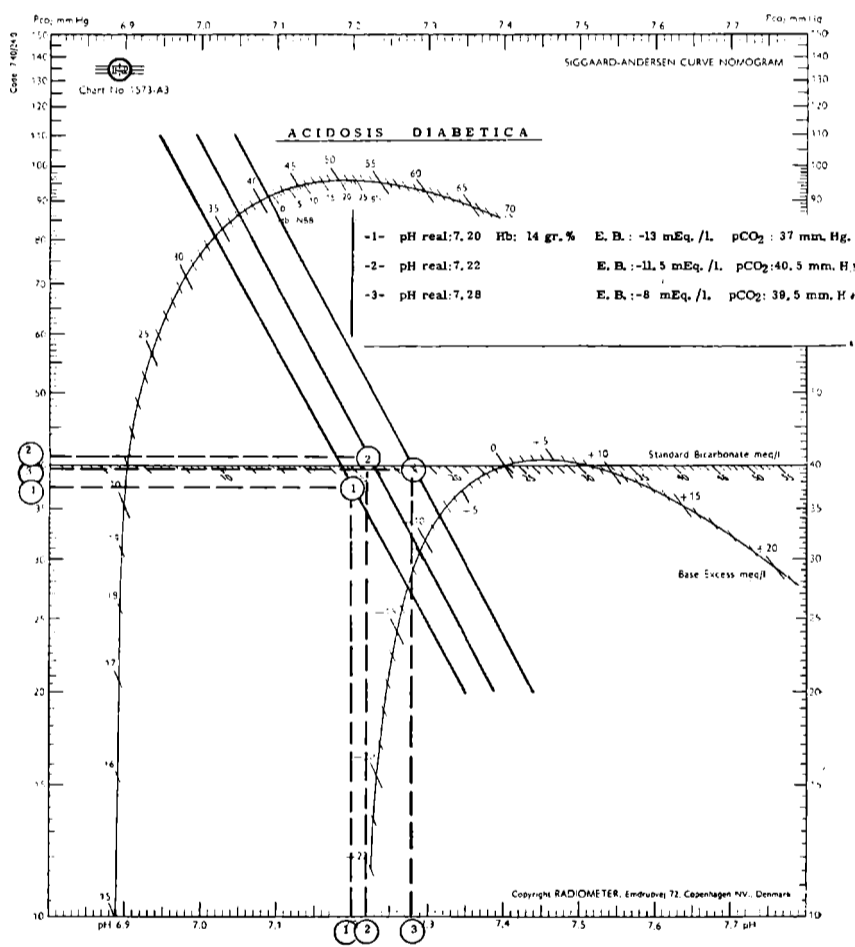
GRAFICA Nº 19



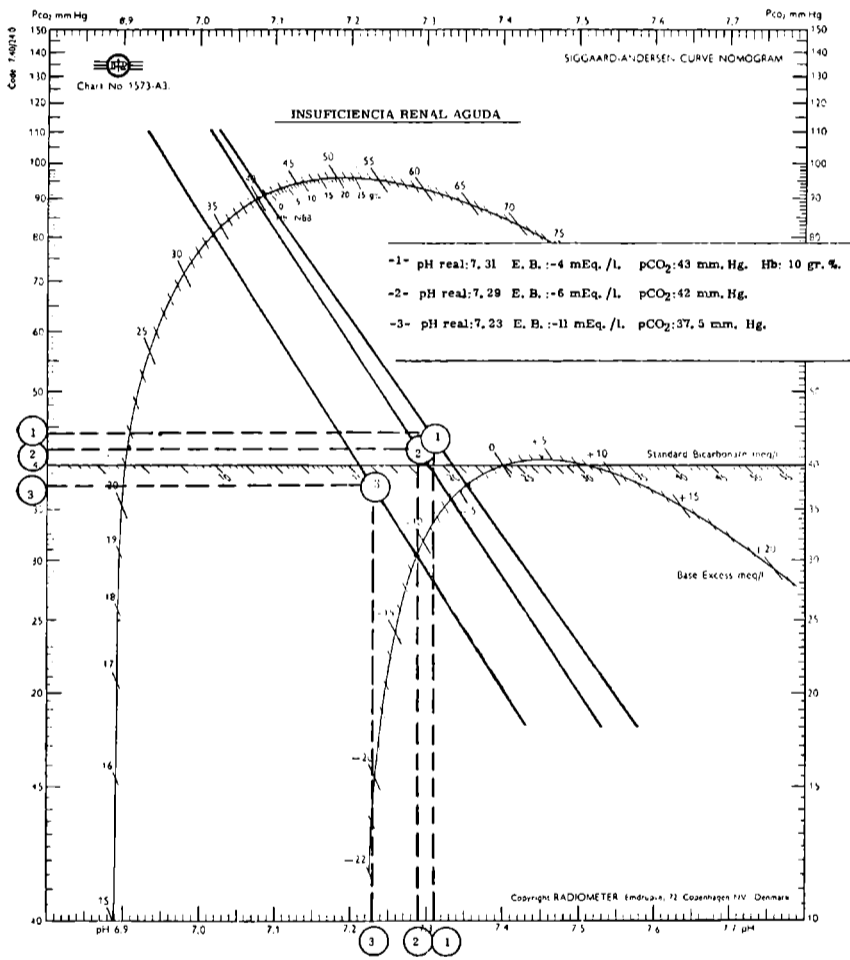
GRAFICA Nº 20



GRAFICA Nº 22



GRAFICA Nº 23



GRAFICA Nº 24

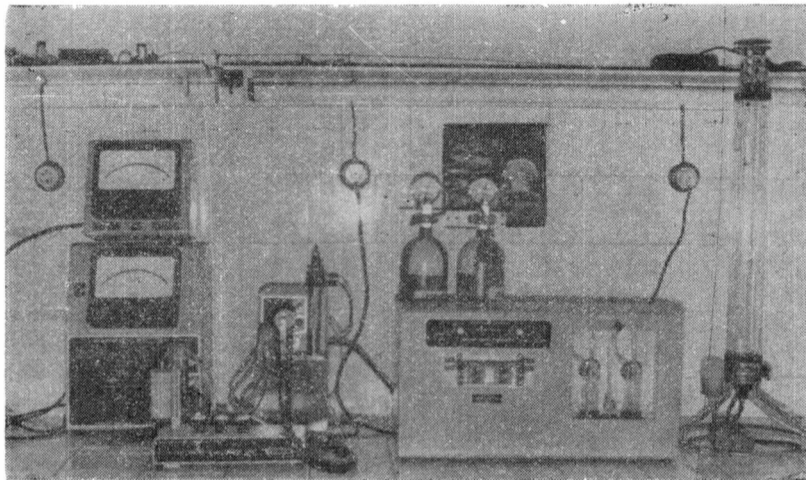


FOTO Nº 1. — Equipo micro-Astrup, perteneciente a la Comisión de Investigación Científica.

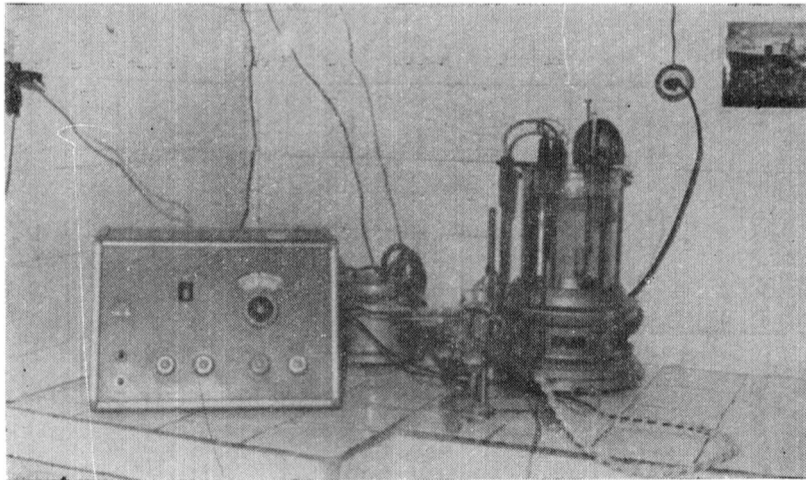


FOTO Nº 2. — Equipo Metrohm perteneciente al Hospital de Niños de la ciudad de La Plata.

NOTAS CIENTIFICAS

que hizo viable la presentación ante el consenso general de una escena absolutamente nueva de la geología del mundo.

La distinción de estructuras, su ordenamiento, descripción y denominación constituyen una prueba inequívoca y singular de su sólido talento científico. A su vez, la exposición metódica y sistemática de su obra, configuran un ejemplo probado de su ajustada redacción, tanto como de su fluido estilo idiomático.

Juan Keidel expresó una vez que E. Suess fue por estas condiciones el maestro incomparable y que muchos serían los años que habría que esperar, para que una obra nueva, sin que sustituyese totalmente sus alcances, completase la estructura del plan iniciado por E. Suess en su obra monumental, para el conocimiento de la corteza terrestre.

Después de un largo medio siglo, el Tratado de Geología, de H. Termier y G. Termier publicado en París entre 1952-1961, a manera de jalón que se alza en el largo proceso de la investigación científica, con sus nuevos criterios y el aporte de los datos brindados en los últimos decenios por una multitud de geólogos, vino a proporcionar una versión grandiosa de la materia, ampliando manifiestamente el temario de las grandes obras geológicas de la escuela francesa debidas sobre todo a de Lapparent y Haug. Aquel estudio de E. Suess, que fue antes pilar de origen en la exposición de los problemas mayores de la Ciencia de la Tierra, por tan vasto período mantuvo y retiene su vigencia por su originalidad y resultados y, cuanto está impreso en la misma, perdurará como ejemplo de un vivo esfuerzo de su tiempo y exponente de una visión inspirada del autor que con carácter extraordinario hizo de los hechos fundamentales, expuestos en su obra, verdaderos principios que se observan como soluciones invariables en el plan ilimitado de estudio de los grandes problemas de la corteza terrestre.

E. Suess falleció en Viena el 26 de abril de 1914. Había nacido el 20 de agosto de 1831, en Londres, al hallarse su madre ocasionalmente en Inglaterra. Fue geólogo y político. Primero, fue geólogo. Sus estudios se realizaron en Austria, de donde procedía su familia, habiendo estudiado, a la vez, en Praga. A los 21 años comenzó su carrera en la investigación científica al tomar, como geólogo, un cargo de ayudante en el gabinete de Mineralogía de la Universidad de Viena. En el año 1857, tras fecunda labor, alcanzó la distinción de ser designado profesor de Geología en la misma Universidad, cargo éste que ejerció por largo período y con entera dedicación. En el curso de su labor científica, estudió y realizó viajes para abordar la consideración de importantes problemas geológicos en Europa. En Italia realizó diversas investigaciones geológicas. Investigaciones sobre restos fósiles de invertebrados marinos y otros, sobre vulcanismo y de índole paleogeográfica y tectónica, fueron tratados por E. Suess, quien no dejó de efectuar estudios relativos a procesos sedimentológicos (loess) y acerca de aspectos de la geología de yacimientos minerales (oro y plata). En 1873, a la atención de su quehacer científico agregósele la inquietud política. E. Suess, que fue un enérgico orador y experimentado estudioso de problemas regionales de Estado, llegó a la banca del Consejo de Viena, como diputado, donde lució su acción brillante por la firmeza, con-

ducción y vigor que impuso al logro de sus objetivos nacionales, entre ellos, los de la educación.

Cuando su vida se extinguió, el nombre respetable de E. Suess, impuesto al tope de una trayectoria larga y cabal, había adquirido, incuestionablemente, preeminencia internacional reconocida. En diversos idiomas la traducción de **La faz de la Tierra** alcanzaba la consulta de los geólogos en los más distantes y diversos laboratorios y centros científicos del mundo. Esto ya había sido un homenaje que con satisfacción había, en vida, recibido el ilustre geólogo quien, por sobre todo, capitalizaba honoríficos y justos galardones para su patria.

Muchas fueron las satisfacciones y distinciones que por su fecunda labor recibió a la sazón con carácter personal. En 1897, fue designado presidente de la Academia Nacional de Ciencias, en Viena, mientras que en París, se le había nombrado Asociado Extranjero del Instituto de Francia, Academia de Ciencia. Dejó una descendencia que recibió su lección y tal vez, su inspiración: en Austria, su hijo Francisco fue geólogo.

COMENTARIO BIBLIOGRAFICO

KAY, M. y COLBERT, E. H.: *Stratigraphy and Life History*, 736 p., ilustr., map. geol. en cubierta, Wiley, N. York, (1964), 1965.

Una nueva concepción objetiva en el arte de exponer los hechos científicos que caracterizan el esquema de la geología moderna brinda el marco y la estampa de esta flamante obra de los prestigiosos investigadores estadounidenses. La Universidad de Columbia, Nueva York, sede de la labor docente y científica de Marshall Kay y Edwin H. Colbert acuerda a la vez jerarquía, renovada y trascendente, a la labor de ambos profesores quienes ofrecen una contribución valiosa para el conocimiento axial de la estructura geológica del continente norteamericano. Sin embargo, las bases formuladas con vistas a sentar elementos de juicio generalizados y escogidos sirven a la consulta eficiente de los temas idénticos que se abordaran en el estudio de otras tareas de la corteza terrestre.

El desarrollo de la obra comprende un ordenamiento temático de veintiocho exposiciones capitulares intitulados: 1. Introducción; 2. Caracteres físicos del continente norteamericano; 3. Determinación de secuencias estratigráficas por evidencias físicas; 4. Algunos métodos de correlación por caracterización física; 5. Geoquímica en correlaciones precámbricas; 6. Clasificación y correlación faunística en el Sistema Cámbrico; 7. Los elementos tectónicos del Continente Cámbrico; 8. Las facies faunísticas en el borde ordovícico de las fajas volcánicas; 9. Fases orogénicas: Revolución Tectónica; 10. Arrecifes silúricos y cuencas de sal; 11. El Período Devónico y el desenvolvimiento de los vertebrados; 12. Carbonífero, movimientos cíclicos y cuencas de carbón; 13. Id., Tectónica en el Nordeste, Oeste y Sur; 14. El Sistema Pérmico y la inestabilidad continental; 15. Vida Paleozoica; 16. El Período Triásico, las tierras fueron dominantes; 17. El Jurásico, advenimiento de la cuenca mexicana y la planicie costera del Golfo; 18. El registro cretácico de Norteamérica; 19. Permanencia o deriva de los continentes; 20. Vida mesozoica; 21. La historia terciaria del Occidente norteamericano; 22. Id. del Golfo y costas atlánticas; 23. El Cuaternario o Período Pleistoceno, el tiempo de la Gran Glaciación; 24. Vida cenozoica; 25. Progresión de los acontecimientos en el Continente y su origen; 26. Organismos fósiles; 27. El origen de la Tierra (por Dean B. McLaughlin) y, 28. Principios estratigráficos y métodos gráficos.

Las descripciones textuales son de síntesis prolija y concreta, cuentan con el apoyo directo de la ilustración basada en el esquema gráfico y en el recurso de las fotografías adecuadas a la información y complementación de visión científica tanto como artística por su selección y forma de ubicación en la obra. La bibliografía tiene entrada, con sumarios comentarios, en el prefacio.

Podría decirse que tanto la notación de datos geológicos como paleontológicos están acordes con el grado elevado del conocimiento de la materia adquirido en los Estados Unidos de Norteamérica al momento actual. Ante ello la propia labor científica de los auto-

res trasmite al trabajo un estilo definido, cuyas raíces pueden encontrarse en la investigación de los geosinclinales de M. Kay y en la evolución de los vertebrados de E. H. Colbert.

El capítulo relativo al origen de la Tierra, redactado por D. B. McLaughlin, profesor de Astronomía de la Universidad de Michigan, consignando una revisión de las teorías pertinentes, fue agregado al término de la obra. El Dr. Kay dijo —en comunicación oral al suscriptor— que el tema subjetivo, de la génesis del planeta no debía anteponerse al texto descriptivo, preparado para facilitar la comprensión metódica del estudio, desde el análisis geológico a la síntesis astronómica, respectivamente.

Llamativa es la presentación del mapa geológico que en la cubierta del libro plegada y exteriormente ilustrada tiene en su faz interior la lámina cartográfica que a ocho colores consigna la distribución de las unidades mayores (eras) con subdivisión que comprenden, incluso, a la distribución de rocas intrusivas y volcánicas. La carta compilada por M. Kay a escala aproximada de 1 : 15.000.000 lleva el título de Mapa Geológico de Norteamérica y puede adquirirse separadamente en la Geological Society of America, N. York, su distribuidora.

Dijo M. Kay a quien suscribe que esta obra demandó años y vigiliadas de labor en la mesa de trabajo de su hogar. Es como toda tarea de su género, la resultante de un indudable esfuerzo vocacional, realizado merced a experiencia fecunda y trascendente.

La nueva Estratigrafía norteamericana es en su forma y en su fondo un texto de Geología Histórica, de consulta obligada en adelante, en las cátedras del ramo de toda universidad y en las Américas particularmente, por cuanto están comprobadas las afinidades y relaciones de carácter geológico que por entero son propias de la unidad estructural del Nuevo Mundo.

Es obvio agregar la vigencia de las sumas y conclusiones consignadas por ambos autores en **Stratigraphy and Life History**. La renovación constante de las obras de este género, de profundo contenido para las ciencias geológicas de nuestro tiempo, no atenuarán ulteriormente el valor científico que desde ya le corresponde al trabajo más reciente de que disponemos a la fecha en la especialidad.

La impresión editorial de Wiley, ofrecida sin limitaciones seduce rápidamente a la lectura y a la obtención de un ejemplar que luce como pieza bibliográfica novedosa, manuable y atractiva.

A. V. B.

INDICACIONES A LOS AUTORES

- a) Los originales — sin excepción — deberán ser dactilografiados a dos espacios y en hojas escritas en una sola cara.
- b) Los gráficos que incluyan tendrán que ser confeccionados a tinta china indeleble. Las fotografías se presentarán en papel brillante y llevarán la indicación de las medidas a que se reducirán para la impresión. De preferencia todos los grabados irán dentro del texto; excepcionalmente se aceptarán láminas fuera de texto en casos altamente justificados.
- c) Los trabajos incluirán una lista bibliográfica que se intitulará en todos los casos "Obras citadas en el texto". La misma se ordenará alfabéticamente por autor. Dos o más trabajos de un mismo autor serán discriminados por letras a), b), c), según el orden cronológico de aparición de los mismos. A continuación del autor, irá el año de edición del trabajo. En la cita se omitirá la mención de los datos superfluos y la consignación del tomo, volumen, página, etc., se hará con las respectivas iniciales. El título del trabajo se indicará en forma completa, sin excepción.
- d) Las citas bibliográficas deberán ser incluidas en el texto de todos los trabajos y se referirán a la lista correspondiente agregada al término de los trabajos que se publican.
- e) Los autores harán la revisión de sus artículos en los originales que entreguen, dado que no es norma remitir las pruebas tipográficas para correcciones, responsabilizándose la Comisión solamente de los errores comunes que resulten de la impresión.
- f) Se aceptará el uso de "bastardilla", que se indicarán subrayadas en línea simple, y "negrita", que se subrayará con doble línea llena.
- g) Los autores recibirán sin cargo, cincuenta separatas de sus trabajos publicados. Un número mayor de éstas correrán por cuenta de los mismos y se harán a pedido en la circunstancia de la entrega de los originales.
- h) La Comisión de Investigación Científica adopta para ANALES y a objeto de las respectivas citas bibliográficas, la siguiente abreviatura: "An. Com. Invest. Cient. Bs. As."

DIRECTIONS FOR CONTRIBUTORS

- a. All contributions must be *typed* double-spaced throughout on one side of paper.
- b. *Drawings* must be made in black India ink. *Photographs* must have a glossy finish and must be accompanied by instructions about the size they must be reduced to for print. *Illustrations* had better be incorporated into the text. An illustration would only be printed separately in a very exceptional case.
- c. A *bibliographic list* is to be supplied for each contribution and the surnames of authors arranged in alphabetical order, after the name, the full title of the work, place publisher, year of publication.
- d. *Footnotes* should be numbered serially throughout the text and the footnotes themselves typed at the end of article.
- e. Authors are urged to send the original without mistakes because contributions are not sent back for proofing. The Editor's office is only responsible for the *proofreading* of the galley proofs.
- f. A single underline is used for *italics* and two underlines for BOLD FACE.
- g. Authors will receive fifty *reprint copies* free of charge.
- h. For Anales of the Comisión de Investigación Científica de Buenos Aires, is adopted the following abbreviation: "An. Com. Invest. Cient. Bs. As."

Inscrito en el Registro de la Propiedad Intelectual

INDICE

	Pág.
RENATO R. ANDREIS — Getrografia de las sedimentitas psefiticas paleozoi- cas de las sierras australes bonaerenses	9
ANGEL V. BORRELLO — Sistemática estructural sedimentaria en los procesos de la orogénesis	65
EDUARDO M. CIGLIANO — Nuevos sitios precerámicos en la puna argentina ..	95
OSCAR A. DUYSOVICH Y CONSTANTE P. MONEDA — Cavernas de la provincia de Buenos Aires	111
T. KOPSIC, G. MALEK Y A. HACK — Lantionina. Conceptos modernos. Im- portancia. Contenidos en lanas argentinas	151
ROSENDO PASCUAL, ENRIQUE J. ORTEGA HINOJOSA, DOLORES GONDAR Y EDUARDO TONNI — Las edades del cenozoico mamalífero de la Argentina, con especial atención a aquellas del territorio bonaerense	165
J. M. GUERISOLI, J. M. SARRILLET Y J. PETROLITO — Estado ácido, base en el medio interno	195
NOTAS CIENTÍFICAS:	
ANGEL V. BORRELLO — Eduardo Suess, cincuentenario de su desaparición	257
COMENTARIO BIBLIOGRÁFICO	261

EDITOR: DR. LUIS A. BONTEMPI

Secretario de Publicaciones: DR. ANGEL V. BORRELLO

COMISION DE INVESTIGACION CIENTIFICA

Calle 526 — 10 y 11 — LA PLATA

PROVINCIA DE BUENOS AIRES — REPÚBLICA ARGENTINA

Distribuidora exclusiva y ventas: LIBRART, S. R. L. CORRIENTES 127, BS. AIRES

NOTA: La exposición y conclusiones de cada trabajo tienen en cada caso como
única responsabilidad la de su autor.