

ALGUNAS OBSERVACIONES GEOMORFOLOGICAS SOBRE LAS TERRAZAS DEL RIO COPIAPO⁽¹⁾

por JEAN TRICART

El valle del río Copiapó se caracteriza por importantes anomalías en la disposición de las capas aluviales, hecho que repercute en la distribución y la calidad de las aguas subterráneas. El origen de estas anomalías parece residir en importantes movimientos tectónicos de edad cuaternaria.

Para poner en evidencia estas deformaciones y definir sus características, analizaremos la disposición de las diferentes capas aluviales del Cuaternario, sector por sector, a lo largo del valle, empezando aguas arriba.

I. DISPOSICION DE LAS CAPAS ALUVIALES AGUAS ARRIBA DE SAN FERNANDO

Han sido encontradas, a lo largo del valle, cuatro formaciones aluviales sucesivas, las cuales serán designadas por los símbolos t_1 , t_{11} , t_{111} y t_{1r} , de acuerdo con su edad.

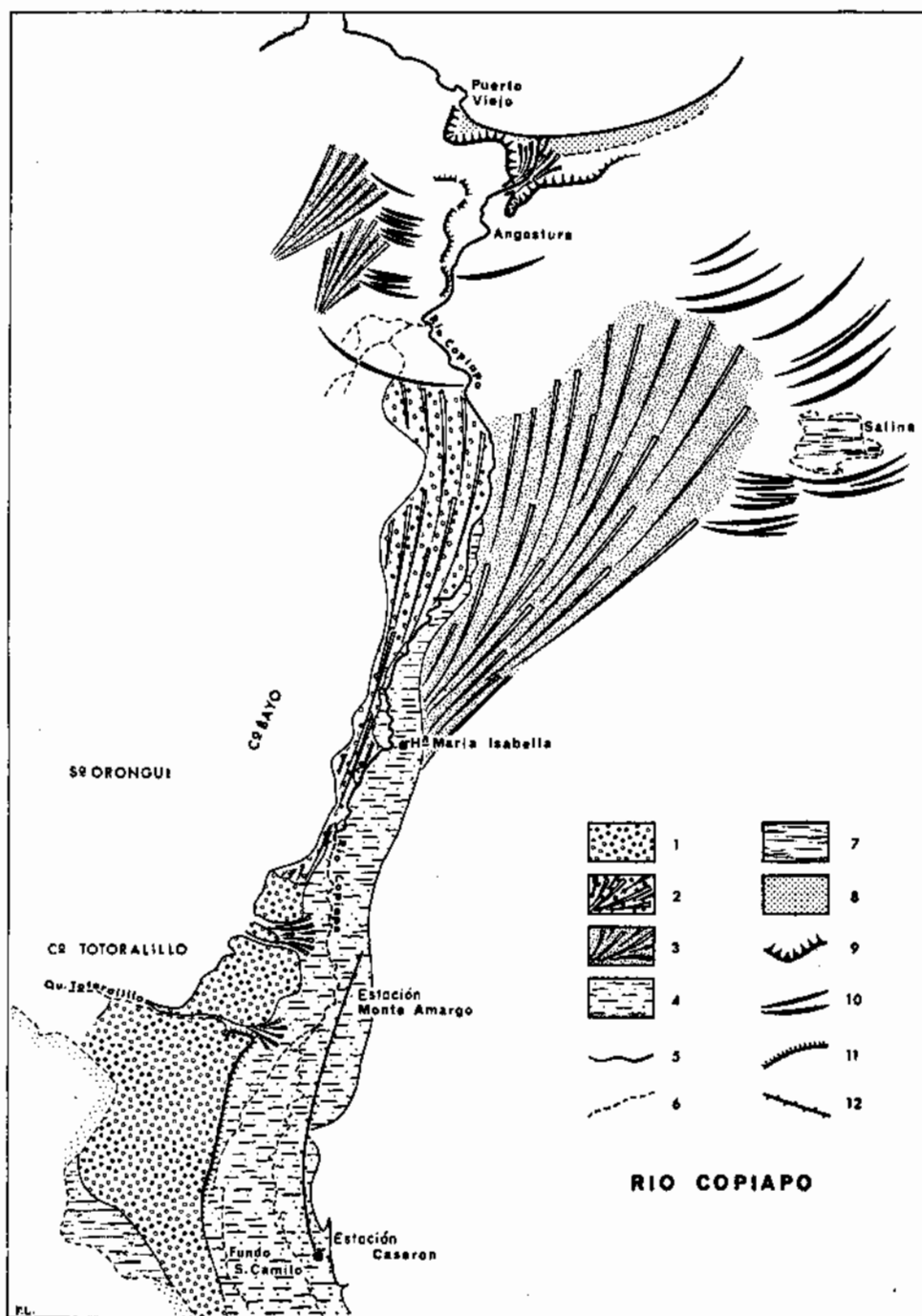
1º LAS CAPAS ALUVIALES.

Cada una de estas capas aluviales pueden caracterizarse por su tipo de material y por su posición en la evolución geomorfológica.

a) La acumulación más reciente t_1 , acompaña el lecho del río pero no es inundable. El río tiende a encajonarse dentro de ella, por lo general de 2 a 3 m. Sin embargo, aguas arriba de los conos afluentes más importantes, no hay incisión como consecuencia del efecto de represamiento realizado por estos conos.

La capa t_1 , comporta dos tipos de acumulaciones:

(1) El recorrido de la región ha sido determinado por el Inst. de Investigaciones Geológicas y realizado en compañía de los geólogos O. CASTILLO y H. HENRÍQUEZ del IIC. y de la Srta. A. R. HIRSCH y del S. J. C. GRIESBACH del CGA. En la parte baja del valle, hemos sido guiados en el campo por el geólogo MORAGA del IIC. Con todos tuvimos la oportunidad de cambiar ideas y estamos agradecidos de ellos por el beneficio que eso nos ha procurado.



Croquis río Copiapo

- | | |
|---|---|
| 1. Terraza T _{IV} : material heterogéneo con dominio de elementos gruesos. | 3. Conos T _{III} : rodados |
| 2. Cono deltaico T _{IV} . | 4. Terraza T _{II} : material heterogéneo con dominio de elementos finos. |
| 5. Río permanente. | 6. Río intermitente. |
| 7. Salar. | 8. Dunkerquiense. |
| 9. Acanalado ouljiense. | 10. Antiguos cordones litorales. |
| 11. Talud de terraza. | 12. Vía Férrea. |

--Conos de deyección a la salida de las quebradas, formados de piedras y bloques con desgaste mediocre, material parcialmente retrabajado a lo largo de los canales durante el Holoceno (que designaremos con el símbolo t_0).

--Una terraza baja, muy continua y regular en el fondo del valle, constituida por aportes longitudinales. Es el resultado de dos fases sucesivas de acumulación, una primera gruesa, de cantos rodados, y una segunda fina con limos. Esta última presenta un espesor de 2 a 3 m. Esta superposición de facies diferentes, la interpretamos como el resultado de un cambio climático que ha disminuido la descarga de las crecidas y, por consecuencia, la competencia del río.

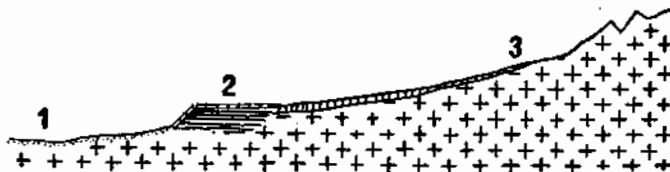
b) La acumulación inmediatamente anterior, que llamaremos t_{11} , consiste en formaciones de laderas pedregosas, parcialmente cubiertas de pátina marrón-rojiza. Pasan paulatinamente a conos de deyecciones grandes, mayores que los del t_1 . El más claro se puede observar a la salida de una quebrada de 2 Km. aguas arriba de Pabellón, margen izquierdo del río Copiapó. Dentro de este cono t_{11} , el cono t_1 es encajonado unos 2-3 m. Pero, generalmente, t_{11} y t_1 están

LOS NIVELES MARINOS DEL RÍO COPIAPÓ INFERIOR



A. Nivel del punto culminante de la Carretera Panamericana. Cota 260 m.

1. Placa de areniscas calizas ricas en conchas.
2. Roquedos.
3. Extensa superficie de abrasión de perfil cóncavo que recorta las pizarras y termina en una orilla bien definida con playa y cordón de rodados.



B. Plioceno al Norte de la Sierra Oronqui.

1. Nivel de glacis tallado en el granito más bajo que el Plioceno con cubierta arenosa.
2. Corte en el antiguo horno de cal.
 - en la cumbre, placas macizas de lumaquela consolidadas.
 - debajo, arena cálcara-terrosa amarillenta con diaclasas tectónicas oblicuas y conchas.
 - En la base, intercalaciones de cordones de guijarros de origen local desgastados.
 - en la base, irregular, restos de detritos locales que tapizan el fondo del alvéolo: matriz areno-arcillosa roja con ripios subangulosos de pizarras y granitos de origen local.
3. Placas calizas, adelgazadas, que reposan directamente sobre el zócalo tallado en forma de superficie de abrasión. Orilla del mar a 250 m.

al mismo nivel topográfico y se diferencian por la pátina y el calibre del material que es más grueso, en promedio, en t_{11} que en t_1 . Los conos t_{11} más extendidos han funcionado de nuevo y parcialmente durante el t_1 y siguen funcionando en el Holoceno, pero con intensidad decreciente. La única excepción a esta regla es la de Quebrada de El Carrizalillo, donde todo el cono fue retrabajado en el Holoceno.

No se ha observado ninguna terraza de aportes longitudinales t_{11} , a lo largo del río Copiapó. Por lo tanto, los conos t_{11} , se hunden siempre más rápidamente que los conos t_1 , y desaparecen debajo de ellos y de la terraza de aportes longitudinales de t_1 . Aparece así, que t_1 cubre t_{11} , a lo largo del eje del valle.

c) Una acumulación más antigua, t_{111} , aparece en algunos casos, pero nunca es muy desarrollada, lo que es una diferencia importante con lo que se ha observado en las regiones más al norte y en la Fosa de Tacna.

Se diferencia de t_{11} , por la pátina, más intensa, más oscura y que cubre prácticamente todas las piedras expuestas en la superficie, con diferencias ligadas a la naturaleza petrográfica del material.

La acumulación t_{111} , ha sido escasamente conservada y solamente en quebradas muy anchas y en posiciones abrigadas de la erosión. Tal es el caso en la quebrada, 2 km. aguas arriba de Pabellón, margen izquierda.

Generalmente, el material de t_{111} ha sido retomado e incorporado a las acumulaciones más recientes.

d) La más antigua de las formaciones aluviales que acompañan el valle, el t_{1v} , es muy desarrollada y presenta un enorme volumen de detritos. Se la puede observar muy bien a la salida de la quebrada Paipote y cerca de la mina Sta. Agustina. En este último sitio, la parte superior de t_{1v} consiste en materiales locales, angulosos, suministrados por la ladera con un espesor de 15 m. En seguida vienen alternancias de material local y de cantos rodados muy gruesos (hasta 30-40 cm. de largo) traídos por el río Copiapó. El banco más alto de estos cantos está a la altura de 700 m. La acumulación de t_{1v} se observa sin interrupción a lo largo de todo el reborde de terraza y, a la altura de 530 m., desaparece debajo de t_1 . El espesor mínimo del relleno de aportes longitudinales ultrapasa así a los 170 m. y debe llegar hasta los 250 m. aproximadamente, posiblemente más aún.

En la superficie, el material de t_{1v} es fragmentado y cubierto de pátina. La importancia de la fragmentación es el criterio que permite diferenciarlo de t_{111} .

2º DISPOSICIÓN DE LAS CAPAS ALUVIALES.

Las cuatro acumulaciones que acabamos de describir acompañan el valle actual del río. Pero no son las únicas formaciones detríticas de la zona. Existe, a partir de 5 km. aguas arriba de Pabellón, una napa detrítica importante más antigua que t_{1v} que parece de edad pliocena. Se trata de una formación deyectiva de piedemonte, que ha rellenado una depresión en forma de cubeta, cuyo trazado es diferente al del valle actual. El río Copiapó la alcanza a unos 5 km. aguas

arriba de Pabellón, donde sus restos forman rellenos a unos 300 m. más alto que la vaguada. Posteriormente a la edificación de esta formación detrítica, el río Copiapó ha entallado una serie de gargantas con un trazado de ángulos rectos sucesivos, en forma de bayoneta. Dejaremos de lado esta formación que no hemos podido estudiar en detalle, por falta de tiempo, y trataremos sólo las cuatro acumulaciones descritas anteriormente.

En el sector de gargantas aguas arriba de Pabellón, unos 5 km. aguas arriba de este caserío, no se observan más terrazas en el fondo del valle. Ese está cubierto por t_1 , pero el rellenamiento aluvial es muy espeso. Perforaciones han encontrado unos 80 m. de material debajo de la vaguada.

Esta disposición indica que el valle ha sido ahogado durante el cuaternario, con los aportes que el río ha sido incapaz de evacuar. Eso es la consecuencia de dos fenómenos combinados entre sí:

—La importancia de los aportes locales, suministrados en grandes cantidades por laderas muy inclinadas (40° y más) formados por rocas quebradas y sumamente inestables.

—La posición dentro del bloque levantado de la Cordillera, bastante lejos para que las olas de erosión regresiva de los períodos intermedios entre las fases de edificación de las acumulaciones hayan podido llegar hasta ahí.

La última quebrada donde puede notarse un efecto de la erosión regresiva bajo la forma de un escalamiento de terrazas es la que está a 2 km. aguas arriba de Pabellón, margen izquierdo.

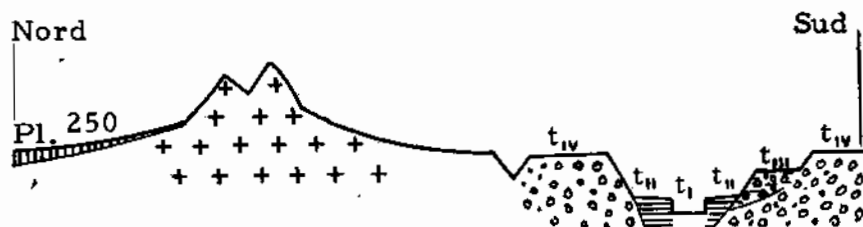
Entre Compañía y San Fernando, esta situación se modifica. En este sector pueden observarse dos niveles bien diferenciados:

—Un nivel alto, constituido por t_{IV} , que aparece aguas arriba bajo la forma

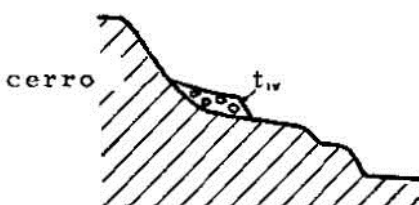
TERRAZAS DEL RÍO COPIAPO EN MONTE AMARGO



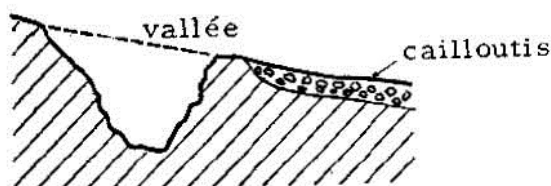
A. Perfil Longitudinal.
B. Perfil transversal.



A)



Río COPIAPÓ. Perfil Transversal 5 Km. aguas arriba de PABELLÓN.



Río COPIAPÓ. Perfil Transversal 10 Km. aguas arriba de PABELLÓN.

de testigos adosados contra las laderas, a una altura relativa de cierta importancia (unos 300 m. y 5 km. aguas arriba de Pabellón). Siempre están separados de la capa del fondo del valle por afloramientos rocosos. A partir de Compañía esta situación se modifica bruscamente. Los restos de t_{iv} se tornan extensos y espesos. Su base está debajo del fondo del valle. Este cambio brusco coincide con una ruptura de pendiente muy marcada del río y parece ser la consecuencia de una falla que habría hundido el bloque aguas abajo de Compañía.

Como lo hemos ya indicado, los aportes laterales de las quebradas han desempeñado un papel muy grande en la edificación de t_{iv} , pero nunca hubo ningún bloqueo del río principal por ellos. En efecto, siempre, dentro de la masa de t_{iv} pueden observarse cantos bien rodados, incluso de granito precambriano rosado que vienen de aguas arriba y que son aportes longitudinales.

—Un nivel bajo, constituido por el fondo del valle, donde se han mezclado las tres acumulaciones más recientes, como lo hemos descrito anteriormente.

En Paipote, esta evolución cambia parcialmente. La quebrada Paipote ha sido muy activa durante la acumulación de t_{iv} , en tal forma que ella sí ha represado el río Copiapó. Eso ha sido facilitado por el ángulo de confluencia, él mismo, consecuencia de la tectónica de fallas de la región.

El cono t_{iv} de la quebrada Paipote es enorme y se ha conservado en el margen derecho de la quebrada. Pequeñas quebradas afluentes, margen izquierdo, han edificado también conos voluminosos, cerca de la Fundición.

En el margen derecho de la quebrada Paipote, el cono t_{iv} de ésta pasa paulatinamente a una terraza casi horizontal donde hemos observado estratificaciones nítidas, incluso un banco de arena pura, excepcional en la región. Una pequeña

cantera abierta en el flanco oriental de la acumulación nos ha mostrado capas inclinadas de 20° aproximadamente, formadas de cantos pequeños, que buzan para el río Copiapó, cubiertas por otras capas casi horizontales. Del otro lado, material del río Copiapó se ha conservado en una pequeña terraza anclada contra el flanco N. del cerro Florida.

De todo esto puede sacarse la conclusión de que el río Copiapó, durante la acumulación de t_{1v} , ha sido bloqueado por los aportes de la quebrada Paipote. La confluencia se ha transformado en una zona inundable propicia a modificaciones de cauce, y, en algunos períodos, hasta en una zona lacustre con capas deltaicas. Posteriormente, cuando se produjo el encajonamiento considerable entre t_{1v} y t_{11} , el río Copiapó ha cortado una garganta en la punta del cerro Florida por sobreimposición. Un antiguo curso t_{1v} del río Copiapó, es sepultado debajo de la Fundición, lo que presenta gran interés para la búsqueda de aguas subterráneas.

II. DISPOSICION DE LAS CAPAS ALUVIALES AGUAS ABAJO DEL SAN FERNANDO

La disposición de las capas aluviales se modifica fuertemente aguas abajo de San Fernando, lo que nos induce a pensar en movimientos de bloques durante el Cuaternario.

Dos factores principales deben ser distinguidos:

1º ENTRE SAN FERNANDO Y VALLE FÉRTIL.

El valle, al contrario del sector entre Compañía y San Fernando, se caracteriza por la ausencia de terrazas altas, a pesar de sus importantes variaciones de anchura que habrían facilitado su conservación si hubieran existido. En efecto, el calibre del valle es sumamente irregular, con alternancias de sectores que llegan hasta 3-4 km. de ancho, y otros donde no excede a 0,7 km. Además, rincones aislados y lomas que se proyectan valle adentro, y cerros aislados dentro del relleno aluvial, son muy favorables a la conservación de testigos aluviales antiguos, pero éstos no existen.

Al pie de las laderas, puede observarse un modelado de ahogamiento por los materiales detríticos. A la salida de las quebradas, hay conos muy extensos e inclinados que se hundieron rápidamente debajo de la capa aluvial del fondo del propio valle. Una parte importante de estos conos es constituida por t_{1v} , muy poco disecado y prácticamente retrabajado al mismo nivel dentro de las acumulaciones más recientes. A veces, forma un cono-terracea, algunos metros más alto que ellas. Así t_{1v} se hunde debajo de las formaciones más recientes, exactamente como t_{11} , en el sector aguas arriba de San Fernando.

Otro hecho significativo, también, es la extensión de las acumulaciones recientes, que ocupan todo el fondo del valle, y donde el material fino se torna muy

predominante en la superficie. La evacuación del material ha sido dificultada por algo. Por eso, el relleno es muy espeso. En San Fernando excede los 184 m. debajo de la vaguada. Además, la inclinación del fondo del valle se torna muy débil.

Este conjunto de hechos incita a pensar que se trata ahí de un bloque hundido, como lo es el Valle Central más al Sur. Este bloque se terminaría al E. contra una falla N S acompañando el trazado de la quebrada Paipote. En efecto, se puede también notar, al E. de esta falla probable, una disminución brusca de la altura de las divisorias de ambos lados del Valle del río Copiapó.

El hundimiento del bloque sería posterior a la acumulación de t_{iv} , lo que explicaría el desaparecimiento de t_{iv} , debajo de las formaciones más recientes, cuando, al contrario, hay una incisión muy fuerte aguas arriba, en el bloque levantado San Fernando-Compañía. Este hundimiento ha facilitado la erosión regresiva en el bloque levantado que le sigue aguas arriba. Pero este movimiento ha empezado probablemente tarde durante la acumulación de t_{iv} , lo que explicaría el gran espesor de esta formación cerca de Paipote, al llegar en la zona hundida.

Después de la acumulación de t_i , parece que el hundimiento no ha funcionado más. En efecto en el Holoceno, una pequeña ola de erosión regresiva se desarrolla aguas abajo de la Hacienda Chamonate. El río Copiapó se encajona dentro del material fino de t_i , entre barrancos cuya altura crece paulatinamente aguas abajo, llegando a unos 5 m. en Caserón y 8 en Monte Amargo.

2º AGUAS ABAJO DE VALLE FÉRTIL.

Las terrazas reaparecen en este sector y su disposición es bastante variable.

a) En Caserón, las terrazas no presentan la misma disposición en ambos márgenes del valle.

—Margen derecha, puede observarse una terraza cuyas características son las de t_{iii} . Una cantera muestra un corte en el cual los aportes longitudinales de cantos rodados bien desgastados, hasta 15-25 cm. de largo están cubiertos por un paleosuelo de 0,5 m. de espesor. Este paleosuelo se ha desarrollado dentro de una arcilla aluvial y es de color rojizo, con una ligera oxidación y manchas de ferromanganeso sobre los cantos rodados subyacentes. Posteriormente, se ha producido una penetración de sulfatos a través del perfil.

El paleosuelo y las capas subyacentes presentan un buzamiento de unos 5º hacia el N. al interior de la quebrada a la salida de la cual está el corte. Cubren este conjunto capas de lavas torrenciales provenientes de la quebrada, formando bancos de unos 0,5 m. de espesor con matriz de color marrón.

Posteriormente, dentro de estas formaciones, se ha encajonado una cárcava cuyas laderas están cubiertas de cantos fragmentados encerrados en una costra de sulfatos mezclada con arena eólica.

El material de aporte longitudinal culmina apenas 8 m. más alto que el fondo del valle.



Fotog. 1. Valle del río Copiapó en su confluencia con la quebrada Paipote.



Fotog. 2. Cuenca del Copiapó vista hacia aguas arriba del aeródromo.

—Margen izquierda, dominando el fundo San Camilo, puede observarse una magnífica terraza que sube paulatinamente *hacia aguas abajo* de la 1ª aproximadamente. Se termina bruscamente al llegar a una pequeña quebrada, aguas arriba de Monte Amargo. Aguas arriba, esta terraza desaparece debajo del fondo del valle del río Copiapó cerca del fundo Valle Fértil.

El material de esta terraza consiste en aportes longitudinales. Su perfil transversal es convexo, lo que provoca la formación de una depresión mal drenada al contacto de los glaciares que forman el pie de la divisoria.

En la escarpa dura de la terraza los cantos rodados están bien desgastados y llegan a los 15-20 cm. En la superficie, en cambio, están fragmentados en pedazos de unos 2 cm, no más, sobre una capita de limo gris de 3 cm. y una capa de alteración arcillosa color chocolate de unos 10-20 cm. de espesor. Los cantos de granitos están meteorizados hasta 2 m. de profundidad por debajo de la superficie de la terraza. Lo cual ocurre con la fragmentación de los cantos de otra naturaleza. Todas estas características que hemos señalado corresponden a los que ya enumeramos para t_{iv} .

La altura de esta terraza, a lo largo de la huella de la mina es de solamente 6 m. más alta que la del fondo del valle. Aguas abajo, sube como ha sido anteriormente dicho y forma una bóveda.

La diferencia de disposición de las terrazas en ambos márgenes del valle implica una falla longitudinal local posterior al t_{iii} .

b) En Monte Amargo, a la altura de la estación del ferrocarril y sobre la margen derecha hasta poco más aguas abajo de Sta. Isabel, puede observarse la siguiente disposición:

— t_i , forma el fondo del valle, constituyendo una llanura aluvial con meandros, cenagosa, inundable por la crecida más fuerte, que en condiciones naturales se perderían.

— t_{ii} , es una terraza de material fino, 8 m. más alta que t_i . Su superficie muestra acciones eólicas. Su reborde forma barrancos que se desploman. Está constituida por capas peculiares de 1-3 mm. con ondulaciones que coinciden con el microrrelieve de lo que era, durante el depósito, la llanura inundable. El material es integrado por alternancias de arenas eólicas, de limos arenosos, de arcillas limosas con sulfato y de delgadas capitas de turbas con restos de plantas invadidos por el yeso. En todo el material, se notan alteraciones freáticas amarillentas. Esta acumulación implica un régimen de inundaciones más frecuentes y más abundantes que las del presente, capaces de cubrir un valle 1 km. de ancho. Pero, sin embargo, el clima se mantenía árido, con una evaporación fuerte.

— t_{iii} , está constituido por cantos rodados semejantes a los de Caserón, margen derecha, que llegan hasta los 25 m. más alto que el fondo del valle en Sta. Isabel. El rellenamiento, muy nítido, ha sido posteriormente entallado por dos niveles de erosión. El sistema de terrazas t_{iii} , parece ligeramente afectado por el movimiento de bóveda, que culmina en Monte Amargo. El no entra en la garganta reciente del río Copiapó, pero, al contrario, se continúa a lo largo de la carretera



Fotg. 3. Cuenca de Copiapó a la derecha del aeródromo.



Fotg. 4. Ahogamiento de tiv bajo los aluviones más recientes. Cauce de Copiapó.
aguas abajo de la ciudad.

de Caldera y, disectado, desaparece bajo formaciones eólicas que esconden su encajonamiento dentro del t_{1v} .

— t_{1v} , constituye, por su parte, dos conjuntos.

En la margen derecha, una terraza de cantos rodados, de topografía muy plana, con las características típicas de fragmentación y alteración se sigue a lo largo de la Carretera Panamericana, unos 15 m. más alto que t_{111} . Ha sufrido, también, deformaciones tectónicas. En efecto, en el corte de la carretera, pueden observarse 3 bancos bien definidos, con buzamiento de unos 10° hacia aguas arriba. Estos bancos son cortados por la superficie de la terraza, que no presenta esta misma deformación. Puede, así, ser datada del tiempo de la acumulación de t_{1v} en este punto. Esta deformación corresponde al flanco S. de la bóveda anticlinal de Monte Amargo.

En la margen izquierda, a lo largo de una huella que une la estación del ferrocarril a una mina, en una quebrada, puede observarse el corte siguiente:

1) capas de deyección fluvial con las características de t_{1v} . Espesor 4 m.

2) debajo, una formación de cantos pequeños fluviales alternando con capas con detritos de conchas marinas, de las cuales algunas están todavía adheridas sobre cantos, y con marinas transformadas en areniscas, y detritos de conchas sueltos. Se trata de una zona deltaica, abrigada del oleaje por el cerro, donde desembocaba un brazo del río, el cual traía el material fluvial que las olas no tenían la fuerza para modificar. Espesor 4 m.

3) arcillas rojizas del tipo de los aluviones del río Copiapó en capas con estratificaciones reticulares horizontales, que se pierden en bisel hacia el N. entre dos acumulaciones detríticas de cantos rodados. Para el S., solamente se observan los cantos. El material fino se ha acumulado al borde de un delta, en zona abrigada.

El material de la capa 1) se continúa sobre el basamento de granitos y esquistos a ambos lados de la garganta, pero siempre delgado (92-6 m.). En Angostura, forma una cuña y desaparece debajo de formaciones marinas como lajas de conglomerados.

En conclusión, en este sector del valle, se puede observar la reaparición de las terrazas encajonadas como consecuencia de la combinación:

—de una deformación en forma anticlinal que afecta principalmente t_{1v} pero, también ligeramente t_{111} .

—de una renovación de la erosión regresiva que permite la individualización de t_{11} y de t_1 . Ellas implican climas más húmedos que el actual que han permitido al río llegar hasta el mar.

La formación t_{1v} se interstratifica con depósitos marinos, lo que permite correlacionarla con las oscilaciones del nivel del mar. Su acumulación ha empezado después de una regresión fuerte, como lo veremos más adelante y se termina después de una regresión. Eso, lo demuestra la disposición de la capa 1) que cubre, en dirección del mar, las capas marinas.

La capa terminal de t_{1v} se ha desparramado sobre una superficie de abrasión marina bastante uniforme, lo que ha permitido el cambio de cauce del río. En

efecto, las mayores acumulaciones de t_{iv} se han depositado a lo largo de un antiguo cauce situado al N. del cauce actual. Después de la acumulación de t_{iv} hubo un cambio de cauce, a la vez, por surimposición respecto del espandaje y por antecedenencia respecto de la deformación de t_{iv} .

El alzamiento de la bóveda anticlinal de Monte Amargo, posterior a t_{iv} , ha dificultado el encajonamiento del río y la evacuación de los aluviones. Como, en el mismo momento, ha funcionado el hundimiento del curso medio, se puede comprender la disposición complicada de las napas aluviales. Los cantos rodados han logrado llegar hasta la garganta apenas el t_{iv} y el t_{iii} , cuando los movimientos tectónicos no habían alcanzado todavía su efecto completo. Después, todo el material grueso se ha quedado preso en la zona de hundimiento y ha llegado solamente material fino. La erosión regresiva ha conseguido entallar el bloque costero levantado solamente con retraso. Es por esto que la diferenciación entre t_i y t_{ii} se limita a la parte aguas abajo del bloque medio hundido, hasta la hacienda Chamonate.

3º LAS ANTIGUAS PLAYAS.

El bloque levantado de la costa se caracteriza también por la existencia de playas antiguas bien desarrolladas. Estas playas llegan a alturas muy grandes, lo que se explica por la tectónica. La resistencia del basamento cristalino así como las condiciones climáticas suficientemente áridas para que la erosión sea relativamente poco vigorosa han permitido su buena conservación.

1º LAS ACUMULACIONES LITORALES PLIOCENAS.

Al norte de la sierra Oronqui 1) un alvéolo excavado en el granito está cubierto de formaciones litorales de edad pliocena, comprobada por fósiles. Forman un revestimiento de glaciis que indica una transgresión.

En el corte de una calera abandonada, hemos levantado el siguiente corte:

1) Lajas macizas de arenisca a conchas bien consolidadas con escasas diaclasas que se desploman en bloques de varios metros, formando una protección para las capas más blandas subyacentes. Espesor de 1,5 m.

2) Arena calcárea, sucia, mezclada de limo, de color amarillento, con conchas marinas. Las diaclasas oblicuas son de origen tectónico. En la parte inferior, se ven unas intercalaciones de cantos locales mal rodados, formando lentes poco espesos. Espesor 5 m.

3) Capa irregular, interrumpida a veces, de cantos mal rodados de rocas locales (granitos y esquistos metamórficos), de unos centímetros de largo, en una matriz areno-arcillosa roja. Espesor 0,5-1 m.

La formación muestra una oscilación del nivel del mar. La capa 3) es continental. Se trata de una acumulación de acarreo sobre un glaciis y ella es el testigo de los procesos que han aplanado el fondo del alvéolo, ya antes de la transgresión.

Las otras dos capas son marinas. La capa 2) indica condiciones climáticas tales que una cantidad bastante abundante de detritos podía llegar hasta el mar, suministrada por los ríos locales. Al contrario, con las mismas condiciones topográficas, la capa 3) es muy pobre en elementos detríticos y consiste en su mayor parte de detritos de conchas. Eso implica un cambio en las condiciones climáticas que ha parado la llegada de material detrítico. En las condiciones del litoral de Chile, solamente puede ser un clima más árido. Así, la transgresión esa ha coincidido con un clima más húmedo y el nivel alto del mar, con un clima más seco, árido como lo es el actual. Antes de la transgresión, los glaciares han sido modelados bajo condiciones semiáridas, pero con escurrimientos esporádicos bastante fuertes y frecuentes y una humedad suficiente para permitir una alteración de las rocas que ha suministrado las arcillas y la arena enrojecida por el óxido de hierro.

Este tipo de oscilación climática es análogo a los que hemos encontrado durante el Cuaternario, o sea, períodos menos áridos durante las regresiones y más áridos durante los estacionamientos del nivel del mar a costas altas. Por eso, pensamos que podría tratarse de algún Vilafranquiano. Se sabe, por lo demás que, en Europa, se han comprobado, durante este período, las primeras oscilaciones climáticas, semejantes a las del Cuaternario.

Las lajas de arenisca son el nivel último de la transgresión. Ellas cubren directamente el granito, cortado por una superficie de abrasión marina a la altura de 250 m., más al interior de las tierras de la capa².

2º FORMACIÓN DE LA CARRETERA PANAMERICANA:

Cerca del punto más alto de la Carretera Panamericana, lado este, a la altura de 260 m., hemos encontrado una formación litoral. Nos parece que la transgresión se ha parado a esta altura y no hemos observado ningún afloramiento de altura superior.

Se trata de la extremidad superior de una larga superficie de abrasión con perfil cóncavo que corta los esquistos metamórficos y se termina con una acumulación de playa. Ella está formada por un cordón de cantos rodados pequeños (hasta 8 cm.), muy bien desgastados, de forma ovoide y de naturaleza petrográfica muy variada. Eso implica un cordón construido con material llevado por las olas a lo largo de una costa de oleaje fuerte. La estratificación tiene un buzamiento de 10-15°, lo que es característico de una playa de perfil muy inclinado. Este material tiene un espesor de 4-6 m.

Los cantos están mezclados con detritos de conchas muy quebrados que se han transformado parcialmente en cemento, dando origen a conglomerados de playa calcáreos. Unos bancos han sufrido una alteración ferruginosa.

El aspecto de todo eso es bien diferente de aquel del Plioceno, aun si se toma en cuenta la diferencia del ambiente dinámico. Nos inclinaríamos a ver en esta formación un depósito del Cuaternario antiguo, pero sin ningún argumento determinante.

Este cordón litoral es el único nivel en el cual el mar ha estado estacionado un tiempo bastante largo, en este sector. Más abajo, una inmensa superficie de abrasión corta las rocas, pero sin ningún cordón. Solamente se observan, entre las acumulaciones de arenas eólicas, unos bancos delgados de arenisca calcárea con conchas.

3º FORMACIONES DE PUERTO VIEJO.

Aproximadamente 1 km. al sur de la desembocadura del río Copiapó, hemos observado, en discordancia sobre el Mioceno, una formación de cantos rodados traídos por este río, con intercalaciones de conchas marinas. La altura es de unos 20 m.

Esta formación, rica en cantos rodados que vienen de la cuenca alta solamente puede ser anterior a t_{11} , considerando que durante la acumulación de t_{11} no llegaba hasta aquí ningún material grueso. La interpretamos como contemporánea de t_{11} y depositada en la boca del río. Habría sido, posteriormente, levantada por los movimientos tectónicos.

En conclusión, dos series de hechos son particularmente interesantes en esta región:

—La comprobación de la existencia de oscilaciones del nivel del mar sincronizadas con las oscilaciones climáticas, desde luego en el Cuaternario antiguo. Durante las regresiones, el clima es más húmedo y los transportes de detritos por los ríos son más abundantes, lo que desencadena la formación de terrazas climáticas. Al contrario, los niveles altos del mar, interglaciares, coinciden, como el período actual, con una actividad geomorfológica reducida y una tendencia, cuando hay bastante agua, al encajonamiento de los ríos.

—Los movimientos tectónicos han sido importantes durante el Cuaternario y han revestido la forma de movimientos de bloques. El bloque costero se ha levantado, obstaculizando el transporte de los materiales del río en dirección del mar a partir del fin de t_{11} . El bloque medio se ha hundido, lo que se traduce en la sepultación del valle debajo de una enorme cantidad de detritos. El bloque Paipote-Compañía ha recibido mucho material durante el t_{17} , sea porque está al pie de la Cordillera, sea porque se ha hundido un poco. La brusca terminación de las acumulaciones contra una falla, aguas arriba, está en favor de movimientos tectónicos. Más aguas arriba, el levantamiento ha sido permanente durante el Cuaternario, lo que permite que el río haya excavado gargantas, pero la erosión regresiva de los períodos intermedios de acumulación climática no ha llegado fácilmente, en tal forma que las terrazas faltan en el fondo del valle.

Esta evolución geomorfológica ordena las características hidrogeológicas. El bloque levantado costero contiene el agua de subescurrimiento y la obliga a levantarse hasta la superficie donde la evaporación concentra las sales. Al contrario, las formaciones del Cuaternario antiguo, de t_{17} , aguas arriba, son un buen acuífero, el cual se puede aprovechar para la perforación de pozos.