

RODADOS MULTICOLORES: SU DISTRIBUCION Y CARACTERISTICAS EN EL SUR DE CHILE

ARTURO HAUSER Y.

Servicio Nacional de Geología y Minería. Casilla 10465. Santiago, Chile.

RESUMEN

Se describen aquí, bajo el nombre de Rodados Multicolores, depósitos de conglomerados oligomícticos, fuertemente alterados, formados principalmente por andesitas y basaltos. Esta unidad se distribuye ampliamente en la zona sur de Chile, entre el río Maule y la porción media de la isla de Chiloé, originando unidades de relieve características y persistentes.

La secuencia, de probable edad pliocena-pleistocena, está muy bien representada en el valle del río Muco, al oriente de Lautaro, donde alcanza una potencia cercana a los 100 m. Las relaciones de base y techo no son bien conocidas.

Los rodados, cuyo tamaño promedio varía entre 10 y 15 cm de diámetro, se disponen en bancos macizos, pobremente estratificados, con abundantes intercalaciones lenticulares de areniscas y gravas. El conjunto posee colores variados, que se atribuyen a la acentuada meteorización. Esta podría atribuirse a transporte y deposición en cuencas con deficiente drenaje externo, donde los detritos habrían permanecido por largo tiempo en condiciones de saturación, o cercanas a ella.

La génesis de la unidad estaría relacionada con procesos de transporte y deposición de naturaleza fluvio-torrencial, con significativos aportes volcánicos. Los procesos señalados se habrían producido en respuesta a importantes modificaciones climáticas y tectónicas, propias de la evolución andina, en la zona central y sur de Chile, durante el Cenozoico superior.

ABSTRACT

Multicoloured boulders, oligomictic conglomeradic deposits, highly weathered and formed mainly of andesites and basalts. This unit which has a great areal distribution in southern Chile, between the Maule river and the middle portion of Chiloé island, developing characteristic and persistent land forms, is here described.

The sequence, of probable plio-pleistocene age, is very well represented in the valley of Muco river, west of Lautaro, where it reaches an approximate thickness of 100 m. Base and top relations are not well known.

The boulders, with mean diameters of 10-15 cm, show massive layers poorly stratified, with frequent lenticular sand and gravel interbeddings. The whole unit presents varied colours due to strong weathering. This could be attributed to transportation and deposition in basins subjected to restricted external drainage, where the detritus underwent long-time saturation conditions, or near so.

The genesis of the unit is supposed to be connected with transportation and deposition in relation with high-energy fluvial actions, including significant volcanic contributions. They were related with important climatic and tectonic modifications, characteristic of the Andean evolution in Central and Southern Chile, during the Upper Cenozoic.

INTRODUCCION

El autor, con motivo de diversos estudios, ha tenido la oportunidad de recorrer, en los últimos 18 años, extensas regiones del sur del país, comprendidas entre las Regiones VII y X. Como con-

secuencia de ello, ha reconocido numerosas localidades en las que afloran depósitos, principalmente sedimentarios, formados por rodados muy alterados y de tonalidades variadas. Estos depósitos

constituyen una unidad litoestratigráfica, de amplia distribución en el país, denominada "Rodados Multicolores" y de probable edad plioceno-pleistocena.

El término fue aplicado por primera vez por Hauser (1970), en relación con un estudio geológico regional en la IX Región.

Los Rodados Multicolores conforman unidades de relieve característico y persistente, que se reconocen en las primeras estribaciones preandinas (Frente a Linares y Lautaro), en extensas planicies del Valle Central (zona de Mulchén, Collipulli, Vic-

toria, Temuco, Cholchol, Traiguén), en el flanco oriental de la Cordillera de la Costa (sector de Catamutún) y en los relieves costeros (Punta Estaquilla, frente a Los Muermos y zona de Fuerte San Antonio, al norte de Ancud).

Los antecedentes que se entregan se han obtenido en observaciones de terreno, que no incluyen estudios geológicos detallados. Pese a esta limitación, se da a conocer una visión general de esta relevante unidad, con énfasis en sus características litológicas, depositacionales, estratigráficas y posible génesis.

DISTRIBUCION DE LA UNIDAD

Aparece restringida al sector comprendido entre el río Maule, por el norte, y la porción media de la isla de Chiloé, por el sur (Fig. 1).

La información disponible permite señalar que los Rodados Multicolores tienden a ocupar, gradualmente, la totalidad del valle central, adosándose al flanco oriental de la Cordillera de la Costa (frente a Puerto Varas y Tegalda, en la X Región) y aflorando, también, en la zona litoral (Punta Estaquilla, 70 km al oeste de Puerto Varas, en la localidad 9; Fig. 1).

Para una mejor caracterización de los depósitos, se han seleccionado algunas localidades típicas. Las mejores corresponden a cortes excavados para la construcción de caminos o vías férreas, que dan lugar a secciones de 10-12 m de espesor, desprovistas de vegetación en los taludes. La ubicación geográfica de dichos cortes, se enumera de norte a sur (Fig. 1):

VII Región

1. Camino de bajada al río Achibueno, que conduce a la localidad de Pejerrey; 17 km al sureste de Linares; sector Alto El Nabo.

VIII Región

2. Carretera Panamericana, frente al acceso a Mulchén.
3. Vía férrea, entre las estaciones de Lolenco y Mininco.

IX Región

4. Carretera Panamericana, al norte del acceso a Pailahueque.
5. En torno al puente sobre el río Muco, en la llamada "Calle del Medio", del camino Lautaro-Cherchenco, aproximadamente 25 km al este de Lautaro.
6. Flanco norte del valle del río Codihue; 11 km al sureste de San Patricio.
7. Camino de Galvarino a Traiguén; 5 km al norte de Galvarino.

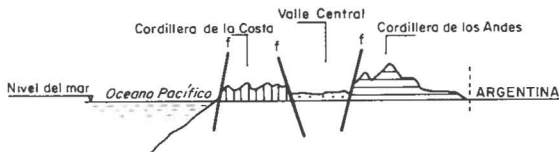
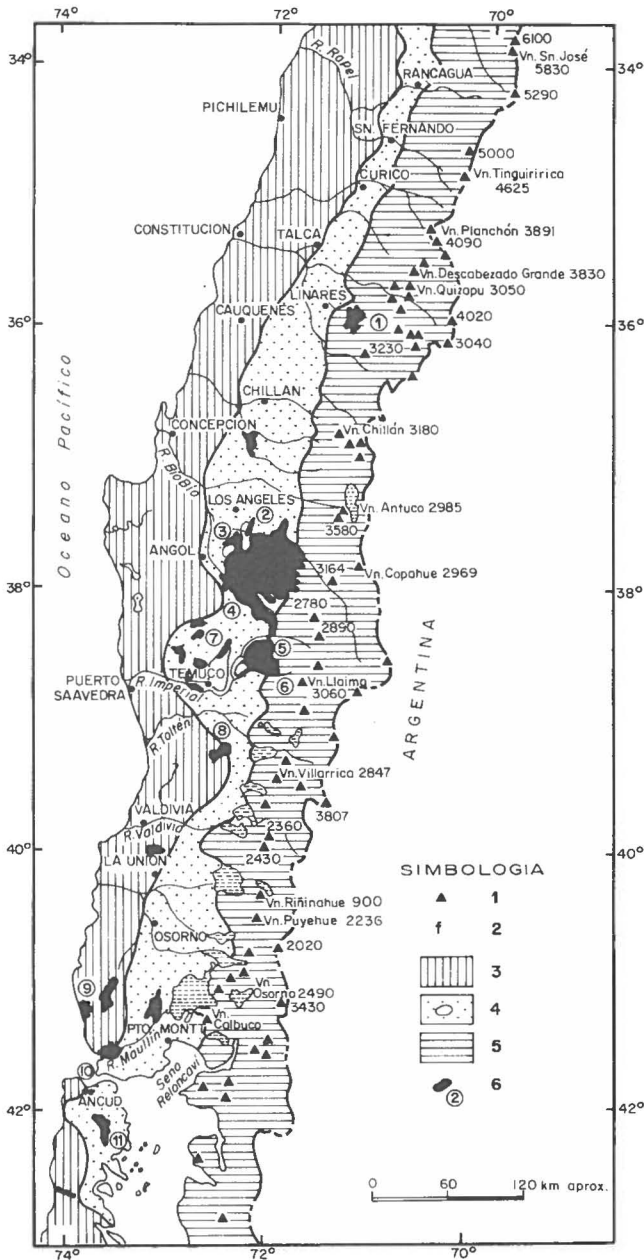
X Región

8. Extremo sur del camino de alternativa a la cuesta Lastarria, entre Loncoche y Gorbea.
9. Punta Estaquilla; 70 km al oeste de Puerto Varas.
10. Norte de Fuerte San Antonio, en torno a la ciudad de Ancud, Chiloé.
11. Carretera Panamericana, en el sector de Puntra, entre Ancud y Castro.

MARCO GEOMORFOLOGICO

La zona de estudio muestra la distribución tripartita típica de Chile Central.

- La Cordillera de la Costa, integrada por rocas metamórficas del llamado Basamento Metamórfico, de edad paleozoica superior-mesozoica inferior (Aguirre *et al.*, 1972).
- La Cordillera de los Andes, en la que predominan rocas volcánicas de edad plio-pleistocena (González-Ferrán y Vergara, 1962), asociadas a los numerosos centros eruptivos allí existentes.
- El Valle Central, constituido por relleno sedimentario, en su mayor parte de edad cuaternaria.



Los depósitos del Valle Central tienen espesores considerables. Así, en la zona de Chillán alcanzarían a 1.100 m (Draguicevic, 1970); en cambio, en un pozo exploratorio de ENAP, cerca de Puerto Montt, se comprobó un espesor cercano a los 1.000 m (García, 1968). El gran espesor de relleno

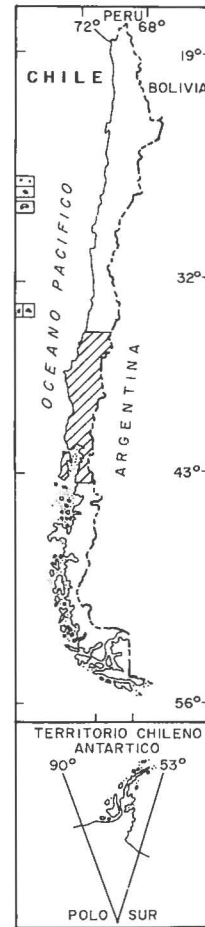


FIG. 1. Mapa de ubicación de las principales localidades con Rodados Multicolores (Localidades 1-11); se señala su distribución en achurado del recuadro derecho: 1. Volcán; 2. Falla regional; 3. Cordillera de la Costa; 4. Valle Central incluyendo intrusivos; 5. Cordillera de los Andes; 6. Distribución de Rodados Multicolores con indicación de localidades.

sedimentario apoya la hipótesis, largamente sustentada, que el Valle Central es de tipo graben (Fig. 2), asociado a hundimientos entre fallas de gran magnitud y rumbo preferencial N-S.

Las unidades geomorfológicas distinguidas no tienen un desarrollo continuo y regular, debido a la presencia de cordones montañosos transversales. Los más significativos corresponden a algunos cerros bajos, en las cercanías de Collipulli y Temuco, y macizos montañosos, en la zona de Loncoche (cuesta de Lastarria).

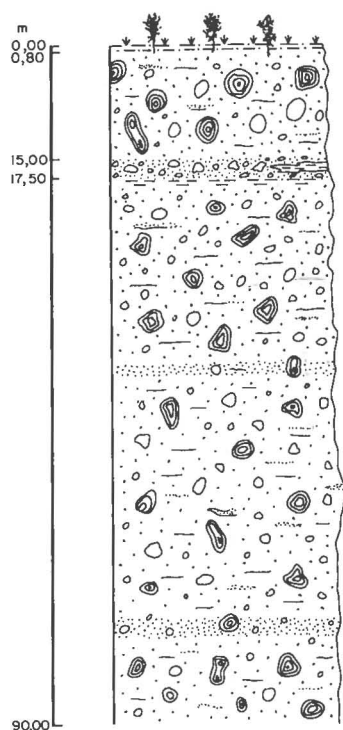


FIG. 2. Sección columnar de la unidad Rodados Multicolores, en la localidad 5 (Río Muco).

En la región de los grandes lagos sureños (Villarrica a Llanquihue), el Valle Central está afectado por el modelado glacial, compuesto por serranías onduladas y bajas. Los grandes ríos (Toltén, Calle-Calle, Bueno y Maullín), que se originan en la ribera occidental de los lagos mayores, desarrollan cursos sinuosos a lo largo de amplios valles, con cauces labrados, en su mayoría, en materiales cuaternarios. Sus descargas al Océano Pacífico se materializan, principalmente, a través de cursos profundos, excavados en rocas metamórficas de la Cordillera de la Costa.

Los depósitos de Rodados Multicolores dan lugar a un extenso piedemonte, cuya parte superior o ápice se adosa a las primeras estribaciones preandinas y se extiende, gradualmente, hacia el Valle Central. Sólo en algunas localidades se hacen pre-

sentes en el flanco oriental de la Cordillera de la Costa, aunque en forma fragmentaria.

El paisaje descrito aparece bien desarrollado entre el río Maule, por el norte, y el lago Villarrica, por el sur.

La distribución areal de los Rodados Multicolores se puede apreciar, satisfactoriamente, a partir de los "modelos geomorfológicos" proporcionados por las imágenes de satélite.

El modelado de la región muestra la participación preferencial de ríos que, al nacer en la Alta Cordillera, generan valles amplios, con escasa diferencia de relieve entre sus cauces y los terrenos interfluviales adyacentes. Estos ambientes son propicios para la formación de extensos conos de piedemonte.

En la zona de los grandes lagos del sur, en cambio, los depósitos de Rodados Multicolores, no adquieren la forma de amplios conos, sino que se disponen fragmentariamente. Aparecen mezclados con materiales re TRABAJADOS, asociados a procesos erosivos de origen glacial. Sólo las secuencias ubicadas en una situación topográficamente favorable, permanecen intactas, defendidas de los efectos erosivos.

Los grandes lagos de la región deben su origen, en parte, al represamiento por cordones morrénicos, en sus riberas occidentales. Allí, las morrenas terminales alcanzan su máximo desarrollo. A partir de éstas y hacia el oeste, se desarrollan, localmente, algunos abanicos de transición ("outwash cones") que suelen englobar materiales redepositados con Rodados Multicolores.

Frente a la región de los grandes lagos, la Cordillera de los Andes se mantiene relativamente abrupta, jalonada de centros volcánicos activos, distanciados entre 30 y 60 km, unos de otros.

En el área comprendida entre el río Maule y la región de los grandes lagos, la cobertura superficial está integrada, en su mayor parte, por suelos limo-arcillosos, conocidos como "trumao". Estos se asocian, genéticamente, con cenizas aerotransportadas y alteradas *in situ*.

ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y ESTRATIGRAFICOS

Los Rodados Multicolores han sido descritos en la zona del Valle Central como pertenecientes a la Formación Morrena de la Montaña (Muñoz-Cristi, 1960). Este autor señaló la abundancia de clastos

basálticos en los depósitos, ligando su origen a procesos geológicos que se habrían iniciado a fines del Plioceno.

Weischert (1964) reconoció, en la Región de los

Lagos, una serie de depósitos de morrena, en virtud de una diferenciación de facies: Morrena Contaco o psamítica, Morrena de Rahue o de guijarros, etc. Al caracterizar, en un sector, la Morrena de Contaco, señaló: “. . . la gran masa del depósito consiste en rodados de varios colores de origen petrográfico volcánico o plutónico, pero fuertemente intemperizado ...”

Illies (1970) describió como derrubios, los depósitos afines a los Rodados Multicolores, que rellenan las cuencas de San José, Valdivia y Catamutún, en la provincia de Valdivia. Los definió como una “masa basal de color rojo llamativo de oxidación, arenosa y limosa, con clastos fuertemente meteorizados con tamaño medio de 5-10 cm, mostrando notable redondez”. Los atribuyó, genéticamente, a morrenas antiguas.

Hauser (1970) proporcionó una síntesis de las características geológicas más importante de estos depósitos, en la zona comprendida por las hoyas hidrográficas de los ríos Toltén e Imperial. Junto con proponer la denominación de “Rodados Multicolores, les atribuyó un origen fluvio-torrencial.

Heusser y Flint (1977) estudiaron los depósitos de Rodados Multicolores ubicados inmediatamente al norte de Fuerte San Antonio de Ancud, asociándolos a acción glacial bajo el término “Fuerte San Antonio Drift”. Los definieron como “. . . it is represented by several exposures of till that include much material of Andean origin . . .” “clasts in the drift are mostly rotten many spalling successive shells, and about 30% have the consistency of soft cheese. Only about 10% appear moderately weathered . . .” Al referirse a la edad del “Fuerte San Antonio Drift”, señalaron: “. . . we reckoned in hundreds of thousands of years for two reasons: 1) The drift is thoroughly weathered throughout a maximum thickness of 8 m; and 2) It antedates extensive dissection of northern Isla Chiloé which created a relief apparently amounting to ten's of meters . . .”

Skarmeta (1974) reconoció por primera vez en la provincia de Aisén la presencia de los “Rodados Patagónicos”, los que aparecen cubriendo la Meseta Boscosa, junto a la meseta sin nombre ubicada al oeste de la mina Ñirehuao, entre otras. Estos depósitos no presentan planos de estratificación y están desprovistos de matriz arenosa. Los clastos corresponden, principalmente, a rocas volcánicas (70-80% de tobas, riolitas, brechas y andesitas), plutónicas (20-25% de granitos y granodioritas) y

metamórficas (0-5% de filitas y cuarcitas). El tamaño de los clastos varía entre 3 y 15 cm de diámetro; generalmente presentan contornos redondeados a bien redondeados. Este autor señaló la importancia de efectuar estudios detallados de los rodados, tendientes a conocer su origen, lo que permitiría interpretar adecuadamente la paleogeografía del Terciario superior y Cuaternario inferior de la zona.

Gajardo (1981) incluyó en la Formación La Montaña (Muñoz-Cristi, 1960) un conjunto de sedimentos, principalmente glaciales y glacio-lacustres, que conforman una serranía baja de lomajes redondeados, distribuida desde la región de Talca al sur. Le asignó, sin abundar en detalles estratigráficos o relaciones de contacto, una edad cuaternaria, siguiendo el criterio de Muñoz-Cristi (1960). Litológicamente, la unidad englobaría una secuencia sedimentaria de origen eminentemente morrénico, con escasa compactación, formada por sedimentos arcillosos pardo-rojizos, que contienen, en forma caótica, fragmentos de rocas volcánicas, basálticas y graníticas, con distinto grado de redondeamiento, diferente grado de alteración y con tamaños variables entre 7 y 40 cm.

Porter (1981), en un estudio relacionado con las glaciaciones pleistocénicas en la zona sur del país, entre las latitudes 40° y 43°S, definió, bajo la denominación de “Caracol Drift”, una serie de depósitos que conforman cordones morrénicos (“moraine belts”), separados en unidades mapeables, que recibieron el nombre de localidades geográficas: Caracol, Río Llico, Santa María y Llanquihue. El autor tuvo oportunidad de visitar en el verano de 1982, el lugar típico donde Porter (1981) definió la morrena más antigua, Caracol, que corresponde a un simple pozo de empréstito a un costado del camino V-610, exactamente 12 km al norte de Los Muermos, en la X Región. El presente autor estima que los materiales descritos como “Caracol Drift” presentan grandes afinidades con los Rodados Multicolores, descartando un origen glacial.

Valenzuela (1982) describió, en torno a la localidad de Maullín, “30 m de conglomerado en bancos de 2-5 m de espesor, con intercalaciones delgadas de areniscas volcánicas, tobáceas y rítmicas. El conjunto se presenta muy bien litificado, con rodados polimícticos, abigarrados, de formas subredondeadas y subangulosas, de 3-5 cm de diámetro . . .”. El autor los englobó en la Formación

Chuyaquén asignada, con dudas, al Plioceno. Materiales afines se reconocieron en los alrededores de Queñuir, 12 km al norte de Maullín.

Varela y Moreno (1982) y Moreno y Varela (1982) se refirieron a los depósitos de relleno del Valle Central de Chile, entre los ríos Lontué y Aillipén y describieron una serie de unidades litológicas, entre las que están incluidos los Rodados Multicolores. Las unidades distinguidas se basan en consideraciones principalmente geomorfológicas. La unidad más importante, por su similitud con los depósitos de Rodados Multicolores, corresponde a los "Depósitos Volcanoclásticos de Muco" de edad pliocena(?) -pleistocena. Los autores mencionados la definieron como "...agregados aglomerádicos gruesos, de regular selección, en parte brechosos, sueltos o moderadamente consolidados, compuestos en un 90% de rocas volcánicas andesítico-basálticas..." Esta descripción difiere de la caracterización general que se da a los Rodados Multicolores en el presente trabajo, especialmente en relación con la utilización del término "volcanoclástico", que incluye una amplia gama de materiales, litológicamente muy diferentes. Los autores citados reconocieron variaciones litológicas en los Depósitos Volcanoclásticos de Muco (= Rodados Multicolores), en afloramientos próximos a la región andina, donde exhiben una paulatina disminución en el grado de selección, redondeamiento y granulometría. Se habrían originado a través de

procesos aluviales hasta laháricos.

Varios autores argentinos como Feruglio (1949-1950) y Fidalgo y Riggi (1970), entre otros, describieron en la zona de Chubut, límite con la XI Región, a la latitud de Coihaique, la presencia de mantos continuos de rodados; en razón de su localización geográfica han recibido una serie de denominaciones, incluyendo la de Rodados Patagónicos (Roverato, 1912) y Patagonian Shingle Formation (Darwin, 1846).

González (1978) los asoció genéticamente, en la zona de Chubut, a desagregación a partir de conglomerados de la Formación Pedregoso, de edad terciaria superior. Este autor les asignó una edad pliocena superior-eocuaternaria.

Leanza y Leanza (1979), en un levantamiento geológico realizado en la provincia de Neuquén, a la latitud de la X Región, observaron que "...los rodados que componen la Formación Pampa Curacó (Pleistoceno Inferior) están compuestos preferentemente por rocas graníticas, neises, porfiritas, cuarzo y menor cantidad de basaltos y jaspe. Presentan superficies muy pulidas y formas generalmente elipsoidales, exhibiendo un buen grado de elaboración, pero los de mayor tamaño no superan los 25 cm de diámetro..." Esta descripción recuerda la de los Rodados Multicolores, aun aceptando la ausencia de las típicas estructuras de alteración.

CARACTERISTICAS LITOLOGICAS

La unidad de Rodados Multicolores presenta su mejor exposición en los alrededores del puente sobre el río Muco (Fig. 1, Loc. 5). Allí, la construcción del nuevo camino hacia el acceso oeste al puente, a lo largo de un tramo de unos 1.500 m, exigió la excavación de numerosos cortes altos (mayores de 10 m), que muestran una secuencia cercana a los 100 m de potencia.

El relieve en torno al puente corresponde a una superficie peneplanizada, con una altura media de 325-330 m s.n.m. El piso del río Muco, en cambio, se ubica en la cota de 235-238 m s.n.m.

Una columna litológica esquematizada, que comprende la totalidad de la secuencia expuesta, muestra desde arriba hacia abajo (Fig. 2):

- | | |
|---|----------------|
| - Suelo limo-arcilloso oscuro, tipo "trumao" macizo, suelto, pulverulento; en sectores suele englobar clastos subangulosos a subredondeados de rocas volcánicas de tipo andesita y basalto, densas, con escasa alteración. | 0,00 - 0,80 m |
| - Rodados Multicolores, formados por clastos redondeados a subredondeados, con diámetro máximo de 35 cm, en su totalidad de naturaleza volcánica (andesitas porfíricas y basaltos); englobados en una matriz escasa, limo-arcillosa; conjunto macizo, fuertemente alterado. | 0,80 - 15,00 m |
| - Conglomerado, constituido por clastos con diámetro medio de 1,0-2,0 cm, redondeados, petrográficamente muy heterogéneos; matriz limo-arcillosa, conjunto macizo carente de estructuras sedimentarias; contacto superior abrupto, horizontal. En sectores, en la zona de contacto, se dispone una delgada intercalación (10-15 cm) de paleosuelo o suelo enterrado, limo arcilloso, pardo oscuro, muy bien estructurado. | |

La secuencia descrita puede gradar a depósitos aglomerádicos y/o brechosos, cuyos clastos muestran un notable predominio de elementos volcánicos, englobados en matriz arenosa, localmente rica en material pumicítico. El conjunto se observa totalmente descompuesto, adquiriendo la consistencia propia de un suelo.

- Rodados Multicolores, cuyos clastos son subredondeados a redondeados, con diámetro máximo de 40-50 cm y predominio de elementos volcánicos eruptivos.

15,00 - 17,50 m

17,50 - 90,00 m

En la localidad del río Muco, la naturaleza de las exposiciones unida a las condiciones topográficas del lugar impiden establecer la relación de contacto infrayacente. Se estima que una potencia cercana a los 70 m es la representativa para la unidad de Rodados Multicolores. Estos corresponden, de acuerdo con Pettijohn (1958), a un conglomerado oligomítico, cuyos rasgos más distintivos son colores variados, buen redondeamiento, uniformidad petrográfica y alto grado de alteración de los clastos. Estas características están presentes en todas las localidades donde es posible reconocer la presencia normal de estos depósitos. El tamaño máximo de los clastos se acerca a los 30 cm (Foto 1) y el promedio varía entre 10 y 15 cm. Poseen una gran variedad de colores: amarillento, anaranjado, rojizo, azulado, negruzco, gris. El tamaño de los clastos se mantiene relativamente uniforme a través de grandes extensiones de terreno. Es típica, también, la fuerte alteración que afecta a los clastos, que adquieren una caracte-

rística consistencia terrosa y se tornan blandos y deleznales, alcanzando plasticidades altas, en condiciones de humedad apropiada. Aun cuando la alteración, que compromete por igual a clastos y matriz, se traduce en una total arcillización de los elementos constitutivos del clasto, todavía es posible identificar su forma, litología y textura originales.

La alteración, producida por mecanismos que más adelante se describirán, condiciona la formación de estructuras correspondientes a verdaderas capas concéntricas en torno del núcleo del clasto. Estas poseen espesores entre 3 y 4 mm, son esféricas y adquieren diversas tonalidades. Las capas, al ser desprendidas, ofrecen menor resistencia desde la periferia al núcleo (Foto 4).

Cuando el núcleo del rodado se conserva intacto, pese a los intensos efectos de la alteración esférica, es común observar un abrupto cambio entre la dureza del núcleo y la corteza blanda, y aún terrosa, correspondiente a las capas exteriores.



Foto 1. Depósito de Rodados Multicolores en corte de camino. Conjunto macizo con rodados fuertemente alterados y tamaño máximo de 35-40 cm. (Localidad 1).



Foto 2. Depósito de Rodados Multicolores con tamaño máximo de 45-50 cm, con leve imbricación, en matriz arenogredosa. Hacia la base se observan lentes con abundante material pumicítico. (Localidad 5).

En términos generales, se observa que las rocas afáníticas (basaltos) presentan capas o anillos de alteración más delgados, respecto de aquéllas reconocidas en rocas porfíricas (andesitas). Las capas, como se observa en las fotos 3 y 4, tienen espesores constantes.

Los rodados están compuestos, en general, por volcanitas (90%), granitoides (5%), sedimentitas y piroclastitas (5%).

La uniformidad petrográfica que presentan los Rodados Multicolores, con predominio de rocas volcánicas, permite localizar la fuente de suministro en los centros volcánicos de la región andina. La generación de los elementos detríticos, en dicha zona, puede haber sido favorecida tanto por la naturaleza petrográfica, como por la condición mecánica de las rocas allí predominantes.

La intensa alteración que afecta a los clastos de los Rodados Multicolores ha debido desarrollarse *in situ*; de lo contrario, las acciones mecánicas ligadas al transporte habrían provocado la destruc-

ción total de los clastos alterados y por tanto frágiles.

En un corte del camino que une Valdivia con la Unión, 11 km al norte del acceso a la mina de carbón Catamutún y conocido como Peña Blanca (180 m s.n.m.) aflora una secuencia de 5, 5-6, 0 m, compuesta principalmente por rodados de variados colores. Su granulometría, color, grado y estructuras de alteración, permiten correlacionarla con los depósitos de Rodados Multicolores. Difiere, sin embargo, por el contenido (10-15%) de clastos de micaesquistos, provenientes del Basamento Metamórfico. Los clastos, con tamaños máximos de 10-20 cm, englobados en la matriz arenosa del depósito, adquieren el aspecto de verdaderas lajas, producto de la fragmentación primaria de rocas provistas de fuerte foliación; en general, muestran notable alteración, tornándose individualmente muy blandas y deleznales, aun cuando conservan rasgos texturales originales. La presencia de estos clastos, evidentemente asociados a las rocas del Basamento Metamórfico, indicaría que, a nivel local, sectores de la actual Cordillera de la Costa, no habrían estado ajenos a los intensos procesos degradadores que, contemporáneamente en la zona andina crearon las condiciones propicias para generar el grueso de los Rodados Multicolores a nivel regional. Constituye éste el único sitio, conocido por el autor, en el que los Rodados Multicolores contienen clastos metamórficos, sin presentar indicios de redepositación.

Los rodados son, principalmente, esferoidales a semi-elipsoidales, con escasas formas aplanadas (10-15%); éstas, cuando se presentan, muestran imbricación. Los ejes mayores de los rodados aplanados adquieren orientaciones preferenciales N-S, con sus planos inclinados entre 35° y 45° al este (Foto 2).

Tales características de orientación o imbricación de los clastos podrían asociarse a procesos de origen fluvial y a conos de transición glaciaria (Pettijohn 1958).

Los rodados, en términos generales, adquieren contornos de desgaste por transporte prolongado. Pareciera no existir una relación evidente entre el tamaño de los granos o rodados del depósito y el grado de redondeamiento o esfericidad, aun cuando se observa una aparente tendencia al mayor redondeamiento en los elementos de menor tamaño.

Los depósitos de Rodados Multicolores contienen, frecuentemente, intercalaciones de materiales

de grano fino. Forman así, como en el caso de la sección basal en el río Muco, capas lenticulares de arena con pobre desarrollo y fuerte alteración y con características granulométricas similares a la matriz de los Rodados Multicolores. Las lentes no muestran contactos abruptos sino, más bien, graduacionales. Las estructuras de estratificación no aparecen bien marcadas, pero indican, mayorita-

riamente, actitudes subhorizontales de las capas.

Es importante destacar que en los Rodados Multicolores, es poco común encontrar estructuras sedimentarias propias de la acción glacial, como superposición de distintas capas en forma de lentes, nidos de bloques, estratificación caótica, figuras criogénicas, micropliegues asociados a empujes glaciogénicos o estructuras varvadas.

PROCESOS DE REDEPOSITACION

Los depósitos de Rodados Multicolores muestran frecuentes rasgos atribuidos a procesos de redepositación, en numerosas localidades. Se destacan algunos perfiles expuestos por cortes en la Carretera Panamericana, frente a Pailahueque, X Región (Fig. 1, Loc. 4). Uno de éstos (Foto 6) corresponde a un corte de aproximadamente 5,5 m de altura. Se ubica 500 m al norte del acceso al pueblo de Pailahueque. El perfil incluye, en su base, un depósito macizo de Rodados Multicolores, formado por clastos volcánicos muy bien redondeados, de 2-3 cm de diámetro, incluidos en una matriz limo-arcillosa. El conjunto está fuertemente alterado, aunque los clastos mayores suelen conservar sus rasgos texturales primarios. En los niveles intermedios, el perfil contiene un estrato de paleosuelo o "suelo enterrado" del tipo "trumao", que corresponde a un suelo limo-arcilloso, color pardo oscuro, suelto, pulverulento y muy bien estructurado hacia la parte superior. Estos suelos tendrían su origen en la alteración de cenizas volcánicas. La porción superior del corte incluye un banco macizo de 1,5-1,7 m de Rodados Multicolores. En la superficie de contacto basal, se observan irregularidades que se atribuyen a las típicas estructuras conocidas como corte y relleno "cut and fill".

En la cara del corte, correspondiente al banco superior, destacan abundantes clastos frescos de rocas eruptivas, subangulares a subredondeados, con diámetros de 8,0-10,0 cm, como promedio. Las estructuras de contacto y la presencia de clastos frescos, desprovistos de la típica alteración esferoidal de los Rodados Multicolores, permite de-

ducir procesos de redepositación. Así, por efectos del transporte, un alto porcentaje de los clastos originales habría experimentado remoción parcial de sus componentes periféricos. De modo que, parte de los clastos redepositados corresponderían, en realidad, a los núcleos o porción central de los rodados primitivos.

Situaciones similares se han observado a lo largo de la Carretera Panamericana, frente a Santa Clara, en la VIII Región, y en cortes del camino de acceso a Puerto Varas, en la X Región.

En un corte de la Carretera Panamericana, 10 km al sur de Victoria, afloran depósitos de Rodados Multicolores de 1,0 m de potencia, que se apoyan directamente sobre una secuencia interpretada como flujo lahárico. Este no presenta alteración, es macizo, caótico, muy denso y resistente, con aspecto fresco. Los Rodados Multicolores, en cambio, presentan un alto porcentaje de clastos alterados, con estructuras concéntricas blandas y terrosas. Poseen, además, abundantes clastos subangulosos, principalmente volcánicos, no alterados y resistentes. Estas características corresponderían, también, a procesos de redepositación.

El mecanismo de redepositación estaría ligado a erosión parcial de relieves preexistentes, formados por depósitos de rodados multicolores. Durante el transporte del material removido se habrían incorporado algunos clastos frescos.

La presencia de estos fenómenos hace difícil reconocer la real distribución de los Rodados Multicolores, apareciendo enmascaradas sus características típicas en muchas localidades.

EDAD DE LOS RODADOS MULTICOLORES

En cortes a ambos lados del camino de bajada a la localidad de Chol-Chol desde Temuco, los Ro-

dados Multicolores se apoyan, discordantemente, sobre lutitas y areniscas de la Formación Chol-



Foto 3. Detalle de granulometría, forma, composición y tipo de alteración en depósito de Rodados Multicolores (Localidad 5).

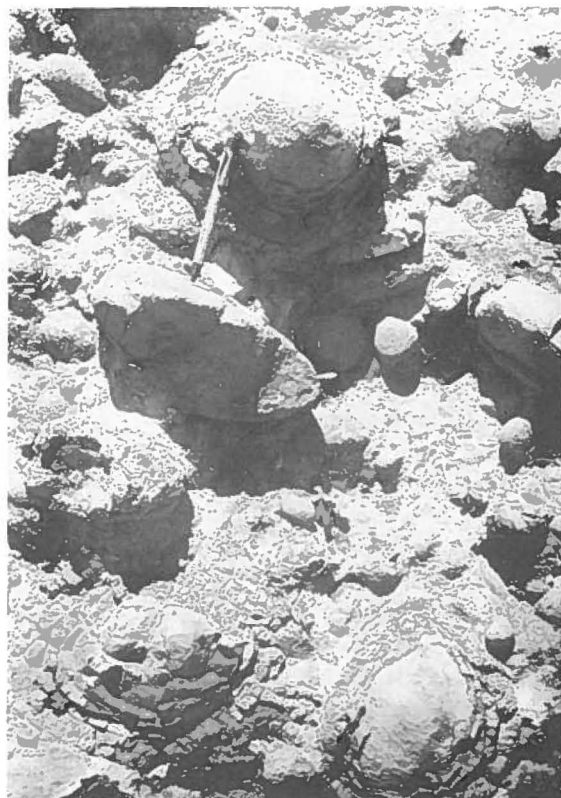


Foto 4. Detalle de típica descomposición esferoidal que afecta a los rodados (Localidad 7).

Chol (García, 1960). La Formación Chol-Chol fue descrita por García, en las inmediaciones del pueblo del mismo nombre y asignada al Mioceno, por su contenido microfaunístico. Martínez y Zúñiga (1976) propusieron una edad miocena media para esta unidad.

El contacto tiene superficies nítidas e irregulares, a distintas cotas; allí, las sedimentitas de la Formación Chol-Chol presentan alteración fuerte. Tanto las lutitas como las areniscas tienen colores muy llamativos, que difieren de su condición normal, con predominio del gris a gris-azulado. En general, las rocas están totalmente arcillizadas; sólo las areniscas conservan, en parte, algo de su estructura primaria. Los Rodados Multicolores, por su parte, dispuestos en forma de un manto de potencia muy variada (0,5-1,8 m), no muestran estructuras sedimentarias importantes; están fuertemente arcillizadas, son blandos y tienen aspecto terroso.

El autor tuvo oportunidad de establecer relaciones de contacto afines a los descritos en la zona de Punta Estaquilla, sector litoral ubicado 70 km al

oeste de Puerto Varas, en la X Región. En algunos acantilados costeros de este sector, afloran areniscas amarillentas, de probable origen marino, correlacionables con la Formación Huilma (García, 1968), que sobreyacen a rocas del Basamento Metamórfico. Esta secuencia está recubierta, discordantemente, por depósitos de Rodados Multicolores, con espesores variables entre 1,5 y 3,0 m.

En un banco de Rodados Multicolores, ubicado en las proximidades de Punta Estaquilla, a un costado del camino nuevo (sector de El Molino) se encontró un fragmento de madera fósil de 8 cm de diámetro y 15 cm de largo. Esta muestra fue entregada al Profesor C. Heusser de la Universidad de Nueva York, para su estudio. La datación de este material, aparentemente no retrabajado, constituirá un antecedente confiable en la obtención de la edad de los Rodados Multicolores.

Heusser (Junio de 1982, *in letteris*) informó acerca del estudio micropaleontológico de muestras recogidas en la localidad de Río Muco, en la IX Región, señalando: "pollen is very scarce in most of the samples. What I have found far are



Foto 5. Colada de lavas, recubriendo depósitos de Rodados Multicolores (Localidad 6).

coigüe (*Nothofagus*) and mañío (*Podocarpus*) pollen and nothing that appears to be Tertiary. So, it looks like these sediments are Pleistocene . . .”

Vergara y Munizaga (1974) dataron por el método K/Ar, en 760.000 ± 210.000 años una muestra de obsidiana, tomada en un punto que se ubica inmediatamente al norte de Fuerte San Antonio, próximo a Ancud. Allí, en el sendero de bajada al mar, los depósitos de Rodados Multicolores se apoyan sobre rocas volcánicas con estructura de almohadilla (“pillow lavas”). El resultado, aun cuando admite un error analítico cercano al 28%, constituye un antecedente valioso en el conocimiento de la edad de los Rodados Multicolores.

En un corte del flanco norte del valle del río Codihue, 11 km al sureste de San Patricio (Loc. 6), afloran depósitos de Rodados Multicolores a lo largo de unos 100-120 m y a una cota de 460 m s.n.m. Están cubiertos, discontinuamente (Foto 5), por una colada de lava, cuya potencia observable no sobrepasa los 1,5 m, la que sería parte de la Formación Cola de Zorro (Aguirre y Levi, 1964; Hauser, 1970). Estas rocas están emparentadas, genéticamente, con emisiones del volcán Llaima atribuidas al Plio-Pleistoceno. Vergara y Muñoz (1982) asignaron a la Formación Cola de Zorro una edad de 1-2 Ma (Plio-Pleistoceno), de acuerdo con

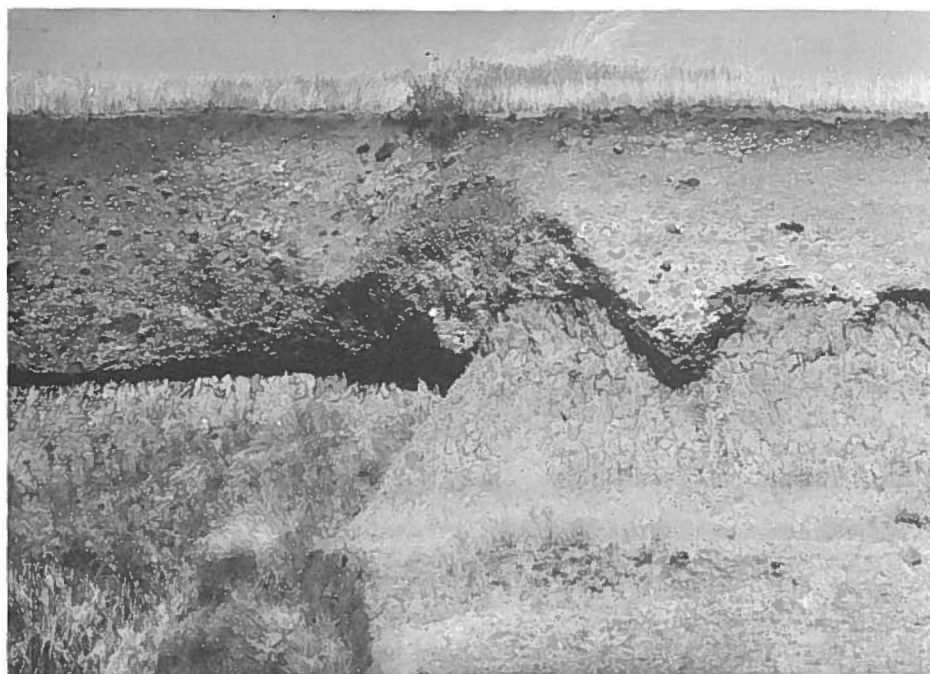


Foto 6. Típico corte con Rodados Multicolores redepositados sobre paleosuelo tipo “trumao” y depósito de Rodados Multicolores *in situ*. (Localidad 4.)

determinaciones K/Ar efectuadas por varios autores.

Una muestra de la colada de lava de la localidad de Codihue (Foto 6) (J. Muñoz, comun. escrita) fue analizada por el método K/Ar en el Laboratorio de Geocronología del SERNAGEOMIN. Microscópicamente, corresponde a una andesita basáltica, con textura microporfírica, fenocristales de plagioclasa, olivino y clinopiroxeno y masa fundamental hialopilitica a pilotaxítica; no presenta alteración. Desafortunadamente, no se comprobó en ella enriquecimiento en Ar^{40} radiogénico, estimándose, en forma tentativa, una edad menor que 1 Ma (Hervé. Informe de datación No. 83/8/83, inédito SERNAGEOMIN).

La ausencia de buenos afloramientos en el sector y la falta de continuidad de ellos, impide asegurar, rigurosamente, que las coladas de la Formación Cola de Zorro se apoyen sobre los depósitos de Rodados Multicolores, o que engranen entre sí, aunque es más probable que exista una relación de superposición.

Moreno y Varela (1982) señalaron que los Depósitos volcanoclásticos de Muco (Rodados Multicolores en el presente trabajo) . . . "engranan hacia el este con los estratos volcánicos de Hirrempe . . ." en el sector de Antaro, en el camino que une Lautaro con Curacautín. Estos estratos fue-

ron, a su vez, correlacionados con la Formación Cola de Zorro, por lo que se les asignó una edad plioceno(?) -pleistocena.

Naranjo y Paskoff (1981) describieron una potente secuencia de gravas de origen torrencial, que aflora en el norte de Chile y la asignaron a la Formación Calama, de edad miocena media a inferior. La formación contiene rodados polimícticos, parcialmente alterados, tipo piedemonte, asociados genéticamente al último gran solevantamiento de los Andes. Las características litológicas y morfológicas presentes en la Formación Calama permiten compararla con los depósitos de Rodados Multicolores del sur de Chile. Ambas secuencias responderían a procesos relacionados con la evolución tectónica y climática en dos sectores de los Andes, durante el Cenozoico superior.

Valenzuela (1982) incluyó en el término Formación Chuyaquén, una serie de depósitos similares a los Rodados Multicolores, asignándoles una posible edad pliocena.

En resumen, de acuerdo con los antecedentes disponibles, la edad de los Rodados Multicolores estaría comprendida entre el Terciario superior y el Cuaternario inferior (Plioceno-Pleistoceno). Su límite inferior puede fijarse como postmioceno y el superior, como preholoceno.

ESQUEMA DE EVOLUCION GEOLOGICA

La complejidad de los depósitos de Rodados Multicolores y la naturaleza fragmentaria de su conocimiento, sólo permiten esbozar una hipótesis acerca de los mecanismos generadores de los materiales, basada en los antecedentes que se resumen a continuación.

En general, los Rodados Multicolores tienen amplia distribución territorial y representan depósitos de gran volumen de material.

Se acepta que los principales factores que participan en la formación de estos depósitos tienen estrecha relación con procesos geodinámicos, ligados a intenso tectonismo y a rigurosas modificaciones climáticas. Las pendientes fuertes y fenómenos fluvio-aluviales asociados, habrían favorecido el transporte. La depositación habría tenido lugar sobre una superficie parcialmente peneplanizada, particularmente en el Valle Central.

El material volcánico original experimentó gran

desgaste debido al prolongado transporte desde el macizo cordillerano, originando depósitos en los que predominan los clastos bien redondeados.

La depositación se habría producido en forma episódica, a juzgar por las características litológicas de los materiales, que en algunos puntos difieren del marco general.

El margen preandino, en la zona de estudio, parece haber constituido una importante frontera entre dos provincias geomorfológicas: la Zona Andina y el Valle Central. El relieve de este último, aunque significativo, era en general bajo, con procesos geomorfológicos lentos y de poca magnitud, lo que condicionaba la preservación de los paleorelieves. En la Zona Andina, en cambio, los procesos geomorfológicos alcanzaban gran importancia, lo que no permitía que los paleorelieves perduraran por mucho tiempo.

El hecho que los depósitos de Rodados Multi-

colores aparezcan claramente distribuidos dentro de fronteras geográficas bien establecidas, con particular desarrollo hacia el sur de la latitud 35°S (Río Maule), alcanzando su máximo en las localidades de Mulchén, Collipulli, Victoria, Lautaro y Temuco, puede atribuirse a la presencia de importantes centros volcánicos (Chillán, Tolhuaca, Lonquimay, Llaima, Villarrica). Estos habrían alcanzado gran desarrollo ya en el Terciario superior (Fig. 1).

Gran parte de los relieves andinos actuales, en la zona de estudio, se han formado por la actividad de los centros eruptivos allí existentes e iniciada hace 2 Ma (Vergara y Muñoz). De modo que, a partir del Plioceno, la región andina tenía gran actividad eruptiva, la que se ha mantenido con intermitencias hasta nuestros días.

La existencia de macizos volcánicos de relieves abruptos, con rocas fragmentadas en superficie, bajo condiciones climáticas rigurosas, causan la acentuación de los procesos de meteorización y erosión, provocando la consiguiente liberación y mo-

vilización de volúmenes significativos de materiales fragmentarios.

Al norte de la latitud 35°S, en cambio, los centros volcánicos (Petroa, Planchón, Tinguiririca, Palomo, Maipo), se ubican gradualmente hacia el este, de modo que el margen occidental de los Andes está formado por rocas pertenecientes a una extensa secuencia volcanoclástica asignada al Cretácico Superior—Terciario inferior a medio (Fig. 3), desarrollando un relieve relativamente bajo. Así, las condiciones topográficas imperantes no habrían favorecido la remoción y movilización de grandes volúmenes de rocas volcánicas fragmentadas, como para formar depósitos clásticos de importancia en el Valle Central.

El notable predominio de los Rodados Multicolores al sur de la latitud 35°S, podría tener conexión con el distinto quimismo de las rocas volcánicas en esta región. Ramos *et al.* (1982) situaron el quiebre en la zona andina a la latitud del río Maule. Al norte de dicha zona, se observa un predominio de andesitas de hornblenda, mientras que,

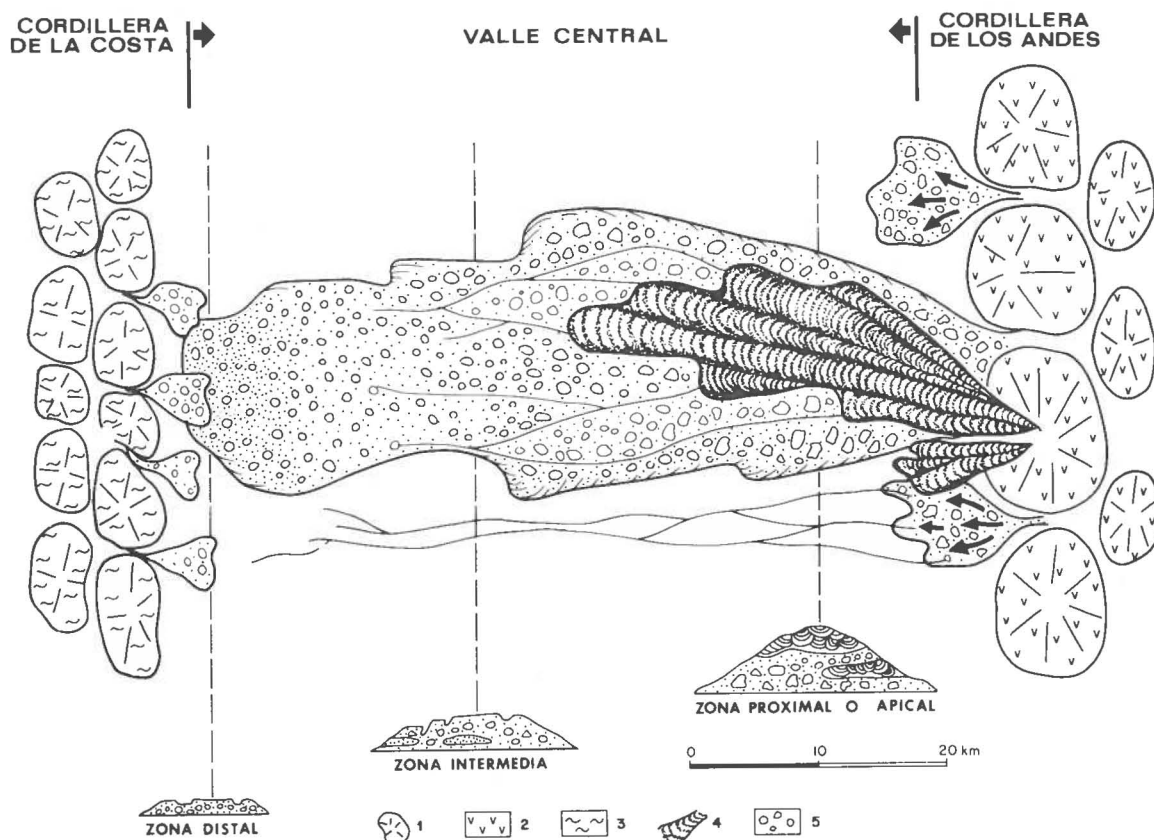


FIG. 3. Figura que esquematiza la hipótesis acerca del origen, mecanismo de transporte y ambiente de sedimentación de los Rodados Multicolores. 1. Zonas alzadas. 2. Rocas volcánicas, Cordillera de los Andes. 3. Rocas metamórficas de la Cordillera de la Costa. 4. Flujos superficiales de lava. 5. Rodados Multicolores.

hacia el sur, abundan las andesitas y basaltos ricos en alúmina y olivina. Esta situación puede haber contribuido a acentuar el desarrollo de relieves de denudación, proporcionando importantes aportes de material fragmentario y favoreciendo la formación de depósitos similares a los Rodados Multicolores.

Los Rodados Multicolores, depositados durante el Terciario superior—Cuaternario inferior, coinciden con un momento en que el alzamiento de los Andes alcanza su culminación, dando lugar a un relieve abrupto, propicio a la acción de la meteorización y erosión, bajo condiciones climáticas rigurosas, muy distintas de las actuales.

El sollevamiento andino condicionó modificaciones substanciales en el relieve preexistente, particularmente en lo que compete a la pendiente de su margen accidental. Así, los sistemas de drenaje fueron objeto de profundas transformaciones en sus trayectorias y capacidad de erosión y transporte, condicionando amplios conos del tipo piedemonte, integrados por materiales detríticos de origen volcánico. Los depósitos generados rellenaron parcialmente el Valle Central, dando lugar a extensas unidades morfológicas, muy características, con predominio de elementos conglomerádicos pero con granulometría variable en función de la distancia de la fuente de origen (Fig. 3).

La alteración que afecta a los Rodados Multicolores podría atribuirse a procesos de deposición en cuencas con deficiente drenaje externo. Los detritos habrían permanecido un largo período de tiempo en condiciones de saturación, o cercana a ella, durante su transporte y posterior deposición. La Cordillera de la Costa pudo haber actuado como barrera para retardar la descarga de las aguas. Esta hipótesis adquiere importancia al comprobar que, en general, las rocas de la Formación Cola de Zorro, en la actualidad, aún en estado fragmentario, no presentan signos evidentes de alteración superficial.

El potente relleno del Valle Central, unido a la diferencia de relieve de los macizos andinos, puede explicarse en función de la formación de es-

tructuras tipo graben, a lo largo de fallas, según lineamientos longitudinales y emplazadas al pie de la actual región preandina. Los sollevamientos andinos alcanzaron una magnitud tal que en los sondeos Colegual Nos. 1 y 2 de ENAP (al sur de Osorno), los depósitos cuaternarios tienen espesores cercanos a los 400 m; en Río Blanco No. 1 (al norte de Puerto Montt) alcanzan a 1.000 m (García 1968).

Los procesos descritos, a juzgar por la presencia de algunos depósitos torrenciales más antiguos en el norte del país (Formación Calama), no se habrían desarrollado sincrónicamente en todo el territorio.

Los cambios climáticos que favorecieron el desarrollo de los Rodados Multicolores, hacia el término del Terciario superior, se acentúan sensiblemente para dar paso a notables glaciaciones en el Pleistoceno, que alcanzan particular desarrollo en la región de los grandes lagos: Villarrica-Llanquihue. Como resultado de ello, en muchos puntos, los depósitos de Rodados Multicolores fueron objeto de intensa erosión y redepositación, dando lugar a depósitos caóticos que, aun cuando conservan rasgos originales tales como clastos volcánicos muy bien redondeados y fuertemente alterados, incorporan elementos nuevos, angulosos y frescos.

El intenso volcanismo post-glacial, que se desarrolló en la zona, produjo la depositación de una potente y generalizada cubierta de materiales cineríticos. Estos, por la acción de procesos de meteorización, se transformaron en suelos residuales limo-arcillosos, conocidos como "trumaos", cubriendo los relieves preexistentes a través de amplias extensiones del territorio.

Los antecedentes litológicos y estratigráficos, que condicionaron la formación de los Rodados Multicolores en el flanco occidental andino de Chile, habrían también generado depósitos afines en el flanco andino oriental. Así, en la región patagónica argentina, González (1978) describió depósitos correlacionables, en términos litológicos y estratigráficos, con los Rodados Multicolores del Valle Central.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su especial reconocimiento a los colegas Jorge Muñoz B., Hugo Moreno R., Sergio Rivano G., Constantino Mpodozis M. y Ernesto Pérez d'A., quienes leyeron críticamente el borra-

dor del estudio, proporcionando valiosas sugerencias. Agradece, además, a las dibujantes Sra. Oriana González y Sra. Karin Roloff, quienes confeccionaron las figuras del texto.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, L.; LEVI, B. 1964.** Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. *Inst. Invest. Geol. (Chile)*, Bol., No. 17, 36 p.
- AGUIRRE, L.; HERVE, F.; GODOY, E. 1972.** Distribution of metamorphic facies in Chile. An outline. *Kristalinikum*, No. 9, p. 7-19.
- DARWIN, C. 1846.** Geological observations on South America. Smith, Elder & Co., 279 p. London.
- DRAGUICEVIC, M. 1970.** Carta gravimétrica de los Andes Meridionales e interpretación de las anomalías de gravedad de Chile Central. *Univ. Chile, Depto. Geofís. Geodes., Publ.*, No. 93, 42 p.
- FERUGLIO, E. 1949-50.** Descripción geológica de la Patagonia. *Direc. General Yacim. Pet. Fiscales*, 3 Vols.
- FIDALGO, F.; RIGGI, J. D. 1970.** Consideraciones geomorfológicas y sedimentológicas sobre los rodados patagónicos. *Asoc. Geol. Argent., Rev.*, Vol. 25, No. 4, p. 430-443.
- GAJARDO, A. 1981.** Hoja Concepción-Chillán, Región del Bío-Bío. *Inst. Invest. Geol., mapas Geol. Prelim. Chile*, No. 4, 32 p.
- GARCIA, F. 1968.** Estratigrafía del Terciario de Chile Central. *In El Terciario de Chile. Zona Central.* (Cecioni, G.; ed.). Edit. Andrés Bello, p. 25-57. Santiago.
- GONZALEZ, R. 1978.** Descripción geológica Hojas 49a Lago Blanco y 49b Paso Río Mayo. *Serv. Geol. Nac. (Argent.) Bol.*, No. 154-155, 45 p.
- GONZALEZ-FERRAN, O.; VERGARA, M. 1962.** Reconocimiento geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud sur. *Univ. Chile, Inst. Geol., Publ.*, No. 24, 119 p.
- HAUSER, A. 1970.** Geología. *In Estudio integrado de los recursos naturales de la provincia de Cautín. Inst. Rec. Nat. (IREN) (Chile)*, Vol. 2, 72 p.
- HEUSSER, C. J.; FLINT, R. F. 1977.** Quaternary glaciations and environment of northern Isla Chiloé, Chile. *Geology (Boulder)*, Vol. 5, No. 5, p. 305-308.
- ILLIES, H. 1970.** Geología de los alrededores de Valdivia y volcanismo y tectónica en márgenes del Pacífico en Chile Meridional. *Univ. Austral, Chile, Inst. Geol. Geogr.*, 64 p. Valdivia.
- LEANZA, A. F.; LEANZA, H. A. 1979.** Descripción geológica de la Hoja 37c Catán Lil. *Serv. Geol. Nac. (Argent.)*, Bol., No. 169, p. 65.
- MARTINEZ, R.; ZUÑIGA, P. 1976.** Edad y paleoecología de la Formación Cholchol, provincia de Cautín, Chile. *In Congr. Geol. Chileno*, No. 1, Actas, Vol. 1, p. C107-C123.
- MORENO, H.; VARELA, J. 1982.** Los depósitos de relleno de la Depresión Longitudinal de Chile, entre los ríos Bío-Bío y Toltén-Allipén. *In Congr. Geol. Chileno*, No. 4, Actas, Vol. 3 p. F203-222. Concepción.
- MUÑOZ-CRISTI, J. 1960.** Contribución al conocimiento geológico de la Cordillera de la Costa de la Zona Central. *Minerales*, Vol. 15, No. 69, p. 28-46.
- NARANJO, J. A.; PASKOFF, R. 1981.** Estratigrafía de los depósitos cenozoicos de la región de Chiuchiu-Calama, Desierto de Atacama. *Rev. Geol. Chile*, No. 13-14, p. 79-85.
- PORTER, S. 1981.** Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile. *Quaternary Research (New York)*, Vol. 16, No. 3, p. 263-292.
- RAMOS, V. A.; NIEMEYER, H.; SKARMETA, J.; MUÑOZ, J. 1982.** Magmatic evolution of the austral Patagonian Andes. *Earth Sci. Rev.*, Vol. 18, p. 411-443.
- ROVERATO, G. 1912.** Studi di geomorfologia argentina. 3. La valle del Río Negro. *Geol. Soc. Italia, Boll.*, Vol. 31.
- SKARMETA, J. 1974.** Sobre la ocurrencia de los rodados Patagónicos en Aysén, Chile. *Rev. Geol. Chile*, No. 1, p. 114-116.
- VALENZUELA, E. 1982.** Estratigrafía de la boca occidental del canal de Chacao, X Región, Chile. *In Congr. Geol. Chileno*, No. 3, Actas, Vol. 1, p. A343-A376. Concepción.
- VARELA, J.; MORENO, H. 1982.** Los depósitos de la Depresión Central de Chile entre los ríos Lontué y Bío-Bío. *In Congr. Geol. Chileno*, No. 3, Actas, Vol. 3, p. F280-F306. Concepción.
- VERGARA, M.; MUNIZAGA, F. 1974.** Age and evolution of the Upper Cenozoic andesitic volcanism in central-south Chile. *Geol. Soc. Am., Bull.*, Vol. 85, No. 4 p. 603-606.
- VERGARA, M.; MUÑOZ, J. 1982.** La Formación Cola de Zorro en la Alta Cordillera Andina chilena (36°-39° Lat. S), sus características petrográficas y petrológicas: una revisión. *Rev. Geol. Chile*, No. 17, p. 31-46.
- WEISCHERT, W. 1964.** Geomorfología glacial de la Región de los Lagos. *Comunicaciones*, No. 4, 36 p.