

## OBSERVACIONES GEOMORFOLOGICAS EN ULTIMA ESPERANZA, CHILE, Y CONSIDERACIONES SOBRE LA ELASTICIDAD DE LA CORTEZA TERRESTRE

GIOVANNI CECIONI

Departamento de Geología Universidad de Chile

### A B S T R A C T

*This region can be geologically divided into two belts with an approximate-N-S trend. The eastern one, constituted by sandy and shaly formations belonging to the uppermost Cretaceous and Maastrichtian basal part; geomorphologically this area appears as a half moon shaped composite cuesta slightly concave towards the west. The western belt is constituted by flysch and thick conglomerates, mainly santonian, deposited by turbidity currents. Tectonics here is more complicated: anticlines and synclines are present as well as numerous faults, inverse the old ones, and normal the recent.*

*In the westernmost part of the eastern belt, three isolated massive hills are present (Jorge Montt, Picana and Otten), with pervious sandstones at the top; erosion here is weak, favouring forests growing. In the same belt two glacial out-spreading hills are observed (Ballena and Solitario), eroded by a glacier in its final stage. This glacier proceeded from the Patagonian Range and directed towards Argentine, depositing a series of varves in a frontal lake; these varves were dragfolded by the same glacier as it advanced towards the east, depositing a moraine over the varves. These hills present an E-W ridge, that is perpendicular to the regional tectonic motive.*

*In the western belt outstanding tabular hills are observed (Mocho, Manuel Señoret, Ventana, Campanilla, Castillo, Toro, Rotunda and Tetas de Ballena) which are the result of an apical subhorizontal dismembering, constitute by conglomerates. Slopes appear very prominent and much affected by erosion, being the geological series constituted by flysch covered by wildflysch (conglomerates). Forest appears practically where slope-rubbish begin. Conglomerates are impervious and do not present water reservoirs as the sandstones of the isolated massive hills.*

*Rivers are mature and flowed towards Argentine at the beginning of the last deglaciation. Then rivers drainage directed towards the Pacific Ocean became more active, may be 5-7 thousand years after the beginning of the last deglaciation (approximately 15 thousand years ago), and capture phenomena, as some rivers courses inversion, were verified. All the rivers now flow into the Pacific Ocean.*

*Old fluvial terraces of the Don Guillermo River are dipping towards the east. These rivers final part reactivation appears much remarkable. However,*

*the basal marine level is rising at present. Marine terraces of the Seno Skyring and Madre de Dios Archipelago are dipping towards the west.*

*In the Atacama Desert the easternmost playas (salares) of the Antofagasta Province dipped towards the W; however the westernmost playas of the Puna (a rather 10 km. distance between them) dipped towards the E. The playas location is related to the regional tectonic motive.*

*It seems that these dipping are related to recent normal faults. After the last glaciation, the earth crust and the mantle uppermost part sunk at the Gutemberg Channel (or of the low velocity) rised isostatically but with "elastic hysteresis"; thus, at least one depression, or groove, was formed to the W, and uplifted with delay. It is presumable that here it is not a continous deformation, but that it was formed by slow upward push; so, recent faults were formed, which slip has a minor value at the groove central part.*

*These are very small features which may only measured by levelling. If these tilts are carefully measured, they might finally give the "elasticity modulus" of the earth crust, still unknown.*

#### R E S U M E N

Geológicamente esta región se puede dividir en dos fajas dispuestas aproximadamente N-S; la oriental constituida por una serie de formaciones arenosas y arcillosas del Cretacico más alto, hasta la base del Maastrichtiano; geomorfológicamente se trata de una "cuesta compuesta" en forma de medialuna, suavemente cóncava hacia el W. La faja occidental está constituida por flysch y potentes conglomerados, principalmente del Santoniano, depositados por corrientes turbias. La tectónica aquí es más complicada, siendo presentes anticlinales, sinclinales y numerosas fallas, inversas las antiguas, normales las recientes.

En la parte más occidental de la faja oriental, existen tres cerros aislados masivos (Jorge Montt, Picana y Otten), con areniscas permeables en el techo; la erosión aquí es débil, y favorable el crecimiento de los bosques. En esta misma faja existen dos cerros de defluencia glacial (Ballena y Solitario), erosionados por la parte terminal de un ventisquero, que de la Cordillera Patagónica se dirigía hacia Argentina, depositando, en el lago frontal, una serie de varvas que fueron distorsionadas por el mismo ventisquero al avanzar más hacia el E, depositando una morrena de fondo encima de las varvas. Estos cerros tienen un filo E-W, es decir, perpendicular al motivo tectónico general de la región.

En el bloque occidental se destacan cerros tabulares (Mocho, Manuel Señoret, Ventana, Campanilla, Castillo, Toro, Rotunda y Tetras de Ballena), los cuales resultan del desmembramiento de una superficie apical subhorizontal, constituida por los conglomerados. Las laderas se presentan escarpadas, muy afectadas por la erosión, siendo la serie geológica constituida por flysch cubierto por wildflysch (conglomerados). Prácticamente el bosque empieza donde empiezan los escombros de falda. Los conglomerados son impermeables y no representan reservorios de agua como las areniscas de los cerros aislados masivos.

Los ríos se presentan muy maduros y desaguaban hacia Argentina con el

comienzo de la última deglaciación. Luego, el drenaje de los ríos, dirigidos hacia el Pacífico, se puso más activo, tal vez 5-7 mil años después del comienzo de la última deglaciación (aproximadamente 15 mil años atrás), y se verificaron fenómenos de captura e inversiones de algunos cursos, así que todos los ríos desaguan ahora hacia el Pacífico.

Las terrazas fluviales antiguas del Río Don Guillermo están inclinadas hacia el E. La reactivación del último trecho de estos ríos es muy notable. Sin embargo, el nivel de base marino está subiendo hoy en día. Las terrazas marinas del Seno Skyring y del Archipiélago Madre de Dios están inclinada hacia el W.

En el Norte Grande los salares más orientales de la Provincia de Antofagasta se inclinaron hacia el W; los más occidentales, de la Puna (distantes uno de los otros más o menos 10 kms), sin embargo, se inclinaron hacia el E. La ubicación de los salares está ligada al motivo tectónico general.

Parece que algunas de estas inclinaciones estén ligadas a fallas normales recientes.

Después de la última glaciación, la corteza y parte más alta del manto terrestre, hundida en el Canal de Gutemberg (o de baja velocidad) isostáticamente subió, pero con "histéresis elástica", formando por lo menos hacia el W una canaleta que sube con retardo. Parece que se trata no de una deformación continua, sino por saltos hacia arriba, por medio de fallas normales recientes, cuyo salto es menor en el centro de la canaleta.

Se trata de estructuras muy pequeñas que pueden ser medidas sólo con nivelaciones. Estos basculamientos, si son medidos con gran cuidado, podrían finalmente proporcionar el módulo de elasticidad de la corteza terrestre, todavía desconocido.

## 1, INTRODUCCION

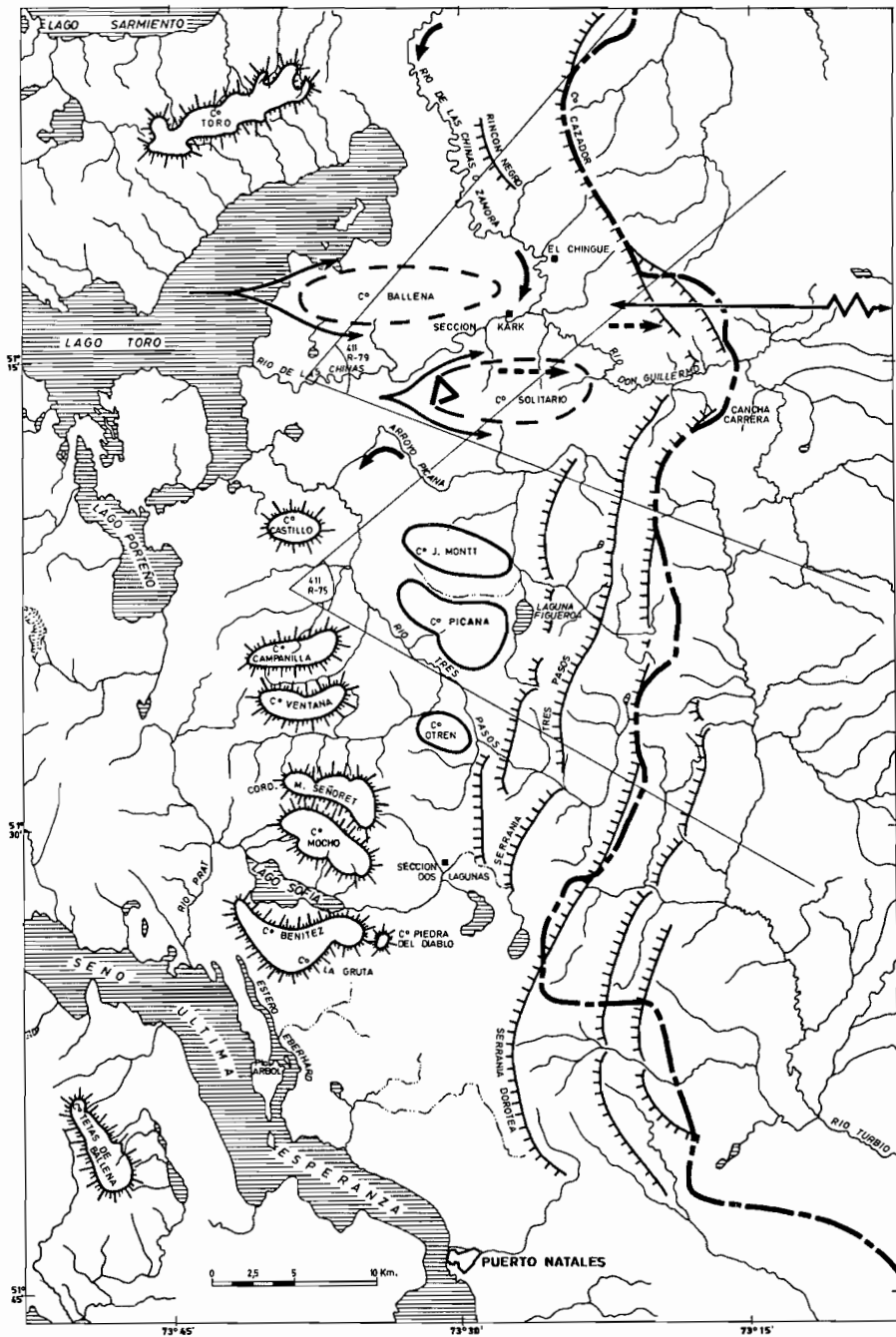
La Provincia Ultima Esperanza se presenta en su parte oriental, comprendida entre el Lago Argentino, o cabecera de los Ríos Zamora y Las Chinas, y la terminación austral del Seno Obstrucción, al N de la Cordillera Pinto. El que suscribe levantó la mayor parte de esta área a la escala 1: 20.000, con aliada telescópica, entre los años 1952 y 1956, siendo geólogo de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP).

La finalidad del levantamiento geológico era de carácter económico; sin embargo, el presente autor efectuó algunas observaciones geomorfológicas (1954), que presenta en la nota actual, sin pretensiones de proporcionar un marco unitario y genético de el área. La finalidad del artículo es dar a conocer algunos hechos concretos, sugerir una interpretación provisional de estos, con el fin de estimular ulteriores estudios de esta área y otras tan poco conocida desde el punto de vista geomorfológico, y de una belleza entre las más impresionantes de Chile.

## 2. TRABAJOS ANTERIORES

Aparte los trabajos de Caldenius y de Auer, especialmente dedicados a la estratigrafía pleistocénica con notaciones geomorfológicas ligadas a sus finalidades, encontramos escasos datos en FERUGLIO (1950, 3: 181) relacionados

## CROQUIS MORFOLOGICO AREA PUERTO NATALES



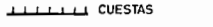
## REFERENCIAS



AREA DE MAYOR INVERSION DEL DRENAJE



TERRAZAS FLUVIALES INCLINADAS HACIA EL ESTE



CUESTAS



FACETA TRIANGULAR FALLA ULTIMA ESPERANZA



PRINCIPALES CODOS DE CAPTURA



CERROS AISLADOS MASIVOS



CERROS TABULARES



CERROS DE DIFLUENCIA GLACIAL



CAMPO VISUAL FOTOS 411-R-79 y 75

con el desague del "Lago Natales" hacia el Atlántico. En lo que se refiere a las terrazas atlánticas, la conclusión de Feruglio es que probablemente la formación de estos depósitos de playa recientes pueda estar relacionada "también" con los movimientos eustáticos, es decir con una baja general del nivel de los océanos, como parece indicar la gran distribución de estas terrazas a lo largo de la costa atlántica de Sud América. También AUER (1948: 335) expresa la misma opinión: la dos terrazas marinas de costa, cubiertas por sedimentos y ubicadas aproximadamente a 6 y 9m en Tierra del Fuego, podrían ser debidas a una baja del nivel de los mares. Sin embargo, en su último trabajo (AUER, 1956), esta hipótesis no fué tomada en consideración.

WEISCHET (1957), sin mencionar los informes internos de ENAP, proporciona una visión generalizada de la fisiografía de la región de Ultima Esperanza, en un trabajo de carácter divulgativo tomando en consideración especialmente las formas glaciales de tipo alpino de la alta Cordillera Patagónica.

MERCER (1970) comentó las dataciones de Auer y Caldenius. MARANGUNIC (1973), con un estudio detallado de la Pampa Magallánica, puso en evidencia 5 arcos morrénicos marginales externos, y 6 en el sistema interno, modificando el modelo establecido por Caldenius; las morrenas frontales se consideran como una interrupción en el retroceso, y no como un nuevo avance, siendo las morrenas finiglacial de edad Dryas Joven, es decir de 11.000 años antes del presente, según HEUSSER (1966).

Desde el punto de vista estructural, MARANGUNIC (1971) pone en evidencia una zona de "cizalle" sinistral paralela al eje de la cordillera, considerando las direcciones de la mayoría de los fiordos patagónicos. En la intersección de las fallas N-S con las N 60° W, hay depósitos de minerales básicos; este importante modelo podría servir muy bien de guía para la exploración de galena, blenda, antimonio, y plata en el archipiélago patagónico.

Con excepción de los informes inéditos del suscrito, los informes de ENAP no tienen referencias a la fisiografía salvo la accesibilidad con finalidades de carácter económico.

El presente autor (CECIONI, 1957), después de haber mencionado las terrazas marinas presentes en Cabo Boquerón (estrecho de Magallanes), Puerto Ramirez (Península Muñoz Gamiro), costa N del Seno Skyring y área de Guarrello (Archipiélago Madre de Dios), llegó a la conclusión de que la costa atlántica del bloque continental de la Patagonia Argentina, fué afectada por un sollevamiento; éste disminuye gradualmente hacia el S en la costa atlántica de Tierra del Fuego.

Por otro lado, en la costa pacífica de la Patagonia, se verificó un movimiento negativo; en el Seno Skyring y en la Isla Madre de Dios, existen pruebas de que recién el bloque continental de hundió hacia el occidente.

Estos movimientos pueden ser explicados considerando que las glaciaciones pleistocénicas depositaron un gran volumen de hielo y sedimentos glaciales en la Patagonia Argentina, sacando un considerable peso de rocas de la Cordillera Patagónica.

Es difícil establecer si durante la glaciación la costa pacífica de la cordillera fue afectada por un movimiento vertical negativo o positivo. Considerando

los fenómenos isostáticos se podría decir que "si" el peso del hielo acumulado en la cordillera fue mayor de aquél del material removido por abrasión, el movimiento del bloque continental tendría que haber sido negativo. "Si" lo contrario fuera aceptado, el movimiento tendría que haber sido positivo. La segunda hipótesis parece la más aceptable.

El hecho de que en el Archipiélago Patagónico no existan terrazas marinas altas, nos lleva a admitir: o 1) que el movimiento del bloque continental fue generalmente negativo, 2) que si hubiese sido positivo, las terrazas marinas nuevas, formadas entonces, se hundieron en el Océano Pacífico al finalizar las glaciaciones, "como si" el bloque continental hubiese sido afectado por un movimiento bascular en la costa pacífica; esto podría ser un argumento a favor de la muy dudosa subducción de las placas (MARANGUNIC, 1971; GALLARDO 1973). Contemporáneamente un intenso movimiento positivo tiene que haberse desarrollado en la costa atlántica, dando lugar, según la mayoría de los autores, a 5 terrazas marinas pleistocénicas, a 6 considerando también la terraza marina del Plioceno Superior.

Se podría pensar en un movimiento oscilatorio post-glacial, de compensación isostática. Ahora esto parece como la hipótesis más aceptable, la cual coordinaría el gran desarrollo de las terrazas marinas de la costa atlántica, y el escaso desarrollo en la costa pacífica, así como la inclinación hacia el W de éstas últimas.

De las observaciones arriba presentadas, aunque insuficientes para establecer una intercorrelación de las distintas terrazas, parece comprobarse que un movimiento del continente haya alterado la original horizontalidad de las terrazas. Esto no excluye la idea de que algunas de éstas puedan haberse formado en los tiempos en que el nivel de los mares era diferente, debido a fenómenos eustáticos.

Desde entonces han (CECIONI 1957) pasados 20 años: los hechos quedan y se ponen más numerosos; las hipótesis pasan o se modifican.

En el caso de la terraza marina inclinada hacia el W del Seno Skyring, se puede hoy afirmar que está comprendida entre dos fallas normales, bajando el bloque W: una está presente en el área del Puerto Altamirano y la otra, en la ensenada Rys, en el istmo que separa el Seno Skyring del Estero La Pera.

Actualmente se acepta el "teorema" isostático, porque ha sido comprobado, y ya no se trata de "teoría". Cualquier cuerpo sometido a una fuerza (vertical, en el caso nuestro, como la acumulación glacial) se deforma. Si la fuerza es débil y se aplica gradualmente, la deformación es directamente proporcional a la fuerza aplicada; cuando ésta disminuye de modo gradual, también disminuye la deformación, hasta desaparecer elásticamente por completo.

Sin embargo, la deformación no desaparece al cesar la fuerza que la ha provocado, y para que aquella se anule, es necesario un impulso en sentido opuesto al que ha provocado la deformación.

Si se somete varias veces (número de glaciaciones) el cuerpo a fuerzas alternas, las deformaciones, en la fase de ida y de vuelta, son distintas en igualdad de fuerzas; de esta manera, las sucesivas configuraciones que toma el cuerpo al variar la fuerza describen un ciclo que toma el nombre de "ciclo histérico", o "histéresis elástica". En cada ciclo, la energía consumida para

producir la deformación no se restituye completa e instantáneamente durante la fase de retorno, sino que se absorbe en parte para vencer la resistencia debida a la cohesión y se transforma en calor.

Como no hay la menor duda sobre los movimientos isostáticos, quiere decir que la corteza continental presenta "cierta" elasticidad. Su módulo de elasticidad es todavía desconocido, y ésto se presta a considerarlo "pequeño" o "grande", al gusto del consumidor. Establecido el promedio del módulo de elasticidad de la corteza, es probable que algunas teorías geotectónicas tengan que ser modificadas, y otras nuevas brotarán de datos ahora desconocidos.

Vamos a esquematizar una glaciación y subsecuente deglaciación, para que el fenómeno de la histéresis elástica sea claro para todos. Las figuras que siguen son muy exageradas.

Fig.1 : GLACIACION

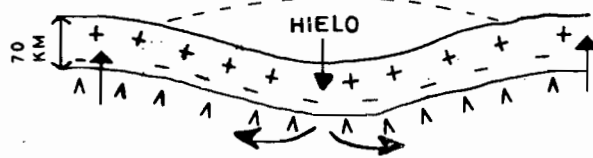
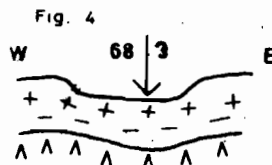
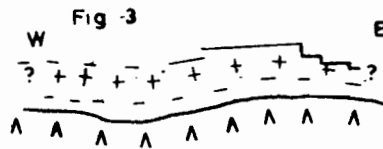
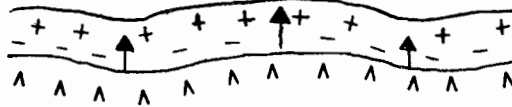


Fig.2 : DEGLACIACION



Las figuras 1) y 2) son teóricas; las figuras 3) y 4) representan (exagerando) respectivamente terrazas marinas inclinadas hacia el W, y salares (de la Puna de Antofagasta) basculados hacia el W y hacia el E, indicando la canaleta de histéresis elástica.

Hay que recordar ahora que el factor glacio-eustático es de gran importancia sólo 5-7 milenios desde el comienzo de la deglaciación (ARTYSHKOV & MESCH-

RIKOF, 1969); se estableció que la última deglaciación en Patagonia se verificó alrededor de 15.000 años atrás (PASKOFF, 1977).

VILA (1974) afirma que los salares están controlados por la tectónica, porque sus ejes están en paralelo con la estructura general de la región, sin dar mayores detalles estructurales de los bordes de los salares.

También en el Great Salt Lake Desert (Utah), al margen occidental de las Montañas Rocosas, se constató que las distintas glaciaciones produjeron deformaciones en las antiguas líneas de costa, originalmente horizontales, debido a la elasticidad de la corteza (TRITLINDEN, 1963); evidentemente se trata de un fenómeno relacionado con la viscosidad del Canal de Gutemberg, entonces admitido hipotéticamente y tal vez ligados a la canaleta de histéresis elástica ubicada al W de las Montañas Rocosas. En Utah el fenómeno es de mucho más envergadura que en los salares de la Puna de Antofagasta, y aparenta ser debido a una deformación continua, si consideramos los desplazamientos de las antiguas líneas de costa lacustres.

Anteriormente VON POST (1947) consideró el factor W (efecto isostático), el factor  $a^P$  (efecto de la plasticidad isostática) y el factor  $a^e$  (efecto elástico o "elastic shock"), reconociendo así pronunciadas irregularidades, según líneas tectónicas (no detalladas) en las playas del Lago Vanern. Muy pocos autores tomaron en consideración que al comienzo de este siglo HÖGBOM (1904) reconoció que la intensidad del solevantamiento del continente aumenta hacia el centro del área que sube; hay un mínimo de ascensión, representado por una depresión (aquí llamada canaleta) en el Golf de Bothnia; esta canaleta sube mucho menos las partes adyacentes.

LUNDQUIST (1965), ANDERSEN (1965) y DONNER (1965) llegaron a los mismos resultados, respectivamente en Suecia, Noruega y Finlandia, sin presentar un modelo teórico.

El modelo que ha sido presentado aquí, y que vamos a llamar de Högbom-von Post, con sus modificaciones, ha salido especialmente de la sugerencia del Dr. C. Marangunic.

En Groenlandia se intentó establecer el módulo de elasticidad de la corteza terrestre; no fue posible por la presencia de demasiado hielo en varias partes de la costa (RANKAMA, 1965).

En el cono sur de Sudamérica, y especialmente en Chile, se pueden llevar a cabo medidas de nivelación en el continente (basculamiento de los salares y lagos) y en la costa (nivelación de las terrazas marinas).

Después de esta necesaria introducción, pasamos al tema principal, analizando hechos, y sugiriendo una hipótesis de trabajo. Sin duda en un tiempo más, las interpretaciones, con nuevos datos, y sin modelos prefabricados, serán mejoradas. Actualmente el Dr. C. Marangunic está elaborando también los datos gravimétricos de la parte norte de la Provincia de Magallanes, y esperamos ansiosos resultados objetivos.

### 3. ESQUEMA GEOLOGICO DEL AREA

La parte SE de la Provincia de Última Esperanza se puede dividir, desde el punto de vista geológico y geomorfológico, en dos fajas desarrolladas en el



sentido N-S, separadas por la Falla Ultima Esperanza (CECIONI 1954, 1957b), aceptada por unos, rechazada por otros.

El bloque oriental, prácticamente hacia el E del camino N-S que de Puerto Natales se dirige hacia la Estancia C<sup>o</sup> Guido, es una cuesta compuesta, en forma de medialuna, cóncava hacia el W; efectivamente las capas cerca de Puerto Natales tienen un rumbo N 20° E y en el C<sup>o</sup> Cazador el rumbo es N 20° W, siempre con manteo hacia el E. Se trata de una serie arenoso-arcillosa arriba de unas margas color salmón. El techo de las cuestras está constituido por areniscas del más bajo Maastrichtiano.

El bloque occidental está constituido por una serie, en prevalencia del Santoniano, con facies de flysch (alternancia de grauvacas y arcillas de ambiente profundo, producidas por corrientes turbias)(CECIONI, 1970). En este flysch se destaca una serie conglomerádica de espesores que varían entre 400 y 950 m, con rodados gruesos, compactados, y con contacto brusco en la base. Estos conglomerados fueron interpretados como wildflysch (CECIONI, 1970).

#### 4. FENOMENOS FLUVIALES

Con el fin de no perder la continuidad con la introducción, es mejor mencionar inmediatamente que la terraza fluvial más alta de la ladera N del C<sup>o</sup> Solitario está inclinada hacia el E; se estableció una inclinación de 5° a 10°, pero el ángulo vertical tomando con la aliada telescópica, especialmente cuando hay viento, no es exacto. En la ladera S del C<sup>o</sup> Cazador se observa el mismo fenómeno. Entre las dos terrazas mencionadas el Río Don Guillermo corre hacia el W, procedente de Cancha Carrera y Lago Esperanza, Argentina.

Las terrazas inclinadas hacia el E indican que tiempo atrás el Río Don Guillermo corría hacia el E. Por lo tanto también los Ríos Zamora y de Las Chinas deben haber tenido el mismo sentido de drenaje por lo menos hasta el comienzo de la última deglaciación.

Este fenómeno tiene que haberse verificado también en el Pleistoceno Antiguo, porque en los escombros glaciales (no podría afirmar que se trata de una morrena de fondo) de la parte alta del C<sup>o</sup> Cazador fue encontrado un magnífico ejemplar de *Inoceramus steinmanni* en lutitas pizarrosas, ambos exclusivos del bloque occidental.

Luego, el trecho terminal del Río de Las Chinas, hacia el S del C<sup>o</sup> Ballena, capturó el Río Don Guillermo, así que ahora ambos corren hacia el Pacífico; cerca de la Estancia Cancha Carrera, exactamente al límite Chile-Argentina, el río ha cortado una serie de varvas glaciales y morrenas potentes (CECIONI, 1955), lo que apoya la idea de que los ventisqueros del lado oriental de la Cordillera Patagónica desaguaban hacia el E, produciendo, cuando es posible, lagos periglaciales donde se depositaban varvas, afectadas ahora por pliegues de arrastre, debidos a un posterior avance del hielo hacia el E, lo que dejó una notable morrena encima de las varvas, y, según la opinión del suscrito, aparenta ser la última antes del retroceso actual.

El Arroyo Picana, al S. del C<sup>o</sup> Solitario, también tiene que haber tenido su desague hacia el Río Don Guillermo; luego fue capturado por el afluente sep-

tentrional del Río Tres Pasos, produciéndose tal vez contemporáneamente la captura, en la zona de la Sección Karke, del Río Don Guillermo, por la acción del último trecho del Río de Las Chinas.

Este río presenta magníficos meandros maduros y vagantes; sin embargo, por un trecho de  $3/4$  kms, al W de la Sección Karke, los meandros no son de relievey están profundamente encajonados.

Los trechos terminales de los ríos Las Chinas y Tres Pasos, presentan evidentes fenómenos de rejuvenecimiento; esto se verifica hacia el W del area de la presunta Falla Ultima Esperanza, y a lo largo de esta última, si existe en su totalidad como supuso el presente autor (1954, y otros informes inéditos de ENAP).

En la (Fig. 5) se puede observar una de estas fallas que corta depósitos glaciales, dirigida N-S (izquierda-derecha); más hacia el E se observa bien la típica faceta triangular de falla en la pendiente W del C<sup>o</sup> Solitario (primer cerro a la derecha); esta faceta, según el autor indica el trazado de la Falla Ultima Esperanza; también aquí el río toma un trazado rectilíneo aproximadamente. En la parte central de la foto se observa el C<sup>o</sup> Ballena, oscuro, orientado E-W, con



Fig. 5.

una rama hacia el N, relacionada con la falla reciente que corta los depósitos glaciales. Hacia el fondo de la foto tenemos el Río Don Guillermo, que separa Serranía Dorotea (derecha) del Cº Cazador (izquierda); El Río de Las Chinas (centro-izquierda) captura al Río Don Guillermo y al pasar por las fallas pierde sus numerosos y típicos meandros vagantes, y los pocos restantes se presentan ancajonados.

Fenómenos semejantes tienen que haberse verificado también en la llanura al N del Cº Cazador; sin embargo, el presente autor tiene solamente sospechas y pocos datos seguros, porque no levantó ésta area, constituida sólo por depósitos glaciales, de ningún interés petrolero.

Las inundaciones primaverales que producen los ríos Las Chinas - Zamora, son dañinas a las praderas y a la ganadería. Fué construido un canal artificial frente a Rincon Negro, con el fin de aliviar el drenaje en las áreas destinadas al pastoreo en los alrededores del Cº Ballena. Sin embargo, la cabecera de este canal se ubicó justo en un meandro vagante, así que el canal no dió los resultados esperados.

## 5. GEOMORFOLOGIA DE LOS CERROS

Las formas de éstos están ligadas a la constitución geológica, al clima y a los efectos de la última glaciación, y durante la siguiente deglaciación.

Los cerros pertenecientes al bloque oriental se pueden clasificar en cuestras, masivos aislados, y de difluencia glacial (CECIONI, 1954).

Los que están en el bloque occidental pertenecen principalmente al tipo tabular. Se sigue aquí la nomenclatura de ROVERETO (1923), el cual contribuyó mucho a la geomorfología argentina.

La *cuestras* están constituidas por la Serranía Dorotea, Cº Cazador y Serranía Tres Pasos.

La Serranía Dorotea es la continuación original del Cº Cazador, dividida ahora por el amplio valle en el cual fluye el Río Don Guillermo, de escaso caudal. La Serranía Tres Pasos es una estribación morfológica de la Serranía Dorotea hacia el W. Entre las dos hay un valle central que comprende la Laguna Figueroa. La estribación, según el presente autor, podría ser debida a la curva de la discutida Falla Ultima Esperanza.

Hacia el N y hacia el S, la Serranía Tres Pasos constituye unidades morfológicas desprendidas de la Serranía Dorotea, con un valle glacial en el medio, cuya culminación se encuentra más o menos al E de la Laguna Figueroa. Este valle central está escavado en lutitas; el valle opuesto (hacia el N) se observa en la ladera meridional del Cº Cazador, donde desaparece, y las mismas lutitas no tienen gran influencia sobre la morfología.

Las cuestras están dispuestas en hileras muy alargadas, sin puntas bien definidas; solo excepcionalmente tenemos dientes de serrucho. Esta morfología está ligada principalmente a la estructura monoclinial, sin inversión completa del drenaje, y con abrupta pendiente frontal hacia el W, mientras que hacia el E la pendiente es suave, con gran acumulación de eluvium, entreverado con

con erráticos glaciales. El drenaje hacia el Pacífico es mucho más notable que el drenaje hacia el Atlántico, Entre las distintas cuestras alineadas más o menos N-S hay laguitos y vegas.

El Río Tres Pasos y el Arroyo Picana son los únicos cursos de agua, ubicados en valles transversales, amplios, desproporcionado al pequeño caudal de estos ríos en época actual.

Se observó en el Río Tres Pasos un valle longitudinal suspendido y desproporcionado al caudal de este pequeño afluente. Estos valles son de origen glacial, y el drenaje reciente hacia el Pacífico empieza a desarrollar un retículo hidrográfico relacionado también con el tipo litológico y con la estructura.

Las cuestras alcanzan la altura máxima de 911 m en la Serranía Dorotea, hacia el W de la Mina del Río Turbio; en el Cº Cazador la cuestra alcanza hasta 1170 m, cerca del límite Chile - Argentina, donde HAUTHAL (1907) encontró la famosa fauna de su "nivel f", que indica el límite Maastrichtiano-Campaniano. La Serranía Tres Pasos tiene su altura máxima (700 m) hacia el NE de la Sección Dos Lagunas.

La vegetación se desarrolla donde la acción erosiva no es muy violenta es decir entre las distintas cuestras, y en la parte baja de las cuestras mismas, donde empiezan a predominar los escombros.

Las areniscas que constituyen los filos de las cuestras son molásicas, algo permeables y cubren las arcillas subyacentes. Estas areniscas a veces presentan cuevas parecidas a los "tafoni" debido a la acción deferencial del viento en las areniscas con pequeñas concreciones; entre cuestra y cuestra se forman ciénegas fangosas llamadas "vegas" en Chile y "bañados" en Argentina, cuando un río se pierde, agotándose por infiltraciones, por captura o por relleno. El último trecho de un río, de poco caudal, como en el caso de un río capturado hacia arriba, se llama "estero" en Argentina; en Chile este término se usa indiscriminadamente por un arroyo, y a veces para algunos fiordos angostos y largos (Estero Eberard, La Pera etc.).

*Cerros aislados masivos* son los cerros Jorge Montt, Picana y Otten. Se caracterizan por tener una pendiente llena, poco escavada y con contorno basal poco quebrado. La constitución geológica es bastante uniforme: areniscas con pocas lutitas en la parte más alta, donde a veces se presentan dientes de serrucho. En la fig. 6 algo a la derecha del centro, se observa la Laguna Figueroa, vista desde el W. La vegetación es muy tupida en estos cerros; el "aparragado" (sinónimo local de "achaparrado") no es muy desarrollado en la parte alta.

*Cerros tabulares* son los cerros Mocho, Cordillera Manuel Señoret, Ventana, Campanilla, Castillo y Toro. Al S de Puerto Natales, en la costa oriental del Seno Obstrucción hay el Cº Rotunda; al S de éste último, en el Seno Skyring, el Cº Diadema; al W de Puerto Natales, el Cº Tetas de Ballena.

Estos cerros representan el desmembramiento, por efecto de la erosión, de una superficie apical bastante pareja, sub-horizontal, como si hubiese sido una meseta, siendo en realidad el techo de un anticlinal suave (CECIONI, 1957).

Las laderas de estos cerros se presentan generalmente muy abruptas, de pendiente notable, geológicamente constituida por flysch diaclasado, sobre el

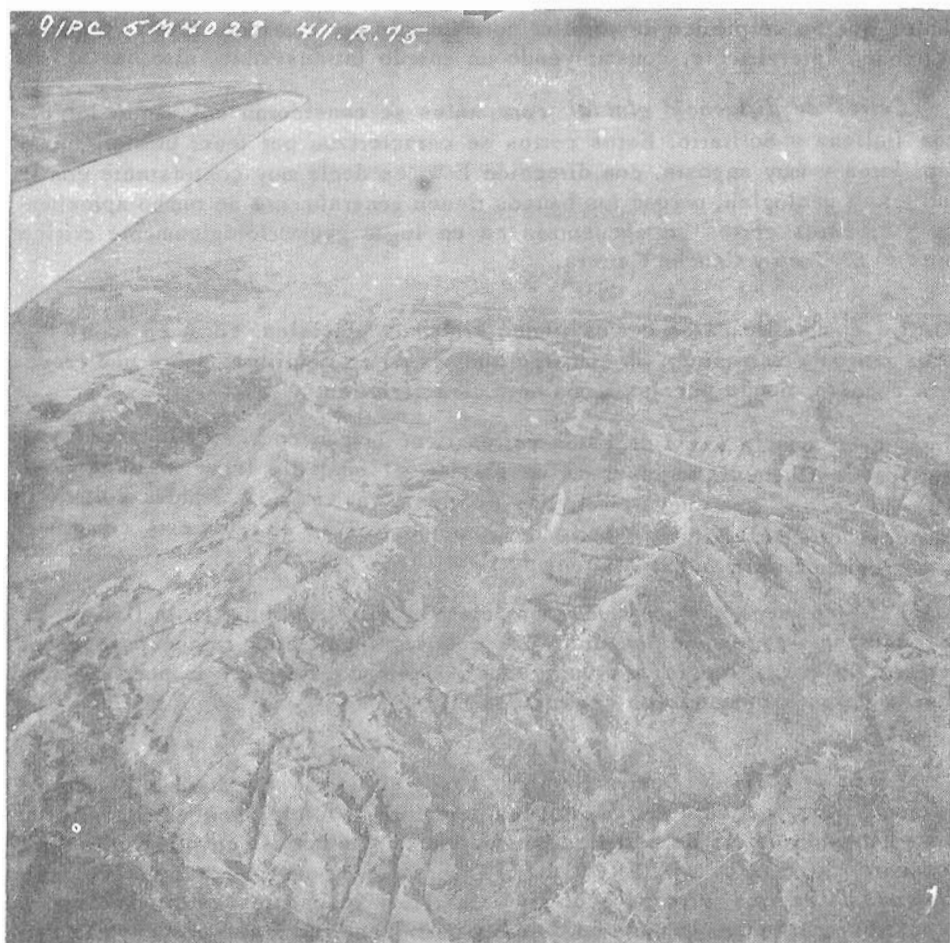


Fig. 6.

cual la erosión actúa drásticamente. La parte alta de estos cerros está constituida por unos centenares de mts de espesor de un conglomerado (Formación Lago Sofia), muy cementado y que genéticamente representa un wildflysch; su cemento es arcilloso-limoso.

Las paredes de estos conglomerados son prácticamente verticales, así que de lejos aparentan llamativas cornisas morfológicas, dando al paisaje una hermosura extraordinaria. Por efecto de la difisión (dilatación diferencial por cambio brusco de temperatura entre el día y los primeros rayos solares) se produce un desprendimiento de rodados, bastante peligroso. La actitud estructural es sub-horizontal, con excepción de los cerros al S del Lago Sofia, donde se pierde paulatinamente la característica tabular, debido al cierre del anticlinal.

La Cueva del Milodon, y otra sin nombre, están escurbadas exactamente en el contacto conglomerado-flysch. La Piedra del Diablo, en esta misma area, es más bién un cerro-testigo.

En estos cerros tabulares la vegetación es sumamente desarrollada donde empiezan los escombros; en la fuerte pendiente hay mata negra y plantas similares; en el techo es muy desarrollado el "aparragado", es decir varios tipos de

robles que no se pueden desarrollar normalmente por el viento fuerte, y que se extienden lateralmente, constituyendo un enredo intransitable, alto hasta 3 m.

*Cerros de difluencia glacial:* como tales se consideran solamente los cerros Ballena y Solitario. Estos cerros se caracterizan por tener una cresta, o filo, larga y muy angosta, con dirección E-W, es decir muy contrastante con la estructura geológica, porque los bancos tienen generalmente un rumbo aproximado N-S; estos cerros se encuentran en un lugar geomorfológicamente crítico entre el C<sup>o</sup> Toro y Cancha Carrera.

La cumbre de estos cerros tiene erráticos glaciales, como en todos los otros cerros y serranías; sin embargo aquí están en equilibrio sobre una cresta muy angosta, dando al paisaje una nota característica.

Parece que la forma de estos cerros tiene origen en una difluencia (oposición de confluencia) terminal de un glaciar, el cual dió lugar al Lago Toro, limitado por las más nuevas morrenas frontales, tal vez no debidas a ulteriores avances del glaciar, sino a períodos estacionarios en el retroceso, como para otras regiones afirma el Dr. Marangunic.

Este fenómeno aparece mucho más claro en el C<sup>o</sup> Ballena: en la llanura, de la cual estos cerros se levantan, los depósitos glaciales tienen un espesor notable, lo que favoreció un drenaje muy complicado, debido a la poca coherencia de estos sedimentos no cementados (fig. 5).

Hacia el NNE de Puerto Natales, hasta el Estero Eberhard y los cerros Benitez, Gruta y Piedra del Diablo, los depósitos glaciales son muy desarrollados; han sido objeto de estudios por Moreno y Caldenius, cuyos resultados se encuentran resumidos en FERUGLIO (1950); así que aquí se puso en evidencia un sistema de tres terrazas acuo-glaciales, con sedimentos estratificados y depósitos morrénicos que fueron dejados por el antiguo lago que ocupa la porción baja de esta región, como producto de los glaciares y antes de la ingresión marina; el drenaje de este lago era hacia el Atlántico, y después de la última glaciación se invirtió hacia el Pacífico.

Todo hace pensar que estos lagos antiguos y actuales tienen origen glacial; faltan indicios geológicos como para sospechar que puedan tener un origen tectónico, como hace tiempo opinó HAUTCHER (1900).

La última ingresión marina esta todavía en acto; sabemos que los mares comunicantes subieron 30 cms. en el último siglo; es el efecto eustático de una deglaciación exponencial. Sin embargo, en estos fiordos la ingresión tiene un valor mayor.

En la parte interna de estos fiordos muy frecuentemente se encuentra la última morrena frontal a 2 m bajo el nivel del mar. El presente autor observó un curioso fenómeno en noviembre de 1951 en el Seno Ultima Esperanza, muy poco adentro y en la costa occidental: una morrena se presentaba a 2 m bajo el nivel del agua y a 300 m aproximadamente de la costa. En esta morrena tenía sus raíces un roble, todavía verde (Punta Arbol), metido en aguas salobres por el gran aporte de las aguas de los ríos.

Esto quiere decir que la ingresión marina aquí no es solamente debida a fenómenos eustáticos, si no también a fenómenos tectónicos, porque si fueran fenómenos isostáticos puros, teóricos, la pérdida de peso por el derritimiento de

los hielos tendría que provocar un movimiento vertical ascendente, que tendría que ser sumado algebraicamente al valor del movimiento eustático.

Fallas muy recientes con pared conservada y salto de unos pocos metros se han reconocido en la región; son normales y el bloque W baja. Una de estas fallas puede haber dado lugar a manantiales de aguas calientes o tibias, produciendo el travertino más austral que el presente autor ha podido reconocer. Se puede observar en el camino poco hacia el N del Puesto El Chingue, a 2 kms hacia el N del cruce que lleva a Laguna Amarga.

Por otro lado, el retiro de los hielos es tan rápido, que los moradores de la Estancia Bitch, cerca del Lago Grey recuerdan haber visto, en su juventud, el frente del ventisquero Grey a unos 30 m más abajo. Desde febrero de 1952, visitando este ventisquero con el Prof. H. Fuenzalida, y el año 1956 el mismo ventisquero tiene que haberse retirado alrededor de un metro y medio.

## 6. CONCLUSIONES

Las formas de los cerros están ligadas al clima y a la constitución geológica; muy raras veces a las fallas, como en el caso de la ladera occidental del C<sup>o</sup> Solitario.

Los fuerte vientos, las lluvias abundantes precedente del W, incrementan la erosión y al mismo tiempo el desarrollo de los bosques, donde la erosión no es excesiva.

Las cuestas del bloque oriental son las más expuestas a la intemperización y a la erosión acelerada del barranco occidental, especialmente si esta constituido por arcilla, a pesar de tener una capa protectora de arenisca compacta.

Los cerros aislados masivos están ligados a fenómenos erosivos glaciales y fluviales en lo que se refiere a su aislamiento; en lo que se refiere a su forma, están exclusivamente ligados a la constitución geológica. Las areniscas del techo son molásicas y bastante permeables; por lo tanto representan reservorios de agua que luego filtra lentamente en las arcillas subyacentes diaclasadas, produciendo suelo y bosque, así como la forma llena de las laderas.

Inversamente, los cerros tabulares, tienen paredes verticales en los conglomerados, y pendiente fuerte sin vegetación en las laderas. Tienen el mismo clima de los anteriores; la forma tan distinta es debida exclusivamente al hecho de que los conglomerados del techo son totalmente impermeables; no pueden almacenar agua, la cual corre por la ladera erosionando el flysch, también totalmente impermeable y de facil fracturación. Las estalagtitas (las pocas restantes) de la Cueva del Milodon, son un fenómeno del pasado, debido a una permeabilidad secundaria de los conglomerados, afectados localmente por fracturas de tensión, en el cierre S del anticlinal (CECIONI, 1954; 1957).

Los cerros de difluencia glacial están ligados exclusivamente a la difluencia en su parte terminal de uno (o más) glaciares.

En lo que se refiere al drenaje fluvial, se observó que en general es de tipo maduro; a pesar de esto, cerca de la desembocadura, presentan un trecho

que indica rejuvenecimiento, tanto los que desembocan en el Lago Toro, como los que desembocan en el Seno Ultima Esperanza, como el Río Serrano que conecta el Lago Toro con el seno recién nombrado.

Este rejuvenecimiento no es debido a una reciente baja del nivel de base; inversamente, este nivel está subiendo. Por lo tanto hay que recurrir al isostatismo.

No podemos aceptar un isostatismo clasico-teórico, que responde al principio arquimediano; esto tiene que haberse verificado (y tal vez se verifica hoy) con un valor ascendente inferior al valor eustático actual, incapaz entonces de reactivar la acción erosiva de los trechos terminales de los ríos mencionados y otros.

Tenemos que volver al fenómeno isostático acompañado por los fenómenos elásticos del comportamiento de la corteza terrestre en relación al Canal de Gutemberg (o discontinuidad de los 20 °, o Canal de Baja Velocidad), demostrado por Hugo Benioff, alumno de Gutemberg, con los datos proporcionados por el terremoto de Chile del 22 de mayo de 1960 (FRASER, 1964).

Ya hemos visto la presencia teórica de dos canaletas; hemos visto la presencia real de una de éstas en los salares de la Puna de Antofagasta; se trata de estructuras muy pequeñas y limitadas, que los geólogos pueden detectar, y que por el momento la geofísica no puede poner en evidencia.

Si la corteza terrestre fuera perfectamente elástica en todos lugares y en todos los tiempos, no tendría que presentar fracturas; como presenta fracturas en algunas partes, quiere decir que actúa también como un cuerpo rígido.

La opinión del presente autor es que posiblemente en algunas regiones hay que modificar el modelo Högbom-von Post, y considerar, a veces, las canaletas de histéresis elástica no como una deformación continua, sino como un conjunto de pliegues de corte.

Las fallas normales, producidas por solevantamiento diferencial, tienen que ser muy pequeñas, posiblemente hoy en día activas. Sin embargo, las isolíneas de energía liberada por los sismos, la distribución espacial de los valores "b", las curvas estructurales de la superficie de asociación de los sismos, la distribución de los hipocentros, etc. (GALLARDO, 1973, 1977) no presentan relaciones con los salares.

Con la propuesta modificación, en el bloque oriental de Ultima Esperanza tendríamos las cuestas con morfología ligada a fenómenos isostáticos, así como las numerosas y altas terrazas a lo largo de la costa atlántica de la Patagonia; sin embargo, en el bloque occidental, tenemos que considerar las pequeñas fallas normales que pueden haber producido un rejuvenecimiento (a pesar de la continua ingresión marina) de los ríos y la inclinación hacia el W de las terrazas marinas.

Considerando lo anterior, presentamos una modificación al esquema teórico, aplicando, cuando existan datos favorables, el concepto de pliegue de corte a la canaleta, descartando su origen como debida solamente a una deformación continua, según el esquema aquí dibujado, contando con la colaboración de los colegas que, con mayores datos de terreno, apoyen, modifiquen o rechacen esta hipótesis de trabajo (fig. 7).





Fig. 7

### 7. AGRADECIMIENTO

El autor tuvo discusiones constructivas con el colega Dr. C. Marangunic, las que publicamente agradece.

### 8. BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, B.G., 1965. *The Quaternary of Norway*. In RANKAMA, K., 1965.
- AUER, V., V., 1948. *Las capas volcánicas como nuevo método de cronología post-glacial en Fuegotpatagonia*. "Gea", R. As. Arg. de Estud. Geogr.
- AUER, v., V., 1956. *The Pleistocene of Fuego-Patagonia*. P. I, Ann. Acad. Sc. Fennicae, Ser. A, III, Geol. Geogr., 45, Helsinki.
- ARTYSHKOV, E. V. & Yu. A. MESCHERIKOF, 1969. *Recent Movements of the Earth's Crust and Isostatic Compensation*. in: *The Earth's Crust and Upper Mantle*, Pembroke, J. H., Edit. Am. Geophys. Union., Washington.
- CECIONI, G., 1954. *Geología de superficie del Departamento Ultima Esperanza entre el Cº Cazador y Puerto Natales*. Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) inform. inédito.
- CECIONI, G., 1955. *Pseudoestratificación y pliegues de arrastre en un depósito cuaternario de la Patagonia*. "Minerales", R. Ing. de Minas. (50): 17-19.
- CECIONI, G., 1957a. *I terrazzi marini della Patagonia Cilena*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Ser. A, 64: 33-39.
- CECIONI, G., 1957b. *Cretaceous flysch and molasse in Departamento Ultima Esperanza, Magallanes Province, Chile*. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull. 41 (3) :538-564.
- CECIONI, G., 1970. *Esquema de Paleografía Chilena*. Edit. Univ. Santiago.
- DONNER, J. J., 1965. *The Quaternary of Finland*. In: RANKAMA, K., 1965.
- FRASER R., 1966. *Understanding the Earth*. Pelican Book Ltd. Harmondsworth. Middlesex. England.
- FERUGLIO, E., 1950. *Descripción geológica de la Patagonia*. Y.P.F. edit. Buenos Aires. 3.
- GALLARDO, C., 1973. *Estudio sobre la relación sismicidad-tectónica de la parte sur de Sudamérica entre los meridianos 65º y 77º Long. Oeste*. Mem. de Grado, Depto. de Geol. Univ. de Chile (inedito).

- GALLARDO, C., 1977. *Relaciones entre parámetros sísmicos y la zona de Benioff en los Andes Meridionales*. Mem. Primer Congr. Ibero-Latino Americano de Geofísica, Caracas.
- HAUTCHER, J. E., 1900. *The lakes system of Southern Patagonia*. Bull. Geogr. Soc. of Philadelphia 3:
- HAUTHAL, R., et al., 1907. *Die obere Kreide Südpatagonien und ihre Fauna*. Ber. Naturf. Gesellsch., Freiburg i Br. 15. :75-248.
- HEUSSER, C., 1966. *Polar hemispheric correlation: palynological evidence from Chile and the pacific N-W of America*. In: Proceeding of the Intern. Symp. on World Climate 8.000 to O.B.C. Royal Meteorological Soc. : 141-194.
- LUNDQUIST, J., 1965. *The Quaternary of Sweden*. in: Rankama, K., 1965.
- MARANGUNIC, C., 1971. *Sistemas de fracturas en los canales patagónicos y posible relación con la mesodorsal de Chile Occidental*. Publ. n° 104, Depto. de Géofísica y Geodesia, Univ. de Chile. Santiago.
- MARANGUNIC, C., 1973. *Los depositos glaciales de la Pampa Patagónica*. R. Geogr. de Chile "Terra Australis". (22-23) : 5-11,
- MERCER, J., 1970. *Variations of some patagonian glaciares since the Late-Glacial*. II,, Amer. J. Sci. 269. : 1- 25.
- PASKOFF, R., 1977. *Quaternary of Chile. The State of Reserch*. Quaternary Research. 8. : 2-31.
- RANKAMA, K., 1965. *The Quaternary*. Vol. I. The Geologic System: Denmark, Sweden, Finland. Interscience Publ., J. Wiley & Sons Inc. N.Y.
- ROVERETO, G., 1923. *Trattato di Geologia Morfologica*. Edit. U. Hoeply.
- TRITLENDEN, M., 1963. *Viscosity of the Earth*. J. Geophys. Res. 68: 5517-5530.
- VILA, G. T., 1974. *Geología y geoquímica de los salares andinos, provincia de Antofagasta, Chile* Mem. de Grado, Depto. de Geol. Univ. de Chile. (inedito).
- WEISCHET, W., 1957. *Ultima Esperanza*. Die Erde. 88. (2) : 128-138.