

**RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LA  
ALTA CORDILLERA DE ELQUI**

**Ricardo Thiele Cartagena**

## CONTENIDO

RESUMEN . . . . .	135
ABSTRACT . . . . .	136
INTRODUCCION . . . . .	136
Región estudiada y objeto del estudio . . . . .	136
Estudios anteriores . . . . .	137
Trabajos de terreno y de laboratorio . . . . .	137
Limitaciones . . . . .	137
Agradecimientos . . . . .	138
ANTECEDENTES GEOGRAFICOS . . . . .	138
Fisiografía . . . . .	138
Hidrografía . . . . .	140
Clima y Vegetación . . . . .	141
ESTRATIGRAFIA . . . . .	142
Generalidades . . . . .	142
Sistema Triásico . . . . .	143
Formación Pastos Blancos . . . . .	143
Sistema Jurásico . . . . .	150
Formación Punilla . . . . .	150
Sistema Cretácico . . . . .	161
Formación Baños del Toro . . . . .	161
Sistema Terciario a Cuaternario . . . . .	171
Formación Vallecito . . . . .	171
Formación Doña Ana . . . . .	173
ROCAS INTRUSIVAS . . . . .	177
Batolito Andino y sus derivados . . . . .	177
Otros Intrusivos . . . . .	179
ESTRUCTURA . . . . .	180
HISTORIA GEOLOGICA . . . . .	185
CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL DESARROLLO DEL GEO- SINCLINAL ANDINO . . . . .	186
CONCLUSIONES . . . . .	188
REFERENCIAS . . . . .	189
ILUSTRACIONES:	
Plano de ubicación, fig. 1 . . . . .	134
Secciones columnares sedimentos jurásicos, fig. 2 . . . . .	160
Esquemas de pliegues sistema triásico, fig. 3 . . . . .	184
ANEXO	
Distribución vertical de las especies fósiles recolectadas . . . . .	198
Láminas con fotografías de la zona.	
Plano geológico de la región levantada.	
Plano de perfiles.	

# RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LA ALTA CORDILLERA DE ELQUI

por

Ricardo Thiele Cartagena

## RESUMEN

En la Alta Cordillera Andina de la provincia de Coquimbo, entre las latitudes 29° 33' Sur y 29° 59' Sur, se reconoce, en una extensión aproximada de 1.600 km<sup>2</sup>, la litología, estratigrafía y estructura geológica.

La secuencia estratigráfica establecida comprende rocas volcánicas y sedimentarias que se describen como se señala a continuación:

### *Formación Doña Ana:*

Volcanitas basálticas y andesíticas (lavas y piroclásticos).

Espesor: ~ 1.500 m. . . . . Pleistoceno

### *Formación Vallecito:*

Volcanitas de carácter traquítico (riolitas y flujos de ceniza).

Espesor: ~ 300 m. . . . . Plioceno o/y Pleistoceno

### *Formación Baños del Toro:*

Volcanitas porfíricas (lavas, tobas y brechas), areniscas, tufitas y conglomerados.

Espesor: ~ 6.000 m. . . . . Cretácico Medio

### *Formación Punilla:*

Calizas, areniscas, conglomerados y volcanitas (lavas y tobas queratofídicas).

Espesor: hasta 1.800 m. . . . . Lías Superior-Dogger Inferior

### *Formación Pastos Blancos:*

Volcanitas (lavas y tobas queratofídicas), tufitas, areniscas y lutitas.

Espesor: de 500 a 1.200 m. . . . . Supratriásico

La estructura presenta un rumbo general norte y muestra pliegues, fallas y discordancias. Las fallas se manifiestan mayormente en la parte occidental de la región, donde también aparece un gran anticlinal que buza hacia el norte.

Se evidencian tres discordancias angulares (afectadas además por erosión). La primera separa las formaciones Pastos Blancos y Punilla, y ha sido atribuida a un movimiento epeirogénico. La segunda corresponde al piso de la formación Baños del Toro, que por un lado se apoya en la formación Pastos Blancos, y por el otro, en la formación Punilla, y que ha sido atribuida, tentativamente, a una fase orogénica acaecida a fines del Jurásico. Finalmente, la tercera, se ubicaría entre los depósitos mesozoicos y cenozoicos.

Las rocas intrusivas del área corresponden al Batolito Andino que se supone limitado en esta parte a un solo ciclo magmático.

### A B S T R A C T

The lithology, stratigraphy, and the geological structure were studied in an area of 1.600 km<sup>2</sup> in the high Andean Cordillera of the Coquimbo Province between the latitudes 29° 33' and 29° 59' South

The stratigraphic sequence includes volcanic and sedimentary series which are described as follows:

**Doña Ana Formation:**

Basaltic and andesitic volcanites (lavas and pyroclastics)

Thickness: 1.500 m . . . . . Pleistocene

**Vallecito Formation:**

Trachytic volcanites (rhyolites and flows).

Thickness: 300 m . . . . . Pliocene or/and Pleistocene

**Baños del Toro Formation:**

Porphyritic volcanites (lavas, tuffs and breccias). Sandstones, tuffs and conglomerates.

Thickness: 6.000 m . . . . . Middle Cretaceous

**Punilla Formation:**

Limestones, sandstones, conglomerates and volcanites (lavas and keratophyric tuffs).

Thickness: 1.800 m . . . . . Upper Lias to Lower Dogger

**Pastos Blancos Formation:**

Volcanites (lavas and keratophyric tuffs). Tuffs, sandstones and shales.

Thickness: 500-1.200 m . . . . . Uper limit of the Triasic

The structure shows a general north strike and there are many folds, faults and discordances. Faults appear mainly in the western part of the region where there also exists a large anticline plunging northwards.

Three angular discordances were observed (they also appear affected by erosion). The first of these discordances separates the Pastos Blancos and Punilla Formations and has been attributed to an epirogenic movement. The second discordance corresponds to an orogenic phase presumably at the end of Jurassic, and marks the base of the Baños del Toro Formation. This formation overlies unconformably both the Pastos Blancos and Punilla formations, but in different areas. Finally the third discordance is placed between the Mesozoic and the Cenozoic deposits.

The intrusive rocks belong to the Andean Batholith, which supposedly represents only one magmatic cycle in this area.

### INTRODUCCION

#### Región estudiada y Objeto del estudio.

La región estudiada comprende un sector de la Alta Cordillera Andina de la provincia de Coquimbo, al interior del Valle de Elquí. Se extiende, en sentido oeste-este, entre la Cordillera de la Punilla (70° 15' Oeste) y el límite internacional; en dirección norte-sur, entre las latitudes 29° 33' Sur y 29° 59' Sur. El área reconocida alcanza unos 1.600 km<sup>2</sup>, prácticamente sin caminos o sólo con senderos para mulares.

El objeto principal de este estudio fue practicar un reconocimiento geológico de la zona, escasamente conocida en este sentido, para obtener algunas secciones estratigráficas de las formaciones que afloran en la región, especialmente de aquella atribuida al Jurásico, con el propósito de lograr algunas conclusiones estratigráficas en relación con el desarrollo del Geosinclinal Andino.

Otra finalidad directa del trabajo fue incorporar este reconocimiento a la

Carta Geológica de Chile, de escala 1:1.000.000, que en esta parte no presentaba antecedente alguno.

### Estudios anteriores.

Hasta la fecha de estos trabajos, los únicos antecedentes geológicos publicados de la región correspondían a descripciones de I. DOMEYKO (1903) y P. GROEBER (1951), basadas en excursiones más o menos limitadas. Primeramente fue I. DOMEYKO, quien en el año 1846 realizó una excursión a los Baños del Toro por la ruta del portezuelo de Doña Ana; posteriormente, en el año 1930, P. GROEBER visitó la zona norte del Tórtolas, por el paso de la Deidad, en un reconocimiento desde la República Argentina.

### Trabajos de terreno y de laboratorio.

Los trabajos de terreno fueron efectuados, durante el verano de 1958, por una comisión de estudios mixta, financiada por el Instituto de Geología de la Universidad de Chile y por el Museo Nacional de Historia Natural, e integrada por los señores Ludwig Krahl, Oscar González y Carlos Vázquez, además del autor. La labor desarrollada permitió recolectar un gran número de muestras petrográficas representativas y alrededor de 850 ejemplares fósiles en diversos estados de conservación. Posteriormente, en el laboratorio, se confeccionaron cerca de 200 secciones delgadas para un estudio microscópico.

Los trabajos de laboratorio se realizaron durante los meses de invierno de los años 1958 y 1959, y comprendieron la descripción megascópica y microscópica de las rocas, la determinación de los ejemplares macro-fósiles y la revisión cuidadosa de las fotografías aéreas del área.

La mayor dificultad encontrada al iniciarse los trabajos de terreno fue la carencia de un plano topográfico de la zona. Fue necesario preparar, entonces, una base topográfica de escala aproximadamente 1:100.000, que se hizo, principalmente, en base a una ampliación de la Hoja preliminar del Instituto Geográfico Militar de escala 1:250.000, corregida por compilación de fotografías aéreas y por observaciones de expediciones andinísticas efectuadas con anterioridad.

Cabe señalar aquí, que el señor Oscar González, geólogo del Instituto de Geología de la Universidad de Chile, tuvo una participación destacada en estos estudios preliminares de gabinete.

El mapa que acompaña este informe tiene escala aproximada 1:100.000, con curvas de nivel cada 1.000 pies (304,8 m).

### Limitaciones.

En este sector de la Cordillera de los Andes las condiciones de acceso son muy deficientes y se manifiestan en la inexistencia de caminos, aun de senderos o huellas, y en las laderas sumamente escarpadas de muchos de los cerros. Esto, sumado con la gran altitud de los cordones que a veces obstaculizan notoriamente las condiciones ambientales, hacen que sea ésta una zona de penoso y difícil tránsito.

Por otra parte, la visibilidad de los afloramientos se ve muchas veces dificultada por planchones de nieves y por gruesas cubiertas de materiales coluviales, además de los efusivos cuaternarios, que, al sobreponerse, ocultan grandes áreas de las formaciones Mesozoicas.

A esto último se agrega la mala calidad de las fotografías aéreas de toda la mitad oriental de la zona, las cuales fueron tomadas durante una época en que la nieve aún cubría gran parte de los terrenos levantados.

Todo lo anteriormente expuesto dificulta la determinación de los contactos entre las diferentes unidades geológicas y limita evidentemente la exactitud del levantamiento.

En lo que respecta a los estudios de laboratorio, es indudable que en el presente trabajo resalta la ausencia de análisis químicos de parte de las muestras vistas bajo el microscopio, lo que habría permitido tal vez una mejor clasificación de las mismas; igualmente, para la clasificación del material paleontológico, se hizo un estudio general y no se entró en detalles acabados. Esto se debe a que los propósitos del presente trabajo no lo requerían, y al hecho de que aún reconociendo la importancia de los análisis químicos y de los detalles paleontológicos, éstos no cambiarían notablemente los resultados obtenidos hasta ahora.

#### **Agradecimientos.**

El autor agradece al Museo Nacional de Historia Natural, que conjuntamente con el Instituto de Geología de la Universidad de Chile, financió los gastos de terreno. Por otra parte, expresa sus más sinceros agradecimientos al Director del Instituto, señor Jorge Muñoz Cristi, quien le confió la realización del presente estudio, como parte del plan general de investigaciones del mismo Instituto. Además, reconoce su valiosa ayuda durante los trabajos de investigación en su calidad de profesor guía de Memoria. Asimismo, al señor Juan Tavera por su permanente asesoría en el estudio paleontológico.

A los señores Oscar González y Carlos Vázquez, estudiantes de la Escuela de Geología durante la primera etapa del presente trabajo, quienes participaron activamente en el levantamiento de terreno. Además, agradece en especial al señor González, la gentileza que tuvo al facilitarle algunas de las fotografías que se incluyen en el anexo de este informe.

Al señor Ludwig Krahl, representante del Museo de Historia y Ciencias Naturales en la comisión de terreno, cuya valiosa experiencia andinística permitió recorrer con éxito el área estudiada.

Al señor Héctor de los Reyes, fotógrafo-dibujante del Instituto de Geología de la Universidad de Chile, por su desinteresada ayuda en los trabajos de su especialidad.

### **ANTECEDENTES GEOGRAFICOS**

#### **Fisiografía.**

El marco morfológico de la región estudiada es el típico de los Andes limítrofes del Norte Chico de Chile, esto es, cordones de una altura media de 4.500 m con cumbres que sobrepasan fácilmente los 5.000 m s.n.m., y terrenos planos y de relieve relativamente suaves alrededor de otros de mayor altura y de empinadas laderas.

El punto culminante dentro de este marco es el cerro de las Tórtolas (6.332 m s.n.m.), de forma semicónica, que se levanta en el extremo sureste de la región y que, salvo hacia el este, presenta paredes muy abruptas en su fase final. Otra cumbre importante de este sector aparece inmediatamente al norte de la anterior, y la constituye el cerro Vacas Heladas (5.332 m s.n.m.), que tiene características mesetiformes en la parte superior. Por otra parte, en el centro del área levantada se desarrolla, aproximadamente de norte a sur, la conocida cordillera de Doña Ana con sus cumbres cerro Doña Ana (5.690 m s.n.m.), cerro Escabroso (5.500 m s.n.m.) y cerro Cumbre Nevada (5.021 m s.n.m.), todas de características generales parecidas. Los dos primeros presentan rasgos idénticos en cuanto a sus laderas empinadas, que en tramos cortos alcanzan a veces la vertical, y se diferenciarían únicamente por la forma plana de la parte alta del cerro Doña Ana. Finalmente, en el extremo occidental de la región, existe la cordillera de la Punilla con su cumbre mayor denominada Cumbre Punilla Este (5.300 m s.n.m.), que presenta paredes con una fuerte pendiente hacia el sur y este.

El marcado relieve de las cumbres señaladas son el resultado del grado diferente de resistencia a los agentes erosivos que presentan las formaciones que las constituyen. Con excepción de la cordillera de la Punilla, de origen granítico, todas las partes altas nombradas hasta aquí, están constituidas por núcleos de andesitas basálticas efusivas.

Alrededor de las mayores alturas aparecen, con algunas excepciones, zonas menores relativamente extensas que presentan niveles topográficos bastante uniformes. Tal es el caso de la zona denominada Loma del Azufre, al noroeste del sistema del Tórtolas; del cordón cordillerano que se extiende directamente al norte de la cumbre Punilla Este; de la zona de Tilo, que se ubica al poniente del portezuelo Doña Ana; del cordón de los Corrales, con excepción de su cima denominada cerro del Medio, en la zona septentrional del área levantada; y finalmente, de la zona del cerro Turbio, en el extremo austral de la misma área.

Otro rasgo importante del relieve queda señalado por los numerosos valles y quebradas, profundos y encajonadas, que dividen ampliamente los terrenos elevados y que son el producto de la intensa aceleración de la actividad fluvio-glacial. Entre los más destacados cabe nombrar, en la parte central, el río Malo, el cajón del Toro Muerto y el río Toro, cuyos cursos siguen aproximadamente la misma dirección de los estratos; en la parte oriental y austral, son distintivos el río Vacas Heladas y río Turbio, respectivamente, que por tramos corren a lo largo del contacto entre dos formaciones distintas; en la parte septentrional, se encuentran los ríos Primero y Del Medio, que igual que los anteriores, limitan, en partes, tipos litológicos diferentes; finalmente, en el sector occidental, fluyen la quebrada de los Calabozos hacia el norte y el estero de la Punilla hacia el sur, cuyas direcciones de erosión corresponden, en parte, al plano axial de una gran estructura anticlinal, además de estar acondicionadas a una de las más importantes fallas de la región.

Todo lo anterior revela claramente el control que ejercen la estructura y la litología de las rocas fundamentales en las formas topográficas, manifestándose ello, especialmente, en la organización de los sistemas hidrográficos.

En los perfiles transversales de los valles se distingue fácilmente su origen glacial, siendo ellos relativamente anchos y teniendo forma similar a cajones o de U. Además, presentan escarpadas laderas en cuya base se han depositado

abundantes conos de deyección, especialmente frente a las numerosas quebradas tributarias que desembocan generalmente en niveles topográficos superiores y que constituyen valles suspendidos.

Los perfiles longitudinales de estos mismos valles presentan pendientes más o menos elevadas y se observa corrientemente que el fondo rocoso de ellos desciende, generalmente, en forma escalonada, sobre todo cerca de los nacimientos, que corresponden a cajones glaciales, como sucede en la quebrada de Pastos Blancos, Toro Muerto, río Malo, estero Punilla y otros.

El trabajo erosivo de los hielos está también evidenciado en los numerosos afloramientos con estrías glaciales que aparecen en el interior de las quebradas del Negro, Toro Muerto, etc.

En el área levantada no aparecen núcleos de glaciales activos.

Finalmente, un último rasgo fisiográfico queda indicado por algunas lagunitas que se encuentran emplazadas en pequeñas cuencas de origen glacial—embalsadas por sedimentos morénicos y/o coladas de lavas— o cobijadas en pequeñas depresiones volcánicas, como sería el caso de aquella que se observa en la cordillera de la Punilla, al noreste de la cumbre Punilla Este, y aquella otra en la falda nort del volcán las Tórtolas respectivamente.

### **Hidrografía.**

El ámbito cordillerano comprendido no alcanza abarcar un área importante de algún sistema de drenaje. Se puede sí considerar en este acápite los numerosos ríos, esteros y quebradas que se desarrollan y que entre sí logran contribuir con cierto valor en la generación de las hoyas del río Huasco y del río Elqui.

Es importante destacar que los tributarios cubiertos por el área levantada, de los dos sistemas hidrográficos recién indicados, se encuentran en una fase netamente erosiva y que sus cauces corren por lechos pedregosos y encajonados algunos, estando las fases de sedimentación, cuando existen, restringidas a puntos muy locales.

El río Huasco comienza en el sitio denominado La Junta, por unión de los ríos cordilleranos Tránsito y Del Carmen. De éstos, sólo el río Del Carmen puede ser considerado, cuyos principales cabezales los cubre la parte norte de la región estudiada, donde se destacan los ríos Primero, Del Medio y Socarrón. El río Del Carmen presenta un caudal medio menor que el río Tránsito, y su principal característica es la notable homogeneidad de sus gastos mensuales. En ambos ríos tributarios se advierte sí, que los caudales experimentan un débil aumento con las primeras lluvias invernales, esto es en el mes de marzo, para disminuir nuevamente hasta el mínimo anual en el mes de agosto. Se reconoce de esta manera, para ambos casos, un régimen mixto: Pluvial y nivoso.

Los tributarios principales del río Elqui, y que lo constituyen dos kilómetros aguas abajo de Rivadavia, son los ríos Claro y Turbio, ambos del ámbito cordillerano. El más importante, el río Turbio, que figura con sus tributarios río Malo, río Toro, río Vacas Heladas y estero Punilla dentro del área levantada, drena toda la parte septentrional de la porción cordillerana que forma la Hoya del río Elqui, y tiene una hoya de 3.895 km<sup>2</sup>. El otro, el Claro, cubre la porción austral de la cordillera, y tanto en extensión de su hoya como en caudal es notablemente inferior al anterior, drenando una superficie no superior a 1.515 km<sup>2</sup>.

Como en el caso del río Huasco, y de acuerdo a H. FUENZALIDA (1950, págs.

274 a 276), los cabezales del río Elqui presentan una franca disimetría entre los caudales y los regímenes. En este caso es el río Turbio, de típico régimen nivoso, el que presenta un escurrimiento más definido y al mismo tiempo, el que presenta caudales mayores.

El río Claro en cambio, como su homólogo de la Hoya del Huasco (río del Carmen), presenta una curva, correspondiente a las variaciones del caudal, mucho más homogénea. Experimenta sí, después del mínimo en el mes de abril, una pequeña crecida con las lluvias, hasta alcanzar una máxima invernal en el mes de julio y luego un segundo mínimo en el mes de septiembre, poniendo de manifiesto un régimen mixto, esto es, pluvial y nivoso.

### **Clima y Vegetación.**

De acuerdo a la clasificación general hecha por H. FUENZALIDA para los diferentes climas del país, según el sistema de Köppen, la región levantada estaría comprendida dentro de un tipo BSt, esto es, un clima de estepa con gran sequedad atmosférica. Sin embargo, esta separación no refleja fielmente la realidad climatológica de la zona estudiada, ya que toma en cuenta solamente el desarrollo de los climas hasta los valles interiores de la cordillera, sin reparar en las alturas mayores, que son las que predominan en la región de nuestro interés, por constituir una superficie pequeña comparada con el resto del territorio considerado.

De todas maneras, consecuentemente, se puede decir que la temperatura en la región próxima al área estudiada debe presentar promedios anuales bastante altos, ya que en el clima tipo BSt el valor término ha venido aumentando con la altura.

Por otra parte, con algunas observaciones hechas durante el trabajo de terreno, esto es, durante los meses de verano, se pudo comprobar que la amplitud térmica diaria es notablemente fuerte. Se observó que sobre los 3.800 m s.n.m., la temperatura se mantiene varios grados sobre cero durante el día, pero que a pocas horas de haberse puesto el sol, desciende bruscamente hasta menos de cero grado.

En cuanto a los vientos, predomina notoriamente durante el verano el de dirección noroeste, que sopla suavemente desde las 9 de la mañana, hasta alcanzar su mayor intensidad más o menos a las 3 de la tarde, para luego declinar nuevamente con el día. Los vientos del oeste y noroeste se observan raramente.

Referente a las precipitaciones, éstas son muy escasas durante los meses de verano, y cuando se presentan, las hacen en forma líquida en los valles y sólida en las alturas.

Finalmente, y resumiendo, en líneas generales se puede agregar que la zona se caracteriza por tener un clima de cielos limpios y de temperaturas algo elevadas durante el día.

Respecto a las características vegetacionales, se puede deducir que éstas indicarían una zona xeromórfica para el marco cordillerano considerado.

En la zona de los valles, o lugares más bajos, la vegetación es algo corriente, y allí se reconoce un tipo de arbusto con follaje de color verde oscuro, de hasta dos metros de altura, que en conjunto presenta el aspecto de matorrales relativamente densos.

En las partes donde los arbustos son menos densos, comienzan algunas manifestaciones de asociaciones formadas por champas perennes, que se mezclan con arbustos enanos, subarbustos y hierbas perennes. Este tipo de asociación vegetal se hace corriente hacia arriba, hasta los 4.000 m s.n.m., extendiéndose preferentemente en los faldeos de los cordones montañosos y en los grandes planos cruzados por aguas corrientes. A estas mismas altitudes, se encuentran también las *vegas andinas*, formadas por emergencia de aguas termales, o bien, por afloramientos de aguas provenientes de derretimiento de la nieve.

Aproximadamente hasta los 4.300 m s.n.m., la vegetación es bastante más escasa, y en esta parte sólo aparecen algunos arbustos achaparrados que, junto a otras asociaciones de hierbas que crecen en champas o cojines, forman una cubierta rala con grandes espacios desnudos y rocosos.

Sobre los 4.300 m s.n.m., son prácticamente nulos los vestigios de vegetación.

## ESTRATIGRAFIA

### Generalidades.

El área estudiada comprende principalmente un conjunto de rocas mesozoicas, constituidas especialmente por volcanitas y sedimentitas marinas y continentales, que en algunos casos aparecen sepultadas bajo potentes espesores de volcanitas cenozoicas. Por otra parte, este conjunto mesozoico está intruido por el Batolito Andino, el cual constituye una unidad de importante desarrollo en la zona.

Con respecto a la potencia de las rocas estratificadas que aquí se describen —sedimentarias y volcánicas—, éstas alcanzan aproximadamente un espesor total de 10.000 m. La columna estratigráfica completa se ha dividido en cinco unidades, y comprende un ciclo marino que abarca parte del Jurásico; el resto lo constituyen las volcanitas y, en menor grado, los sedimentos clásticos continentales.

Las cinco unidades mencionadas se distribuyen, estratigráfica y tentativamente, en la forma siguiente:

### CENOZOICO

Sistema Terciario a Cuaternario.

- 5) Volcanitas de la formación Doña Ana.
- 4) Volcanitas de la formación Vallecito.

### MESOZOICO

Sistema Cretáceo.

- 3) Volcanitas de la formación Baños del Toro.

Sistema Jurásico.

- 2) Sedimentitas marinas y volcanitas de la formación Punilla.

Sistema Triásico.

- 1) Volcanitas y sedimentitas continentales de la formación Pastos Blancos.

## Sistema Triásico.

### FORMACION PASTOS BLANCOS.

#### Definición y relación estratigráfica.

Se designará con el nombre de formación Pastos Blancos a una sucesión de lavas, piroclásticos y sedimentos continentales que afloran en la parte occidental y oriental de la región estudiada, y cuyo lugar típico ha sido elegido en la quebrada Pastos Blancos. En atención a sus relaciones estratigráficas y a algunas de sus características petrográficas, esta formación correspondería a la más antigua de las del área levantada.

En la parte occidental la formación está constituida por una serie de piroclásticos y lavas, de colores grises, violáceos y verdes, y comprende una alternación de tobas vítreas, tobas de queratófidos, lavas queratófídicas y brechas, con algunas intercalaciones de tufitas, de color verde en su parte media. Aparece interrumpida además, ocasionalmente, por algunas intrusiones de filones de mantos andesíticos.

Las capas son de diferentes espesores, de 0,5 a 2 m, y aparecen regularmente estratificadas en actitud tectónica homoclinal, de dirección general N 45 a 60° W en la parte inferior y N 20 a 30° W en la parte superior, y con inclinación variable hacia noreste.

El piso de la formación en esta parte no aparece, y el pendiente, discordante, lo constituyen los afloramientos liásicos de la formación Punilla, en los extremos norte y poniente, y los efusivos más modernos del cerro Doña Ana, por el lado naciente.

En la parte oriental, sin embargo, la formación está representada por una sucesión de areniscas, lutitas, tufitas, tobas de cristales, tobas vítreas y brechas tobíferas queratófídicas, de colores gris verde, verde violáceo y gris violáceo, que alternan en capas de espesores variables y que han sido afectadas localmente por un intenso plegamiento.

Su yacente en esta parte tampoco se conoce, y el pendiente lo constituyen, además de los efusivos de la formación Doña Ana que lo cubren discordantemente en el extremo naciente, las lavas y piroclásticos de la formación Baños del Toro, que lo hacen en igual forma en el lado poniente.

#### Distribución y litología.

En la parte occidental, la formación Pastos Blancos allora entre las cordilleras de Doña Ana y la de la Punilla.

Hacia el norte y oeste, la corrida de esta unidad alcanza hasta la zona de la quebrada y del estero Punilla, respectivamente, donde desaparece discordantemente bajo los sedimentos marinos jurásicos de la formación Punilla.

Hacia el sur y este, su desarrollo llega a la falda poniente de la cordillera de Doña Ana, donde limita, igualmente, con los sedimentos jurásicos de la formación Punilla, en el curso superior del estero Tilo, y con las volcanitas modernas de la formación Doña Ana en el extremo norte y sur de la cordillera.

Finalmente, en su extensión suroeste, la unidad tratada aparece interrumpida

por la intrusión del Batolito Andino, a la altura del estero Guanta y del cordón de Tilo.

En la quebrada Pastos Blancos, afluente del estero Punilla, que nace en la falda occidental del cerro Doña Ana, se observa la serie siguiente, de abajo hacia arriba:

- a) **TOBA DE QUERATÓFIDO (146-148) \***, de color rosado a gris violáceo. Textura porfírica con fenocristales de cuarzo y albita-oligoclasa, arcillizada y sericitizada, hasta de 3 mm. La masa fundamental corresponde a ceniza desvitrificada con una pequeña cantidad de magnetita.
- b) **BRECHA fina a gruesa (141 a 145)**, de color verde y gris violáceo. Se presenta en capas de 0,5 a 8 cm, alternando con capas de lutita y arenisca, de 0,1 a 0,8 cm.
- c) **MANTO INTRUSIVO BASÁLTICO (140)**, de color gris oscuro. Presenta textura porfírica con fenocristales limpios de labradorita de 2 mm y piroxena de 0,2 a 0,8 mm. La masa fundamental contiene el mismo material que compone los fenocristales, y además, bastante vidrio de tono amarillento.
- d) **TOBA VÍTREA (137)**, de color verde y aspecto arenoso al ojo desnudo. Sobre una base vítrea que aparece en parte algo cloritizada y limonitizada (?), aparecen algunos cristales de andesina-labradorita, de 0,4 mm, y en forma muy escasa, cuarzo de 0,1 mm.
- e) **TUFITA (136)**, de color verde. Constituida en su mayor parte por cristales esquinados y fracturados de labradorita, hasta de 1 mm, generalmente limpia pero a veces arcillizada; ocasionalmente aparecen algunos cristalitos de cuarzo de 0,2 mm. Existen, además, fragmentos de porfirita, de 0,5 a 2 mm, algunos bastante alterados. El cemento corresponde a ceniza volcánica algo cloritizada.
- f) **QUERATÓFIDO (135)**, de color gris verde claro. Textura porfírica con fenocristales hasta de 2,5 mm, de albita-oligoclasa arcillizada y sideritizada. La masa fundamental es de textura fieltrosa y presenta, además de la plagioclasa, algo de magnetita y clorita.
- g) **ROCA SILICIFICADA (134)**, cruzada por numerosas vetillas de cuarzo.
- h) **TOBA (132)**, de color gris verde claro. Presenta escasos cristales de plagioclasa arcillizada, de 0,4 mm, sobre una base desvitrificada.
- i) **LAVA BRECHOSA (131)**, de color verde oscuro con pequeños cantos de queratófido hasta de 2 cm. La matriz presenta escasos fenocristales de plagioclasa, de 0,4 mm, sobre una masa fundamental que corresponde a vidrio de color amarillento con vesículas con clorita y calcita.
- j) **TOBA VÍTREA (130)**, de color verde claro. Sobre una base vítrea aparecen algunos cristalitos, generalmente esquinados y fracturados, de albita arcillizada, de 0,8 mm, y fragmento de queratófido, clorita y vidrio, bastante diferenciado, de 0,6 a 0,8 mm.
- k) **TOBA VÍTREA (129)**, de color violáceo y aspecto brechoso; con pequeños fragmentos de color verdoso, hasta de 2 mm.
- l) **PORFIRITA (128)**, de color gris oscuro y aspecto brechoso. Textura porfírica con grandes fenocristales de plagioclasa de hasta 5 mm.

\*Número de la muestra.

- m) **PORFIRITA (127)**, intrusiva y afanítica de color gris violáceo con planos de fracturas bastante epidotizados. Aparece cruzado por una serie de diques verdes en diferentes direcciones, que alcanzan espesores de 5 m. Microscópicamente se distingue una textura hialofítica, con cristalitas hasta de 0,2 mm de oligoclasa-andesina y algunos de magnetita.
- n) **BRECHA (126)**, de color verde y con cantos hasta de 15 cm de porfiritas y queratófidos violáceos.
- o) **BRECHA (s/n)**, fina a gruesa de color gris violáceo en la parte alta y roja en la parte baja. Presenta cantos, hasta de 20 cm, de porfirita igual a la descrita frente a la letra m. En la parte media aparece intercalada una tufita conglomerádica (125), compuesta en gran parte por fragmentos de queratófido, hasta de 1 cm, y con una matriz de toba vítrea que contiene algunos granos de cuarzo y plagioclasa de 0,4 mm.
- p) **TOBA VÍTREA (122 y 123)**, de color gris verdoso. Sobre una base vítrea aparecen algunos cristalitas, de 0,2 a 0,4 mm, de albita-oligoclasa y cuarzo; además, agujas de biotita de 0,2 mm y algunos fragmentos de queratófido de 0,6 mm. La parte superior presenta cavidades amigdoloideas.
- q) **MANTO INTRUSIVO DE LEUCODIORITA (120)**, de color violáceo. Textura hipidiomorfa granular con cristales, hasta de 2 mm, de oligoclasa arcillizada y sericitizada; además, magnetita de 0,4 mm, con hematita, y algo de clorita como producto de alteración.
- r) **QUERATÓFIDO (112)**, de color violáceo. Textura fluidal y porfírica con escasos fenocristales, de 1 mm, de plagioclasa, alterada a calcita, y ocasionalmente cuarzo de 0,6 mm. La masa fundamental es granofírica y corresponde a un entrecrecimiento de cuarzo y feldespato de 0,2 a 0,4 mm, con una arcillización incipiente.

El perfil descrito tiene un espesor aproximado de 1.200 m.

Aproximadamente unos 800 m al sur del portezuelo Punilla, y a una altura de 4.100 m s.n.m., aflora nuevamente el queratófido violáceo del techo del perfil recién detallado, anotado frente a la letra r, que aparece en discordancia tectónica bajo una brecha conglomerádica con matriz arenosa calcárea, correspondiente a la base de la formación Punilla.

En el área oriental de la región estudiada, la formación Pastos Blancos aparece expuesta inmediatamente al oeste de los cerros Vacas Heladas y de las Tórtolas, continuando su corrida hacia el sur hasta fuera de la hoja levantada.

Al igual como en el área occidental, ella aparece aquí cubierta discordantemente por las volcanitas modernas de la formación Doña Ana, que constituyen en esta parte los cerros Vacas Heladas y de las Tórtolas, y que interrumpen su desarrollo hacia el este.

En su extensión hacia el norte y oeste, sin embargo, la unidad tratada desaparece, discordantemente, bajo las volcanitas y sedimentos continentales cretácicos de la formación Baños del Toro, que la limita a la altura de los ríos Vaquitas Heladas y Vacas Heladas, respectivamente.

En la parte norte de esta zona, en la quebrada Barriquitas —afluente del río Vacas Heladas—, que nace muy cerca del paso de la Deidad, se observó que la formación aparece profunda y localmente plegada, manteniendo los estratos

un rumbo general N 10-20° E. La sucesión allí muestreada, con capas que varían su espesor de 0,1 a 1,5 m. es la siguiente de abajo hacia arriba.

- a) TOBA DE CENIZA (289-290), de color blanco amarillento, algo porosa. Está formada en parte por granos de cuarzo, hasta de 3 mm, algo quebrado y con extinción ondulosa. Ocasionalmente aparecen algunas hojitas de mica (muscovita o sericita), de 0,4 mm, núcleos de concentración de cuarzo y feldespato, hasta de 2 mm, y algo de limonita.
- b) ARENISCA (291), de color gris verde oscuro. Igual a la descrita frente a la letra g.
- c) TOBA VÍTREA (292-293), de color gris verde claro a gris verde violáceo. Contiene granos de cuarzo fracturado con extinción ondulosa, hasta de 1 mm, y oligoclasa, arcillizada y sericitizada, de 0,6 mm (ocasionalmente mayores). Está formada, además, por algunos cristaltos de 0,2 mm de magnetita, mica (muscovita o sericita) y núcleos de concentración de cuarzo y feldespato. El resto corresponde a ceniza volcánica.
- d) LUTITA SIDERÍTICA (294), de color verde claro. Está formada por cristaltos, de 0,03 mm, de siderita, algunos de cuarzo, y otros indeterminados (arcilla). El material que cementa los granos es clorítico.
- e) TUFITA (295), de color gris y aspecto arenoso. Aparece formada por cristales sub-redondeados, hasta de 0,4 mm, iguales a los descritos frente a la letra i, más algunos fragmentos indeterminados.
- f) LUTITA (296), de color verde.
- g) ARENISCA (297), de color gris. Se compone por granos sub-redondeados, de 0,1 mm, de oligoclasa sucia, arcillizada y en parte algo calcificada; en menor cantidad cuarzo y fragmentos de andesita de color verde. El cemento corresponde a un material clorítico que también aparece como rodado.
- h) LUTITA (299), de color gris verdoso a gris violáceo. Se distinguen algunos cristaltos de 0,02 mm —ocasionalmente de 0,04 mm— de cuarzo y plagioclasa; además sericita y calcita como producto de alteración.
- i) TUFITA (300), de color gris verdoso. Está formada por cristales sub-redondeados, hasta 0,9 mm, de cuarzo con extinción ondulosa y albita-oligoclasa (?) algo arcillizada, sericitizada o calcificada; además, magnetita, clorita y muscovita, ocasionalmente pegada. El cemento corresponde a ceniza.
- j) LUTITA (302-304), de color gris violáceo a verde amarillento. Se compone de granitos de cuarzo y sericita de 0,01 mm en la parte baja y 0,04 mm en la parte alta. Se intercalan capas de areniscas de 3 a 10 mm, que se componen de granos de 0,08 a 0,2 mm, de cuarzo, plagioclasa —alterada a veces a calcita o sericita— y magnetita con hematita.
- k) ARENISCA (306), de color gris verdoso. Está formada por granos esquinados de cuarzo, con extinción ondulosa, de 0,3 mm, y albita alterada a calcita, de 0,4 mm; contiene, además, algo de clorita y magnetita con hematita en sus bordes, que alcanzan un tamaño de 0,2 mm. El cemento corresponde a calcita y clorita.
- l) TOBA DE CRISTALES (307), de color gris verde violáceo. Está formada por cristales de 0,1 mm, de cuarzo y plagioclasa completamente arcillizada, sericitizada o calcificada; aparece también, magnetita, clorita y muscovita, y algunas concentraciones de cuarzo y feldespato.

- m) TUFITA CONGLOMERÁDICA (308), de color gris verde amarillento a gris violáceo. Contiene cantos de queratofidos hasta de 1 cm. La matriz corresponde a una arenisca tobifera formada por granos, de 0,4 mm, de cuarzo y albita algo arcillizada, sericitizada o calcificada; aparece, además, magnetita y hematita en cristales de 1 mm, y clorita rellenando los poros; ocasionalmente se encuentran cristales de plagioclasa de 1,2 mm.
- n) TUFITA (309-310), de color gris verde claro a gris verde oscuro. Se compone de cristalitos sub-redondeados, hasta de 0,4 mm, de oligoclasa y cuarzo; en menor cantidad aparece hematita, magnetita, clorita y calcita. La plagioclasa, que también se presenta en agujitas de 0,2 mm, aparece arcillizada, sericitizada, y ocasionalmente, epidotizada en cristales de 0,8 mm.
- o) TOBA DE CRISTALES (310a), de color gris verde claro. Presenta cristales de cuarzo de 0,6 mm, a veces quebrado y con extinción ondulosa, y albita de 1 mm, que aparece en ciertos casos fracturada y torcida, completamente arcillizada y sericitizada. La masa que contiene estos cristales corresponde a ceniza que en algunas partes aparece cloritizada.

La potencia aproximada de la serie descrita se estima en 200 m.

Al sur de este perfil, los pliegues disminuyen en intensidad, notándose que la formación tiende en general a actitudes homoclinales, que se mantienen en áreas más o menos extensas.

En la quebrada Segundo Escarchal, afluente del río Vacas Heladas y que nace al noroeste del cerro de las Tórtolas, se observó la serie siguiente, de abajo hacia arriba:

- a) ARENISCA SILICIFICADA (?) (287), de color gris claro y con algunos sectores pirritizados. Igual a la descrita frente a la letra c.
- b) ARENISCA SILICIFICADA (286), de color gris violáceo y aspecto brechoso. Igual a la descrita frente a la letra c, pero además, con algunos fragmentos de queratofidos (?) y calcita como producto de alteración en los granos y guías.
- c) ARENISCA SILICIFICADA (?) (285), de color gris, limonitizada, con alteración hidrotermal. Está formada por granos isótopos, de 0,4 mm, y por cuarzo con extinción ondulosa de igual tamaño.
- d) ANDESITA (284), de color gris violáceo. Textura porfírica con fenocristales de andesina turbia, de 1 mm, bastante arcillizada, sericitizada o, en parte calcificada; aparecen además, algunos fenocristales de 1 mm, completamente alterados a clorita, que parecen provenir de algún ferromagnesiano; de menor tamaño aparece magnetita y hematita. La masa fundamental es de textura fieltrosa y está formada por agujitas de plagioclasa de 0,04 mm.
- e) TOBA BRECHOSA (283), con matriz de color gris verdoso y cantos de queratofidos (o toba de cristales ?), hasta de 4 cm. La matriz corresponde a una toba formada en su mayor parte por granos de cuarzo, hasta de 1 mm, albita, turbia y fracturada, completamente alterada a sericita y calcita; magnetita con algo de hematita, y algo de clorita.
- f) TOBA (280), de color gris violáceo, muy alterada. Presenta cuarzo, plagioclasa turbia, de 2 mm, alterada a sericita y calcita; magnetita y fragmentos de rocas (queratofidos ?) de 1 a 2 mm, algunos de colores verdosos.
- g) TOBA VÍTREA (279), de color gris amarillento. Está formada en gran parte por granos de cuarzo, hasta de 1 mm, sobre una masa vítrea. En menor pro-

porción aparece oligoclasa (?) —arcillizada y sericitizada— de 1,5 mm, y epidota; además, magnetita con hematita y limonita, (?) y algunos escasos fragmentos de clorita y otros indeterminados.

- h) TOBA (?) (278), de color gris amarillento, bastante alterada. Contiene cuarzo y feldespato sericitizado.
- i) BRECHA ALTERADA (276), de color gris violáceo, con cantos, de 2 a 40 cm, muy alterados. La matriz es tobífera y contiene plagioclasa, de 1 mm, alterada a sericita y calcita; hematita, magnetita y en menor proporción, clorita.
- j) TUFITA (275), de color gris con fragmentos, hasta de 15 mm, de queratófidos y granófiros. Está formada en su mayor parte por granos de 0,4 mm, de cuarzo con extinción ondulosa, plagioclasa sericitizada, calcificada o algo cloritizada, magnetita y hematita; ocasionalmente aparecen algunos fragmentos de vidrio completamente cloritizados, hasta de 1 mm. El cemento es calcáreo.
- k) ARENISCA VOLCÁNICA (272), de color violáceo y algo epidotizada. Aparece formada por granos de 0,2 mm, —ocasionalmente de 1 mm— de cuarzo con extinción ondulosa; oligoclasa sucia (turbia), sericitizada y calcificada; magnetita y hematita. Aparece además, clorita y algunos fragmentos indeterminados, de 1 mm, tal vez de queratófidos. El cemento corresponde a vidrio.
- l) QUERATÓFIDO (o toba) (269), de color gris blanquizco. Textura porfírica con fenocristales de plagioclasa turbia, hasta de 1 mm, completamente alterada a sericita; en menor proporción, aparece cuarzo, de 0,2 mm, y mica (muscovita), que ocasionalmente aparece de 1 mm. La masa fundamental es de textura fluidal, y está formada en general por pequeños cristallitos de cuarzo, de 0,015 mm, y por sericita; presenta además, pequeñas guías de cuarzo.
- m) ROCA ALTERADA (s/n), (;toba brechosa?), de color gris violáceo. Contiene feldespato, hasta de 2 mm, sucios y fracturados, tal vez correspondiente a plagioclasa; además, magnetita hematita, calcita, algo de clorita y guías de cuarzo. La roca original ha desaparecido casi totalmente.
- n) TRAQUITA (?) ALTERADA (267), de color gris verdoso. Textura porfírica con fenocristales de plagioclasa de 0,8 mm, alterada en parte a sericita, y clorita con magnetita en sus bordes. La masa fundamental ha sufrido procesos con aguas subterráneas circundantes y aparece reemplazada totalmente por cuarzo.

El espesor total de esta serie se estimó en 500 m.

Finalmente, en el extremo sur-ocste del área, se observa que la formación Pastos Blancos ha sido afectada por alteración hidrotermal, que en algunos casos ha hecho casi desaparecer la roca original.

Espesor.

El espesor total no se ha podido determinar debido a que no se conoce el piso de la formación; en todo caso, la parte visible alcanza una potencia aproximada de 1.200 m en el área occidental y de 500 m en el área oriental.

## Edad, correlaciones y precedentes.

En la actualidad no existen antecedentes precisos que permitan asignar con certeza una edad a la formación Pastos Blancos.

Sin embargo, H. THOMAS (1958, pág. 20), describe para la formación la Ligua, entre el valle del Pobre y el cerro Pulmahue, al norte de la Ligua, una sucesión de piroclásticos y lavas de carácter ácido que, excluyendo las intercalaciones de pizarras y filitas, se puede correlacionar con el perfil de la quebrada Pastos Blancos. Esos estratos corresponden según el autor mencionado, igual que en el caso presente, a la base de un conjunto liásico que yace sobre ellos en discordancia tectónica. Menciona allí mismo una formación similar (pág. 23) —tobas de queratófidos, areniscas, conglomerados y lavas de queratófidos— descrita por J. MUÑOZ CRISTI (1938) en el cerro Colorado, unos 17 Km. al norte del cerro Pumahue, quien (1942) le asignó una edad Triásico Superior.

Por otra parte, en el valle del río Tránsito, en los alrededores de Alto del Carmen, existen un perfil triásico medio marino estudiado por J. BRUGGEN (1950) y por W. ZEIL (1958), que podría correlacionarse en parte con la sucesión tratada en el caso presente. W. ZEIL describió para esa zona una sucesión de pelitas, pelitas psamitas y psamitas, de colores verde hasta verdes negruzcos. señalando además que en el pendiente de la serie marina siguen rocas efusivas intensamente rojas y verdes, tratándose preferentemente de porfiritas, tobas y tufitas, como también brechas y aglomerados volcánicos, que en partes aparecen fuertemente alterados, observándose frecuente epidotización y saussuritización (W. ZEIL, 1958, traducción C. KLOHN, págs. 7 y 8).

La parte superior señalada por W. ZEIL en ese perfil, de probable edad Supratriásica, se puede correlacionar en forma general, de acuerdo a la somera descripción litológica que se expone, con el perfil de la quebrada Barriquitas.

Como un último antecedente o como aprobación de una época Supratriásica para la formación Pastos Blancos, se puede indicar que las volcanitas ácidas, que juegan un papel importante en una gran extensión de los Andes hasta la edad Triásico inclusive, constituyen la mayor parte de esta unidad.

Resulta interesante destacar en este acápite, el único antecedente, que existía a la fecha del presente trabajo, sobre el área oriental de la región levantada. Este, que corresponde a P. GROEBER (1951), reza así:

"Sobre el flanco chileno de la sierra se presenta una tira larga a la izquierda del arroyo de las Vacas Heladas y se les encuentra, p. ej., al bajar por la empinada rajadura que el arroyo precedente del glaciar del volcán Tórtolas ha cortado en los queratófidos del cordón de la frontera; en este Antracólítico se hallan alojadas las minas de plata marcadas en el mapa. Una pequeña mancha se halla ya muy abajo, a los 3.000 m, frente a los Baños de la Hedionda". (1951, pág. 336).

Se refiere la cita a un conjunto de "grauvacas" verdes con restos de plantas que afloran precariamente en el lado argentino de la zona fronteriza en el arroyo Frío y eventualmente al sur de la desembocadura del arroyo de las Tórtolas al Valle del Cura, y que el autor identifica con los esquistos arcillosos de Arequintín donde J. KEIDEL ha encontrado plantas fósiles que le permitieron adjudicar una edad "Antracólítica", pero que él, en este caso, le atri-

buye una edad "vagamente Antracólitica", debido a que los restos contenidos en los estratos no permitieron ninguna clasificación (1951, pág. 337).

Por la descripción topográfica poco clara y los escasos antecedentes litológicos que da la cita, no es totalmente seguro que P. GROEBER se refiera a los mismos estratos que en el estudio presente constituyen la formación Pastos Blancos, en su desarrollo oriental, pero en todo caso, éstos serían los únicos probables dentro de la región.

## Sistema Jurásico.

### FORMACION PUNILLA.

#### Definición y relación estratigráfica.

En discordancia tectónica sobre la formación Pastos Blancos, yace una sucesión de sedimentos marinos fosilíferos que aparecen interrumpidos corrientemente por volcanitas de espesores variables. Su mayor extensión la encontramos en la falda naciente de la cordillera de la Punilla, razón por la cual denominaremos el conjunto con el nombre de formación Punilla.

La región en que aflora la formación Punilla se ha subdividido en dos áreas geográficas, siendo la más desarrollada la occidental, que corresponde a una extensa faja a lo largo del borde naciente de la cordillera de la Punilla.

La otra área, la oriental, comprende los afloramientos que aparecen directamente al este del portezuelo de Doña Ana y, aquellos al noroeste del cerro del mismo nombre, entre las quebradas Champones y Punilla. Esta corrida, que se encuentra interrumpida en la parte central por los efusivos más modernos del cerro Doña Ana, se curva hacia noroeste hasta juntarse con la corrida del área occidental en la zona del portezuelo Punilla.

El yacente observable, como ya dijimos, corresponde a la formación Pastos Blancos, y el pendiente, a los efusivos de Doña Ana y las volcanitas de la formación Baños del Toro, con los que aparece en discordancia tectónica.

La actitud tectónica en ambas corridas corresponde a estratos bien estratificados de diversos espesores y en posiciones homoclinales opuestas. En el área occidental existe un gran predominio de las calizas entre las sedimentitas, y de tobas y tufitas entre las volcanitas que son de un carácter sílico-alcálico a mesosilícico. Alternan estos estratos en una sucesión rítmica con areniscas y conglomerados calcáreos y con queratófidos y queratófidos brechosos que se presentan en capas de potencias que generalmente varían entre 1 y 10 m. Interrumpen también el perfil algunas inyecciones de materiales más básicos representados por porfiritas y por porfiritas basálticas de gran potencia. Los colores que presentan las sedimentitas varían entre gris claro a gris violáceo y café a café rojizo; las volcanitas en cambio, lo hacen entre gris claro a gris rojizo y gris verdoso.

El área oriental presenta un gran predominio de conglomerados, con matriz calcárea, de fino a grueso, entre las sedimentitas, que alternan con areniscas y calizas en capas de 1 a 10 m, y con las volcanitas de carácter sílico-alcálico que se interponen en espesores considerables. Las sedimentitas, bien estratificadas, son de colores gris claro, gris oscuro, gris verdoso y gris amarillento;

las volcanitas en cambio, presentan colores grises, gris rosado, gris violáceo y gris verdoso.

#### Distribución y litología del área geográfica occidental.

Los afloramientos de esta corrida se extienden a lo largo de la falda oriental de la cordillera de la Punilla, formando una franja continua que se desarrolla de norte a sur, desde la localidad del río Socarrón hasta el estero Guanta.

Tanto en el extremo norte de su desarrollo como en el borde oeste, la faja aparece limitada por el Batolito Andino, cuya intrusión ha hecho desaparecer los estratos superiores de la serie.

Por otra parte, salvo en la zona del portezuelo Punilla, no aflora en esta área la base de la serie marina, que hacia el sur, aparece cubierta por el relleno reciente del estero Punilla.

Un poco al sur del desagüe de la quebrada Pastos Blancos en el estero Punilla, existe el perfil siguiente, de abajo hacia arriba y que va desde la base del estero hasta los 4.850 m s.n.m.

- a) CALIZA OOLÍTICA (150), de color gris rosado. Las oolitas alcanzan un tamaño de 4 mm, y corresponden a siderita; en algunas se distinguen núcleos de microclina. Espesor . . . . . ~ 10 m
- b) PORFIRITA (151-152), de color gris rosado claro en la parte baja, y, afanítica y gris rosado oscuro en la parte alta. Espesor . . . ~ 10 m
- c) CHERT (153), muy alterada de color gris rosado a gris verdoso. Presenta algunos cristales de plagioclasa que aparecen completamente alterados a calcita, y vidrio desvitrificado en pequeños cristallitos de cuarzo. La roca en general aparece bastante arcillizada. Espesor . . . . . ~ 10 m
- d) PORFIDO BIORÍTICO (154), intrusivo de color gris oscuro. Textura porfírica con fenocristales de andesina, hasta de 2 mm, arcillizados, sericitizados o calcificados. La clorita es abundante y parece provenir de algunos minerales ferromagnesianos. La masa fundamental presenta textura fieltrosa y contiene plagioclasa, hematita y magnetita. Espesor . . . . . ~ 17 m
- e) PORFIRITA (155), de color gris verdoso. Presenta textura hialofítica, con andesina-labradorita, alterada a siderita y clorita, en forma de agujas que alcanzan un tamaño de 0,3 mm. Espesor ~ 130 m
- f) QUERATÓFIDO (156), de color café rojizo, que presenta cierto aplastamiento. Textura granofítica, formada por un agregado fino de feldespato y cuarzo, de 0,2 mm con vidrio intersticial. El feldespato, que parece corresponder a una plagioclasa ácida, aparece también en cristales de 0,6 mm, completamente sericitizado o sideritizado. Espesor . . . . . ~ 10 m
- g) CALIZA (157-160), fina de color gris violáceo claro en la parte inferior, y arenosa conglomerádica de color violáceo oscuro en la parte superior. En el centro presenta intercalado un lente brechoso de color rosado que se acuña hacia el oeste desde los quince a cero m de espesor. La parte superior incluye: *Terebrátula*, *Rhynchonella*, *Trigonia*, *Lima*, *Pecten*, *Vola*, *Ostrea*,

*Pleuromya, Modiola, Arca, Isocardia, Protocardium, Cypricardium, Perna* (?) y *Natica*.

La parte inferior contiene buen material fosilífero e incluye: *Terebrátula, Rhynchonella, Lucina, Trigonia, Lima, Pecten, Vola, Modiola, Isocardia, Pleurotomaria, Natica, y Amberleya*.

- |   |   |       |
|---|---|-------|
| Espesor . . . . .   | ~ | 130 m |
| h) PORFIRITA (161), de color gris verdoso y textura porfírica. Espesor . . . . .  | ~ | 33 m  |
| i) CALIZA OOLÍTICA (162-172), de color gris a gris violáceo. Se presenta en capas de 1 a 10 m, alternando con calizas arenosas de color gris verde en la parte baja, y, fina, compacta y de color gris café violáceo, arenosa de color café violácea, y conglomerádica de color violáceo en la parte alta. Espesor . . . . .  | ~ | 220 m |
| j) TUFITA (173), de color violáceo. Se compone en su mayor parte de pequeños fragmentos —de 0,4 a 1,5 mm— de queratófidos, con textura felsítica en algunos casos y fluidal en otros, granos de cuarzo de 0,2 mm, algunos de plagioclasa ácida, de 0,4 mm y epidota, de 0,1 mm. El cemento corresponde a calcita y aparece también algo limonitizado. Espesor . . . . .                                 | ~ | 26 m  |
| k) PORFIRITA (174), de color gris verde violáceo y textura porfírica. Espesor . . . . .   | ~ | 33 m  |
| l) QUERATÓFIDO VESICULAR (175-176), de color violáceo oscuro y aspecto conglomerádico. Textura porfírica con fenocristales bien desarrollados de albíta-oligoclasa de 1,5 mm, cuarzo con extinción ondulosa, de 0,4 mm y hematita con magnetita de 0,1 mm. La masa fundamental corresponde a vidrio con vesículas con calcita. Espesor . . . . .  | ~ | 50 m  |
| m) BRECHA (177), de color gris violáceo. Presenta cantos, de 4 cm, de porfirita, y una matriz tobífera. Espesor . . . . .   | ~ | 35 m  |
| n) ANDESITA BASÁLTICA INTRUSIVA (178), de color gris rosado. Presenta textura porfírica con fenocristales de labradorita, de 2 mm, algo arcillizada y sericitizada, y además, hematita con magnetita, de 1,2 mm, y epidota que parece provenir de algún ferromagnésiano. La masa fundamental tiene textura fieltrosa y está formada del mismo material que compone los fenocristales. Espesor . . . . . | ~ | 80 m  |
| o) CONGLOMERADO BRECHOSO (179), con matriz tobífera de color gris violáceo y rodados de porfirita de 10 cm. Espesor . . . . .   | ~ | 10 m  |
| p) PORFIRITA afanítica (181-180), de color gris a gris oscuro verdoso; en parte algo cloritizada. Espesor . . . . .   | ~ | 70 m  |
| q) TOBA (182), de color gris. Espesor . . . . .   | ~ | 20 m  |
| r) PORFIRITA afanítica (183), de color gris oscuro verdoso, en parte algo cloritizada. Espesor . . . . .  | ~ | 50 m  |
| s) CALIZA (184), de color gris. Contiene una fauna pobre en géneros y corresponde a: <i>Terebrátula, Rhynchonella, Vola, Cypricardia</i> (?) e <i>Hildoceras</i> . Espesor . . . . .  | ~ | 33 m  |

- t) PORFIRITA BASÁLTICA (185), de color gris violáceo. Presenta textura porfírica con fenocristales de labradorita, de 2 mm, con estructura zonal, y de piroxena, de 1,5 mm; en menor proporción aparecen cristales de epidota, de 1,2 mm, que parecen provenir de algún ferromagnesiano, y, magnetita, hematita y algo de clorita. La masa fundamental se compone del mismo material de los fenocristales. Espesor . . . . . ~ 33 m
- u) PORFIRITA (187), de color gris oscuro. Presenta textura porfírica con fenocristales de 1 mm —ocasionalmente de 2,5 mm— de andesina-labradorita alterada en parte a calcita. La masa fundamental tiene textura fieltrosa y se compone de andesina en su mayor parte, además de hematita, magnetita, piroxena, y algo de cuarzo secundario. Espesor . . . . . ~ 30 m
- v) BRECHA (188), de color violáceo. Matriz porfírica y cantos hasta de 25 cm de porfiritas. Espesor . . . . . ~ 40 m
- w) PORFIRITA BASÁLTICA (189-192), de color gris violáceo. Textura porfírica con fenocristales de labradorita calcificada, de 2 mm, hematita, de 0,2 mm, magnetita, y una escasa cantidad de piroxena (en la parte superior). La masa fundamental es de textura fieltrosa y contiene el mismo material de los fenocristales. Espesor . . . . . ~ 190 m
- x) CALIZA (193-197), de color gris a gris rosado. En la parte inferior se intercala una arenisca calcárea de 15 m de espesor, formada en un 90% por granos de cuarzo, de 0,4 mm, de contornos irregulares y extinción ondulosa; en menor proporción, de 0,2 mm, un mineral opaco, oligoclasa, biotita y algunos de ferromagnesianos. En la parte superior de la caliza aparece intercalada una tufita (Nº 196) de 20 m de espesor y de color rosado; presenta cantos, de 1 cm, de queratófidos, granos de cuarzo con extinción ondulosa, hasta de 3 mm, y plagioclasa arcillizada de 1 mm. El cemento corresponde a calcita. En la parte superior de este conjunto aparece una fauna que comprende: *Terebrátula*, *Rhynchonella*, *Pholadomya*, *Lucina*, *Trigonia*, *Pecten*, *Vola*, *Pleuromya*, *Modiola*, *Arctica* (?), *Protocardia* (?), *Lima*, *Isocardia* (?), *Astarte* (?), y *Anatica*. La parte inferior es más pobre e incluye: *Lima*, *Natica*, *Nerinea* e *Hildóceras*. Espesor . . . . . ~ 200 m
- y) IGNINBRITA (199-203), de color verde y aspecto fluidal. Está formada en su mayor parte por ceniza y cuarzo de 0,2 mm; algo de feldespato y apatita; y epidota y clorita como producto de alteración. El vidrio aparece desvitrificado y presenta un aspecto brechoso en la parte inferior. Espesor . . . . . ~ 130 m
- Espesor total aproximado del perfil . . . . . 1.525 m

Escasos metros antes de alcanzar el portezuelo Punilla por la pendiente sur del estero, se reconoce —único punto dentro del área— la base de la serie marina. La situación allí existente es la siguiente de arriba hacia abajo:

- a) CALIZA OOLÍTICA de color rojizo, con oolitas de 0,4 a 0,8 mm, donde se distinguen algunos núcleos de cuarzo y plagioclasa. Espesor . . . . . 6 m

- b) CONGLOMERADO FINO, pobre en rodados, con matriz arenosa calcárea blanquizca. Espesor . . . . . 5 m
- c) BRECHA CONGLOMERÁDICA, con cantos de 1 a 10 cm, bastante alterados, y matriz arenosa calcárea gris. Espesor . . . . . 6 m
- d) CALIZA de color gris, que en capas, de 1 a 3 m, alterna con la brecha anterior. Espesor . . . . . 12 m
- e) BRECHA CONGLOMERÁDICA, con cantos alterados, de 1 a 15 cm, y con matriz arenosa calcárea. Espesor . . . . . 10 m



f) Techo formación Pastos Blancos (muestra 112; pág. 145).

En la zona del río Primero, entre la localidad denominada los Cuartitos, frente a la quebrada los Calabozos, y el punto situado 4 Km antes de la "Junta del Medio", se observa que los estratos de la formación Punilla toman un rumbo general N 30 a 40° E con inclinación al noroeste (salvo en el lugar mismo de los Cuartitos, donde se observa un gran pliegue asimétrico). La sucesión correspondiente a ese tramo, es la siguiente de abajo hacia arriba:

- a) CALIZA (228), de color violáceo alternando con otra de color gris blanquizco. La segunda contiene buen material fosilífero e incluye: *Terebrátula*, *Rhynchonella*, *Pleuromya*, *Pholadomya*, *Ostrea*, *Arca*, *Modiola*, *Lima*, *Plagiostoma*, *Perna*, *Isocardia*, *Lucina*, *Protocardia* (?), *Pecten* y *Anatica*.
- b) TOBA DE CENIZA ácida de color gris, algo brechosa.
- c) CALIZA (229), de color rojo arenosa, con granos de cuarzo de 0,4 mm. Contiene escasos fósiles, que aparecen mal conservados, entre ellos: *Ostrea*.
- d) TOBA (230), de color verde claro. Presenta cristales, de 0,4 a 0,2 mm, de albita turbia —arcillizada— y cuarzo secundario.
- e) BRECHA VOLCÁNICA (231), roja con cantos, de 1 a 15 cm, que presentan fel-despatos ácidos. La matriz corresponde a una arenisca volcánica, con granos, de 0,2 a 0,4 mm, de plagioclasa, cuarzo y magnetita. El cemento es cuarzo diferenciado.
- f) CALIZA (232) fina de color gris. Con escasos fósiles, que aparecen mal conservados, entre ellos: *Ostrea*.
- g) PORFIRITA BASÁLTICA (233), de color gris verdoso oscuro. Textura porfírica con fenocristales más o menos limpios de andesina-labradorita, de 0,6 mm, y algunos ferromagnesianos alterados (óxidos de hierro) de igual tamaño. La masa fundamental presenta textura fieltrosa y se compone de agujitas de andesina de 0,2 mm.
- h) CALIZA ARENOSA de color rojo. Se distinguen algunos granos de cuarzo de 0,4 mm.
- i) CALIZA de color gris.
- j) BRECHA VOLCÁNICA (235), con cantos, de porfirita hasta de 50 cm. La matriz es de un color violáceo y corresponde a una arenisca volcánica con cristales de albita-oligoclasa y algunos fragmentos indeterminados, de 0,2 a 0,6 mm.

- k) **PORFIRITA (237)**, de color gris. Textura porfírica con fenocristales turbios y algo fracturados de andesina de 0,6 a 2,5 mm. La masa fundamental presenta textura hialofítica y contiene andesina, magnetita y piroxena de 0,2 mm.
- l) **BRECHA (238)**, de color gris rojizo y cantos, muy calcificados, de 1 a 80 cm. La matriz corresponde a vidrio vesicular de color rojizo, con calcita en las vesículas.
- m) **PORFIRITA (239-240)**, de color gris, afanítica. Microscópicamente se observa una textura fieltrosa, con cristalitas de andesina, de 0,2 mm, regularmente limpios, y algunos ferromagnesianos alterados.
- n) **PORFIRITA (241-242)**, de color gris violáceo a gris rojizo. Textura porfírica con fenocristales de andesina-labradorita, de 0,2 a 2 mm, regularmente limpios y fracturados; aparece además como fenocristales de 0,2 a 1 mm, anfíbola y algunos otros ferromagnesianos alterados (con segregaciones de hierro). La masa fundamental, con textura ofítica, presenta el mismo material que compone los fenocristales.
- o) **CALIZA** de color gris, algo alterada.

La potencia de la serie descrita se estima en 600 m.

Distribución y litología del área geográfica oriental.

La mejor exposición del conjunto de estratos marinos fosilíferos que constituyen el área oriental de la formación Punilla, se localiza en la falda poniente de la cordillera de Doña Ana, entre el portezuelo y el estero Tilo. Luego, la corrida continúa hacia el norte, y posteriormente hacia el noroeste, como una franja discontinua, interrumpida entre el portezuelo Tilito y el nacimiento de la quebrada Pastos Blancos por las volcanitas modernas de la formación Doña Ana y por la erosión de la quebrada respectivamente, hasta juntarse con el área geográfica occidental en la zona del portezuelo Punilla.

En el perfil Tilo, al oeste del portezuelo Doña Ana, se reconoce la sucesión siguiente, de abajo hacia arriba:

- a) **BRECHA CONGLOMERÁDICA (111)**, fina a media, de color gris rosado oscuro, con cantos hasta de 1 cm de color violáceo. La matriz corresponde a una arenisca calcárea de color rojo oscuro, formada en parte por granos de cuarzo. El cemento es calcita.  
Espesor . . . . . ~ 60 m
- b) **CONGLOMERADO (110)**, de color rojo. Contiene rodados sub-redondeados, hasta de 5 cm, de color violáceo. La matriz es arenosa y el cemento calcáreo. Espesor . . . . . ~ 30 m
- c) **CALIZA** de color amarillo claro, alternando en capas, de 1 a 1,5 m, con caliza de color gris. Presenta gran cantidad de fósiles que incluyen: *Terebrátula*, *Pholadomya*, *Lucina*, *Trigonia*, *Lima* (*Ctenostreon*), *Pecten*, *Gryphaea*, *Pleuromya*, *Modiola*, (*Astarte*) "*Ceromya*", *Astarte*, *Arctica*, *Arcomya* (*Homomya*) (?), *Ostrea*, *Arca*, *Eryphila* (?), *Myoconcha*, *Pleurotomaria*, *Natica*, *Nerinea* e *Hildóceras*. Espesor . . . . . ~ 25 m
- d) **ARENISCA Y CONGLOMERADO (109)**, arenisca media a gruesa en capas de 1 a 1,5 m, alternando con conglomerado rojo —de fino

- a grueso— con rodados, hasta de 5 cm, de porfirita. La matriz del conglomerado corresponde a una arenisca calcárea, formada en parte por granos de cuarzo y por calcita. Espesor . . . . . ~ 200 m
- e) CALIZA OOLÍTICA (108), de color gris; las oolitas alcanzan un tamaño de 0,3 mm y sólo es posible observar algunos núcleos que corresponden a cuarzo. Espesor . . . . . ~ 60 m
- f) Rodados y escombros de falda que cubren los afloramientos de una potencia estimada en . . . . . ~ 450 m
- g) ARENISCA CALCÁREA (106), de grano medio. Alterna el color verde amarillento pálido con el violáceo pálido. Está formada en su mayor parte por granos, sub-redondeados, de cuarzo, hasta de 0,6 mm, que aparecen algo quebrados y con extinción ondulosa, y en menor proporción, algunos granos de oligoclasa y rodaditos de queratófidos, de 0,4 mm. El cemento corresponde a calcita. Espesor . . . . . ~ 25 m
- h) CALIZA de color gris. Espesor . . . . . ~ 20 m
- i) CONGLOMERADO (105a.), fino de color rojo; con rodados hasta de 1 cm. Matriz arenosa y cemento calcáreo. Espesor . . . . . ~ 70 m
- j) CALIZA de color gris. Con abundantes fósiles que comprenden: *Rhynchonella*, *Terebrátula*, *Pholadomya*, *Lucina*, *Trigonia*, *Lima* (*Plagiostoma*), *Pecten*, *Ostrea*, *Exogyra*, *Gryphaea*, *Pleuromya*, *Modiola*, *Isocardia*, (*Astarte*) "*Ceromya*", *Goniomya*, *Eryphila* (?); *Protocardia* (?), *Corbis* (?), *Venus* (?), *Pleurotomaria*, *Natica* e *Hildóceras*. Espesor . . . . . ~ 60 m
- k) BRECHA (105), de fina a gruesa. Presenta cantos, hasta de 40 cm, de porfirita, una matriz arenosa y un cemento rojizo calcáreo. Espesor . . . . . ~ 40 m
- l) CALIZA de color gris. Espesor . . . . . ~ 90 m
- m) Rodados y escombros de falda que cubren los afloramientos de una potencia estimada en . . . . . ~ 300 m
- n) PORFIRITA (102), de color gris rosado muy pálido. Textura porfírica con fenocristales limpios de andesina, de 0,4 a 2 mm, con estructura zonal; biotita, de 0,8 mm, y magnetita de 0,3 mm. La masa fundamental es fina y presenta textura fieltrosa, estando formada por agujitas de plagioclasa, de 0,07 mm, algo alteradas a calcita. Espesor . . . . . ~ 15 m
- o) CONGLOMERADO (100), con rodados hasta de 7 cm de porfirita de color violáceo. Los rodados tienen textura porfírica con fenocristales de andesina-labradorita, de 0,8 mm, arcillizados y sericitizados, y anfíbola de 1 mm. La masa fundamental de los rodados es de textura fieltrosa y contiene plagioclasa, anfíbola, biotita y magnetita. La matriz del conglomerado corresponde a una arenisca calcárea, formada por granos de andesina-labradorita, de 1 mm, fragmentos de andesina, de igual tamaño, cuarzo, de 0,2 mm y con extinción ondulosa, magnetita con hematita, y, clorita. El cemento corresponde a calcita. Espesor . . . . . ~ 100 m

- p) CALIZA de color gris. Tiene un material pobre en géneros que comprende: *Terebrátula*, *Rhynchonella*, *Pecten*, *Pholadomya*, *Pleuromya*, *Vola* y *Lucina*. Espesor . . . . . ~ 90 m
- q) ANDESITA BASÁLTICA INTRUSIVA (99), de color verde oscuro. Textura porfírica con fenocristales de labradorita, hasta de 1,5 mm, algo sericitizada; anfíbola de 8 mm y magnetita de 0,6 mm. La masa fundamental tiene textura fieltrosa y está formada por plagioclasa, piroxena, mica, magnetita y clorita. Espesor . . . . . ~ 30 m
- r) BRECHA (98), de color rojo, con cantos, de 15 cm, de porfirita de color violáceo, con textura porfírica y fenocristales de 1 mm. Espesor . . . . . ~ 60 m
- El espesor total de la serie es . . . . . ~ 1.725 m

Relaciones entre el área geográfica occidental y oriental y condiciones de depositación.

Ambas áreas geográficas de la formación Punilla corresponden a una sucesión de sedimentos con intercalaciones de material sílico-alcálico, y constituyen los respectivos flancos de un anticlinal que se acuña hacia el norte.

En la parte sur de los afloramientos de la formación Punilla, sin embargo, donde las áreas se encuentran separadas por una distancia de cinco a seis kilómetros, no ha sido posible hasta el momento hacer una correlación justa entre ellas, debido principalmente, a la gran cantidad de fallas que han afectado local y regionalmente al área occidental, la cual, en el extremo austral, presenta niveles estratigráficos más bajos que la otra. Por otra parte, en el lado oriental, en la falda oeste del cerro Doña Ana, la serie sedimentaria parece haber sido aumentada en espesor por algún sistema de fallas.

La única relación litográfica directa que existe entre las dos áreas, corresponde a la base de la unidad Punilla, que se reconoce —en discordancia sobre el techo de la formación Pastos Blancos— tanto en la zona del portezuelo Punilla como en el estero Tilo, esto es, en el área occidental y oriental respectivamente.

Por otra parte, el material fosilífero presente en la formación tratada, muy homogéneo y que comprende Brachiopodos, Pelecípodos, Gastrópodos y Cephalopodos, no contiene fósiles guías para poder realizar un estudio estratigráfico detallado de los diferentes estratos sedimentarios que componen las dos corridas de la formación Punilla. Igualmente, la amplia distribución vertical de la mayor parte de los ejemplares fósiles recolectados, aumentada tal vez por fallas, dificulta, de acuerdo a las características del presente trabajo, una separación estratigráfica definida de los diferentes bancos en que aparecen, y de esta manera, una correlación más exacta entre las dos fajas consideradas.

Por lo tanto, para cualquier determinación o conclusión en cuanto a una correlación estricta en la parte sur entre las dos áreas geográficas de la formación Punilla, sería necesario otro tipo de estudio, mucho más detenido y con una recolección más cuidadosa y detallada del material fosilífero allí presente, aparentemente en buen estado de conservación.

Con respecto a las condiciones de depositación, en ambas áreas se distinguen facies litorales y neríticas, pero en líneas generales, se puede determinar

que el conjunto oriental indica un carácter más costanero que el occidental, con algunas oscilaciones rítmicas de avance y retroceso del mar.

Espesor.

El espesor total de la formación Punilla es variable. Así, en la zona del estero Punilla, frente a la quebrada Pastos Blancos, los estratos visibles alcanzan un espesor de 1.525 m, y aproximadamente 600 m en la zona del río Primero; en el área geográfica oriental, frente al portezuelo de Doña Ana, la unidad total llega a los 1.725 m de potencia, pero aquí es posible alguna repetición de estratos por fallas. Por otra parte, estos espesores aparecen aumentados considerablemente por intrusiones andesíticas posteriores.

Edad y correlaciones.

El material fosilífero presente en la formación Punilla indica en general para todo conjunto una edad Lías Superior a Dogger Inferior.

En el perfil Doña Ana del área geográfica oriental, donde se definen en líneas generales tres horizontes fosilíferos, se encuentra el siguiente material:

Horizonte superior con:

- Terebrátula aff. copiapensis* Mör.
- Terebrátula domeykana* Nob. (?).
- Terebrátula domeykana* Bayle et Couquand. var. (?).
- Terebrátula gottschei* Stein.
- Rhynchonella tetraedra*.
- Pecten disciformis* Schubler.
- Pholadomya fidicula* Sow (?).

Horizonte intermedio con:

- Terebrátula aff. copiapensis* (?) Mör.
- Terebrátula domykana* Nob.
- Terebrátula gottschei* Stein. var. (?).
- Rhynchonella cf. haenigma* D'Orb. ( ).
- Pholadomyia fidicula* Sow.
- Pholadomyia attenuata* Hupé (?).
- Lucina plana* Ziet. (?).
- Lucina payllalefi* Leanza (?).
- Trigonia catenifera* (Hupé).
- Lima duplicata* Sow. (Plagiostoma).
- Lima gigantea* Sow. (Plasiostoma).
- Pecten cf. (clams) textorios* Schloth. ( ).
- Pecten cloacinus* (?).
- Ostrea marschü* Sow.
- Ostrea encarpifera* Hupé.
- Ostrea sandalina* Goldf.
- Exogyra laevigata* (?).
- Gryphaea arcuata*.

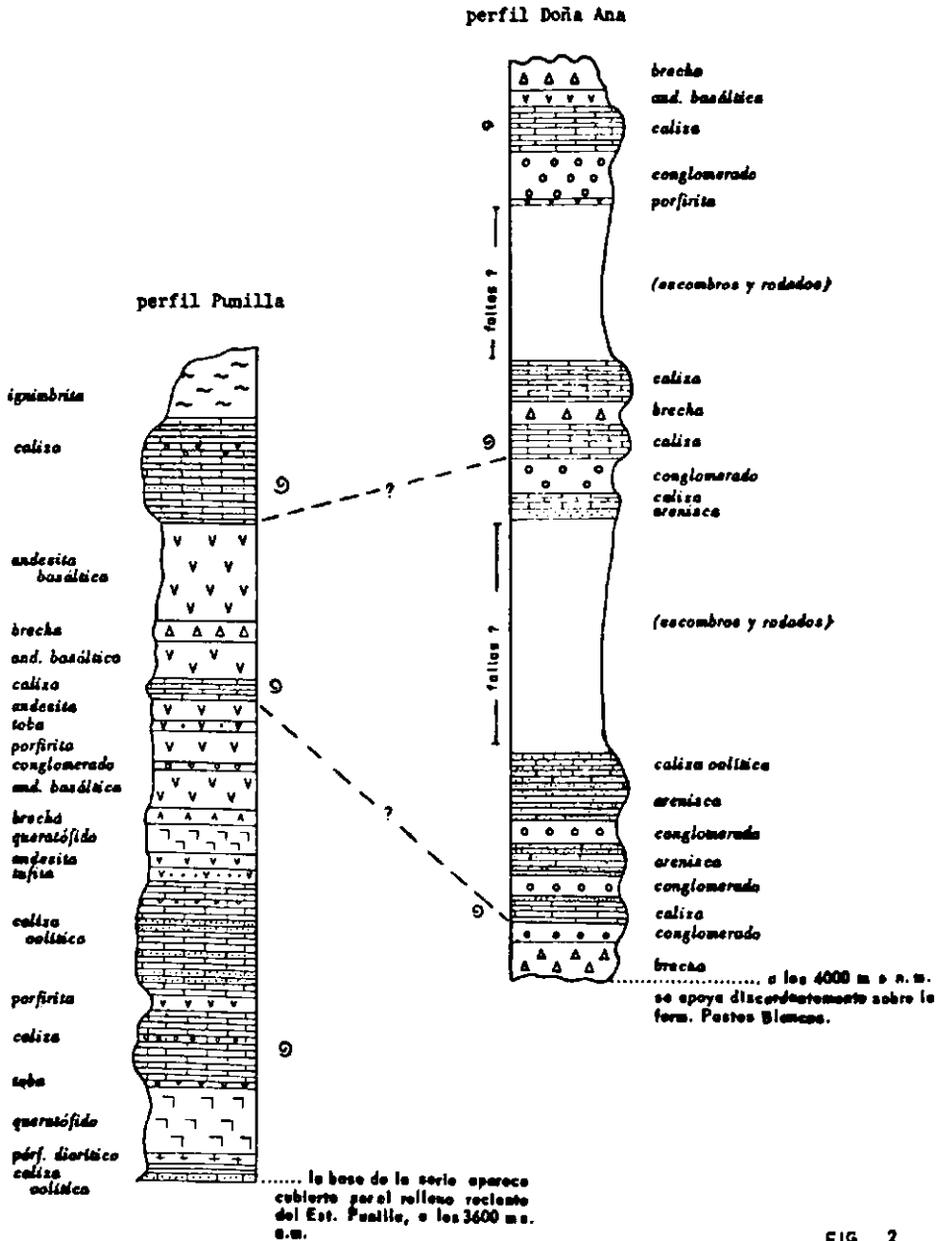
*Pleuromyia jurassi* Ag.  
*Modiola scalprum* Sow.  
(Astarte) "*Ceromya*" *steinmanni* Mör.  
*Goniomya* cf. *proboscidea* Ag.  
*Pleurotomaria* sp. B (aff. con *Pleurotomaria* sp. Iquique).  
*Natica philippi* Mör.  
*Natica catalinensis* Weaver A.  
*Pleurotomaria* sp. indert. (aff. *Pleurotomaria leufuensis* Weaver) (?).  
"Hildóceras" (*Phymatoceras*) *lilli* Hau.  
*Hildóceras copiapensis* Mör.

Horizonte inferior con:

*Terebrátula* aff. *copiapensis* (?) Mör.  
*Terebrátula domeykana* Nob. var. (?).  
*Terebrátula gottschei* Stein.  
*Terebrátula punctata* Sow.  
*Pholadomya fidícula* Sow.  
*Pholadomya* cf. *plegemanni* Mör. (?).  
*Lucina plana* Ziet (?).  
*Lucina payllalefi* Leanza (?).  
*Lucina* cf. *atacamensis* Mör.  
*Trigonia catenifera* Hupé.  
*Trigonia stelzneri* Gott.  
*Lima truncatifrons* Bayle et Couqand. (?).  
*Lima gigantea* Sow.  
*Lima varicosta* Bayle e Couqand. (?).  
*Pecten textorius* Schl. (var. *Pecten turulosi* Quenst.).  
*Pecten* cf. *abnorbis* Hupé (?).  
*Gryphaea bustilossi* Hupé.  
*Gryphaea cymbium* (?).  
*Gryphaea darwini* Forb.  
*Pleuromyia jurassi* Ag.  
*Modiola scalprum* Sow.  
*Modiola baylei* Ph.  
*Modiola andina* Ph.  
(Astarte) "*Ceromya*" *steinmanni* Mör.  
*Astarte* cf. *mirabilis* Mör (?).  
*Arctica* sp. indet. de Leanza.  
*Arcomya* (*Homomya*) (?).  
*Pleurotomaria* sp. B (aff. *Pleurotomaria* sp. B de Iquique).  
*Pleurotomaria* sp. A (aff. *Pleurotomaria* sp. A de Iquique).  
*Natica catalinensis* Weaver A.  
*Nerinea* sp. indet. (aff. *Nerinea suevica*) (?).  
"Hildóceras" (*Phymatoceras*) *lilli* Hau.  
*Hildóceras copiapensis* Mör.

De todo este material, sin embargo, se puede considerar solamente como gúla a "*Hildóceras*" (*Phymatoceras*) *lilli* Hau. e *Hildóceras copiapensis* Mör.,

## COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS ESQUEMATIZADAS DE LA FORMACION PUNILLA



que afloran en los dos horizontes más inferiores y a las cuales se les atribuye una edad Lías Superior a Bajociano Inferior, como lo señala W. MORICKE, especialmente para el segundo caso. Este criterio para considerar la edad, se ve reforzado además, principalmente, por la presencia de *Terebrátula domeykana*, *Rhynchonella tetraedra*, *Gryphaca darwini* y *Pecten textorius*.

La parte superior del perfil, no contiene un fósil guía, y aquí podría considerarse, en base a todo el conjunto, una época Bajociana.

Por otra parte, en el área geográfica occidental, en el perfil frente a la quebrada Pastos Blancos, la situación es muy similar en cuanto a la variedad de ejemplares presentes. Aquí, sólo se puede hacer notar la ausencia casi total de "*Hildóceras*" (*Phymatoceras*) *lilli* Hau. e *Hildóceras copiapensis* Mör., ejemplares que son muy escasos y que sólo aparecen en los dos horizontes más superiores. Otra característica de esta parte, es la presencia de *Vola alata* von Buch., que se presenta en los tres horizontes y que no aparece en el grupo oriental.

Resumiendo, se puede concluir que en la parte sur del flanco oriental del anticlinal y en la zona del río Primero, los sedimentos depositados allí van desde el Lías Superior a Bajociano Inferior, y que en la parte sur del flanco occidental del anticlinal, estaría presente sólo el Lías Superior, habiendo desaparecido por la intrusión granítica los estratos más nuevos.

Referente a una posible correlación de la formación Punilla con otras unidades conocidas en el territorio, se puede considerar, de acuerdo a la alternación y características litológicas, la formación Lautaro de K. SEGERSTROM, al sur de Copiapó, de edad Lías Inferior a Lías Superior (1959). Como en el caso presente, esa formación corresponde a "una sucesión marina de areniscas y calizas, de color de meteorización café amarillento, y rocas volcánicas gris purpúreo" (pág. 7), y que según el autor mencionado, constituye una franja que se extiende por 200 km. hacia el sur-sureste, hasta Tres Cruces, al sur de Rivadavia, en la provincia de Coquimbo (pág. 7).

## Sistema Cretácico.

### FORMACION BAÑOS DEL TORO.

#### Definición y relación estratigráfica.

Con el nombre de formación Baños del Toro se designa a una sucesión de piroclásticos y lavas, de colores preferentemente gris verdoso y gris violáceo, con algunas intercalaciones de conglomerados y tufitas, cuyos afloramientos cubren gran parte de la región comprendida por el presente estudio. La denominación Baños del Toro se debe a los baños popularmente conocidos con este nombre en la región, situados dentro de los límites del área comprendida por esta formación.

Su piso visible se apoya, en discordancia angular, sobre los estratos de la formación Pastos Blancos, en la parte oriental de la región, y sobre la formación Punilla en la parte occidental; su techo, no se ha establecido aún con un límite superior, continuando las capas hacia las cumbres altas, donde son cortadas por la intrusión más moderna del Batolito Andino. Sólo en la zona de la cordillera de Doña Ana, los estratos de la formación Baños del Toro aparecen

cubiertos por los efusivos de la formación Doña Ana, que se apoyan discordantemente sobre ellos.

Los afloramientos, en general, de la formación Baños del Toro, presentan a simple vista un aspecto de alteración, tal vez hidrotermal, con apariencia exterior de caolinización. Esto se observa en gran parte en las paredes, a ambos lados y a lo largo del río Malo y Toro, y corresponde, seguramente, a lo que I DOMEYKO llamó "tofos o kaolines de tonos blancos y amarillentos manchados con distintos colores" (1903, pág. 278).

Las capas, en general, aparecen muy mal estratificadas y son de espesores variables, manteniendo una inclinación media de 50° al oeste, con una dirección general norte-sur a N 10° E.

La parte inferior de los estratos, donde predomina el color verde y violáceo sobre el gris y gris amarillento, se designa con el nombre de miembro inferior o Loma del Azufre, y se compone, principalmente, de tobas de ceniza, tobas de cristales, tobas líticas, porfiritas, areniscas volcánicas, brechas tobíferas y, menos corrientemente, conglomerados brechosos con rodados y cantos de hasta de 30 cms.

La parte superior, que se denomina miembro superior o río Primero, presenta una serie parecida, pero se diferencia, sin embargo, por las intercalaciones corrientes de piroclásticos y lavas de queratófidos que abundan en esta sección.

Ambos miembros aparecen en contacto concordante, existiendo entre ellas una continuidad estratigráfica difícil de separar. Su diferenciación se debería exclusivamente a un criterio petrográfico, definido por un predominio del carácter andesítico para los componentes del miembro inferior, y de un predominio del carácter queratófídico sobre el andesítico en el miembro superior.

#### Distribución y litología del miembro Loma del Azufre.

Los afloramientos correspondientes al miembro inferior de la formación Baños del Toro, tienen un amplio desarrollo en la parte oriental del área levantada.

El límite con el miembro superior corresponde a una línea aproximadamente norte-sur, que une el portezuelo del Negro, cerca del nacimiento del río Primero, con el lugar denominado Boca del Toro.

En dirección septentrional, la corrida de este miembro aparece interrumpida, en la misma zona del portezuelo del Negro, por la intrusión del Batolito Andino; en dirección austral, ella continúa fuera de la hoja, frente al cerro Herrera, al este del río Turbio.

En cuanto a su desarrollo hacia el lado naciente, la mitad sur del miembro limita a la altura del meridiano 70° W, con la formación Pastos Blancos, a la cual se sobrepone discordantemente; la mitad norte, en cambio, debe alcanzar más allá de la línea fronteriza, pero desgraciadamente, su extensión y límite en ese sentido no ha sido posible observarlo debido a las dificultades de acceso y a la mala calidad de las fotografías aéreas de esa parte.

Antes de continuar con la litología, el autor cree conveniente destacar una característica general que se manifiesta preferentemente en todos los terrenos donde se desarrolla la formación Baños del Toro, y que se refiere a las dificultades que existen para determinar con certeza los límites de los cambios litológicos y, consecuentemente, los espesores parciales de los estratos. Intervie-

nen primordialmente en este sentido como factores negativos, la mala estratificación general de las capas; la gran cantidad de materiales coluviales que cubren grandes áreas de la región, cosa corriente en esta parte de la Cordillera de los Andes; y, las fuertes pendientes de los cerros, que a veces forman ángulos muy agudos con la inclinación de los estratos que por sí solos son difíciles de apreciar. De esta manera, en las diferentes secciones que se tratarán más adelante, se considerarán solamente las potencias totales, que tendrán un valor estimativo.

La litología será descrita a continuación mediante algunos perfiles, que en un intento de ordenación estratigráfica ascendente son: Perfil río Vacas Heladas, Perfil Loma del Azufre, y Perfil río Malo-quebrada del Negro.

El perfil Vacas Heladas, que va desde la mina Majada Vacas Heladas, hasta la mina Hedionda, no es continuo, y el orden de los estratos allí muestreados, es el siguiente, de abajo hacia arriba:

- a) **AGLOMERADO VOLCÁNICO (333)**, de color general gris y con rodados de 5 a 20 cms de tamaño. Tanto la matriz como los rodados presentan una composición similar y corresponden a una roca andesítica de textura porfírica. Los fenocristales son de andesina, turbia, de 1,4 mm —sericitizada, calcificada y fracturada—, de hematita, y ocasionalmente, de augita; la masa fundamental presenta una textura fieltrosa y contiene, agujitas de plagioclasa y augita de 0,04 mm, en menor cantidad magnetita y hematita, y finalmente, clorita como producto de alteración.
- b) **LAVA RIOLÍTICA DESVITRIFICADA (335)**, de color gris rojizo y de textura porfírica. Los fenocristales corresponden a cuarzo de 0,4 mm —con extinción ondulosa—, a magnetita con hematita de 0,6 mm y a otros completamente caolinizados, que alcanzan a 2 mm de tamaño; la masa fundamental aparece desvitrificada en cristales de cuarzo y feldespato de 0,04 mm.
- c) **BRECHA VOLCÁNICA (337)**, de color general gris, y de cantos que van desde pocos centímetros hasta bolones de casi un metro de diámetro. Tanto la matriz como los cantos corresponden a una arenisca volcánica, de granos subangulosos, integrada por oligoclasa de 0,2 a 2 mm —sericitizada y calcificada—, y en menos cantidad, por cuarzo, de 0,2 mm, y por fragmentos de porfirita, de 0,6 mm; aparece, además, clorita y calcita como producto de alteración.
- d) **TOBA DE CENIZA (340)**, de colores superficiales muy variados, que van del negro al amarillo. Corresponde a una toba de ceniza muy sericitizada con escasos granos de cuarzo y augita, de 0,4 mm (alterada hidrotermalmente).

El espesor total ha sido aquí estimado en . . . . . 300 m.

El conjunto donde aflora la toba de ceniza descrita en d) y que corresponde a la zona de la mina Hedionda, muestra diferentes aspectos debido a las variedades de tonos de su color superficial, lo que induce, macroscópicamente, a pensar en distintos tipos de rocas.

En el perfil Loma del Azufre, que será descrito a continuación y que en su recorrido une la mina Majada Vacas Heladas y el río Toro, aparece una sucesión de volcanitas que corresponden a niveles superiores a los descritos en

el perfil anterior, pero con el cual no existe una solución de continuidad, debido probablemente a las dislocaciones que afectan el extremo sur-este de la región estudiada.

De abajo hacia arriba se tiene la serie siguiente:

- a) TOBA DE CENIZA (313-312), de color gris. Contiene en parte granos fracturados de cuarzo, de 0,2 a 0,4 mm, y andesina, algo sericitizada, de 0,1 a 2 mm; el cuarzo presenta extinción ondulosa y la plagioclasa a veces estructura zonal. Aparecen, además, algunos fragmentos de vidrio cloritizado, y otros, hasta de 1 cm, de queratólidos (?). La ceniza aparece en partes totalmente sericitizada.
- b) PORFIRITA (314), de color gris.
- c) PORFIRITA (?) (315), de color verdoso claro. Textura fieltrosa, con andesina, de 0,1 a 0,3 mm, alterada a calcita; también hematita con magnetita, y en menor cantidad, epidota y titanita alterada a leucoxeno (?).
- d) BRECHA de color gris violáceo, con cantos de porfirita, hasta de 50 cm. Estos presentan textura porfírica, con fenocristales turbios de andesina de 1,4 mm, arcillizada, sericitizada o calcificada; también, magnetita y hematita de 0,6 mm. La masa fundamental tiene textura fieltrosa, con agujitas de plagioclasa de 0,1 mm y magnetita de igual tamaño; además, algunas guías de calcita.
- e) PORFIRITA (317), afanítica de color verdoso.
- f) TOBA DE CENIZA (318), de color gris claro. Contiene granos de cuarzo, hasta de 2 mm, bastante quebrados y con extinción ondulosa; plagioclasa ácida (?), turbia y bastante arcillizada y sericitizada; y finalmente, clorita, como producto de alteración, en pequeña cantidad. La ceniza aparece en parte sericitizada y desvitrificada formando cuarzo y feldespatos.
- g) TOBA DE CENIZA (319), de color gris violáceo. Formada casi exclusivamente por ceniza sericitizada, en parte algo desvitrificada, formando cuarzo y feldespatos. Semejante a la matriz de la toba descrita frente a la letra ñ.
- h) ARENISCAS VOLCÁNICAS (320), de color gris verdoso. Formada en su mayor parte por granos de plagioclasa, arcillizada y sericitizada, hasta de 2 mm; en menor cantidad aparece cuarzo, de 1 mm, algo quebrado y con extinción ondulosa; finalmente, epidota y clorita como productos de alteración.
- i) TOBA DE CENIZA (321), de color verdoso. Constituida, casi exclusivamente, por ceniza muy sericitizada y calcificada, y por algunos granitos de cuarzo de 0,2 mm, con extinción ondulosa, y por algo de epidota.
- j) ROCA SILICIFICADA y limonitizada superficialmente (323), de color gris amarillento.
- k) TOBA DE CRISTALES (324), de color gris. Contiene cristales turbios de plagioclasa ácida (?), hasta de 2 mm, en parte arcillizada, sericitizada, cloritizada o calcificada; en menor cantidad, aparece cuarzo de 1 mm con extinción ondulosa; magnetita de 0,3 mm, y clorita y calcita como productos de alteración.

- l) BRECHA TOBÍFERA (325), de color violáceo. Contiene cantos de porfiritas, de 10 cms de textura fieltrosa y con agujitas de plagioclasa de 0,06 mm. La matriz corresponde a una toba de cristales con oligoclasa-andesina (?), completamente turbia, hasta de 2 mm, arcillizada y sericitizada. Contiene además, cuarzo, que parece corresponder a una desvitrificación del vidrio, junto con el feldespato; en menor proporción aparece clorita, epidota y calcita, como productos de alteración.
- m) PORFIRITA (326), de color violáceo. Textura porfírica en fenocristales de andesina, algo turbia, de 1,2 mm —ocasionalmente algunos mayores, hasta de 4 mm—, sericitizados, cloritizados o calcificados; aparece además, magnetita, de 0,6 mm. La masa fundamental tiene textura fieltrosa y presenta el mismo material que aparece formando los fenocristales, con algo de clorita y calcita como producto de alteración.
- n) PORFIRITA EPIDOTIZADA (327-328), de color gris a gris verdoso. Textura porfírica con fenocristales turbios de andesina-labradorita hasta de 2,5 mm alterada, en gran parte, a epidota, arcillizada, cloritizada o calcificada. La masa fundamental presenta una textura fieltrosa, con agujitas de plagioclasa de 0,2 mm en parte cloritizada o epidotizada; magnetita con hematita de 0,4 mm y en pequeña proporción, cuarzo secundario.
- ñ) TOBA DE CENIZA BRECHOSA (329), de color gris a gris violáceo, con algunos cantos de porfirita hasta de 20 cms. El resto corresponde a ceniza que aparece casi completamente sericitizada.
- o) PORFIRITA (330), de color violáceo y textura porfírica.
- p) TOBA DE CRISTALES (331), de color verdoso. Formada por cristales de andesina, turbia y fracturada, hasta de 4 mm, y que aparece sericitizada, sideritizada y cloritizada. Contiene además, bastante magnetita, de hasta de 0,4 mm. La ceniza que contiene estos cristales se encuentra desvitrificada y en parte reemplazada por clorita y calcita.
- q) ARENISCA VOLCÁNICA (?) (332), de color verdoso, muy alterada. Textura porfírica con fenocristales de plagioclasa turbia, muy epidotizada, de 0,4 mm. La masa fundamental, con bastante cuarzo secundario de 0,1 mm, aparece también algo epidotizada.

La potencia total de la serie descrita debe sobrepasar los 2.000 m.

Finalmente, el perfil que une el río Malo con la quebrada del Negro, frente al cerro Canto, representa los niveles más superiores de todo el miembro inferior. Como en el caso anterior, tampoco existe una solución de continuidad con el que le precede, y en este caso, bien podría existir en la base una repetición de los estratos superiores de ese perfil.

La sucesión aquí encontrada es la siguiente de abajo hacia arriba:

- a) ROCA SILICIFICADA Y LIMONITIZADA SUPERFICIALMENTE (1-2), de color gris claro a gris amarillento, altamente fracturada.
- b) BRECHA (3), de color café oscuro, muy silicificada. Contiene cantos de 10 cm, de cuarcitas (semejante a la masa fundamental de los rodados descritos frente a la letra c y de tobas de ceniza con escapolita. El cemento corresponde a una arcilla ferruginosa, tal vez limonita.

- c) **CONGLOMERADO BRECHOSO (4)**, de color gris violáceo, con rodados hasta de 20 cm. Entre los rodados aparecen los siguientes:  
Porfírita. Textura porfírica con fenocristales de andesina-labradorita, hasta de 1 mm, epidota proveniente de algún otro ferromagnesiano, hematita y magnetita. Rodeando los ferromagnesianos o en el centro de ellos, es común encontrar clorita. La masa fundamental presenta textura fieltrosa y contiene agujitas de plagioclasa de 0,2 mm; epidota como producto de alteración y en pequeña proporción, cuarzo secundario.  
Pórfido granodiorítico. Textura porfírica con fenocristales de andesina turbia, hasta de 4 mm, con estructura zonal; cuarzo hasta de 2 mm; mica (biotita) de igual tamaño y ortoclasa. La masa fundamental es de textura alotriomorfa granular y está formada casi exclusivamente por un mosaico de cuarzo, con algo de mica y clorita.  
Pórfido granítico alterado. Tiene una textura porfírica con fenocristales de cuarzo de 1 mm; plagioclasa turbia, arcillizada y sericitizada, hasta de 1,5 mm; hornblenda, de 1 mm, en menor cantidad, y algo de limonita. La masa fundamental corresponde a un mosaico de cuarzo.  
La matriz aparece muy silicificada.
- d) **ROCA CÓRNEA (6)**, de color gris verdoso. Textura porfiroblástica con fenocristales de cuarzo, de 1 mm, con extinción ondulosa; hornblenda de 0,8 mm, andesina algo sericitizada y cloritizada, hasta de 1,5 mm; biotita y magnetita de 0,2 mm. La masa fundamental tiene una textura granoblástica, y se compone del mismo material que aparece formando los fenocristales. Aflo- ra en contacto con un apófisis granítico.
- e) **ROCA SILICIFICADA (11)**, de color gris claro amarillento, algo limonitizada superficialmente. Posible queratófido (?).
- f) **TOBA LÍTICA (12-13)**, de color gris violáceo. Contiene cristales de andesina, de 0,4 a 2 mm, algunos arcillizados y sericitizados; magnetita; clorita, como producto de alteración; y fragmentos de porfiritas, hasta de 2 mm, algo cloritizados. La ceniza aparece por una parte algo arcillizada, y por otra, epidotizada.
- g) **ROCA SILICIFICADA Y LIMONITIZADA superficialmente (14)**, de color amarillo rojizo.
- h) **TOBA LÍTICA (15)**, de color gris violáceo. Formada por cristales de andesina turbia, hasta de 2,5 mm, arcillizada y cloritizada en parte, y algunos fragmentos andesíticos que aparecen alterados en parte a clorita.
- i) **TOBA DE CENIZA Y CRISTALES (16)**, de color verdoso y aspecto arenoso. Está formada en su mayor parte por cristales de cuarzo, sub-angulosos, de 0,4 a 2 mm, y de andesina, hasta de 1,5 mm; en pequeña proporción aparece hematita; además, clorita, como producto de alteración, y pequeños fragmentos de andesitas y cuarcitas, hasta de 2 mm. La ceniza contiene bastante clorita.
- j) **TOBA LÍTICA (17)**, de color gris violáceo. Contiene fragmentos de porfiritas, con bastante clorita, hasta de 1 cm, y en menor proporción, andesina-labradorita, algo sericitizada, de 0,1 a 0,4 mm, y magnetita, de 0,1 a 0,3 mm. La ceniza aparece en parte algo cloritizada y sericitizada.
- k) **PORFIRITA (18)**, de color gris verdoso.

- l) **TOBA BRECHOSA (19)**, de color gris verdoso. Formada por cristales de andesina, de 0,1 a 0,4 mm, alterada a veces a clorita o sericita; magnetita de 0,2 mm y algunos fragmentos de porfiritas hasta de 4 mm. La matriz vítrea aparece algo cloritizada y sericitizada.
- m) **PORFIRITA (20-21)**, de color gris verdoso a gris rojizo. Tiene una textura porfírica.
- n) **BRECHA ANDESÍTICA TOBÍFERA (22-23)**, de color violáceo en la parte superior y verdoso, algo cloritizada en la parte inferior.
- o) **PORFIRITA (24-25)**, afanítica de color café violáceo en la parte alta y porfírica de color verdoso en la parte baja.
- p) **TOBA DE CRISTALES (26)**, de color verdoso. Formada en su mayor parte por cristales de cuarzo, hasta de 2,5 mm, algo quebrados y con extinción ondulosa; en menor proporción, andesina, de 0,4 a 0,8 mm, alterada en parte a clorita, sericita o calcita; y hematita, de 0,1 mm. La matriz es vítrea y contiene bastante sericita y clorita como producto de alteración.
- q) **BRECHA TOBÍFERA (27)**, de color violáceo. Contiene cantos de porfirita de varios centímetros. La matriz corresponde a una toba con cristales de andesina-labradorita, alterados a veces a clorita, de 0,2 a 1 mm; magnetita de 0,2 mm; y algo de clorita y epidota como producto de alteración.
- r) **TOBA ANDESÍTICA (29)**, de color gris claro. Presenta cristales de andesina-labradorita, arcillizados y a veces cloritizados, de 0,2 a 0,8 mm; epidota como producto de alteración; y algunos fragmentos de rocas andesíticas de 0,1 mm. El vidrio aparece en parte algo arcillizado.

El espesor total de esta serie se estima en 1.200 m.

#### Distribución y litología del miembro Río Primero.

Este miembro, que como ya se ha dicho, se apoya concordantemente sobre el techo del miembro inferior, se desarrolla en un amplio campo de la mitad occidental del área levantada.

Referente a su extensión occidental, la mitad sur del miembro desaparece discordantemente bajo las volcanitas plio-pleistocenas en la falda naciente y septentrional de la cordillera de Doña Ana; la mitad norte, en cambio, alcanza hasta muy próximo a la quebrada los Calabozos y limita con los sedimentos marinos Lías-Dogger de la formación Punilla. La relación estratigráfica que existe entre estas dos formaciones, se resuelve en la zona de los Cuartitos, donde se observa que los estratos superiores de la formación Baños del Toro, ahora con una leve inclinación hacia el este, continúa discordantemente sobre la cabeza del anticlinal de la formación Punilla.

En cuanto a su desarrollo norte y sur, la corrida se ve interrumpida por la intrusión del Batolito Andino en la zona de los ríos Primero y del Medio y en la zona del cerro Turbio respectivamente.

Respecto a la litología, se tienen dos perfiles de los cuales el más representativo lo constituye aquel que une la quebrada del Negro con el cajón del Toro Muerto, y que corresponde a la continuación ascendente del perfil río Malo-quebrada del Negro del miembro inferior. El otro, en cambio, el

perfil río Primero, corresponde a un muestreo discontinuo por el río, desde su curso medio hasta la zona de los Cuartitos, y sólo señala, además de una repetición, algunos de los estratos más superiores del miembro.

La sucesión muestreada en el primer caso es la siguiente de abajo hacia arriba:

- a) **TOBA DE CENIZA (30-31)**, de color gris amarillento en la parte superior y gris violáceo en la parte inferior. Contiene cristales de albita y ortoclasa turbia —algo arcillizada y sericitizada— de 0,2 a 1,5 mm; y en menor proporción, magnetita y cuarzo, de 0,8 mm; aparece además, algunas concreciones, hasta de 3 mm, de cuarzo y también, feldespato, biotita y algunos fragmentos indeterminados de 0,8 mm. La ceniza aparece bastante arcillizada.
- b) **PORFIRITA (32)**, de color verdoso.
- c) **TOBA DE CENIZA (33)**, de color café violáceo. En su mayor parte contiene cristales, de 0,2 a 1,4 mm, de ortoclasa y albita-oligoclasa turbia (arcillizada y sericitizada); aparece además, magnetita hasta de 0,4 mm, algunos fragmentos de cuarcitas de 0,6 mm, y ocasionalmente, otros de porfiritas de 1 cm. El vidrio aparece desvitrificado.
- d) **TOBA SOLDADA (34a)**, formada por cristales de albita-oligoclasa turbia —arcillizada y sericitizada—, de 0,2 a 2 mm, cuarzo de 0,4 mm, magnetita y hematita de 0,4 mm, y algunos fragmentos indeterminados de 0,4 mm. La ceniza aparece en parte algo arcillizada.
- e) **LAVA BRECHOSA (35)**, de color rojizo.
- f) **CONGLOMERADO (36)**, grueso, con matriz de color gris amarillento y rodados hasta de 15 cm; entre éstos aparece:  
**Granito (36a)**. Textura hipidiomorfa granular con cuarzo, ortoclasa y plagioclasa, totalmente turbia —arcillizada y sericitizada— de 0,4 a 3 mm; contiene además, magnetita de 0,4 mm, y clorita como producto de alteración de algún ferromagnesiano.  
**Porfiroide (36a)**. Textura porfírica, con fenocristales de albita-oligoclasa turbia —arcillizada y sericitizada— de 0,4 mm. La masa fundamental está formada por cuarzo y feldespato de 0,02 mm, contiene además, ocasionalmente, algunos fragmentos de porfiritas de 1,5 mm. Aparecen además algunas vetillas de cuarzo.  
La matriz (36b) corresponde a una toba que contiene cuarzo de 0,3 mm, albita-oligoclasa sucia, hasta de 1,5 mm, arcillizada y sericitizada, y fragmentos de queratófidos, de 1 cm. La ceniza aparece en parte bastante arcillizada.
- g) **GRANÓFIRO INTRUSIVO (37)**, de color gris rojizo. Textura porfírica con pocos fenocristales. Estos alcanzan un tamaño ocasional de 1 mm y corresponden a cuarzo y ortoclasa, turbia, arcillizada y sericitizada. La masa fundamental tiene una textura granofírica y aparece con gran predominio sobre los fenocristales. La roca en general aparece algo limonitizada.
- h) **BRECHA TOBÍFERA (38)**, de color violáceo. Ocasionalmente rodados de 5 cms, de porfiritas. Matriz tobífera.
- i) **TOBA DE CENIZA (39)**, de color rosado, alternando en capas con toba lítica. Contiene cuarzo y albita de 0,2 mm. El vidrio aparece en parte desvitrificado y arcillizado.

- j) **DIABASA** (manto intrusivo) (40), de color gris verdoso, algo alterada. Textura subofítica, con agujas de andesina de 0,2 mm de largo; augita y hematita intersticial, y clorita proveniente, tal vez, de algún ferromagnésiano.
- k) **BRECHA TOBÍFERA** (s/n) con matriz de color verde, y cantos hasta de 10 cm, de color gris verdoso. Los cantos corresponden a:  
Queratófido (38a). Textura fluidal con vetillas de cuarzo; ocasionalmente con algunos fenocristales de feldespato, de 1,4 mm, y con masa fundamental en parte sericitizada.  
Porfirita (38b). Textura fieltrosa, formada por agujitas de andesina-labradorita turbia, de 0,6 mm, arcillizada y cloritizada en parte; magnetita hasta de 0,2 mm, y clorita, que parece provenir de algún ferromagnésiano.  
La matriz (38), corresponde a una toba de ceniza, con algunos cristales, de 1,2 mm, de cuarzo y oligoclasa. En general aparece bastante arcillizada (alteración ferruginosa).
- l) **TRAQUITA** (?) (41), de color gris y aspecto brechoso.
- m) **TOBA** (42), de color gris claro. En parte presenta textura fluidal con algunas vetillas de cuarzo. Ocasionalmente aparecen algunos cristales de oligoclasa, turbia, de 0,2 mm; el resto corresponde a un entrecrecimiento fino de cuarzo y feldespato.
- n) **TOBA LÍTICA** (43-44), de color verdoso, en parte silicificada. Contiene fragmentos de cuarcitas hasta de 1 cm, y vidrio con vesículas rellenas de calcita. Presenta, además, bastante clorita (como producto secundario).
- o) **QUERATÓFIDO** (45), de color café violáceo. Textura porfírica con fenocristales de cuarzo de 0,2 mm de tamaño. La masa fundamental presenta una textura fieltrosa, con agujitas de albita-oligoclasa de 0,1 mm, vidrio, y además, algo de clorita como producto de alteración.
- p) **TUFITA** (47), de color gris.
- q) **LAVA BRECHOSA** (48-50), de color verdoso, epidotizada en gran parte. Contiene cantos hasta de 5 mm de vidrio (calcedonia?); además, presenta cuarzo, que en algunos casos parece recristalizado, epidota, y finalmente, algo de clorita. En general, la roca aparece algo metamorfoseada.
- r) **TRAQUITA** (?) (51), de color gris claro amarillento.
- s) **PORFIRITA** (53-53-55), de color gris verdoso. Textura intergranular, formada por cristales de andesina-labradorita, de 0,4 a 1,2 mm, con estructura zonal; y agujita intersticial. En menor cantidad, aparece magnetita y clorita como producto de alteración.
- t) **QUERATÓFIDO** (56), semejante al descrito frente a la letra w.
- u) **QUERATÓFIDO BRECHOSO** (57), de color gris verdoso. Presenta algunos cantos de queratófidos, hasta de 5 mm, igual a la masa que los contiene; otros, con textura fluidal, correspondientes a cuarcita y vidrio. Aparecen además cristales de albita-oligoclasa y de cuarzo, hasta de 0,2 mm.
- v) **PORFIRITA** (58), de color verde. Textura fieltrosa constituida por oligoclasa-andesina, de 0,2 a 0,4 mm, muy arcillizada y calcificada. Ocasionalmente aparece cuarzo secundario y clorita como alteración de algún ferromagnésiano, hasta de 1 mm. También aparece, en pequeña proporción, epidota, hematita y guías de calcita.

w) QUERATÓFIDO (59), de color café rojizo. Ocasionalmente aparecen algunos fenocristales de albita-oligoclasa, escasamente arcillizados y sericitizados, hasta de 1 mm, y cuarzo, de menor tamaño. El cuarzo aparece además en vetillas.

El espesor de esta serie se estima en 2.000 m.

La serie del perfil río Primero es la siguiente de abajo hacia arriba:

- a) LIPARITA (252), de color gris amarillento. Textura porfirica, con escasos fenocristales correspondientes a albita, algo turbios y de 0,4 a 1 mm de tamaño. La masa fundamental, fina, presenta una textura fieltrosa, con agujitas de plagioclasa de 0,1 mm.
- b) TOBA DE CENIZA (250-251), de color gris a gris verdoso. Contiene albita turbia (arcillizada), de 0,2 a 2 mm, y algunos fragmentos intermedios de 1 mm. La ceniza aparece algo desvitrificada y se encuentra en parte sericitizada y arcillizada.
- c) QUERATÓFIDO (249), de color gris violáceo. Contiene cuarzo, de 0,4 mm, y, ocasionalmente, algunos fragmentos vítreos de 2 mm.
- d) BRECHA TOBÍFFRA (248), de color gris, gruesa y con cantos hasta de 10 cm en la parte superior, y fina y con cantos hasta de 3 cm en la parte inferior. La matriz corresponde a una toba de ceniza que contiene algunos cristales de oligoclasa, algo fracturados, de 0,4 a 2 cm, y cuarzo de 0,1 a 1,5 mm.
- e) LIPARITA (?) (s/n), de color gris amarillento.
- f) BRECHA (s/n), de color gris a gris verdoso, con cantos, hasta de 15 cm que tienen textura fluidal (semejante a las que aparecen al oeste de quebrada del Negro).
- g) TOBA DE CENIZA (247), de color gris amarillento y aspecto brechoso. Contiene oligoclasa, que ocasionalmente alcanza un tamaño de 1 mm, y cuarzo secundario de 0,4 mm.
- h) PORFIRITA (s/n) de color verdoso.
- i) TOBA DE CENIZA (246), de color gris verdoso. Contiene cristales de 0,2 a 1,2 mm, de oligoclasa-andesina turbia, arcillizada, y fragmentos indeterminados de 1 mm. El vidrio aparece en gran parte desvitrificado y levemente arcillizado y cloritizado. Se reconocen, además, algunas guías de cuarzo.
- j) TOBA DE CENIZA (245), de color gris rosado a gris oscuro, atravesada por numerosos filones. Presenta algunos cristales de albita-oligoclasa turbia —arcillizada y sericitizada— de 0,4 a 1 mm, y concentraciones de cuarzo secundario de 0,4 mm. La ceniza aparece bastante arcillizada.

Respecto al espesor de esta serie, es preferible no pronunciarse, debido a que ella corresponde a un muestreo totalmente discontinuo.

#### Espesor.

El espesor total de la formación Baños del Toro no es posible determinarlo, debido a que no se conoce el techo de la formación. En todo caso, en la parte central, se estima que los estratos visibles deben alcanzar aproximadamente a los 6.000 m.

## Edad y correlaciones.

En los estratos que constituyen la formación Baños del Toro no se ha encontrado material fosilífero que permita asignarle una edad, y por eso, todos los esfuerzos realizados para situarla en el tiempo están basados principalmente en su posición y relaciones estratigráficas.

Por una parte, se sabe que ella se apoya hacia el oeste discordantemente sobre la formación Punilla, de edad Lías-Dogger, y que entre ambas existe un largo período de orogénesis y de erosión que afectó notoriamente a la primera formación.

Ahora, es muy probable también que los estratos de la formación Baños del Toro sean posteriores a la primera fase de los plegamientos cretácicos, correlacionada por algunos autores con la orogénesis austríaca u orogénesis de fines del Albiano, y que sea la segunda fase de esos mismos movimientos, equivalente a la primera fase del ciclo orogénico Subhercínico del Coniaciano Inferior a Medio, la que los plegó.

En resumen, la formación Baños del Toro podría estar comprendida entre las dos primeras fases de los movimientos cretácicos.

Por otra parte, en un intento de correlacionar la formación Baños del Toro, ésta podría compararse con la formación Cerrillos, de K. SEGERSTROM (1959), en la provincia de Atacama, al sur de Copiapó, con la que presenta gran similitud litológica general, pero de la cual no se tienen perfiles detallados. A esa formación, el autor citado le atribuye una edad Cretáceo Medio (pág. 11).

También es posible correlacionar la formación Baños del Toro con la formación Abanico, en Aconcagua, Santiago y Valparaíso, para la cual L. AGUIRRE (1960, pág. 34) supone también una edad Cretáceo Medio.

Igualmente, en las provincias de O'Higgins, Colchagua y Curicó, C. KLOHN estudió la formación Coya-Machalí —constituída por sedimentos lagunares y rocas efusivas y piroclásticas de porfiritas— que según él, sería la prolongación meridional de la formación Abanico (1960, pág. 65). Resulta, en consecuencia, una correlación entre Baños del Toro y Coya-Machalí.

Como única diferencia entre la formación Baños del Toro y las formaciones Cerrillos, Abanico y Coya-Machalí, figura el hecho de que la presencia de sedimentaciones lagunares, corrientes sobre todo en la formación Abanico y Coya-Machalí, son poco frecuentes en la formación Baños del Toro. Esto estaría indicando que la intensa actividad volcánica, evidenciada por la gran acumulación de lavas y piroclásticos, no se interrumpe durante el período de depositación de la formación Baños del Toro.

## Sistema Terciario a Cuaternario.

### FORMACION VALLECITO.

#### Definición y relación estratigráfica.

La formación Vallecito nuevo, se compone principalmente de un conjunto de lavas, tobas y brechas volcánicas tobíferas de carácter riolítico, que se sobrepone discordantemente al miembro Loma del Azufre de la formación Baños del Toro y al Batolito Andino, en el extremo austral de la región estudiada.

El nombre de la formación deriva de la quebrada Vallecito, único lugar más conocido en la zona donde aflora.

Por otra parte, en algunos cortes del terreno producidos por los ríos y quebradas, se advierten conglomerados pardo-amarillentos —a veces brechosos y con matriz arenosa— bien estratificados y entremezclados con arenas medianas, que aparecen entrecruzadas, de colores gris claro a gris anaranjado, notándose una combinación de piroclásticos y sedimentitas.

La actitud tectónica de esta unidad corresponde a capas subhorizontales, tal vez con una leve inclinación al oeste, que terminan hacia arriba en la actual superficie de erosión, quedando por lo tanto indefinido su techo.

#### Distribución y litología.

La formación Vallecito, de pequeña distribución dentro del área levantada, se desarrolla inmediatamente al este del río Turbio como una franja continua que corre desde el lugar denominado Boca del Toro hasta más allá del marco sur de la hoja.

En su extensión hacia el norte y hacia el este la formación Vallecito limita con la unidad Loma del Azufre de la formación Baños del Toro, sobre la cual se apoya en discordancia angular, como se observa en el curso final del río Vacas Heladas y en la ladera poniente del cerro Herrera respectivamente.

En su extensión oeste, en cambio la formación Vallecito aparece en contacto con el Batolito Andino, que no la intruye y sobre el cual aparece adosada, como se reconoce en algunos puntos locales donde la formación cruza al lado occidental del río Turbio.

En cuanto a la litología, el conjunto de la formación Vallecito se aprecia a simple vista en el terreno como una cubierta potente de tobas brechosas liparíticas. Al microscopio se reconocen brechas volcánicas, lavas y tobas dacíticas; éstas últimas, formadas por cristales de andesina de 0,1 a 2 mm —algunos con estructura zonal— de cuarzo de hasta 1,4 mm —con cierta extinción ondulosa— de biotita de hasta 1 mm y de oxi-hornblenda de menor tamaño.

#### Espesor.

El espesor mayor de los estratos visibles que constituyen la formación Vallecito, debe alcanzar aproximadamente a los 300 m.

#### Edad y correlaciones.

En los estratos que se asignan a esta formación no se ha encontrado hasta la fecha fósiles que permitan asignarle con certeza una edad, al menos en la región cubierta por el estudio.

Sin embargo, hay por lo menos un antecedente que permitiría asimilarla a alguna época, y es la gran similitud litológica que existen con la formación Liparítica de J. BRUGGEN (1950) o Altos de Pica de C. GALLI (1957). Esta, de amplia distribución en el norte de Chile, ha sido encontrada también y estudiada posteriormente al sur de Copiapó por K. SEGERSTROM (1959), donde se le siguió denominando con el nombre de "Altos de Pica".

De esta manera, si se correlaciona la formación Vallecito con la formación Liparítica o Altos de Pica, considerándola en su desarrollo más austral, tendríamos que asignarle una edad Mioceno o/y Pleistoceno, de acuerdo a las últimas informaciones verbales que se han entregado sobre esta unidad.

En nuestro caso, este margen de tiempo no podría ser restringido mientras no se estudie la zona cuidadosamente y se tengan conocimientos más precisos y detallados en cuanto al alcance de la formación.

#### FORMACION DOÑA ANA

##### Definición y relación estratigráfica.

La formación Doña Ana, nueva, corresponde a la serie de efusivos andesíticos que, con excepción a la formación Vallecito, se sobreponen discordantemente al resto de las formaciones reconocidas hasta aquí, y aun, a los afloramientos del Batolito Andino como se observa en el extremo sur de la cordillera Doña Ana. Su lugar típico ha sido elegido en la falda oriental del cerro Doña Ana.

Por otra parte, la formación Doña Ana se caracteriza fundamentalmente por estar ligada a los esqueletos volcánicos que actualmente representan las cumbres de mayores alturas en la zona estudiada, y por su composición litológica, donde intervienen predominantemente coladas de andesitas y basaltos de tonos grises, rojos y verdes oscuro, conjuntamente con aglomerados y brechas volcánicas de colores gris rojizo y gris amarillento.

En cuanto a la actitud tectónica que muestra esta formación, ella corresponde a capas regularmente estratificadas, de espesores que varían paulatinamente dentro de un margen de 10 a 30 m, y que aparecen en posiciones subhorizontales, sin considerar que están afectadas por algunas dislocaciones muy locales.

##### Distribución y litología.

La formación Doña Ana presenta un extenso desarrollo areal, localizado en los dos lugares más altos de la zona, esto es, en el conjunto formado por los cerros Tórtolas y Vacas Heladas y en la cordillera de Doña Ana.

En la cordillera de Doña Ana, que es donde la formación aparece más desarrollada y, debido a su acceso más fácil, mejor conocida, los efusivos que la componen descienden hacia la zona del portezuelo Tilito y hacia las faldas norte y este, a cotas mucho más inferiores que hacia las faldas sur y oeste. De esta manera ha sucedido que en el extremo noroeste de la cordillera de Doña Ana, los efusivos de la formación del mismo nombre han tapado una parte de las volcanitas triásicas erosionadas de la formación Pastos Blancos y de los sedimentos marinos jurásicos de la formación Punilla, interrumpiendo el grupo geográfico oriental de esta última. Igualmente en el borde norte y este de la cordillera, las volcanitas de Doña Ana han cubierto grandes áreas de la formación Baños del Toro.

Respecto a la litología de esta parte, para tener una idea más o menos clara

de ella, se describe a continuación un perfil de abajo hacia arriba, a lo largo de la falda oriental del cerro Doña Ana, desde la cota ~ 4.300 m s.n.m., hasta la cumbre.

- a) ANDESITA (64), de color verdoso y afanítica.
- b) ANDESITA BASÁLTICA (65), de color gris verdoso. Textura porfírica, con fenocristales de labradorita, de 0,2 a 1,5 mm —con estructuras zonales—, anfíbola y hornblenda, de 1,5 a 1,8 mm y magnetita de 0,6 mm. La masa fundamental presenta una textura panalotriomorfa granular, y contiene labradorita, magnetita, y anfíbola, estando la plagioclasa muchas veces algo arcillizada y sericitizada en partes. En varios casos, los fenocristales contienen clorita en su interior.
- c) BRECHA (66), andesítica con matriz de color verdoso.
- d) ANDESITA (68), de color verdoso. Presenta una textura porfírica, con fenocristales de labradorita, de 0,4 a 1,8 mm, augita de 1,2 mm, magnetita de 0,4 mm y algunos ferromagnesianos totalmente alterados a clorita. La masa fundamental tiene una textura fieltrosa y se compone de cristalitos de plagioclasa, magnetita, hematita y algo de clorita.
- e) ANDESITA (69), verdosa afanítica.
- f) ANDESITA ALTERADA (70, 71, 73), de color gris rojizo. Textura porfírica con fenocristales de labradorita de 0,4 a 2 mm, muy alterados a veces a calcita y/o sericita, augita, de 0,6 a 1 mm, y magnetita, de 0,2 a 0,4 mm. La masa fundamental presenta una textura fieltrosa, y otras veces, una hialopilitica, estando constituida por pequeños cristalitos de plagioclasa —a veces arcillizados y/o sericitizados— y de calcita y de clorita, que también se hace presente en los fenocristales.
- g) BRECHA (74), de matriz tobífera, color violáceo, con cantos, de 15 cm, de andesita de igual color. La roca aparece bastante meteorizada.
- h) BASALTO (75), o andesita basáltica, de color gris oscuro. Presenta textura porfírica, con fenocristales de labradorita —algunos arcillizados y con estructuras zonales— de 1,2 mm, y ocasionalmente, de piroxena (augita ?), de 1 mm; la masa fundamental tiene una textura hialopilitica y se compone de labradorita, piroxena, magnetita y algo de anfíbola, cuyos tamaños son de 0,2 a 0,4 mm. El vidrio es abundante y la roca es bastante porosa, de los cuales, algunos aparecen rellenos por calcita.
- i) ANDESITA (76, 77, 78), de color gris verdoso a gris violáceo.
- j) BRECHA (79), igual a la descrita frente a la letra m).
- k) ANDESITA (80), de color gris oscuro.
- l) AGLOMERADO BRECHOSO (81), con bolones hasta de 50 cm, de matriz rojiza.
- m) BRECHA (82), con cantos hasta de 30 cms que corresponden a basaltos o andesitas basálticas, de color gris a gris violáceo. Los cantos presentan textura porfírica, con fenocristales de labradorita de 1,4 mm, biotita de igual tamaño, piroxena (?) de 0,4 mm (ocasionalmente algunos mayores de 1 mm), y magnetita de 0,4 mm. La masa fundamental tiene una textura fieltrosa, y se

compone del mismo material que aparece formando los fenocristales. La matriz que es de color gris claro, también corresponde a una andesita basáltica, pero cloritizada; presenta textura porfírica con fenocristales de labradorita, hasta de 1,2 mm, con estructuras zonales. La masa fundamental de esta matriz, tiene una textura fieltrosa y se compone de plagioclasa y clorita en su casi totalidad; en muy pequeña cantidad aparece magnetita en cristallitos de 0,1 a 0,2 mm.

- n) BRECHA (86), con matriz tobífera de color gris claro. Cantos, hasta de 50 cm de basalto que tienen textura porfírica con fenocristales de labradorita, hasta de 1,4 mm (levemente arcillizados y con estructura zonal), piroxena (augita), de 0,7 mm y biotita de 0,8 mm (ocasionalmente de 1,4 mm). La masa fundamental presenta textura hialopilitica vesicular, con labradorita, biotita y magnetita de 0,05 a 0,2 mm. Los cantos en general son bastante porosos y presentan concreciones con calcita en sus bordes y cuarzo en el centro.
- o) AGLOMERADO (90), con matriz tobácea, de color violáceo, y con rodados basálticos muy heterogéneos.
- p) BASALTO (94b, 94a, 93, 92, 91), de color gris rojizo. Textura porfírica con fenocristales de labradorita, algo turbio a veces, de 0,4 a 1,5 mm y de ferromagnesianos, a veces algo alterados, de 0,6 mm; la masa fundamental corresponde en la mayor parte de los casos a vidrio volcánico.
- q) BRECHA (94c), con matriz basáltica, porosa, de color gris oscuro. Los cantos, hasta de 40 cm corresponden a andesita basáltica que contiene fenocristales de labradorita, de 0,4 a 1,5 mm, algo sucios, y de ferromagnesianos de 0,2 a 0,4 mm.

El espesor total estimado debe alcanzar a los 1.200 m.

En la zona de los cerros Tórtolas y Vacas Heladas, sólo se reconoció el límite oeste de la formación Doña Ana, que en este sentido, en discordancia angular sobre el desarrollo oriental de la formación triásica de Pastos Blancos, mantiene una cota más o menos uniforme en cuanto al alcance del descenso topográfico que experimentaron las volcanitas tratadas.

Hacia el norte, sur y este, no se tienen antecedentes sobre su desarrollo.

Referente a la situación litológica, ésta es muy similar a la de la cordillera de Doña Ana, y la composición de las rocas en esta parte, se puede resumir de la siguiente manera:

ANDESITAS BASÁLTICAS (253, 255, 256, 257, 258), de colores gris claro, gris oscuro, gris verdoso y gris violáceo. Presentan textura porfírica con fenocristales de labradorita-bitownita limpia de 2 mm de tamaño —ocasionalmente de 3,5— dentro de una masa fundamental de textura fieltrosa que se compone de agujitas de plagioclasa de 0,3 mm, de anfíbola y biotita de 0,3 mm, y de magnetita con bordes de hematita de 0,1 mm.

PÓRFIDO GÁBRICO (o diabasa), que aflora sólo en la parte basal de la formación. Presenta una textura porfírica con fenocristales no muy limpios de labradorita-bitownita hasta de 0,8 mm, con estructura zonal; ocasionalmente aparecen también como fenocristales, magnetita con bordes de hematita y al-

gunos ferromagnesianos (piroxena) alterados a clorita. La masa fundamental está formada por plagioclasa, magnetita, hematita, piroxena (?) y mica (?).

En cuanto a la idea de correlacionar las dos áreas donde se presenta la formación Doña Ana, resulta en extremo difícil, debido a que no se localizaron estratos guías, y a raíz de que ambas pertenecen probablemente a centros volcánicos distintos.

Espesor.

La potencia de la formación Doña Ana es imposible de determinar con exactitud, debido a que su límite superior está indeterminado por desconocerse su techo. Además, correspondiendo su origen a diferentes centros volcánicos, la formación debe presentar distintos espesores en cada caso. De todas maneras, para nuestra ocurrencia, se puede dar un valor aproximado de 1.200 m para los estratos visibles en la cordillera de Doña Ana y de 1.500 m en el cerro de las Tórtolas.

Edad y correlaciones.

El área donde aparece la formación Doña Ana no da los antecedentes necesarios que permitan asimilarla con seguridad a alguna época.

En todo caso, en un intento para ubicarla en el tiempo, se considera en primer lugar, el hecho cierto de que una parte de la formación Doña Ana se apoya sobre los afloramientos del Batolito Andino, que, si bien va desde el Jurásico o Mesocretácico, para algunos autores, como H. THOMAS (1958, pág. 74) alcanza, inclusive, hasta el Terciario Inferior.

Además, en el caso de haberse depositado la formación Doña Ana con anterioridad al Terciario Inferior, los estratos que se observan en posiciones subhorizontales, deberían aparecer afectados considerablemente por las dislocaciones o la tectónica de bloques de esa época, cosa que no sucede.

Por otra parte, como límite superior para la unidad en cuestión, se sabe que los estratos que la forman se ven afectados por una profunda erosión glacial, tal vez de las más antiguas ocurridas durante el Cuaternario.

Ahora, buscando una correlación para la formación Doña Ana en otras regiones, no se encuentran antecedentes ni inmediatamente al norte ni inmediatamente al sur de la zona levantada. Sin embargo, en la Alta Cordillera de los Andes, comprendida entre los paralelos 35° y 38° latitud sur, O. GONZÁLEZ y M. VERGARA (1961), señalan la existencia de una formación similar a la que se discute y que denominan formación Cola de Zorro. Si bien no corresponde en esta ocasión tratar de correlacionarlas debido a la gran distancia que las separa, conviene tener presente la edad Pliocénica-Pleistocénica que le atribuyen a esa formación los autores mencionados.

Por otro lado, se puede considerar también, el hecho de que en la zona norte del país, se ha establecido que existen efusiones andesíticas que se apoyan sobre las efusiones liparíticas y/o traquíticas de la formación Liparítica o Altos de Pica. Esto no significa, sin embargo, que la formación Doña Ana se quiera correlacionar con aquellos efusivos más modernos, pero en vista de que nuestra ocurrencia no muestra claramente una relación estratigráfica entre las formaciones Vallecito y Doña Ana, se ha tomado en cuenta y se ha descrito la formación Doña Ana con posterioridad a la formación Vallecito.

## ROCAS INTRUSIVAS

### BATOLITO ANDINO Y SUS DERIVADOS

#### Distribución.

El área que se describe comprende una gran extensión de rocas intrusivas —principalmente granitos, tonalitas y dioritas—, que constituyen parte del gran batolito ígneo conocido en Chile bajo el nombre de Batolito Andino.

Este batolito se presenta en la región como un macizo de varios centenares de kilómetros cuadrados de extensión, además de hacerlo ocasionalmente en forma de apófisis y derivados, y aparece atravesando todas las formaciones anteriormente descritas, con excepción de las formaciones Vallecito y Doña Ana.

En la zona que se describe, el batolito aflora desde el sur, en dirección noroeste, desde el curso inicial del río Turbio hasta el cordón de Tilo. Desde este lugar hacia el norte, continúa hasta la cumbre mayor de la cordillera de la Punilla, y desde allí, hasta la zona donde se juntan el río Primero con el río del Medio. Al norte de este punto, ubicado desde ya fuera de la hoja, la intrusión se desplaza hacia el este y luego vuelve en dirección sureste, hasta alcanzar el nacimiento del río Primero, en la zona del portezuelo del Negro.

De esta manera, se observa que el desarrollo del batolito se encuentra preferentemente en la mitad poniente de la hoja, y que aparece bajo la forma de un gran arco abierto hacia el naciente, que rodea prácticamente a todas las formaciones estudiadas hasta aquí.

Por otra parte, la intrusión comprende otros afloramientos de desarrollos más pequeños, que probablemente pueden corresponder a apófisis del mismo batolito o de otros aún no descubiertos por la erosión.

A esos afloramientos corresponden aquellos tres que aparecen entre el río Malo y el cajón del Toro Muerto, al norte del lugar denominado el Cruzadero. El primero aflora frente al cerro Canto y al norte de Aguas Negras; el segundo, al suroeste del portezuelo del Negro; y el tercero, cerca del nacimiento del cajón del Toro Muerto.

La intrusión del Batolito Andino en la región no ha producido efectos metamórficos de consideración, y sólo es posible señalar en esta oportunidad, dos zonas de alteraciones hidrotermales, que corresponden a las rocas cretácicas del área que rodea la mina Hediondas y el río Vacas Heladas, por una parte, y del área de los Baños del Toro, por otra.

En la zona norte de Aguas Negras, frente al cerro Canto, se encuentran indicios de un pequeño metamorfismo de contacto producido por el apófisis allí presente.

Los filones o diques derivados de las rocas batolíticas, que corresponden, principalmente a lamprófidos, pórfidos graníticos, granodioríticos y dioríticos, son abundantes, especialmente en el extremo sur y oeste de la región considerada.

### Petrografía.

Uno de los tipos litológicos más característicos del batolito es la granodiorita, pero se destaca además, que existe transición de ésta a granitos, microgranitos, tonalitas y aun hasta dioritas, de las cuales se encuentran algunas variedades más oscuras.

La granodiorita, que aflora en diversos puntos del área batolítica, presenta una textura hipidiomorfa granular de grano medio a grueso, y se compone de ortoclasa con contornos propios, algo turbia (arcillizada), hasta de 3 mm de tamaño; contiene, además, cuarzo con extinción ondulosa, de 2 a 3 mm de tamaño; andesina maclada, de igual tamaño; y micropertita, biotita y hornblenda de dimensiones menores.

En el área de la Cumbre Este de la cordillera de la Punilla y en la del curso final del río Primero, ya muy cerca de la junta con el río del Medio, se presenta un granito rosado pegmatítico (207), que bajo el microscopio se distingue con textura hipidiomorfa granular de grano medio a grueso, estando constituida por cuarzo, con extinción ondulosa, de hasta 3 mm; ortoclasa turbia, algo arcillizada y sericitizada a lo largo de los clivajes, de igual tamaño; microclina y ortoclasa; mica alterada o clorita con una pequeña proporción separada de epidota; y, pero no muy frecuente, plagioclasa y anfíbola en escasa cantidad.

En las intrusiones del batolito y cerca de ellas se encuentran corrientemente filones de lamprófidos, pórfidos graníticos y pórfidos dioríticos.

Los lamprófidos (206), aparecen aflorando con espesores de hasta 7 m. Son de colores verdes y afaníticos y bajo el microscopio presentan textura fieltrosa, con andesina-labradorita de 0,6 mm, alterada en parte a calcita; magnetita de 0,2 mm; y clorita que proviene probablemente de algún ferromagnesiano.

Los pórfidos graníticos (209), son de colores grises y presentan textura holocristalina y porfírica. En el segundo caso, contiene fenocristales idiomorfos de ortoclasa de 1 mm, algo arcillizados y sericitizados; cuarzo, con extinción ondulosa, de 0,3 mm; y microclina en pequeña proporción. La ortoclasa presenta, en algunos casos, maclas de Carlsbad. La masa fundamental tiene una textura hipidiomorfa granular y está formada por el mismo material que constituye los fenocristales, más una pequeña proporción de plagioclasa y algunas estructuras perfiticas.

Los pórfidos dioríticos son también de colores grises y presentan una textura porfírica con fenocristales de andesina y de augita.

Las áreas que han sido afectadas hidrotermalmente por las intrusiones batolíticas están caracterizadas por una fuerte sericitización, como se manifiesta claramente en la zona de la mina Hediondas. Igualmente en la región de los Baños del Toro y de Aguas Negras, las rocas están caracterizadas preferentemente por limonitización y epidotización. El origen, por lo tanto, es con toda probabilidad magmático.

Evidencias que permitan suponer fenómenos de migmatización y granitización no se han observado.

### Edad y correlación.

Se evidencia en el terreno que el batolito descrito, con sus apófisis y filones derivados, aparece atravesando todas las formaciones tratadas anteriormente desde el Triásico al Cretáceo Medio.

Por otra parte, este batolito está desprovisto, por lo general, de efectos cataclásticos u otros, tanto macro como microscópicamente, lo que estaría indicando, como un sólido argumento, que la intrusión corresponde a un plutonismo tardío que se produjo con posterioridad a las orogénesis que provocaron los importantes plegamientos que se observan en la región. Esta idea se ve reforzada por la presencia de numerosos filones verticales, derivados, sin duda, del batolito, que atraviesan las formaciones inclinadas por esos mismos plegamientos.

De esta manera, si la formación Baños del Toro, ha sido plegada durante el Cretáceo Medio a Superior, o más precisamente como lo supone L. AGUIRRE para la formación Abanico —equivalente a la formación Baños del Toro—, en el Coniaciano Inferior a Medio (1960, pág. 54), la intrusión de las rocas batolíticas representaría una actividad postconiaciana.

Con respecto al límite superior de la intrusión, no hay antecedentes para fijarlo con certeza y solamente es posible asegurar que éste está bajo el Plioceno, en consideración a que la formación Vallecito y la formación Doña Ana, para las cuales hemos supuesto esa época, no aparecen cortadas por el batolito.

Existe, sin embargo, un antecedente indirecto que lleva a pensar en una actividad plutónica más antigua que la que se discute, y es el hecho, que un rodado de granito, bastante semejante al que se encuentra en la cordillera de la Punilla, aparece en el conglomerado basal de la unidad superior de la formación Baños del Toro, que aflora muy cerca de la quebrada del Negro, a la altura de su recorrido medio. En todo caso, esta consideración no es suficiente como para definir la situación planteada, ya que el origen de ese rodado puede corresponder también a un centro explosivo, y provenir desde un nivel profundo de una chimenea volcánica y estar ligado, por lo tanto, al mismo plutón que en esa parte no está descubierto.

En conjunto, se puede concluir que los afloramientos del batolito presentan una homogeneidad litológica, textural y estructural en todas sus áreas, y que forman parte de un mismo ciclo que se habría emplazado con posterioridad al Coniaciano. Por otro lado, según se acaba de exponer, existe una relación indirecta que permite suponer: o la existencia de otro ciclo intrusivo que sería más antiguo, o la presencia de un centro volcánico explosivo dentro de la depositación de la formación Baños del Toro.

#### OTROS INTRUSIVOS.

Se incluye aquí aquellos intrusivos que aparentemente no están relacionados con la intrusión ígnea recién descrita, y que consisten, generalmente, en un tipo de roca de carácter máfico, ya sea andesitas o basaltos.

Con respecto a la época en que éstas aparecieron, existe un consentimiento general en considerarlas mucho más modernas que la intrusión batolítica. Así H. THOMAS, en la zona central del país (1958, pág. 74), supone que se trata de intrusiones acaecidas después del Oligoceno, y las relaciona, interrogativamente, con el período de actividad volcánica del Plioceno, aunque no expone sobre qué fundamentos.

Estas andesitas y basaltos, cuya procedencia no está aún bien esclarecida, se desarrollan preferentemente en la mitad poniente del área estudiada. En efecto, es corriente que ella se encuentre interrumpiendo continuamente las sucesiones de las formaciones Punilla y Pastos Blancos, en forma de filones mantos que, generalmente, aparecen concordantes con las rocas adyacentes.

Las andesitas son comúnmente de un color gris oscuro o verdoso. Bajo el microscopio presentan algunas, una textura hialofítica con cristalitas de hasta 0,2 mm de andesina y de ciertos ferromagnesianos. Otras, presentan una textura porfírica con fenocristales que a veces alcanzan un tamaño de hasta 5 mm y que corresponden a andesina —en algunos casos sericitizada o calcificada—, biotita de hasta 0,8 mm y magnetita de 0,3 mm; la masa fundamental en estos casos es generalmente de una textura fieltrosa y está formada por agujitas de plagioclasa, apareciendo a veces algo cloritizadas.

Los basaltos que son de colores oscuros, presentan una textura porfírica con fenocristales de labradorita de hasta 2,5 mm, con estructura zonal y rara vez arcillizados, sericitizados o calcificados; piroxena de 0,2 a 0,8 mm; epidota de 1,5 mm; hematita de 0,2 mm; y magnetita de hasta 0,3 mm. La masa fundamental tiene comúnmente una textura fieltrosa y se compone del mismo material de los fenocristales.

De acuerdo a la litología, se puede suponer, como muy probable, que estos intrusivos estén directamente relacionados con los efusivos de la formación Doña Ana.

## ESTRUCTURA

En la región levantada se establecen, además de algunas estructuras iniciales, diversas otras manifestaciones provocadas por movimientos tectónicos, que se traducen en pliegues, fallas, diaclasas y discordancias.

El rumbo general para todos los estratos de las formaciones descritas es muy próximo a la dirección norte. A pesar de ello, se distingue fácilmente que los diferentes comportamientos estructurales que se desarrollan en la región estudiada, son más complejos en aquellas formaciones que se depositaron con anterioridad al Cretáceo.

Los pliegues establecidos corresponden preferentemente a las formaciones Pastos Blancos y Punilla.

Las fallas y diaclasas son mucho más numerosas en la zona noroeste de la región y también en el extremo sur-este, comprometiendo mayormente las formaciones Pastos Blancos y Punilla.

Las discordancias reconocidas en la zona se ubican en la base de las formaciones Punilla, Baños del Toro y Doña Ana.

Como no se hizo un estudio detenido de todas las características estructurales, se describen a continuación sólo los rasgos más importantes que aparecen en el área levantada:

### Estructuras iniciales.

Se observa sólo en los terrenos aluviales, y tal vez en las formaciones Doña Ana y Vallecito, sin considerar algunas fallas pequeñas y de escaso desarrollo que corresponden a dislocaciones muy locales.

Se pueden observar inclinaciones iniciales, bastante fuertes en ciertos casos, en la boca de las quebradas y a lo largo de los cauces, donde aparece un entrecruzamiento torrencial.

Las lavas de las formaciones Doña Ana y Vallecito se presenta en estratos que mantienen una posición general horizontal, o bien, con una pequeña in-

clinación. Sólo en las laderas de la cordillera de Doña Ana la inclinación inicial de las capas alcanza un desarrollo más fuerte, llegando en algunos casos a tener un manteo de 20° hacia el este.

### Fallas y diaclasas.

La región estudiada está caracterizada principalmente por tres sistemas de fallas y diaclasas, siendo el de mayor distribución aquel que tiene una dirección general norte. Le sigue, con menor cantidad de rasgos lineales, aquel otro de dirección general nor-noroeste, y finalmente, el de dirección general nor-noreste. La mayor parte de las fallas y diaclasas reconocidas, poseen una inclinación cercana a los 90°, lo que las hace fácilmente identificables en las fotografías aéreas. Con respecto al estudio de los desplazamientos, no fue posible obtener resultados positivos de acuerdo a las limitaciones de este trabajo.

La mayoría, y aparentemente las más importantes fallas y diaclasas de la región, aparecen en la parte occidental del área levantada, comprometiendo preferentemente las formaciones Pastos Blancos y Punilla.

La falla mayor de la región se extiende de norte a sur, aproximadamente a lo largo de 22 kms, y pasa muy cerca del portezuelo Punilla y de la zona denominada los Cuartitos. En su recorrido pone en contacto a las formaciones Punilla, que se ubica en el lado occidental de ella, con las formaciones Pastos Blancos y Baños del Toro, que lo hacen en el lado oriental. El efecto principal causado en la región por esta falla sería un descenso notorio de los terrenos occidentales, al sur del portezuelo Punilla, indicando la probabilidad de una falla rotacional.

Otras fallas importantes en este sector, también de dirección norte-sur, serían aquellas dos que cruzan la quebrada Pastos Blancos en su recorrido medio, y que alcanzan hacia el sur hasta el estero Tilo. Una de ellas, la de más al este, muestra un salto superior a 50 m, aunque no tan claramente en qué sentido, y la otra, uno superior a 25 m con igual incógnita.

Fallas y diaclasas más pequeñas, muchas de ellas demasiado pequeñas como para representarlas en el mapa, han sido observadas en el terreno con distribución en toda el área reconocida, especialmente si, en la región nor-occidental, al este de la cordillera de la Punilla, y en la región sur-oriental, al oeste de los cerros Tórtolas y Vacas Heladas.

Se destaca, finalmente, que casi ninguna de las fallas ha sido mineralizada. Sobre la mina Hediondas, único mineral conocido en la región levantada, se aclara que, de acuerdo a las características del trabajo, no se hicieron las observaciones necesarias que permitieran ver su relación con las estructuras de fallas.

### Discordancias.

En el área levantada se reconocen algunas discordancias angulares, que se ubican en las bases de las formaciones Punilla, Baños del Toro, Vallecito y Doña Ana.

La más antigua, que separa la formación jurásica de Punilla de la formación triásica de Pastos Blancos, se puede observar claramente a lo largo de la primera parte del recorrido del estero Punilla. En efecto, al poniente de este accidente topográfico se distinguen las capas de la formación Punilla con una

dirección general N 40° E e inclinación media de 40° al noroeste, y al naciente, los estratos de la formación Pastos Blancos con un rumbo general N 60° W y manteo de 45° al noreste.

Le sigue a esta discordancia, estratigráficamente hacia arriba, la de la base de la formación cretácica Baños del Toro que, por una parte, se sobrepone a los estratos supratriásicos de la formación Pastos Blancos, y por la otra, a los jurásicos de la formación Punilla.

En el extremo nor-oeste del desarrollo de la formación Baños del Toro, en la ribera norte del río Primero, frente a la zona conocida bajo el nombre de los Cuartitos, se observa que sobre el pliegue correspondiente a la cabeza de la estructura anticlinal de la formación Punilla, se apoyan discordantemente, manteando hacia el este, los estratos de la unidad superior Baños del Toro. Hacia el sur, desde este punto y siempre por el límite poniente de los afloramientos cretácicos, no fue posible reconocer en el terreno nuevamente este mismo comportamiento, y, en el área de la cordillera de Doña Ana, él estaría cubierto por las volcanitas plio-pleistocenas.

En el extremo sur este de la región, sin embargo, se observa que las capas de la formación Baños del Toro se sobrepone, ahora directamente, en discordancia angular sobre la formación Pastos Blancos. Esta situación, se aprecia más claramente en la zona de la mina Majada Vacas Heladas, lugar donde los afloramientos cretácicos presentan un rumbo general N 20° W con un manteo de 40° al oeste, frente a los de las rocas triásicas, que en esta zona de contacto, lo hacen con una dirección general norte e inclinación muy suave, de 5°, al este. Asimismo, se puede observar allí que entre ambas formaciones debe haber existido un fuerte período de erosión.

Las discordancias más jóvenes, corresponden a las bases de las formaciones Vallecito y Doña Ana.

Los estratos horizontales, o levemente inclinados, de la formación Doña Ana descansan sobre las capas fuertemente inclinadas de las formaciones Punilla y Baños del Toro, en el área geográfica oriental y en la unidad superior de esas formaciones respectivamente.

La discordancia entre la formación Vallecito y la unidad inferior de la formación Baños del Toro, no fue posible reconocerla en el terreno, ya que algunas perturbaciones de carácter estructural y erosivo, además de cierta alteración hidrotermal que afecta la zona en esa parte, hacen confusa la apreciación de este rasgo. En todo caso, en las fotografías aéreas se evidencia claramente esta discordancia en el contacto naciente de la formación Vallecito.

### Pliegues.

En la zona estudiada aparece sólo un pliegue de extensión areal considerable, y éste, corresponde a un gran anticlinal que compromete a la formación Punilla, localizándose por lo tanto, en la parte occidental de la región considerada.

En efecto, los estratos marinos jurásicos constituyen un amplio anticlinal acuñado hacia el norte, con un eje cuya dirección general e inclinación se desarrolla en ese mismo sentido.

El ala occidental de este pliegue, que se puede seguir a lo largo de 23 Km, está formada por capas con un rumbo general N 10° E y con un buzamiento

hacia el oeste de valor medio  $40^\circ$  y de mínimo  $10^\circ$ . Conviene sí, tener presente que en el extremo sur del ala, los estratos inferiores de la serie tienen otros rumbos a consecuencia de los efectos producidos por las diversas fallas que allí aparecen. Así, se observan en esa parte rumbos  $N 45^\circ$  a  $50^\circ E$  con manteos al noroeste, y ocasionalmente, en algunos puntos muy locales, direcciones este-oeste. Esta situación, sin embargo, no continúa al norte del portezuelo Punilla, y sólo reaparece en el río Primero donde, ya cerca del límite poniente de la formación, las capas vuelven a tener un rumbo  $N 45^\circ E$  con un manteo al noroeste.

El ala oriental, que en la región levantada aparece expuesta al sur de la quebrada los Champones, está constituida por estratos que, en la zona de la cordillera de Doña Ana, tienen una dirección media  $N 10^\circ E$  y un buzamiento medio de  $35^\circ$  al este.

Ambas alas del anticlinal jurásico, que en el extremo austral se encuentran separadas por una distancia aproximada de 5 a 6 Km, se juntan en la zona del portezuelo Punilla. Al norte de este lugar, gran parte del ala oriental desaparece a causa de la erosión y del relleno reciente de la profunda quebrada de los Calabozos.

En la ladera norte del río Primero, frente al lugar denominado los Cuartitos, se reconoce la nariz del anticlinal tratado, el cual corresponde a un pliegue asimétrico algo tumbado hacia el este, que se distingue fácilmente en un corte del terreno de aproximadamente 70 m de largo y de 25 a 35 de altura.

Con respecto a la formación Pastos Blancos, ésta presenta características tectónicas muy variables que, prácticamente no pueden generalizarse para todo el conjunto.

En la exposición oriental de la unidad Pastos Blancos, al poniente de los cerros Tórtolas y Vacas Heladas, se observa que los estratos que la constituyen aparecen localmente muy plegados, sobre todo, hacia el este de su desarrollo. Así, en la quebrada Barriquitas, se puede distinguir una intensa variedad de pliegues continuados, cuyos ejes mantienen una dirección general  $N 25^\circ E$  y cuyas secciones visibles alcanzan escasos centenares de metros cuadrados (fig. 3). Una estructura algo semejante se puede reconocer también en el recorrido superior de la quebrada Primer Escarchal, pero aquí, los estratos presentan un rumbo medio  $N 10^\circ E$ . En la mitad poniente de esta zona sin embargo, las capas de la formación Pastos Blancos tienden más hacia una estructura homoclinal, llegando en algunos casos a tener buzamientos de apenas  $5^\circ$  al este.

Por otro lado, en la exposición occidental de la formación triásica, esto es, en la quebrada Pastos Blancos, los estratos componentes presentan una actitud tectónica correspondiente a una terraza estructural. En esta parte se observa que el buzamiento de las capas cambia, desde arriba hacia abajo, de una inclinación más o menos fuerte a otra suave, y desde allí, de nuevo a una fuerte. Se observa asimismo que, junto con la inclinación de las capas, varían también, en forma regular y paulatina, las direcciones de las mismas. En efecto, los valores medidos son: en la primera parte del recorrido de la quebrada, un rumbo general  $N 15^\circ$  a  $30^\circ W$  con manteo medio de  $35^\circ NE$ ; en la mitad del recorrido, una dirección general  $N 40^\circ W$  con una inclinación de apenas  $5^\circ$  al noreste; y en la fase final, ya cerca de su desembocadura en el estero Punilla, un rumbo general  $N 50^\circ$  a  $60^\circ W$  con un buzamiento medio de  $40^\circ$  al noreste.

Finalmente, en lo que se refiere a la formación Baños del Toro, ésta man-

Escala aproximada para los pliegues



FIG. 3

tiene prácticamente en todo su desarrollo, dentro del área descrita, una estructura inclinada al oeste con un valor medio de 40° para el manteo. Sólo en el extremo noroeste, sin embargo, ya muy cerca del contacto con la formación Punilla, se alcanza a vislumbrar un cambio en la inclinación de los estratos, que tienden a presentar allí un buzamiento hacia el este, semejando el comienzo de un sinclinal. Esta situación, sólo fue posible reconocerla en la misma zona donde se observó la nariz del anticlinal jurásico de la formación Punilla. En este corte, sobre el pliegue, se alcanzan a distinguir las capas cretácicas de la formación Baños del Toro manteando hacia el este.

## HISTORIA GEOLOGICA

Las rocas más antiguas que aparecen expuestas en la región que se describe, han sido atribuidas con mucha probabilidad, por su posición estratigráfica, por correlación y por su litología, al Triásico Superior. Durante esa época se deposita un conjunto de brechas, tobas y lavas queratofídicas, que alternan además, con areniscas, lutitas y tufitas de carácter sílico-alcalino, integrando la formación Pastos Blancos.

A principios del Lías Superior, y después de un leve plegamiento que afectó los estratos triásicos y de una etapa erosiva que allanó el relieve y que constituyeron, consecuentemente, la discordancia infraliásica, comienza una época de volcanismo con sumergimiento somero. Sucede entonces que, en un fondo de mar que seguía hundiéndose lentamente, se depositan sobre los estratos triásicos, al menos en la parte occidental del área levantada, algunos miles de metros de sedimentos clásticos y calizas, que alternan con tobas y lavas de carácter sílico-alcalino a mesosilícico. De esta manera, en un mar jurásico de poca profundidad, como lo atestigua la existencia de sedimentos litorales-neríticos, se constituye la formación Punilla que se apoya discordantemente sobre la formación Pastos Blancos.

Durante el Dogger continúa la actividad volcánica en forma más intensa aun, hasta provocar el retiro del mar. Es muy probable además, que las condiciones marinas desaparezcan también como resultado de un sollevamiento epirogenético, sin haber existido plegamiento. Durante la época siguiente, comienza una acción erosiva lenta debido al relieve bajo resultante.

Como se observa en la serie considerada en el estudio, existe una gran discordancia entre el Dogger Inferior y el Cretáceo Medio, apoyándose la formación Baños del Toro directamente sobre la formación Punilla. Con respecto a lo que pudo haber sucedido durante ese lapso, desgraciadamente no existen los antecedentes necesarios para formarse un claro panorama de lo acaecido. En todo caso, como factible se puede argumentar que mientras al sur del área estudiada, en el geosinclinal andino, volvían por hundimiento nuevamente las condiciones marinas hasta el Cretáceo Inferior, esta área formaba parte de una región que se encontraba en franco sollevamiento, y por lo tanto, sin que el mar alcanzase hasta ella se constituía en un área positiva. Por otra parte, entre fines del Jurásico y principio del Cretáceo, esta región debe haber sido afectada por una orogénesis que pliega todos los estratos que hasta entonces existían, y que acentúa, aún más, la discordancia infraliásica. Así, la formación Punilla se acomoda a una gran estructura anticlinal, y los estratos occidentales de la formación Pastos Blancos, que se encontraban bajo la formación Pu-

nilla, forman una terraza estructural; los estratos orientales de Pastos Blancos, que tal vez se encontraban libres de una cubierta posterior, reaccionan plegándose intensamente hacia su borde naciente.

A mediados del Cretáceo, reaparece nuevamente una intensa actividad volcánica que se manifiesta por efusiones porfiríticas. Durante esa época se depositan varios miles de metros de lavas, tobas y brechas, constituyendo la formación Baños del Toro que recubre el relieve ya plegado y erodado de las series más antiguas. Durante el Cretáceo Medio no se interrumpe el volcanismo, tornándose sí algo más silícico que antes, hacia la parte superior de la formación Baños del Toro, lo que estaría indicando, o una posible diferenciación en el interior de la cámara magmática o aporte de nuevas fuentes.

A fines del Cretáceo Medio la actividad volcánica se detiene, probablemente por una orogénesis que dobla los estratos de la formación Baños del Toro. Siguiendo el criterio de L. AGUIRRE en su estudio de la formación Abánico (1960), esta orogénesis se habría manifestado durante el Coniaciano. En la edad siguiente, de haber reaparecido nuevamente el volcanismo, éste debió ser posiblemente escaso y removido luego por la erosión que siguió a la fase orogénica.

Se produce después, probablemente en el Cretáceo Superior, la intrusión del Batolito Andino. Conjuntamente con la intrusión, que en forma lenta pudo llegar hasta el Terciario Inferior inclusive, debió haber continuado la última actividad orogénica, siendo muy factible que las fallas que existen en la región sean el producto de los pliegues de esa última época.

Durante el Terciario Medio a Superior se suceden una serie de movimientos epirogenético que van levantando los sedimentos, dándole una estructura ya a la actual cordillera. Le siguió un etapa de erosión fuerte y rápida, que fue controlada en parte por todas las manifestaciones estructurales existentes, y que desgastó los relieves formados por las unidades Baños del Toro y Punilla, inclusive hasta los niveles más bajos, como lo prueba el contacto directo entre la formación Doña Ana con la formación Pastos Blancos, en la quebrada del mismo nombre.

A fines del Terciario, durante el Plioceno, se manifiesta nuevamente un volcanismo, reducido a centros muy locales y pequeños. Las primeras efusiones corresponden a riolitas y traquitas que constituyen la formación Vallecito, que se puede correlacionar con la formación Altos de Pica. Posteriormente, cambia el quimismo y aparecen efusiones de andesitas basálticas que integran la formación Doña Ana. Esta actividad dura probablemente hasta fines del Pleistoceno.

Con posterioridad al Pleistoceno se hace presente una intensa actividad glacial, que modela esencialmente la región en la actual topografía.

#### CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL DESARROLLO DEL GEOSINCLINAL ANDINO

En primer término, y después del Triásico, se produce en esta área sólo un ciclo transgresivo marino, que ocurre desde el Lías Superior hasta el Dogger Inferior. Ahora, considerando que los actuales afloramientos jurásicos allí presentes son de un carácter mucho más costanero en la parte oriental que en la occidental, se puede pensar que el avance del mar, en líneas generales, tendió hacia el este. Asimismo, por otro lado, pueden considerarse también los

aflorescimientos marinos del Lías Inferior y Medio, revisado por el autor, que aparecen en la zona de Tres Cruces —lugar situado cerca de Rivadavia, 50 Km al oeste del área levantada aproximadamente— y suponer que el hundimiento comenzó con el Jurásico y que el mar, desde allí, continuó avanzando hacia el oriente, hasta alcanzar durante el Lías Superior y Dogger Inferior la zona estudiada. Más hacia el este, ya en territorio argentino, y siempre a la misma latitud, no existen antecedentes de otros afloramientos jurásicos marinos.

En cuanto al límite oriental de la transgresión marina tratada, que durante ese mismo tiempo pudo corresponder al límite oriental de margen de la cuenca del Geosinclinal Andino, éste debió estar en una zona muy próxima al actual meridiano 70° oeste, pudiendo continuarse hacia el norte, hasta la zona de Copiapó, donde K. SEGERSTROM (1959) determina el límite oriental para los afloramientos jurásicos de la formación Lautaro.

Respecto a las condiciones generales que existieron durante el Lías y Dogger en el Geosinclinal Andino, hubo una sedimentación marina acompañada de un volcanismo casi permanente, como lo atestiguan la formación Lautaro (1959), cerca de Copiapó, y la formación Punilla, en el área levantada. El término de la transgresión, durante el Dogger Inferior, pudo deberse, por una parte, al intenso volcanismo que fue dominando las condiciones marinas, hasta provocar el retiro completo del mar, y por otra, a un movimiento de ascenso.

En lo que se refiere a la transición del Lías Superior al Dogger Inferior en la formación Punilla, ésta es muy paulatina y no se manifiesta cambio alguno en las diferentes fases que aparecen, no pudiendo hacerse una separación litológica definida entre las dos épocas. Efectivamente, la fauna existente, sobre todo los Pelecypodos, de gran distribución vertical, continúa ininterrumpidamente, pasando gradualmente del Lías al Dogger.

En cuanto a la discordancia que se manifiesta entre el Dogger Inferior y el Cretáceo Medio y que pone en contacto directo las formaciones Punilla y Baños del Toro respectivamente, ésta se evidencia también en la zona de Copiapó, donde se superpone una parte de la formación Cerrillos, de edad Cretáceo Medio, a la formación Lautaro, de edad Lías Inferior a Lías Superior (K. SEGERSTROM, 1959, pág. 10). Esta situación que parece ser corriente en la parte noreste de la cuenca del Geosinclinal Andino, contrasta notablemente con la parte central y sur de la misma, donde afloran una serie de formaciones diversas, correspondientes al lapso comprendido entre esas edades. Así, en la zona central, C. KLOHN describió para esas épocas la formación Nacientes del Teno (*con sus miembros superiores de edades Caloviano-Secuniano*), la formación Río Damas (*principalmente de edad Kimmeridgiano*), la formación Leñas-Espinoza (*de edad Titoniano Inferior a Superior*), la formación Baños del Flaco (*de edad Titoniano Superior a Hauteriviiano*) y la formación Colimapu (*de edad Barreniano a Coniaciano?*). Asimismo, L. AGUIRRE indicó por otra parte la depositación durante ese mismo tiempo de la formación Lagunilla (*de edad Oxfordiano a Kimmeridgiano Superior*), de la formación San José (*principalmente de edad Valanginiano*) y de la formación Cristo Redentor (*de edad Hauteriviiano Inferior a Cenomaniano Inferior?*). De esta manera entonces, tratando de encontrar un explicación, se puede suponer como muy probable que mientras en la parte central y sur de la cuenca del Geosinclinal Andino se producía entre el Dogger Inferior y el Cretáceo Medio un lento hundimiento que favorecía las condiciones de depositación, la parte norte

experimentó consecuentemente un solevantamiento, constituyéndose en un área positiva.

Finalmente, respecto a los movimientos que han afectado los estratos del marco estratigráfico estudiado, no existen los elementos de juicio necesarios para poder establecerlos con claridad. Sin embargo, y a pesar de ello, se puede afirmar como probable la existencia de dos orogénesis diferentes pero cuyas ubicaciones en el tiempo son difíciles de precisar.

En cuanto a la primera, ésta habría sido en todo caso con anterioridad a la formación de la unidad Baños del Toro, y sería aquella que plegó las capas jurásicas y triásicas de las formaciones Punilla y Pastos Blancos respectivamente. La existencia de este orogénesis se evidencia por una fuerte discordancia angular que separa los sedimentos del Jurásico Medio y del Cretáceo Medio, discordancia que está muy bien expuesta, principalmente, en la zona de los Cuartitos. Respecto al comportamiento de los estratos afectados por estos movimientos, resulta interesante destacar en esta parte, aunque sin pronunciarse sobre las causas, el hecho de que la formación Pastos Blancos resultó plegada mucho más intensamente hacia el oriente.

La segunda de las orogénesis que se evidencian en el terreno levantado, habría sido con posterioridad al Cretáceo Medio, y sería aquella otra que plegó e inclinó las capas de la formación Baños del Toro.

Ahora, sobre las épocas durante las cuales se manifestaron las dos discordancias recién anunciadas, resulta difícil precisarlas con los escasos antecedentes obtenidos hasta el momento. En todo caso, tentativamente, se puede identificar la primera de las orogénesis, con aquella de fines del Jurásico determinada por los geólogos de la Empresa Nacional del Petróleo en la provincia de Tarapacá (*I. I. G. Bol. 6, 1960, pág. 20*). La segunda orogénesis, como ya se dijo con anterioridad (*pág. 94 a 95 y 136 del presente trabajo*), correspondería a la segunda fase de la orogénesis del Cretáceo Medio y que L. AGUIRRE atribuye al Coniaciano.

## CONCLUSIONES

En esta fase final del trabajo se enumeran los hechos más importantes que han quedado en evidencia a través del estudio total que se ha realizado, y todos ellos se exponen, a manera de guía general, siguiendo el orden estratigráfico ascendente de las diversas formaciones establecidas.

Por otra parte, antes de continuar, conviene aclarar que no todas las presentes conclusiones tienen el mismo valor interpretativo, ya que algunas de ellas, como fue advertido oportunamente en la parte correspondiente del trabajo, han sido anunciadas sólo tentativamente.

Hecha esta última aclaración, se inscriben las siguientes conclusiones:

1º Los terrenos más antiguos que existen dentro del área levantada son de una época Supratriásica, y corresponden a una serie estratificada de brechas, tobas y lavas queratofídicas, que alternan con areniscas, lutitas y tufitas de carácter silico-alcálico. El conjunto recibe el nombre de formación Pastos Blancos.

2º Se reconoce una sola transgresión marina, que se manifiesta al comienzo del Jurásico y que da origen a la depositación de la formación Punilla,

constituida por sedimentos clásticos y calizas que alternan con tobas y lavas de carácter sílico-alkalino.

3º De acuerdo a lo dicho en el punto anterior, existió durante la primera mitad del Jurásico una sedimentación marina conjuntamente con una actividad volcánica.

4º Los estratos del Cretáceo Medio se apoyan directamente sobre los del Jurásico Medio, siendo evidente la discordancia que existe entre estos dos períodos.

5º Durante el lapso señalado en el número anterior, la región estudiada se constituyó en un área positiva, además de haber experimentado una fuerte orogénesis, probablemente a fines del Jurásico, que plegó todos los estratos depositados hasta ese momento.

6º En el Cretáceo Medio reaparece nuevamente una intensa actividad volcánica que se manifiesta por efusiones sobre las formaciones existentes, de lavas andesíticas, tobas y brechas, y que constituyen la formación Baños del Toro.

7º A fines del Cretáceo Medio se produce un segundo movimiento orogénico que pliega las capas de la formación Baños del Toro.

8º La intrusión del Batolito Andino en esta parte corresponde a un solo ciclo plutónico que se habría llevado a efecto a partir del Coniaciano.

9º Durante el Plioceno al Pleistoceno continúa una intensa actividad volcánica que primeramente corresponde a efusiones de riolitas y traquitas que constituyen la formación Vallecito, correlacionada con la formación Altos de Pica en su representación más austral. Posteriormente a ella aparecen las efusiones de andesitas basálticas, de centros eruptivos locales, que constituyen la formación Doña Ana.

10º La actual topografía cordillerana, con profundos valles glaciales, es producto de una intensa glaciación ocurrida con posterioridad al Pleistoceno.

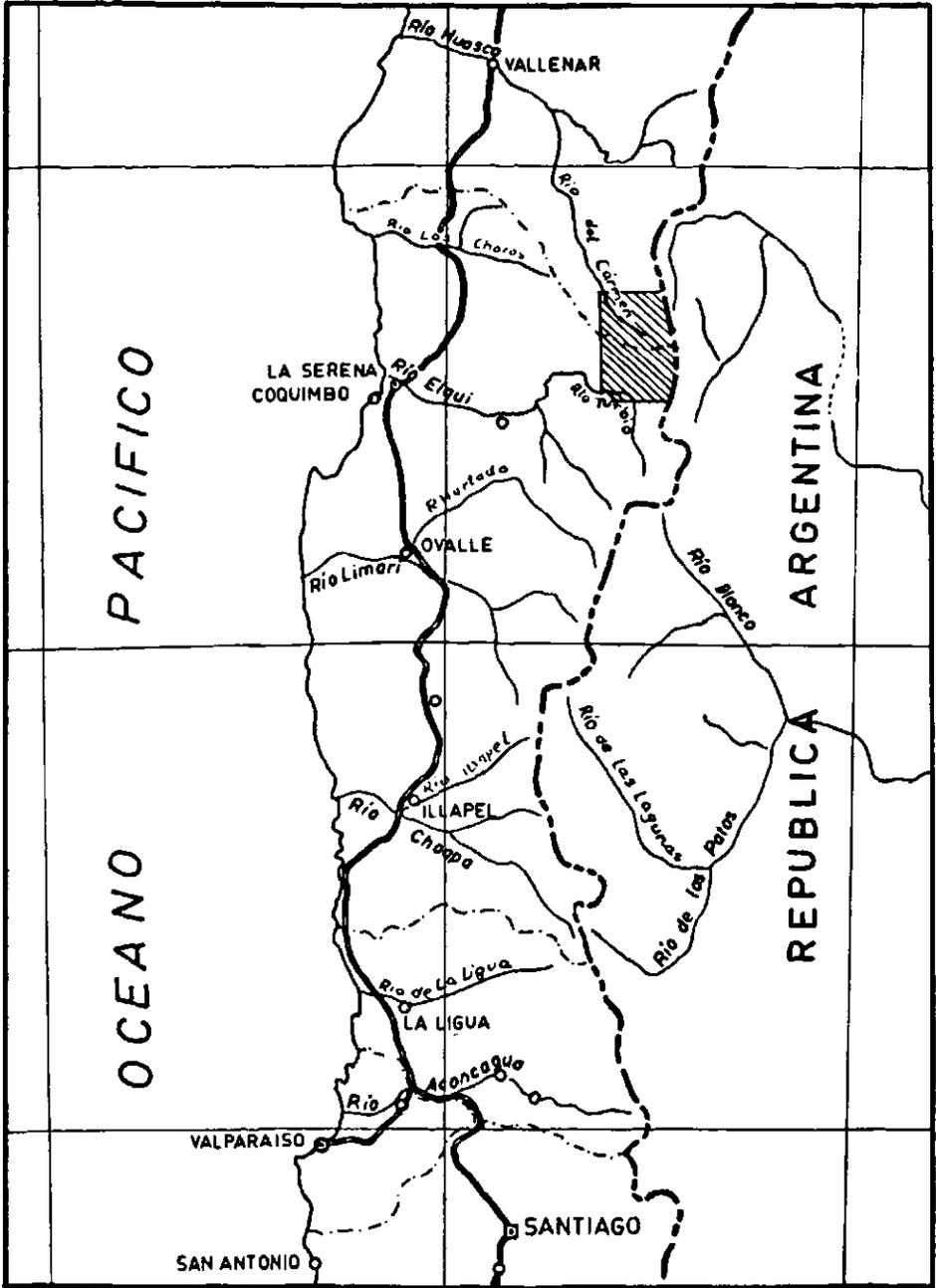
11º y último. El espesor máximo reconocido en el área estudiada, para las sedimentitas y volcanitas, a partir del final del Triásico, no sobrepasa los 10.800 metros, considerando inclusive las volcanitas Plio-Pleistocenas.

## REFERENCIAS

- AGUIRRE, L. (1960): *Geología de los Andes de Chile Central*. Prov. de Aconcagua. Bol. N° 9 del Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago.
- ALMEYDA, E. y SAEZ, F. (1958): *Recopilación de los datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos*. Ministerio de Agricultura. Santiago.
- BAYLE, E. et COUQAND, H. (1851-1852): *Mémoire sur les fossiles secondaires recueillis dans le Chili par I. DOMEYKO et sur les terrains aux quels ils appartiennent*. Mem. Soc. Geol. Fr., Sep. 2.4. Paris.
- BIESE, W. (1961): *El Jurásico de Cerritos Bayos*. Publ. N° 19 del Instituto de Geología de la U. de Chile. Instituto Geográfico Militar. Santiago.
- BRUGGEN, J. (1950): *Fundamentos de la Geología de Chile*. Instituto Geográfico Militar. Santiago.
- BURCKHARDT, C. (1900): *Profils Géologiques transversaux de la Cordillère Argentino-Chilienne*. An. del Museo de La Plata, tomo II. La Plata.

- BURCKHARDT, C. (1900): *Coupe Géologique de la Cordillère entre Las Lajas et Curacautín*. An. del Musco de La Plata, tomo III. La Plata.
- CECIONI, G. y GARCIA, F. (1960). *Observaciones Geológicas en la Cordillera de la Costa de Tarapacá*. Bol. N° 6 del Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago.
- DOMEYKO, I. (1903): *Geología*. Tomo V. Imprenta Cervantes, Santiago.
- FUENZALIDA, H. (1950): *Geografía Económica de Chile*. Corporación de Fomento de la Producción. Tomo I, pp. 188-425. Santiago.
- GALLI, C. (1957): *Las formaciones geológicas en el borde occidental de la Puna de Atacama, sector Pica, Tarapacá*. Revista Minerale, Año XII, N° 56, pp. 14-26. Santiago.
- GONZALEZ, O. y VERGARA, M. (1961): *Reconocimiento Geológico de la Alta Cordillera entre los paralelos 35° y 38° Latitud Sur*. Memoria de Prueba, Escuela de Geología de la U. de Chile. Santiago.
- GROEBER, P. (1951): *La Alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29°30'*. Revista del Instituto Nacional de las Ciencias Naturales. Tomo I, N° 5. Bs. Aires.
- GROEBER, P.; STEPANICIC, P. N. y MIGRAN, A. R. (1952): *Mesozoico: Geografía de la República Argentina*. Soc. Argentina de Estudios Geográficos, Tomo 2. 1 parte. Bs. Aires.
- KAPLAN, O. (1953): *Geografía de Chile*. Instituto Geográfico Militar. Santiago.
- KARZULOVIC, J. y THIELE, R. (1961): *Informe Geológico de la Zona de la Central Hidroeléctrica Las Garzas*. Instituto de Geología de la U. de Chile, Santiago, inédito.
- KLOHN, C. (1960): *Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central*. Provs. de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Bol. N° 8 del Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago.
- LEANZA, A. (1942): *Los Pelecípodos del Lias de Piedra Pintada en el Neuquén*. Revista del Museo de La Plata, Tomo II, sección Paleontología, La Plata.
- MORICKE, W. (1894-1895): *Versteinerungen des Lias und Unteroolith von Chile*. Neus Jahrbuch. Beil-Bd IX. Stuttgart.
- MUNOZ CRISTI, J. (1942): *Rasgos Generales de la constitución Geológica de la Cordillera de la Costa, especialmente en la Provincia de Coquimbo*. An. del Primer Congreso Panamericano de Ing. de Minas, Santiago.
- MUNOZ CRISTI, J. (1950): *Geología: Geografía Económica de Chile*. Corporación de Fomento de la Producción. Tomo I, pp. 55-187. Santiago.
- PHILIPPI, R. (1899): *Los Fósiles Secundarios de Chile*. Santiago. Gobierno de Chile. Imprenta A. Brockhaus, Leipzig.
- QUENSTEDT, F. A. (1858): *Der Jura*. Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung. Tübingen.
- SEGERSTROM, K. y PARKER, R. L. (1959): *Cuadrángulo Los Loros*. Prov. de Atacama (carta Geológica de Chile). Vol. I, N° 1, del Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago.
- SEGERSTROM, K. (1959): *Cuadrángulo Cerrillos*. Prov. de Atacama (carta Geológica de Chile). Vol. I, N° 2 del Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago.
- STEINMANN, G. (1881): *Zur Kenntnis der Jura und Kreideformation von Caracoles*. (Bolivia). Neues Jahrbuch I Bail-Bd. Stuttgart.
- THOMAS, H. (1958): *Geología de la Cordillera de la Costa entre el Valle de La Ligua y la Cuesta de Barriga*. Bol. N° 2 del Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago.
- WEAVER, C. (1931). *Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina*. Vol. I, Memoirs of the University of Washington. Washington.
- ZEIL, W. (1958): *Alto del Carmen* (traducción al castellano por Carlos Klohn, inédita. Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago).

# PLANO DE UBICACION



Zona estudiada

Escala 1 : 3 000 000

FIG. 1.

## DESCRIPCION DE LAMINAS



Foto 1. Falda sur del cerro Doña Ana; estratos horizontales en la parte superior (fot.: O. González)



Foto. 2. Cerro Tórtolas visto desde el cerro Doña Ana (fot.: O. González)



Foto 3. Aglomerados volcánicos en la cumbre del cerro Escabroso; formación Doña Ana (fot.: O. González)



Foto 4. Estratos de calizas fosilíferas en la falda occidental de la cordillera de Doña Ana;



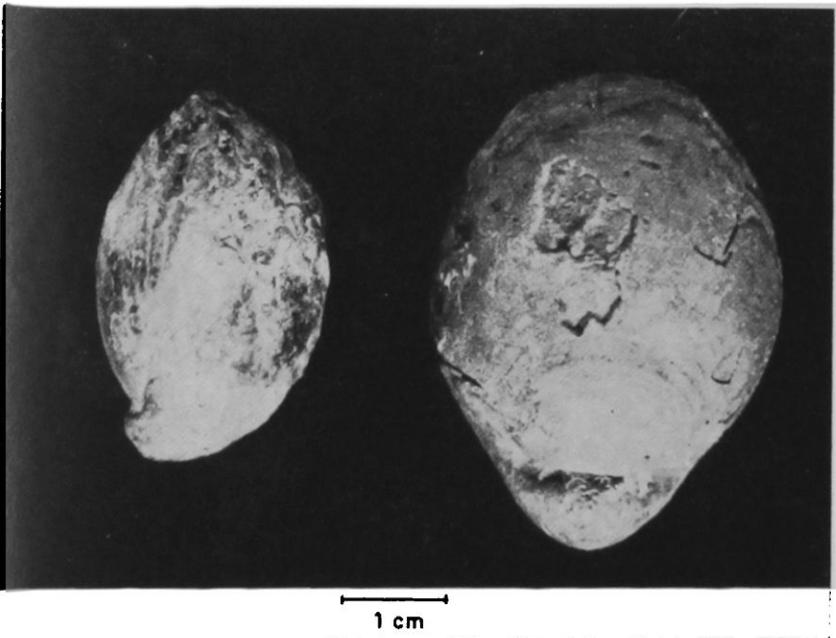
Foto 5. Estratos de calizas en la falda oriental de la cumbre de Punilla Este; formación Punilla (fot.: O. González)



Foto 6. Capas de calizas fosilíferas afectadas localmente por fallas, en la falda oriental de la cumbre Punilla Este (fot.: O. González)



Foto 7. Pliegue en la ladera norte del río Primero, correspondiente a la nariz del anticlinal que afecta a los sedimentos jurásicos de la formación Punilla. En el extremo superior derecho se logra distinguir en discordancia los estratos de la formación Baños del Toro. La flecha indica los mulares de carga. (fot.: O. Gonzalez)



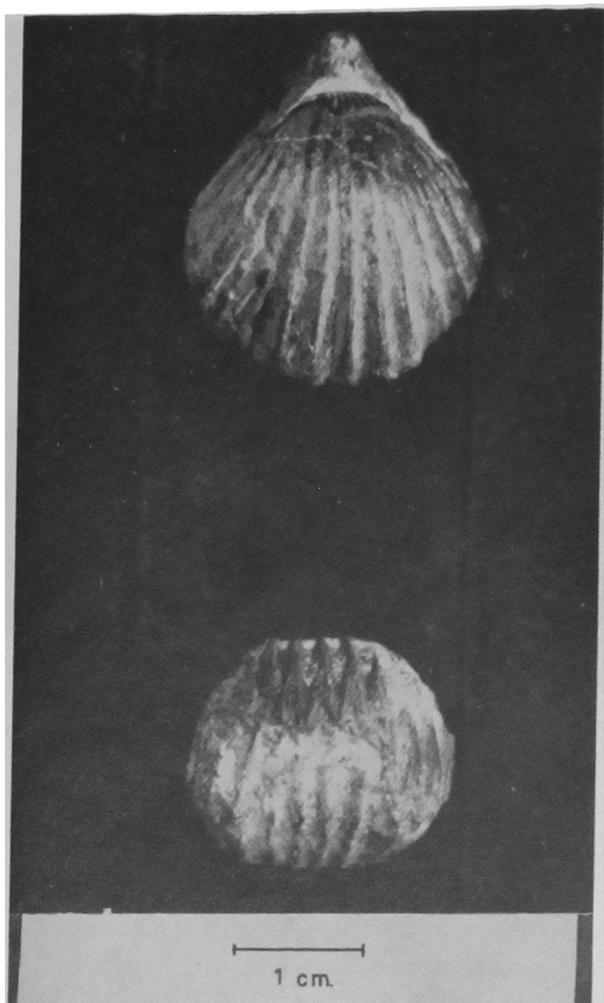


Foto 9. *Rhynchonella tetraedra* var. (?) (fot.: H. de los Reyes)

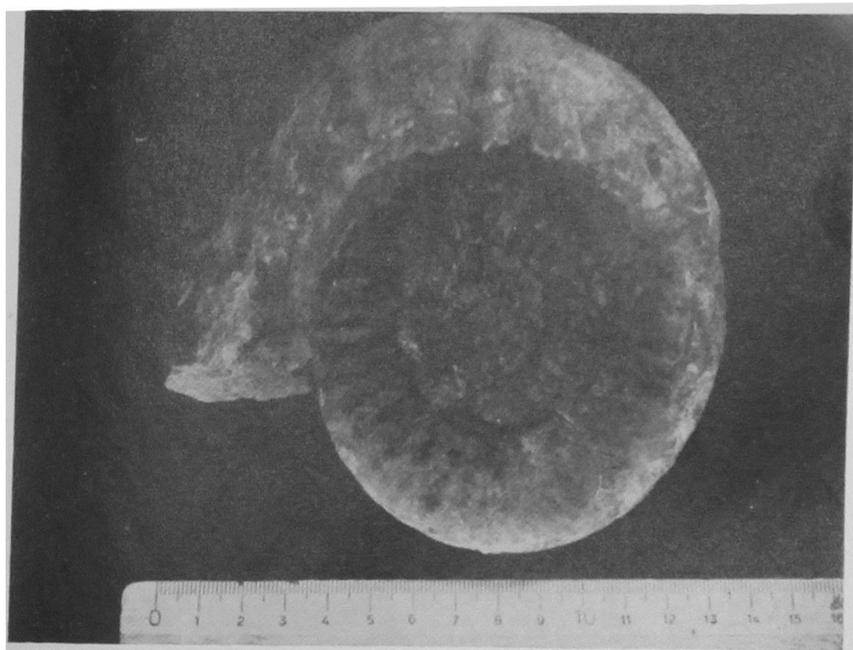


Foto 10. *Hildoceras* (*Phymatoceras*) aff. *lilli* Hau. (fot.: H. de los Reyes)

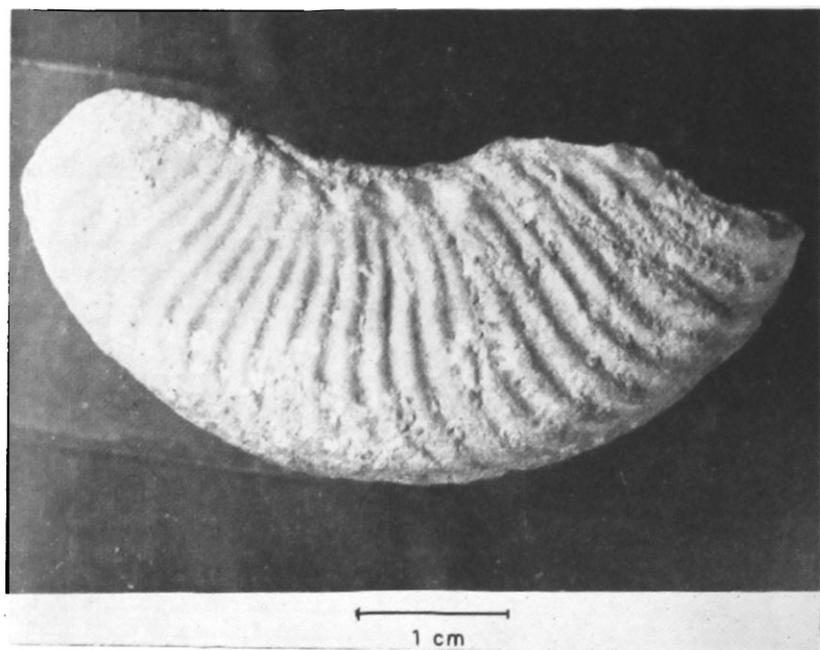


Foto 11. *Hildoceras copiapensis* Mör (fot. H. de los Reyes)

**DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS ESPECIES FOSILES RECOLECTADAS  
EN LOS DIFERENTES BANCOS DE LA  
FORMACION PUNILLA**

**FLANCO ORIENTAL.**

*Nivel superior del perfil Doña Ana.*

**OOLITICO**

NOMBRE	LIAS			Inferior		Medio					Superior	Cantidad de Ejemplares	
				DOGGER		MALM							
	I	M	S	dajociano		Baton	Calov	Oxf	Lusit	Kimmer	Porll		
				Huimpl									
<i>Terebratula aff. copiapensis</i> Mör.			+	+	+								7
<i>Terebratula domeykana</i> Bayle et Coqand (?)		+	+										8
<i>Terebratula domeykana</i> Nob. (?)				+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
<i>Terebratula gottschei</i> Stein.				+	+	+							2
<i>Terebratula</i> sp. indet.													2
<i>Rhynchonella tetraedra</i>		+	+										3
<i>Rhynchonella</i> sp. indet.													2
<i>Pecten disciformis</i> Schubler			+	+									1
<i>Pholadomya fidicula</i> Sow. (?)			+	+	+								1
<i>Vola</i> sp. indet.													2
<i>Lucina</i> sp. indet.													1
<i>Pleuromya</i> (?)													1

*Nivel intermedio del perfil Doña Ana.*

<i>Terebratula domeykana</i> Nob.				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
<i>Terebratula aff. copiapensis</i> Mör. (?)				+	+	+								3
<i>Terebratula gottschei</i> Stein. var. (?)				+	+	+								9
<i>Terebratula</i> sp. indet.														18
<i>Terebratula</i> (?)														1
<i>Rhynchonella</i> cf. <i>aenigma</i> D'Orb. (?)				+	+	+	+	+						7
<i>Pholadomya fidicula</i> Sow.				+	+	+	+	+						5
<i>Pholadomya attenuata</i> Hupé (?)														1
<i>Lucina plana</i> Ziet. (?)					+									1
<i>Lucina payllalefi</i> Leanza (?)				+	+									7
<i>Lucina</i> sp. indet.														4
<i>Trigonia catenifera</i> Hupé				+										3
<i>Lima</i> ( <i>Plagiostoma</i> ) <i>duplicata</i> Sow.				+	+	+	+	+						1
<i>Lima</i> ( <i>Plagiostoma</i> ) <i>gigantea</i> Sow.														5
<i>Pecten</i> cf. ( <i>clamys</i> ) <i>textorios</i> Schloth. (?)	+	+	+	+	+	+								1
<i>Pecten cloacinus</i> (?)														1
<i>Pecten</i> sp. indet.														1
<i>Ostrea marschii</i> Sow.				+	+	+	+	+						7
<i>Ostrea encarpifera</i> Hupé														5
<i>Ostrea sandalina</i> Goldf.								+						1
<i>Ostrea</i> sp. indet.														1
<i>Exogyra laevigata</i> (?)														1
<i>Exogyra</i> (?)														5
<i>Gryphaea arcuata</i>														1
<i>Gryphaea</i> sp. indet.														1
<i>Pleuromya jurassi</i> Ag.				+	+	+	+							33

(Continúa nivel intermedio)

OOLITICO

NOMBRE	L I A S			Inferior		Medio		Superior		Cantidad de Ejemplares	
	I	M	S	DOGGER		M A L M					
				Bajociano		Calov	Oxí	Luit	Kimmer		Portl
				Humpi	Baton						
<i>Pleuromya jurassi</i> Ag. (?)				+	+	+	+				3
<i>Pleuromya</i> sp. indet.											16
<i>Pleuromya</i> (?)											5
<i>Cardinia domeykoi</i> Phill. (?)											3
<i>Cardinia copiapina</i> Phill. (?)											26
<i>Modiola scalprum</i> Sow.	+	+	+	+							2
<i>Modiola</i> sp. indet.											1
" <i>Ceromya</i> " ( <i>Astarte</i> ) <i>Steinmanni</i> Mör.				+	+	+	+	+			1
<i>Gomiomya</i> cf. <i>proboscidea</i> Ag.	+	+	+	+	+	+	+				1
<i>Eryphila</i> (?)											1
<i>Isocardia cordata</i> (?)				+	+	+	+	+			1
<i>Protocardia</i> (?)											2
<i>Corbis</i> (?)											1
<i>Venus</i> (?)											1
<i>Myoconcha</i> (?)											1
<i>Pleurotomaria</i> sp. B (aff. con <i>Pleurotomaria</i> sp. Iquique; museo I. G.)				+	+	+					1
<i>Pleurotomaria</i> sp. indet. (aff. con <i>Pleurotomaria leufuensis</i> Weaver ?)											2
<i>Natica philipi</i> Mör.				+							2
<i>Natica catanlinensis</i> Weaver A	+	+	+								1
" <i>Hildoceras</i> " ( <i>Phymatoceras</i> ) <i>lilli</i> Hau.				+							45
" <i>Hildoceras</i> " ( <i>Phymatoceras</i> ) aff. <i>lilli</i> Hau.											4
" <i>Hildoceras</i> " <i>copiapensis</i> Mör.				+	+						9

Nivel inferior del perfil Doña Ana.

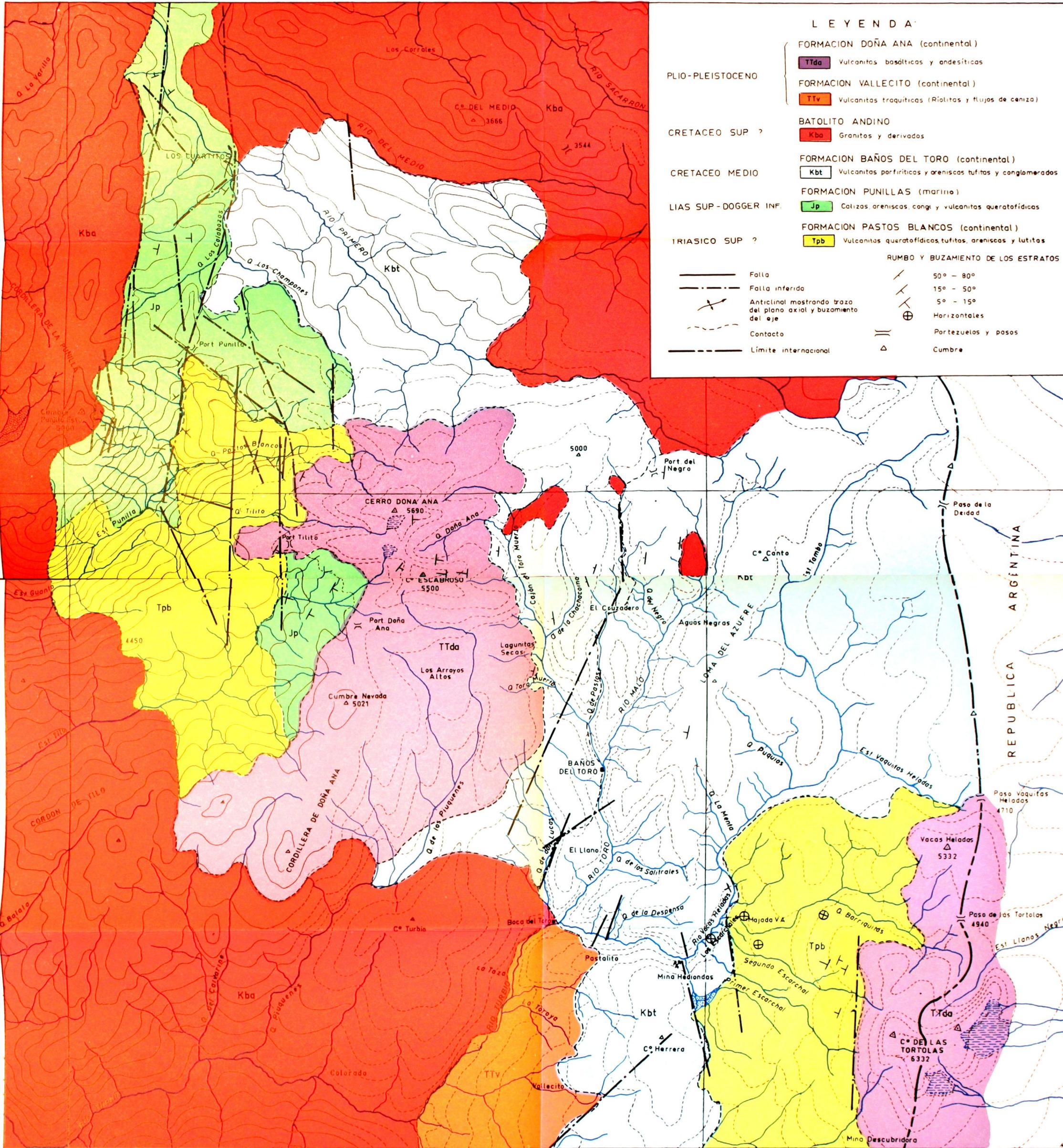
<i>Terebratula</i> aff. <i>copiapensis</i> Mör. (?)				+	+	+						3
<i>Terebratula domeykana</i> Nob. var. (?)				+	+	+	+	+	+	+		3
<i>Terebratula gottschei</i> Stein.				+	+	+						3
<i>Terebratula punctata</i> Sow.	+	+	+									2
<i>Terebratula domeykana</i> Nob.				+	+	+	+	+	+	+		8
<i>Terebratula</i> sp. indet.												2
<i>Pleuromya jurassi</i> Ag.				+	+	+	+	+	+	+		13
<i>Pleuromya</i> (?)												5
<i>Cardinia domeykoi</i> Phill. (?)												5
<i>Cardinia copiapina</i> Phill. (?)												6
<i>Pholadomya fidicula</i> Sow.				+	+	+	+	+				11
<i>Pholadomya</i> cf. <i>piegemanni</i> Mör. (?)												2
<i>Arcomya</i> (?) (según estado juvenil de <i>Arcomya rotundocaudata</i> Leanza)												2
<i>Lucina plana</i> Ziet. (?)					+							2
<i>Lucina payllalesi</i> Leanza (?)				+	+							5
<i>Lucina</i> cf. <i>atacamensis</i> Mör.				+								1
<i>Trigonia catenifera</i> Hupé.												3
<i>Trigonia stelzneri</i> Gott.					+	+	+					4
<i>Lima truncatifrons</i> Bayle et Couquand (?)					+	+	+	+				1
<i>Lima</i> ( <i>Plagiostoma</i> ) <i>gigantea</i> Sow.												2
<i>Lima raricosta</i> Bayle et Couquand (?)					+	+	+	+	+			2
<i>Pecten textorius</i> Schl. (var. <i>Pecten turulosi</i> Quenst.)	+	+	+	+	+	+	+					1







70°15'



LEYENDA

- |                        |  |      |   |
|------------------------|--|------|---|
|                        | FORMACION DOÑA ANA (continental)       | TTda | Vulcanitas basálticas y andesíticas                         |
| PLIO-PLEISTOCENO       | FORMACION VALLECITO (continental)      | TTv  | Vulcanitas traquíticas (Riolitas y flujos de ceniza)        |
| CRETACEO SUP ?         | BATOLITO ANDINO                        | Kba  | Granitos y derivados  |
| CRETACEO MEDIO         | FORMACION BAÑOS DEL TORO (continental) | Kbt  | Vulcanitas porfiríticas y areniscas tufitas y conglomeradas |
| LIAS SUP - DOGGER INF. | FORMACION PUNILLAS (marino)            | Jp   | Calizas areniscas, cong. y vulcanitas queratofídicas        |
| TRIASICO SUP ?         | FORMACION PASTOS BLANCOS (continental) | Tpb  | Vulcanitas queratofídicas, tufitas, areniscas y lutitas     |
- 
- |         |  |   |                     |
|---------|--|---|---------------------|
| —       | Falla  | ↗ | 50° - 80°           |
| - - -   | Falla inferida   | ↘ | 15° - 50°           |
| ↗ ↘     | Anticinal mostrando trazo del plano axial y buzamiento del eje | ↕ | 5° - 15°            |
| - · - · | Contacto   | ⊕ | Horizontales        |
| — · — · | Límite internacional   | ⊖ | Portezuelos y pasos |
|         |  | △ | Cumbre              |

BASE TOPOGRAFICA: Ampliación de la carta preliminar 1:250 000 corregida por capitación de fotografías aéreas verticales, Aykon



GEOLOGIA Y TRABAJO DE LABORATORIO  
POR RICARDO THIELE CARTA  
1958 - 1959 - 1960

