
Boletín de Estudios Geográficos

JORGE FERNÁNDEZ

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LAS REDES FLUVIALES
EXORREICAS DE LA PUNA

I) EL CAÑÓN DE YACORAITE

In memoriam de Jean Oggero.
Geólogo malogrado; entrañado,
inolvidable amigo.

I. INTRODUCCIÓN

Los cursos de agua de fluencia centrípeta caracterizan de tal modo a la red de avenamiento de los territorios puneños, que la misma definición del concepto geográfico de *Puna* lleva en sí implícita la inexistencia de ríos de drenaje centrífugo. Pero una observación más detenida del problema rápidamente habrá de llevar a la conclusión de que existen ríos de tales características en la Puna, y que alguno de ellos, con la erosión retrocedente de sus cabeceras, han logrado penetrar muy hondo hacia el interior del Altiplano. Algunos investigadores, sobre todo los que varias décadas atrás fundamentaban sus observaciones casi exclusivamente con la aplicación de métodos fisiográficos, han propuesto excluir de la Puna a todas aquellas áreas con desagüe dirigido al exterior; pero esto ni constituye una solución, ni resulta admisible para la geografía científica. Antes bien, pensamos que la presencia de cursos de agua exorreicos en un ambiente tan desfavorable para su formación y desarrollo como es el de la Puna, y a pesar de constituir una forma de avenamiento discrepante en ella, está tan íntimamente vinculada a su evolución geomórfica y a su estructuración geológica, que la pretendida extir-

pación resultará, en el mejor de los casos, puramente artificial y meramente aplicable con fines didácticos.

En el sector argentino de la Puna existen tres importantes ejemplos de estas formas discrepantes de drenaje hacia el Atlántico; ellos son:

1) La cuenca del río Grande de San Juan, probable tributario del sistema del Pilcomayo. (Se impone una exploración geográfica en las altas montañas de Bolivia tendiente a determinar, de manera definitiva, las verdaderas vinculaciones de los ríos Camblaya y Chalcamarca con el Pilcomayo superior).

2) El sistema colector de las quebradas de Sansana, Toro-Ara y del Cuartel, tributarias del río de La Quiaca y éste, a su vez, del Pilcomayo.

3) La cuenca imbrífera formada por los ríos y quebradas temporarias y permanentes que desaguan al canal colector del río Yacoraite, tributario del sistema río Grande (de Humahuaca) San Francisco-Bermejo.

Es muy poco lo que hasta ahora sabemos en relación con la formación de estos típicos valles de desierto, a los que, cuando más, se ha intentado relacionar genéticamente con los cambios climáticos del Pleistoceno, vinculación esta que aparenta ser bastante discutible porque ni siquiera tenemos un concepto aceptable de los principios que gobiernan la circulación de los caudales actuales, así subterráneos como de superficie.

Los casos de ríos actuales que nacen en el bloque sobreelevado y comprimido comprendido entre los Andes Orientales y los Andes Occidentales —esto es, la Puna de Atacama y el Altiplano boliviano—, para vincularse finalmente a los sistemas del drenaje continental, son bastante numerosos. Pero lo que de manera especial llama la atención del geógrafo es la forma en que tal vinculación se ha llevado a cabo: ya no se trata de dilucidar el porqué de la existencia de surcos divagantes sobre la superficie de llanuras o relieves suavemente accidentados, sino la obtención de una explicación al porqué ríos de escasa competencia erosiva, con las cabeceras ubicadas en regiones subáridas o francamente áridas y por tanto de régimen hídrico escaso, han logrado imponer su rebeldía a estructuras orográficas cuya energía de relieve supera ampliamente los mil, dos mil y hasta tres mil metros. Evidentemente, enfrentamos aquí las mayores complejidades suposibles en relación al comportamiento de la corteza

del planeta a través de largos períodos de su historia, comportamiento únicamente reconstruible en mérito al aporte que las ciencias geológicas puedan brindar a la vieja Ciencia Madre, queremos decir, a la Geografía.

Dada la vastedad del problema aquí escuetamente presentado, únicamente habremos de ocuparnos ahora del caso del río Yacoraite y, de manera especial, al cañón que elaboró transversalmente a serranías cuyo relieve absoluto sobrepasa holgadamente los 4.000 metros, nada más que para vincularse finalmente con el sistema de avenamiento del continente. Para ello, únicamente contamos con la capacidad interpretativa del naturalista que, imprevistamente, se ve obligado a encarar el comportamiento de las zonas cortical y subcortical del planeta —morfogenia, orogenia, isostasia—, mas sin caer en apreciaciones subjetivas acerca de fenómenos que, aunque de índole fundamentalmente catastrófica, no dieron por resultado otra cosa que una elaboración *armónica* de la arquitectura terrestre.

Circunscrito el problema a nuestro caso, el cañón de Yacoraite, habremos de ver cuales han sido las causas que lo originaron; es decir, si se trata de un viejo valle resultante de una captura, de su antecedencia respecto al levantamiento de la sierra que ahora corta, o si su origen debe buscarse en una sobreimposición.

Hay, además, una circunstancia que viene a agilizar nuestros intentos de obtener un panorama aceptable sobre la génesis y desarrollo de estos valles: nos referimos a la aparición de viejas actividades humanas, algunas de ellas con características primordiales, sobre las terrazas elaboradas por estos surcos fluviales. Dichos hallazgos, consistentes en materiales líticos labrados por el hombre, dada su extensión geográfica y la gran importancia arqueológica que parecen investir, toman casi impostergable la necesidad de contar cuanto antes con un mediano conocimiento de la evolución geomórfica de dichas terrazas a partir del Plioceno, como base para el establecimiento de las condiciones paleoecológicas y de las conducentes a la instalación humana.

La presente monografía sobre la formación del cañón de Yacoraite, en verdad no forma sino una pequeña parte de un estudio mayor del borde oriental de la Puna, que el autor viene encarando de varios años atrás. Por lo tanto, las conclusiones a que arriba con respecto a la formación de este cañón, no pueden ser sino un resumen, para cuya elaboración ha sido preciso eliminar en casi su to-

tal extensión la parte geológica (estratigráfica y tectónica), que aunque de menor interés para el geógrafo, son fundamentales para reconstruir la historia geomorfológica del valle.

De los notables fenómenos que originaron el cañón de la cuenca exorreica citada en último término, esto es, la del río Yacoraite, haremos el motivo de las páginas que siguen.

II. DESCRIPCIÓN

La cuenca imbrífera del río Yacoraite desagua el borde oriental de la Puna a lo largo de un frente de aproximadamente 40 kilómetros en dirección N-S, desde el paralelo de 23 grados hasta el trópico de Capricornio, drenando una superficie plana (no real), de unos 600 kilómetros cuadrados. Dicha cuenca está formada por cinco tributarios principales: el río Casa Grande (o Vizcarra), que recibe el aporte de las quebradas que desaguan el flanco oeste de la sierra del Mal Paso; los ríos Pisungo-Grande y Cajas, que drenan la faz este de la sierra de Aguilar; y, finalmente, los pequeños pero importantes ríos del Portillo y del Rodio, que reciben los derrames de la sierra Alta y de la sierra de Cajas (ver fig. I: *Bosquejo Orohidrográfico del borde oriental de la Puna*). Todos ellos convergen frente a la desembocadura del río del Rodio, y desde allí el conjunto recibe ya el nombre de Yacoraite. Se produce, a partir de la citada confluencia, un violento cambio en la dirección del curso hacia el este, con una pequeña desviación hacia el sud; y todo este abanico fluvial, unificado en el surco del Yacoraite, enfrenta y secciona transversalmente las estructuras de las sierras Alta y del Mal Paso. Desde este punto, y hasta su desembocadura en la quebrada de Humahuaca, el Yacoraite ya no recibe más aportes de importancia limitándose a cumplir las funciones de un canal de descarga, de aguas límpidas durante el invierno, y de torrentes de agua, barro y piedras durante los meses de verano.

Toda la cuenca imbrífera del Yacoraite superior queda enmarcada por la especial orientación de los cordones montañosos; esto es, siendo los últimos de una marcada continuidad N-S, también los ríos y quebradas menores ostentan dicha orientación, a excepción del río Cajas, que es desplazado algo hacia el E por las rocas duras (cuarcitas) que componen el anticlinal de la sierra de Cajas. Estos cordones montañosos son: al este, las sierras del Mal Paso y Alta(en

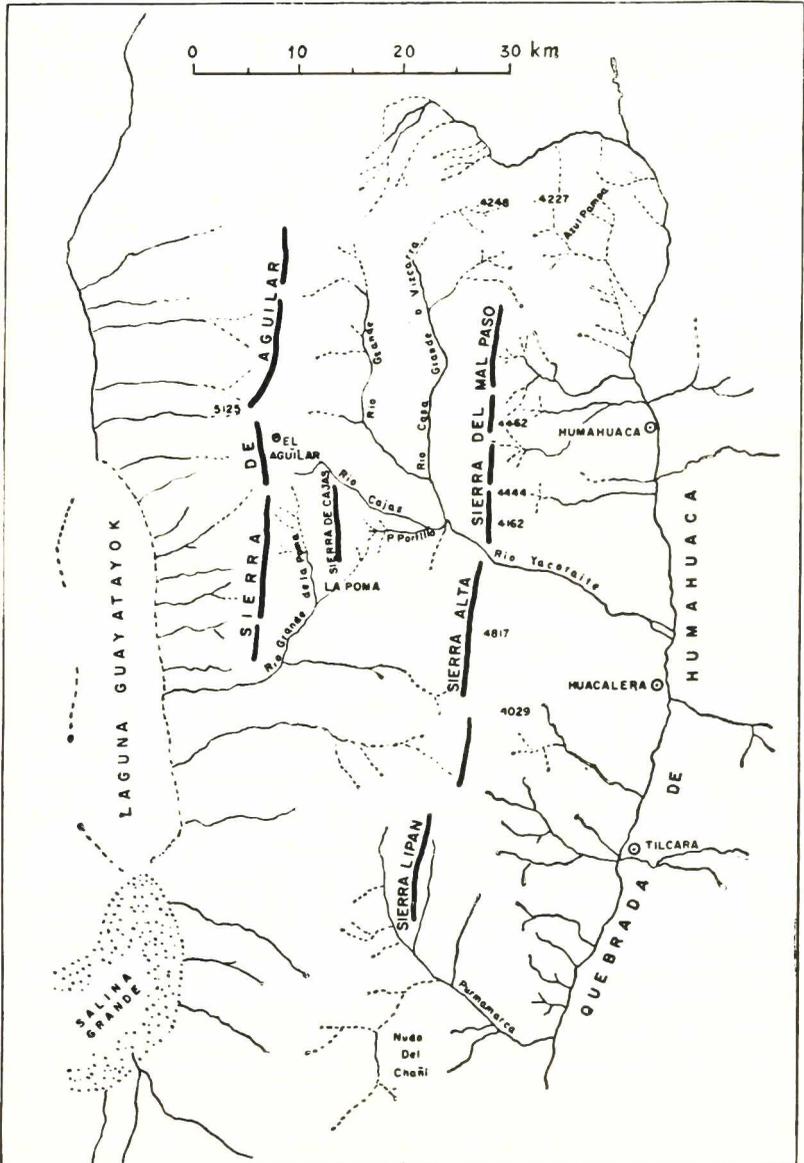


Fig. 1. — Croquis orohidrográfico del borde oriental de la Puna.

realidad, se trata de un solo cordón seccionado, prolongación de una rama que se desprende hacia el norte desde el nudo de Chañi, bordeando el costado occidental de la quebrada de Humahuaca); y al oeste, la sierra de Aguilar y un pequeño apéndice que se le desprende hacia el este, la sierra de Cajas. Las dos primeras se elevan a una altura media de 4.500 metros sobre el mar, pero en la sierra Alta, sobre todo, se yerguen cumbres que sobrepasan los 5.100 metros; mientras que la de Aguilar alcanza, en su parte central, los 5.125 metros. La más baja, la sierrita de Cajas, solamente llega a 4.400 metros sobre el mar.

Como más adelante veremos, esta hidrografía actualmente sumisa no sólo se adapta a líneas orográficas directrices, sino que su desarrollo ha sido siempre gobernado por la tectónica, unas veces por fallas y otras por estructuras resultantes del plegamiento, vale decir, por sinclinales y anticlinales. Algunos de estos surcos constituyen *ahora* ejemplos típicos de valles subsecuentes a la estructura (valles sinclinales por coincidir su cauce con los ejes de los sinclinales).

III. INTERPRETACIÓN

El borde oriental de la Puna, que entra desde Bolivia por la divisoria de aguas de la sierra de Santa Victoria, la abandona al enfrentar el abra de Tres Cruces, y desde allí corre por los filos de la sierra del Mal Paso, sigue por la sierra Alta y de Lipán, para entroncar finalmente con la cumbre del nevado de Chañi, frente a las salinas Grandes de Jujuy (ver E. FERUGLIO: *Los sistemas orográficos de la Argentina*, GAEA, Geografía, IV, 1946).

A esta altura de la descripción, podemos ya establecer firmemente dos premisas:

1) La cuenca imbrífera del río Yacoraite se emplaza en las cubetas negativas (las que se hundieron o bien permanecieron estáticas durante el fallamiento en bloques), del bloque sobreelevado de la Puna.

2) Pero su canal de descarga (Yacoraite inferior), se ubica en el costado occidental de la quebrada de Humahuaca, vale decir, fuera ya del ambiente puneño.

Para pasar de uno a otro de estos ambientes geográficos, netamente diferenciados entre sí, el río Yacoraite ha debido seccionar,



Fot. 1. — El cañón de Yacoraite antes de la confluencia de los ríos Casa Grande y Laguna.



Fot. 2. — El cañón de Yacoraite algunos kilómetros antes de su embocadura en la sierra Alta.

mediante la elaboración de un estrecho cañón, una importante serranía y la potente serie de rocas mesozoicas que se le adosa lateralmente. Estas estructuras son:

- a) La sierra Alta, por cuyos filos corre el límite geográfico de la Puna hacia el sur;

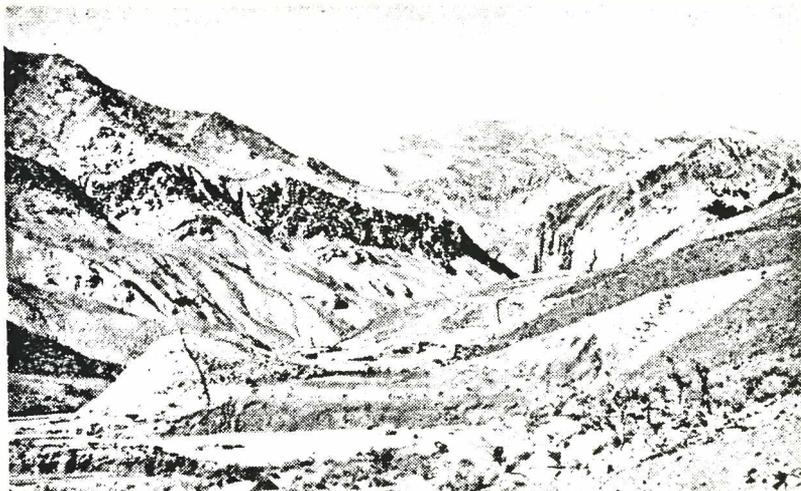
- b) la parte final del ala occidental del anticlinal de la sierra del Mal Paso, por donde corre el límite de la Puna hacia el norte.

Anteriormente hemos expresado que físicamente ambas estructuras (sierras del Mal Paso y Alta), aunque con diferente nombre, constituyen una sola serranía seccionada; pero el bloque de la sierra del Mal Paso, lateralmente formada por una gruesa serie de sedimentos mesozoicos con fraccionamiento escamoide, adquiere, bajo aspectos nada despreciables, independencia respecto al verdadero núcleo de la sierra (cerro Tocante), compuesto por rocas cámbricas y ordovícicas.

El seccionamiento a que hemos aludido, y mediante el cual se valen las aguas del Yacoraite para pasar de la Puna al distrito geomorfológico que he denominado Humahuaqueño, es perfecto y neto. Las figuras 1 a 6, más que nuestras palabras, darán una idea acabada de este grandioso fenómeno. Lo más llamativo de él, en que un río de escasa competencia erosiva haya sido capaz de seccionar semejante bloque de montaña, reside en que el mismo no se ha efectuado aprovechando los planos de sedimentación, fallas, diaclasas u otras discontinuidades estructurales, sino que el corte fue labrado normalmente a ellas.

Cuando por primera vez vimos desde lejos este asombroso desfiladero, dimos por descontado que él había sido trabajado por las aguas en las rocas relativamente blandas que integran el ya aludido grupo mesozoico (calizas dolomíticas, calizas, areniscas calcáreas, margas multicolores, etc.), que afloran extensamente en la vertiente oeste de la sierra del Mal Paso; pero nuestro asombro fue mayor al comprobar que el seccionamiento proseguía —fuera ya del cañón propiamente dicho—, en las formaciones cambro-ordovícicas, mucho más duras y coherentes, aunque más perturbadas tectónicamente. Pues la totalidad del valle inferior del Yacoraite, a excepción del sector ubicable a unos diez kilómetros de su desembocadura en la quebrada de Humahuaca, constituye un cañón de fondo chato y de sección rectangular o cuadrada.

Pero el fenómeno notable, o descollante, se produce en el angosto desfiladero que atraviesa el bloque de la sierra Alta-Mal Paso. Dejando para un futuro estudio sobre los rasgos geomórficos del borde oriental de la Puna el tratamiento de la totalidad del problema, que incluye su vinculación con la elaboración del valle de Hu-



Fot. 3. — El cañón de Yacoraite visto desde el río Laguna.



Fot. 4. — La embocadura del cañón en las calizas dolomíticas. El río está en estiaje (mayo).

mahuaca, a él dedicaremos preferentemente la atención en el presente trabajo.

IV. DESCRIPCIÓN DEL CAÑÓN

El cañón de Yacoraite es conocido por los lugareños con el nombre de El Chorro. Se trata de una angosta garganta o desfiladero

cuyo ancho, en la embocadura, no sobrepasa los veinte metros, pero que a los cien metros de distancia, desde la embocadura, tiene un ancho que escasamente supera los cinco, y en partes menos. Estas diferencias en el ancho se deben, principalmente, a que en el primer tramo el río atraviesa la Formación Yacoraite, constituida por calizas dolomíticas bastante friables. Este trayecto en las calizas, medianamente ancho, alcanzará una longitud total de cien metros; una gran falla, con buzamiento casi vertical, dirigido al oeste, indica el contacto de las calizas dolomíticas con la Formación Lecho, constituida por areniscas calcáreas bastante coherentes. La parte final de la garganta atraviesa la Formación Pirgua (areniscas Inferiores de Bonarelli). Esta disposición en fajas de distinta composición litológica nos convence de que nos hallaremos en el ala de un anticlinal cuya superficie creстал ha sido destruida.

Repetiremos aquí que el valle de Yacoraite, en la casi totalidad de su curso, constituye un verdadero cañón, que no solamente atraviesa las formaciones nombradas, sino que cruza también las fajas de terrenos precámbricos, cámbricos y ordovícicos que afloran más hacia el este; pero el cruce estrecho y encajonado a través de las formaciones del Grupo Salta, tiene aproximadamente 900 metros de longitud, y a él nos estamos refiriendo específicamente en este lugar.

De tal manera queda presentado el cañón de Yacoraite en su extensión horizontal; falta ahora decir algunas palabras acerca de su proyección vertical. Altísimos paredones, cuya altura real es casi imposible apreciar —pues el ojo humano parece perder tal capacidad cuando el horizonte se limita al punto de tener que volcar la cabeza hacia atrás—, se yerguen verticalmente o en sobrependiente. Su altura debe sobrepasar en algunos puntos el centenar de metros. El acceso a sus bordes desde las alturas de Mal Paso o desde la sierra Alta es imposible; esta característica de los bordes u orillas del cañón lo hacen especialmente apto para servir de habitáculo a numerosas familias de buitres; el faldeo de la sierra del Mal Paso en este punto se llama Apostadero de los Cóndores.

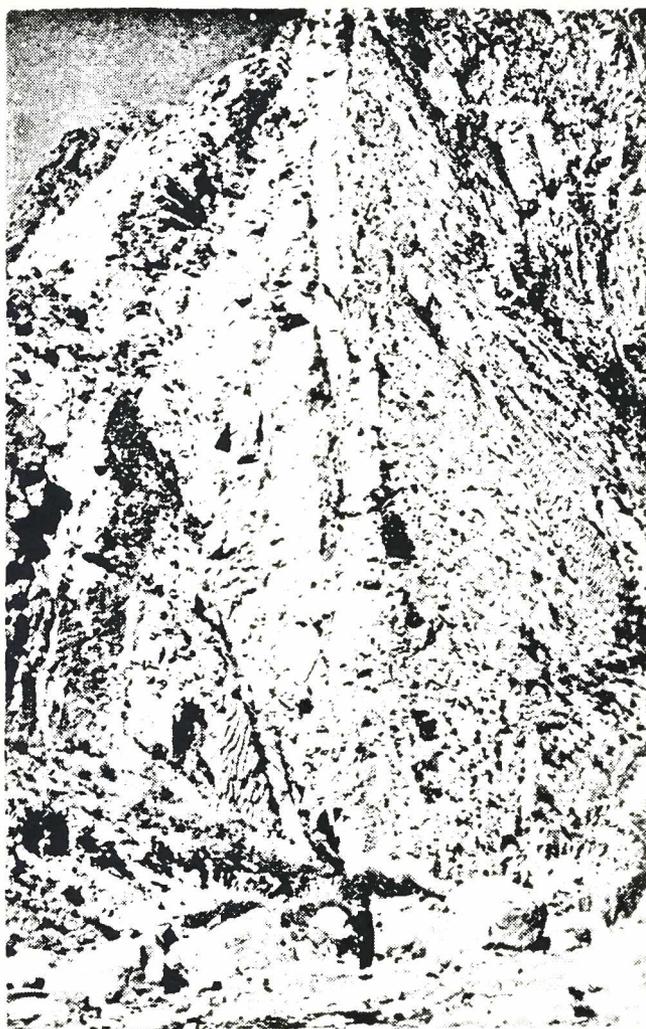
La presencia de este cañón inutiliza al valle de Yacoraite como posible vía de comunicación entre la región minera de Aguilar y las salinas Grandes con los centros poblados mayores existentes en la quebrada de Humahuaca. Desde las salinas viene el *Camino de la Sal*, sendero de herradura varias veces centenario. Poco antes de llegar a Yacoraite, la huella se bifurca: uno de sus ramales se dirige

cuyo ancho, en la embocadura, no sobrepasa los veinte metros, pero que a los cien metros de distancia, desde la embocadura, tiene un ancho que escasamente supera los cinco, y en partes menos. Estas diferencias en el ancho se deben, principalmente, a que en el primer tramo el río atraviesa la Formación Yacoraite, constituida por calizas dolomíticas bastante friables. Este trayecto en las calizas, medianamente ancho, alcanzará una longitud total de cien metros; una gran falla, con buzamiento casi vertical, dirigido al oeste, indica el contacto de las calizas dolomíticas con la Formación Lecho, constituida por areniscas calcáreas bastante coherentes. La parte final de la garganta atraviesa la Formación Pirgua (areniscas Inferiores de Bonarelli). Esta disposición en fajas de distinta composición litológica nos convence de que nos hallaremos en el ala de un anticlinal cuya superficie crestal ha sido destruida.

Repetiremos aquí que el valle de Yacoraite, en la casi totalidad de su curso, constituye un verdadero cañón, que no solamente atraviesa las formaciones nombradas, sino que cruza también las fajas de terrenos precámbricos, cámbricos y ordovícicos que afloran más hacia el este; pero el cruce estrecho y encajonado a través de las formaciones del Grupo Salta, tiene aproximadamente 900 metros de longitud, y a él nos estamos refiriendo específicamente en este lugar.

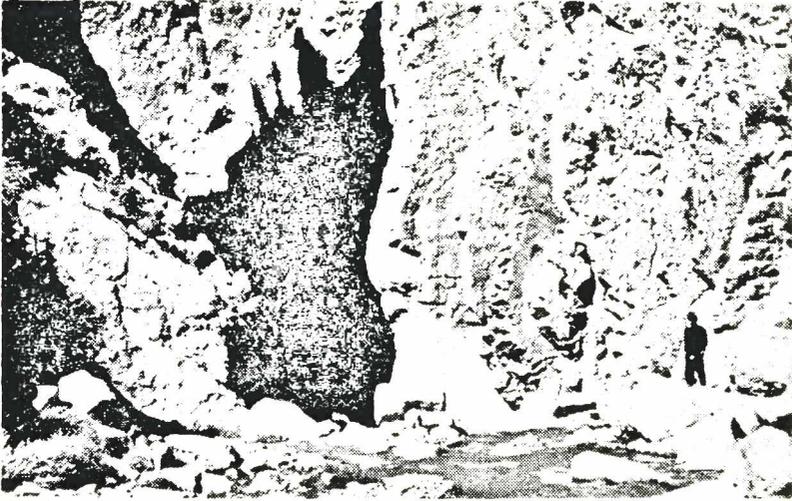
De tal manera queda presentado el cañón de Yacoraite en su extensión horizontal; falta ahora decir algunas palabras acerca de su proyección vertical. Altísimos paredones, cuya altura real es casi imposible apreciar —pues el ojo humano parece perder tal capacidad cuando el horizonte se limita al punto de tener que volcar la cabeza hacia atrás—, se yerguen verticalmente o en sobrependiente. Su altura debe sobrepasar en algunos puntos el centenar de metros. El acceso a sus bordes desde las alturas de Mal Paso o desde la sierra Alta es imposible; esta característica de los bordes u orillas del cañón lo hacen especialmente apto para servir de habitáculo a numerosas familias de buitres; el faldeo de la sierra del Mal Paso en este punto se llama Apostadero de los Cóndores.

La presencia de este cañón inutiliza al valle de Yacoraite como posible vía de comunicación entre la región minera de Aguilar y las salinas Grandes con los centros poblados mayores existentes en la quebrada de Humahuaca. Desde las salinas viene el *Camino de la Sal*, sendero de herradura varias veces centenario. Poco antes de llegar a Yacoraite, la huella se bifurca: uno de sus ramales se dirige



Fot. 5. — El seccionamiento en los estratos verticales de la Formación Yacoraite.

a Huacalera cruzando por el abra del Arenal; el otro toma hacia el poblado de Humahuaca, atravesando el abra del Mal Paso. Ambas abras (portillos), son de pésimo tránsito, no solo por las dificultades que se presentan al tratar de superar las sierras, y que serían nada más que de índole topográfica, sino también por la *puna brava* que ataca allí a hombres y animales y por las temibles tormentas de viento y arena que acontecen, principalmente, en invierno. A pesar



Fot. 6. — Lugar en que el ancho del cañón se reduce a tres metros.

de ello, los traficantes de sal dejan de lado el portillo de Yacoraite y encaminan sus tropas por alguna de las citadas abras.

El tránsito por el cañón propiamente dicho es imposible para jinetes y bastante dificultoso para el hombre a pie. Durante el verano, sobre todo, es una verdadera temeridad introducirse en él, a causa del riesgo de verse sorprendido allí por una súbita avenida de aguas y piedras. Enormes rodados y bloques desprendidos, de varias decenas de toneladas de peso, obstruyen la marcha de trecho en trecho, siendo necesario en algunos casos pasar por debajo de ellos, para lo cual es menester introducirse en las aguas. Como éstas ocupan en muchas partes la totalidad del lecho, es preciso efectuar el cruce del cañón saltando de piedra en piedra; por esto no es conveniente cruzarlo en horas de la mañana, ya que la superficie de las piedras pulidas y redondas sobre las que es preciso saltar, se halla entonces cubierta por una capa de hielo. Las aguas son muy frías; los rayos solares penetran en el cañón apenas un par de horas por día.

Es muy posible que el equilibrio aún no haya sido logrado por las masas rocosas que se elevan verticalmente; esto se puede inferir por los grandes derrumbes que se producen con frecuencia, especialmente por las areniscas de la Formación Pirgua (areniscas rojas),

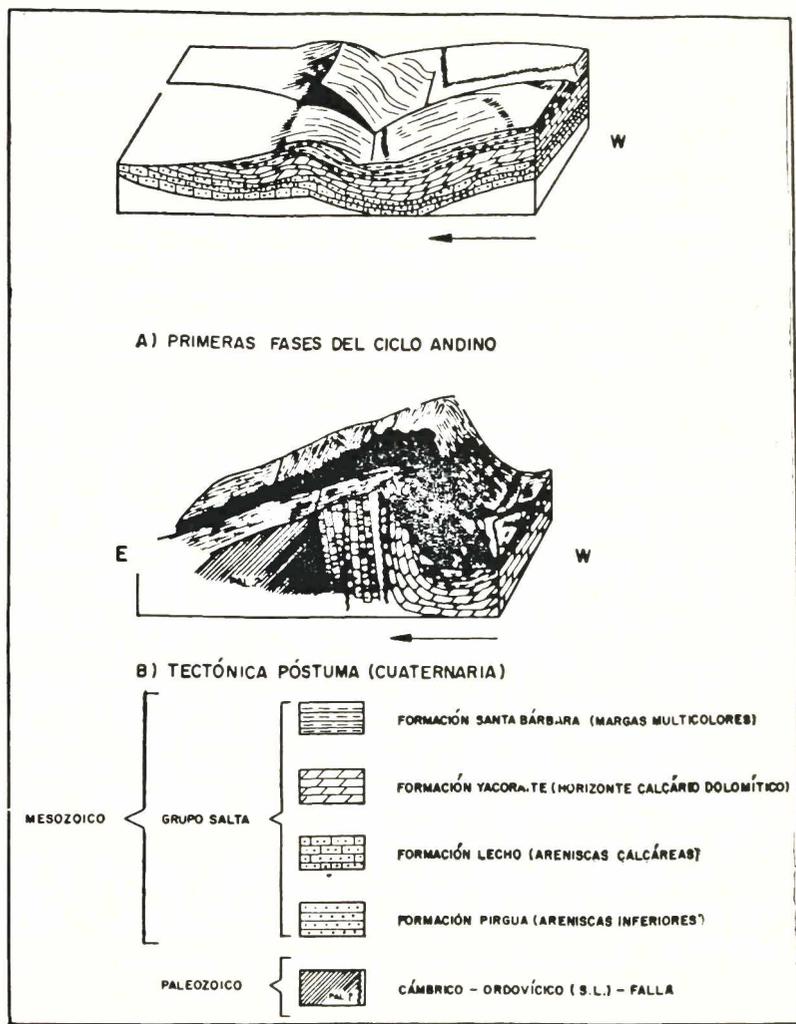


Fig. 2. — Evolución del cañón de Yacoraite.

las que aparentan haber sido afectadas con mayor intensidad por la tectónica póstuma.

En los contados lugares en que la garganta alcanza a ensancharse un poco, pueden observarse restos muy destruidos de una terraza ubicada a unos diez metros del nivel de agua actual; estos restos marcan el último período de agradación por el que parece haber

pasado el valle de Yacoraite, a la vez que el último ascenso diferencial sufrido por el bloque de montaña. Algunos resaltos del lecho, denunciados por pequeñas cascadas, parecen evidenciar bruscos desniveles en el perfil longitudinal del río, aunque sería prematuro atribuirlos a antiguos niveles de erosión provocados por rejuvenecimiento tectónico.

Falta explicar ahora a que causas ha obedecido la formación del cañón de Yacoraite. Ella puede únicamente obedecer a tres determinantes científicamente explicables, y las tres habrán de ser discutidas en el presente trabajo. Sin establecer ideas apriorísticas, dejamos al problema involucrado en el contenido de estas hipótesis:

A) La cuenca imbrífera del Yacoraite actual, fue anteriormente independiente del sistema colector del río Grande de la quebrada de Humahuaca, consecuente, endorreica y tributaria de la cubeta cerrada de Guayatayok (hipótesis de captura e inversión de curso).

B) El Yacoraite es un valle antecedente al abovedamiento inicial de la sierra Alta-Mal Paso, no habiendo sido modificado por los ciclos diastróficos del Terciario-Cuaternario, causantes del sobrelevantamiento del borde oriental de la Puna.

C) El Yacoraite es un valle sobreimpuesto a la estructura orográfica que ahora secciona; verificada la vinculación con el sistema de avenamiento continental, exhondó profundamente su surco en el *substratum* geológico, comportándose como antecedente a lo largo de uno o más ciclos tectónicos.

Para aceptar o rechazar una u otra de estas hipótesis, no queda sino pasar una rápida revista a la geomorfología y a la geología regionales.

V. UNIDADES GEOMÓRFICAS

No habiendo sido éstas, hasta ahora, objeto de una clasificación sistematizante, me permito establecer aquí algunas unidades geomórficas, con carácter puramente provisorio y, claro está, sujetas a futura discusión.

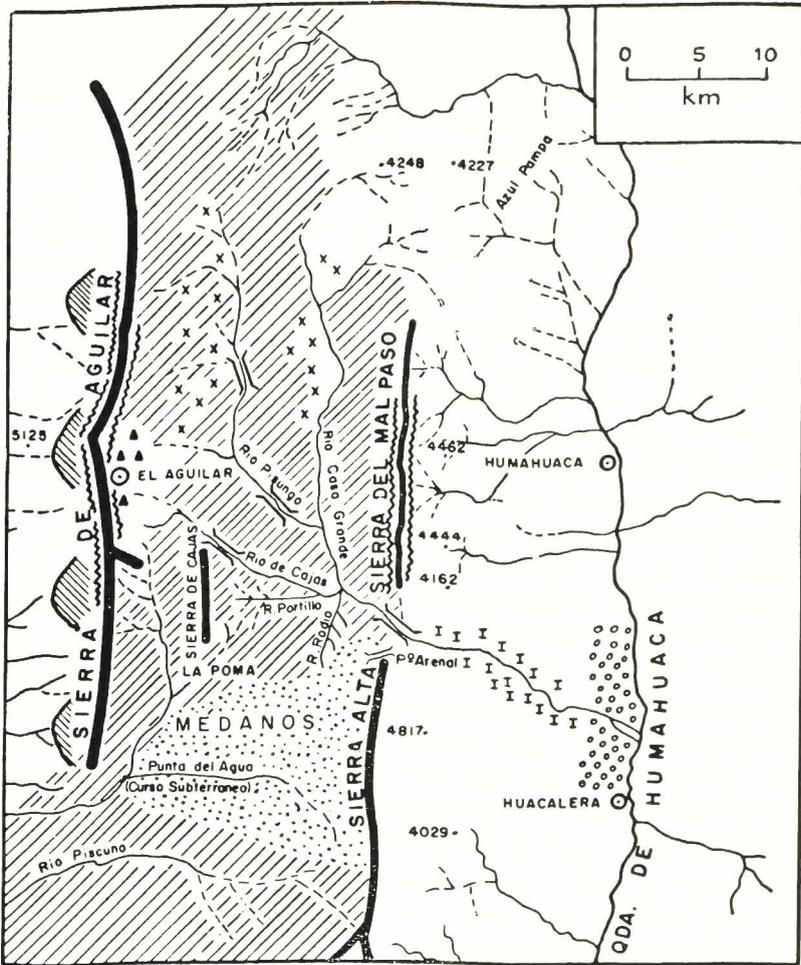
Cualquiera sea la subdivisión del territorio de la Puna que en el futuro se haga, deberá respetar, fundamentalmente, dos provincias geomórficas, inevitablemente separadas a causa de los diferentes acontecimientos de su historia geológica; pues, tomando para

ellas —arbitrariamente, por cierto—, el meridiano de 66 grados, se notará, al oeste del meridiano, la preponderancia que tienen las rocas efusivas terciarias y cuaternarias sobre todas las demás. Al este de dicho meridiano, por el contrario, la manifestación volcánica no está casi representada. Allí se notan, en cambio, importantes cuerpos de rocas sedimentarias cuya formación corresponde a los mares del Paleozoico inferior, es decir, a viejas zonas negativas de la corteza terrestre, que ocupan ahora elevadísimas posiciones en el relieve absoluto, así como extensos afloramientos mesozoicos, generalmente alargados y estrechos. Se trata de una extensa región caracterizada por la repetición de anticlinales y sinclinales, estos últimos a veces en forma de sinclinorios no muy extendidos, siempre afectados por el diastrofismo. Las partes aflorantes, generalmente como anticlinales y domos, han quedado como bloques de sierra aislados en medio del altiplano; grandes fallas de dirección meridiana (N-S), delimitan esos bloques de las porciones hundidas. Estas últimas se intercalan como cuñas entre los cuerpos de montaña paralelos entre sí, y se encuentran sepultados por un potente manto de acarreo de edad bastante reciente. Esta última circunstancia es de la mayor importancia cuando se trata de comprender la formación de la hidrografía endorreica que caracteriza a la Puna; pues los bloques sepultados por el material de acarreo de referencia se asemejan a una cubeta de bordes elevados a la que forzosamente deben caer las aguas pluviales, las que, dada su escasez, son incapaces de elaborar surcos rebeldes a la topografía.

Empero, hay en esta región de la Puna, valles que lograron formalizar un avenamiento abierto, para lo cual han tenido que atravesar montañas. Y, finalmente, hay valles que atraviesan montañas para desaguar en una cuenca cerrada: complicados fenómenos todos éstos que, como en el caso de Yacoraite, han sido gobernados o producidos por las eventualidades tectónicas y las particularidades geológicas, unidas a especialísimas condiciones climáticas.

Para esta zona marginal de la Puna, caracterizada por sinclinales y anticlinales parcialmente destruidos o afectados, de orientación invariablemente dirigida de norte a sur, se propone el nombre de Provincia Puneña Oriental.

Al observar el adjunto mapa geomorfológico (escala 1:500.000) quizá extrañe que se incluya a la región de la quebrada de Humahuaca conjuntamente, en una sola provincia geomorfológica, con la



PROVINCIA	DISTRITO	REGION
PUNEAÑA	HUMAHUAQUEÑO O DE TRANSICIÓN	"VOLCANES"
		PLANICIE LATERAL PLIOCÉNICA
PUNEAÑA	DEPRESIÓN	CAÑONES (YACORAITE)
		MÉDANOS DE LADERA A BARLOVENTO
ORIENTAL	ORIENTAL SOBRE ELEVADA	GRAN DEPRESIÓN LONGITUDINAL
		FALLA DEL CICLO ANDINO
		PAISAJE GLACIARIO
		CONOS DE DEYECCIÓN
		HIDROGRAFÍA DIGITADA
		CAÑONES { PISUNGO RIO GRANDE SAUZALITO

Fig. 3. — Bosquejo geomórfico.

Depresión Oriental Sobreelevada (Puna propiamente dicha). En realidad, la quebrada de Humahuaca constituye un distrito de transición hacia los Andes Orientales, que guarda aún muchos caracteres de la Puna Oriental, a igual que los Andes Orientales, por lo menos en su vertiente este, hacia el Chaco, comienzan a tener similitudes con las sierras subandinas. Pero, como quiera que toda clasificación entraña siempre algo de arbitrariedad, creo que, por lo menos provisionalmente, la clasificación resulta aceptable. La Depresión Oriental Sobreelevada coincide con la zona negativa que bordea la Puna hasta las salinas Grandes. En ella se encuentra ubicada la totalidad de la cuenca superior del Yacoraite, según se dijo ya en el acápite relativo a descripción; el Yacoraite inferior, en cambio, se ubica en el Distrito Humahuaqueño o de Transición a la Puna.

En el cuadro adjunto al ya citado mapa se da también un esbozo clasificatorio de algunas regiones geomórficas características que bordean el área territorial en que se emplaza el río Yacoraite, pero sólo de aquellas que aparentan tener marcada relación con la evolución de su valle. Dichas regiones geomórficas, son:

Dentro del Distrito Humahuaqueño: a) Planicie lateral pliocénica: rodea la orilla derecha de la quebrada de Humahuaca en el lugar en que se le une el Yacoraite; se trata de una espesa serie de sedimentos continentales del Terciario; b) región de *volcanes*: viejos sedimentos fluviales (pliocenos?), correspondientes a la destrucción de rocas precámbricas y paleozoicas del interior de la sierra Alta, se prolongan desde la desembocadura, río arriba, en forma de terrazas. Los clastos son de un tamaño que oscila entre 3 y 10 cm, y evidencian poco rodamiento. El cemento arenoso o arcilloso que podría brindarles coherencia es escaso, de manera que las lluvias torrenciales del verano provocan continuos derrumbes en la parte alta y su posterior arrastre en forma de corrientes de piedra y agua hasta el curso del Yacoraite. Este fenómeno está ampliamente representado en la región y en ambos márgenes del río; el flujo recibe el nombre de *volcán* entre los lugareños, y mantengo el nombre para la región geomórfica; c) cañón de Yacoraite: será objeto de descripción en el curso de este trabajo. A más de la porción encajonada, todo el río constituye un extenso cañón, según se dijo antes.

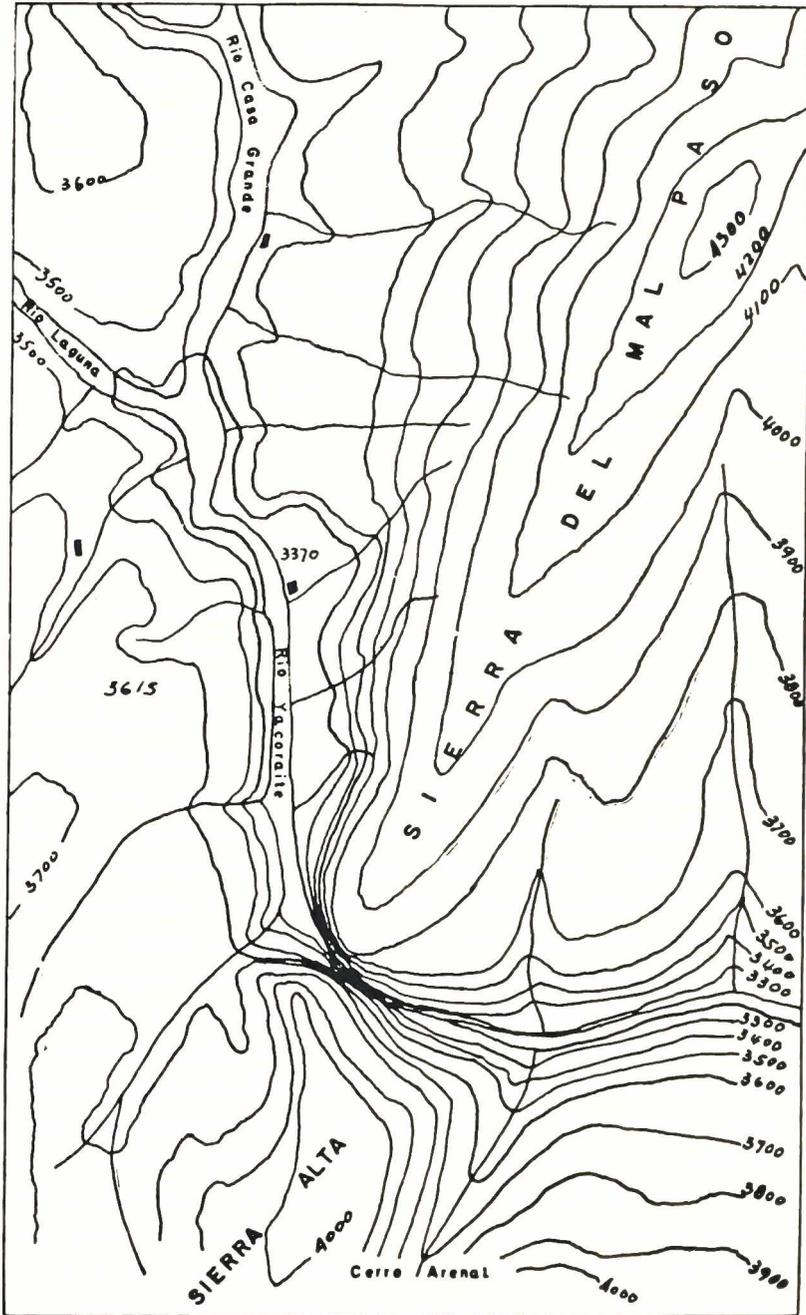


Fig. 4. — Bosquejo topográfico del área del cañón de Yacoraite.

VI. ESBOZO DE LA HISTORIA GEOLÓGICA

Para poder interpretar correctamente la evolución geomórfica del valle de Yacoraite, que ocupará toda la parte final de este trabajo, es necesario dar una sucinta descripción de su historia geológica.

Una larga y angosta franja de rocas precámbricas, que evidencian un escaso metamorfismo, asoma hacia el este, fuera ya de la región del cañón; corresponden a limos depositados en un mar prepaleozoico. Sobre ellas apoyan areniscas y areniscas cuarcíticas (protocuarzitas) del Cámbrico, también marinas. El retiro del mar Cámbrico, posiblemente provocado por una fase de los movimientos sárdicos, creó una superficie de erosión, sobre la que aparecen ahora sedimentos marinos del Ordovícico inferior (Tremadociano). Movimientos del ciclo Caledónico (fase Tacónica?) producen nuevas superficies de erosión, reanudándose después el ciclo sedimentario con la deposición de lutitas micáceas. El ciclo Variscano-Armoricano provoca el plegamiento de las estructuras mencionadas, sobre cuya superficie desgastada aparecen los sedimentos continentales y marinos del Mesozoico, a partir de cuya deposición la región permanece en ambiente continental. La citada serie mesozoica tiene amplio desarrollo en la región del cañón de Yacoraite. Comprende grandes espesores de sedimentos fluviales (?), eólicos (?) y marinos de facie costanera. Dada su amplia representación y sus efectos de control sobre la red del drenaje actual, y en mérito a que el cañón ha sido elaborado en estas rocas, estableceremos desde ya la composición de este Grupo sedimentario, cuya secuencia es la siguiente, de abajo hacia arriba:

a) *Formación Pirgua*: areniscas rojizas, rojo-moradas, a veces con un tinte violáceo, que apoyan en discordancia sobre el Cámbrico u Ordovícico. Constituyen las areniscas Inferiores de Bonarelli.

b) *Formación Lecho*: areniscas calcáreas, amarillentas, en partes blanquecinas. Transición a la Formación siguiente.

c) *Formación Yacoraite*: calizas y calizas dolomíticas, en parte algo arenosas. Caracterizadas por capas estromatolíticas casi totalmente constituidas por algas fósiles (*Problematicum* de Bonarelli, *Pucalithus* de Steinmann).

d) *Formación Santa Bárbara*: Margas y arcillas multicolores.

La Formación se divide en margas rojas superiores, margas verdosas y azuladas y margas rojas inferiores. En las dos últimas continúa la presencia de *Problematicum*.

Las formaciones enumeradas integran un ciclo de sedimentación ininterrumpido, aunque las condiciones bajo las cuales se efectuó la deposición de cada una de ellas fueron muy diferentes. Anteriormente fueron conocidas con la denominación que les asignara Brackebusch, Formación Petrolífera o sistema de Salta; en la terminología geológica moderna reciben el nombre de Grupo Salta. La edad cretácica del mismo, luego de casi medio siglo de discusión, parece ya estar fuera de duda, yendo desde el Senoniano para las Formaciones Pirgúa y Yacoraite, hasta el Maestrichtiano para la Formación Santa Bárbara.

Sobre el Grupo Salta yacen las *Areniscas Superiores*; ambos elementos han sido extraordinariamente perturbados por el diastrofismo terciario. Pero las Areniscas Superiores yacen discordantemente sobre las margas de la Formación Santa Bárbara, vale decir, entre unas y otras media un ciclo erosivo difícil de determinar hasta ahora, pero que sería posible atribuir a los movimientos Post-cretácicos o Sub-hercínicos. Por lo mismo, resulta difícil fijar una edad definida a estas areniscas, que para unos son de edad miocena alta y para otros eocena. Como sea, es preciso admitir entre Eoceno y Mioceno un prolongado lapso de tranquilidad tectónica, como para haber permitido la deposición de centenares de metros de estas areniscas conglomerádicas. Es posible observar que ellas han participado del ascenso diferencial en bloques acontecido en el Mioceno, y esto da lugar a pensar que, realmente, ellas daten de un momento geológico anterior. Con la deposición de las Areniscas Superiores finaliza un importante ciclo sedimentario, y ellas señalan el único período de calma tectónica acontecido durante el Terciario en el área de nuestro interés. El hecho de que no se halle presente una enorme serie de sedimentos continentales del Terciario (Estratos Jujeños, Terciario Subandino), notablemente representados en zonas relativamente próximas, indica bien a las claras la energía con que actuaron los ciclos erosivos terciarios, consecuente cada uno de ellos a diferentes fases tectónicas del Cielo Andino. Su importancia es muy grande, puesto que fueron ellos los que dieron las bases para la elaboración de la fisonomía actual de los terrenos. En el primero de sus ciclos tienen lugar movimientos tangenciales que provocan

plegamientos en las capas paleozoicas y mesozoicas, o bien acentúan enérgicamente los que ya se habían producido en los ciclos diastróficos Caledónico y Variscico. Esta situación, posiblemente, prevaleció durante el Segundo Ciclo, mientras que en el Tercero (Mioceno Medio) se produjo un fallamiento intenso según líneas estructurales débiles, de orientación N-S. En el Cuarto Movimiento acontece el llamado ascenso diferencial, que produjo el levantamiento de algunos bloques de montaña y la permanencia *in situ* de las áreas actualmente deprimidas (cuencas intermontanas). La Tectónica Final, o Cuaternaria, de la cual es posible reconocer hasta cinco fases diferentes, de las cuales por lo menos tres coincidieron con la glaciación pleistocénica, fue la que provocó mayores reajustes y nuevas ordenaciones a las redes hidrográficas, las que, en parte, perviven hasta nuestros días.

Con antelación a la presencia de los movimientos tectónicos escuetamente presentados en el párrafo anterior, es posible que haya existido una madura red hidrográfica. En qué momento y de qué forma dicha red comenzó a ser modificada, es casi imposible de conjeturar. Pero sí es de importancia señalar que ya en el Terciario medio a superior, un río al que podríamos llamar Yacoraite Antiguo cruzaba la región por donde más tarde habría de levantarse la sierra Alta-Mal Paso, y que este río trató de arrasarse a medida que la sierra se elevaba. La ausencia de una cobertura de sedimentos neógenos es el argumento que da pie a esta suposición. El estudio de este momento de la historia del valle del Yacoraite, en caso de ser correcta la suposición, es muy confusa. Al parecer, dichos sedimentos neógenos existieron y lograron extenderse lo suficiente, en ancho y espesor, como para formar una planicie —o una superficie similar a ella—, posteriormente arrasada, que cubrió a todas las otras formaciones anteriores. Sobre tal supuesta planicie, que cubría al sustrato mesozoico y a las areniscas Superiores, ha debido correr la primitiva cuenca imbrífera del Yacoraite Viejo. Es probable que entonces dicha cuenca fuera más extensa, contando mayor cantidad de tributarios que el Yacoraite actual, los que posteriormente ha debido perder por decapitación o procesos similares, al efectuarse nuevos ajustes tectónicos. A la actividad de este viejo río, o a la de sus tributarios, se debe la ausencia total de sedimentos del Mioceno y Plioceno, los que necesariamente deberían aflorar ahora si la secuencia no hubiera sido quebrada por su energía destructora.

Sedimentos correspondientes al Cuaternario (Pleistoceno - Holoceno), tienen escaso desarrollo en comparación con las unidades anteriormente establecidas; apoyan en discordancia sobre el Paleozoico o Mesozoico, y ello ya puede dar una idea de la intensa denudación acontecida durante el Terciario.

Con posterioridad a la Fase Principal del Tercer Movimiento, que tuvo lugar en las postrimerías del Plioceno y comienzos del Pleistoceno, ocurre una deposición de materiales tobáceos, ahora arrasados, que apoyan en marcada discordancia angular sobre la sección conglomerádica de las Areniscas Superiores. Sobre ellas, en franca discontinuidad, aflora una serie sedimentaria con marcada estratificación gradada, compuesta por estratos con rodados sin cementar que en transición hacia arriba disminuyen de tamaño, hasta constituir una arena cinerítica, la cual incluye restos muy destruídos de grandes mamíferos.

Como estas capas son horizontales y no se hallan afectadas por plegamiento alguno, es posible su ubicación en el Pleistoceno inferior a medio. Su deposición está indicando, o bien un momento de relativa calma tectónica, o bien un colapso orográfico ascensional de tal magnitud que actuando como barrera permitió la instauración de un ciclo de agradación, el cual alcanzó a nivelar la totalidad de la cuenca intermontana comprendida entre las sierras de Aguilar y la del Mal Paso. El trabajo fluvial debido a nuevos resaltos tectónicos o bien a fenómenos de los que habremos de ocuparnos más adelante, retalló la cubierta de piedemonte de la que nos venimos ocupando, no alcanzando a destruirla totalmente debido, en especial, al permanente déficit que es posible observar en las precipitaciones pluviales. Es sabido que bajo este régimen climático, los ríos tienden más bien a exhondar verticalmente su valle que a progresarlo lateralmente. Más adelante habremos de ver qué papel tocó desempeñar a las capas geológicas últimamente nombradas en relación al diseño de la red de avenamiento de este sector de la Puna.

Al producirse los movimientos andinos, quedaba al Yacoraite Viejo la elección de tres caminos o cursos, ya establecidos en el acápite IV: o el drenaje en dirección al oeste, lo cual lo hubiera convertido en un tributario más de la depresión cerrada de Guayatayoksalina Grande, o el seccionamiento de los altos cordones de montañas que la tectónica comenzaba a oponerle transversalmente, a ma-

nera de barrera, por el este, o bien la elaboración de una planicie de piedemonte lo suficientemente potente como para provocar el entarquinamiento de la cuenca y sobreimponer su valle a la estructura de la sierra Alta-Mal Paso.

VII. HIPÓTESIS DE CAPTURA E INVERSIÓN DE CURSO

En la bibliografía moderna se conocen varios intentos de explicar las características particulares de algunos de nuestros ríos mediante los fenómenos de captura e inversión de curso. La presencia de algunos codos y la sugestiva discrepancia entre los ríos actuales y las formas de terrenos por las que cruzan, especialmente, son los elementos que dan pie a esta clase de teorías, a las que la representación cartográfica brinda aparentemente una solidez indiscutible. Sin negar vigencia al fenómeno —que por otra parte, es bastante frecuente—, ocurre que, cuando se pretende, ya sobre el terreno, explicarlo mediante la aplicación de los fundamentos clásicos que rigen a las capturas fluviales, algunas veces resulta que no es posible ni comenzar la tarea; en realidad, el concepto de captura ha comenzado a restringirse bastante.

Que el primitivo curso del Yacoraite haya tenido posibilidades de convertirse, a fines del Terciario, en una cuenca endorreica de las tantas que caracterizan a la Puna, es algo que no encaja forzosamente en el terreno de las suposiciones aceptables. Por detrás del flanco oeste de la sierra de Cajas circula un importante colector endorreico que drena la faz sudoriental de la elevada sierra de Aguilar: se trata del río Grande de La Poma (ver mapa hidrográfico Cañón de Yacoraite, escala 1:100.000), el cual pierde sus aguas en la depresión cerrada de Guayatayok, después de contornear la sierra por la Esquina de Piscuno. Es un valle importante, cuyas terrazas y ancho de sus vaguadas ni remotamente condicen con el exiguo caudal que transporta actualmente; el aspecto que ofrece a primera vista, es el de un valle colector que ha perdido el aporte de muchos emisarios, o de algún tributario importante, los que le prestaban un caudal mayor. En efecto: antes de efectuar el cambio de rumbo hacia la Esquina de Piscuno, el río que nos ocupa desprende hacia el norte un ramal, la quebrada de La Poma, ahora completamente atrofiada y cubierta de médanos, pero que en otra época parece haber desempeñado un papel mucho más importante. Esta quebra-

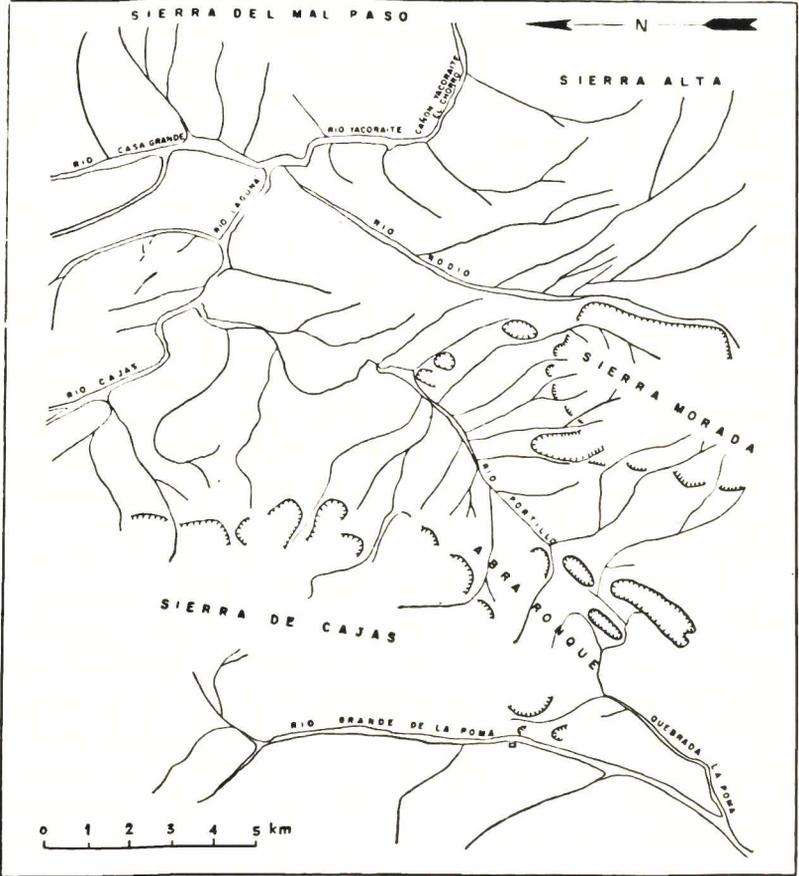


Fig. 5. — Cañón de Yacoraite.

da muerta asciende hasta el abra de Ronque, portillo en el que se produce el divorcio de aguas abiertas drenadas por el río Yacoraite mediante su afluente, el Portillo, y el sistema de avenamiento endorreico, tributario de Guayatayok, representado por la citada quebrada muerta de La Poma. Es posible, entonces, que lo que actualmente constituye la cuenca imbrífera del Yacoraite —vale decir: los ríos Pisungo, Cajas, Casa Grande, etc.—, hayan utilizado el surco del Portillo actual como paso de acceso, a través del abra de Ron-

que, hacia el río Grande de La Poma, que entonces habría actuado a manera de canal de descarga hacia la depresión de Guayatayok-Salina Grande. Claro está que en ese caso sería necesario admitir grandes diferencias entre la topografía remota y la actual; la cuenca intermontana de Aguilar-Mal Paso no existiría entonces como tal, a igual que el abra de Ronque, sino que ambas —la cubeta y el abra—, estarían enrasadas a un mismo nivel, vale decir, sepultadas por una gruesa cobertura de sedimentos mesozoicos y terciarios, posteriormente arrasados por la erosión, y que serían los que habrían permitido a las aguas sobrepasar las alturas que en la actualidad constituyen el abra.

Admitida la existencia de tal valle de cauce N-S, tributario de la cuenca de Guayatayok, otro valle tributario del río Grande de Humahuaca —mientras tanto—, al que podríamos identificar con el actual canal de descarga del río Yacoraite, habría comenzado su labor de desgaste sobre el flanco oriental de la sierra Alta, esto es, desde el este, la cual comenzaba a insinuarse como una elevación abovedada bastante notable. Cada resalto de las fases del Movimiento Andino, al modificar su nivel de base provisorio o relativo, habría de intensificar la energía de desgaste de sus cabeceras, de manera tal que las aguas, al llegar a las areniscas inferiores y calcáreas, habrían progresado rápidamente en su labor de desgaste.

Atravesada la sierra Alta y alcanzado de tal manera el bloque sobreelevado de la Puna, las cabeceras del Yacoraite se introdujeron en las blandas y deleznales margas multicolores y en las arcillas y areniscas superiores, permitiendo al angosto cañón digitarse en varios ramales, los que, extendiéndose, lograron interceptar el curso viejo del Portillo, ubicado a un nivel mucho más alto, y de tal manera efectuar su captura. El cambio en la dirección de curso habría sido inmediato: el Portillo habría dejado de correr hacia el abra de Ronque y por lo tanto abandonado la evacuación de sus aguas hacia Guayatayok para hacerlo en adelante en dirección al este, vale decir, en dirección al río Grande de Humahuaca. Una falla transversal a las estructuras, de rumbo E-W, en caso de existir, habría contribuído notablemente a la rápida instauración de tal curso fluvial.

En apoyo de las conjeturas formuladas, queda el importante codo que describe el río Casa Grande al enfrentar el Portillo, el cual podría interpretarse como un codo de captura; una capa de

rodados fluviales muy viejos ocupando un sinclinal que se extiende desde el río Casa Grande hasta casi el abra de Ronque; y, finalmente, la discrepante presencia de la ancha quebrada seca de La Poma.

En contra de la hipótesis de captura e inversión de curso que acaba de explicarse, puede anotarse lo siguiente: 1) la escasa competencia erosiva del Yacoraite que presuntivamente venía elaborando su cañón o vaguada desde la quebrada de Humahuaca; en caso de haberla tenido, debería forzosamente haber labrado otras quebradas laterales, lo que evidentemente no hizo; morfológicamente, manifiesta ser no más que un canal de descarga, nunca un labrador de desfiladero a través de un cordón montañoso cuya energía de relieve relativo supera los dos mil metros. En cuanto a las fallas transversales, ellas nunca pudieron ser encontradas en la sierra Alta.

En mérito a lo expuesto, encuentro suficientes motivos como para pasar a considerar al de Yacoraite como un valle antecedente en sentido estricto.

VIII. SEGUNDA SOLUCIÓN: EL YACORAITE ES UN VALLE ANTECEDENTE (S.S.)

Entramos a considerar ahora el caso de que el valle de Yacoraite sea antecedente a una estructura montañosa producto del diastrofismo terciario, y que haya poseído para ello la suficiente capacidad erosiva como para mantener su cauce abierto a través de varias fases tectónicas, que no solamente abarcan al Terciario superior, sino que llegan al Pleistoceno-Holoceno.

Todo intento de reconstrucción de la antigua red de avenamiento ha de basarse, indefectiblemente, en un exhaustivo reconocimiento de las estructuras. Con esta finalidad iniciamos el estudio, hace ya tiempo, de aquellas formaciones, así terciarias como pleistocenas, que son las que han registrado los acontecimientos geológicos vinculados a la evolución del valle de Yacoraite. Hemos podido reconocer, de esta manera, una cierta cantidad de formaciones cuyo estudio no ha sido finalizado aún, pero que, aunque quizá un tanto empíricamente, permiten ya establecer con cierta exactitud los rasgos salientes de la historia del valle desde fines del Terciario.

Sobre la disposición de la red de avenamiento de la región durante el Eoceno-Oligoceno no podemos más que formular pre-

sunciones carentes de valor alguno; podemos sí conjeturar que el Primero y Segundo Movimiento Andino (Paleoceno a Mioceno inferior) fueron los que provocaron el intenso plegamiento de los sedimentos mesozoicos y, eventualmente, también terciarios, a más de haber reactivado los efectos de los que venían acentuándose de épocas anteriores. La sierra Alta, genéticamente emparentada con los Andes Orientales, comenzaba a esbozarse como unidad independiente en lo que atañe a la faz de plegamiento; de manera que los movimientos finales del Ciclo Andino no hicieron más que fallarla y sobreelevarla. El elevado cordón montañoso denominado Andes Orientales, que entra desde Bolivia (sierra de Santa Victoria), se bifurca a manera de Y invertida a partir del abra de Tres Cruces; una de tales bifurcaciones constituye la sierra del Mal Paso-Alta, la otra es Zenta; esta última queda ya fuera de la Puna. Entre ambas elevaciones, casi paralelas, discurre el río Grande por la quebrada de Humahuaca, al que momentáneamente asignaremos antecedencia al elevamiento del borde puneño. El Yacoraite, su afluente ya en el Terciario alto, podría ser también un valle antecedente, y el presente acápite no es sino un intento al demostrarlo.

Esto nos llevaría a asignar al valle de Yacoraite una edad bastante elevada, que con ciertas cautelas podría ubicarse en el Mioceno más alto o bien en el Plioceno basal, coincidentemente con el Segundo Movimiento tectónico (Mioceno Medio), o bien con la Prefase de la Fase Principal del Tercer Movimiento (Plioceno inferior). Así, la antecedencia sería en relación a la fracturación en bloques miocena y de manera alguna posterior.

Con una seguridad relativa, susceptible en el futuro de modificaciones, expresamos que ya en el Plioceno existía un río, el Yacoraite Antiguo, que trabajaba sobre los afloramientos del Mesozoico. Se trata del mismo río que, al producirse el levantamiento del cuerpo de montaña, habría de incidir notablemente su valle en el seno de la misma.

Al producirse el colapso tectónico correspondiente a las primeras etapas del Tercer Movimiento, es indudable que la red hidrográfica entonces existente, cualquiera hubiese sido su disposición particular, tiene que haber reaccionado, adaptándose a las nuevas condiciones topográficas impuestas por la acción tectónica y, de manera muy especial, a los sinclinales. Aun admitiendo potentes espesores para la serie mesozoica, la formación de anticlinales y sin-

clinales alcanzó a desarrollarse en las Areniscas Superiores, las que en mérito a constituir la parte superior de la serie, fueron intensamente desgastadas. El fallamiento intenso y la posterior ascensión en bloques, ha de haber reactivado la erosión en la cabecera de los valles, produciéndose de este modo, en conjunción con cada período de levantamiento, otro de degradación. La agradación en las partes bajas, correspondiente a los momentos de calma tectónica, ha de haber desempeñado un importante papel, ya que ella ha de haberse efectuado, preferentemente, contra la barrera de la sierra del Mal Paso. Los ascensos del cuerpo de montaña habrían sido lo suficientemente lentos como para permitir a las aguas fluviales el seccionamiento transversal de las estructuras. Pero aún admitiendo pulsaciones súbitas y violentas, es menester admitir que el río, tratando de equilibrar el perfil longitudinal de su curso, ha de haber efectuado colmataciones parciales, depositando sedimentos contra la barrera, y mantenido de este modo un nivel capaz de sobrepasar dicho obstáculo, hasta lograr desgastarlo definitivamente.

Al producirse el primer levantamiento parcial (abovedamiento) de la sierra, la estructura que más sufrió la acción erosiva fluvial fueron las areniscas y arcillas Superiores y el conjunto sedimentario mesozoico al que hemos aplicado el nombre genérico de Grupo Salta. Todos estos sedimentos justamente, ocupaban la parte superior del abovedamiento inicial de la sierra Alta-Mal Paso, en la que yacían discordantemente sobre formaciones paleozoicas. Aunque las estructuras más o menos rígidas que constituían el núcleo antiguo de la sierra alcanzaron a absorber buena parte de las fuerzas tangenciales procedentes del oeste, la serie mesozoica fue empujada y desplazada al este, sobremontándose en algunas partes sobre el cuerpo de montaña y colocándose en posición vertical o casi vertical. Siendo de mediana dureza, poco resistentes a los embates de la erosión, e incluyendo capas de relativa plasticidad, resultó fácil al río incidir un canal que podríamos llamar *preliminar* (o *cluse*, de acuerdo con los geomorfólogos franceses). Dicho canal no era angosto sino bastante ancho, ya que las capas blandas que incidía le permitían su ensanchamiento por derrumbes laterales, a la vez que numerosas fallas, a las que cortaba normalmente, presentaban escarpas de desgaste activamente aprovechadas por los materiales de transporte del río, altamente abrasivos, como la cuarcita y el granito. Aún hoy es visible la sección del viejo valle, enclavado en las formaciones mesozoicas,

a cientos de metros sobre el nivel de aguas actual. Desde lejos, hasta resulta posible reconstruir los incidentes de la lucha entre el río y la montaña, y ver como la incisión se hace cada vez más estrecha hacia abajo, hasta acuñarse de tal modo que apenas alcanza un ancho de cinco metros. La parte muy ancha y ahora sobreelevada podría corresponder, en nuestro concepto, a las primeras fases del Segundo Movimiento Andino: en tal momento geológico (Oligoceno-Mioceno), la actual sierra del Mal Paso habría comenzado a delinearse; la ubicada a mediana altura correspondería al Tercer Movimiento (Mioplioceno), y ella es ya bastante estrecha. Pero la parte que actualmente se halla constituyendo el cañón de Yacoraite sería ya indudablemente cuaternario y, por lo tanto, posterior a la Fase Principal del Tercer Movimiento, que fue la que produjo el enorme ascenso de la Puna.

En cierto momento Plioceno-Pleistoceno alcanzaron a constituirse algunas formaciones sedimentarias en la cuenca intermontana de Mal Paso, sea ello debido a la debilidad de los ascensos, a la presentación de un período de calma tectónica, a un recrudecimiento de la aridez, a la deposición de cenizas volcánicas, o a alguna readaptación de los cursos de agua. Lo cierto es que en tal momento se produce un proceso de llanurización en la cubeta intercalada entre las sierras de Aguilar y Alta-Mal Paso. En tales formaciones Pliopleistocenas volvieron a encajonarse más tarde los tributarios de la cuenca del Yacoraite, como un resultado de la reactivación tectónica, ya en el Cuaternario. Como un resultado de la observación geomorfológica efectuada, parecería evidente que el diastrofismo acontecido en el Ciclo Terciario no alcanza por sí solo a explicar la evolución de las cabeceras y del cañón de Yacoraite: únicamente aceptando una más activa tectónica pleistocena podrían concatenarse mejor algunas interpretaciones. Esta tectónica, conocida con el nombre de Tectónica Póstuma Cuaternaria, aunque de reconocida vigencia e influencia, ha sido limitada en extensión e intensidad. Su calificación de *póstuma* es bastante discutible; con seguridad, abarca por lo menos tres fases. Posiblemente hayan existido dos fases más, la última de las cuales se prolongaría hasta nuestros días.

Es necesario no perder de vista otros sucesos geológicos que, aunque sucedían fuera de la zona que nos ocupa, guardan íntima relación con ella: nos referimos al levantamiento de sierras altas, susceptibles de englazamiento, y a la circunstancia de que la que-

brada de Humahuaca antigua, nivel de base relativo de la cuenca de Yacoraite, también estaba efectuando reajustes geomórficos tendientes a superar las nuevas condiciones topográficas producidas en el Cuaternario.

Durante el Pleistoceno se produjeron, en el área de nuestro interés, varias fases cataclimáticas. Su existencia está claramente reflejada en el englazamiento producido en las cumbres mayores de la sierra de Aguilar. En las partes bajas de la sierra, es igualmente evidente el intenso trabajo efectuado por una incrementación de la precipitación pluvial. Así, pues, apuntamos como hechos sobresalientes acontecidos durante el Cuaternario, en esta región árida:

a) Glaciarismo en las altas cumbres (islas climáticas superiores a 5000 metros) .

b) Movimientos Pliocenos y Pleistocenos, algunos de enorme intensidad.

Al producirse los últimos (los movimientos pleistocenos), las cabeceras del valle de Yacoraite respondieron inmediatamente, hincándose con energía en el *substratum* terciario-cretácico. Dicha energía provenía de la coincidencia del fenómeno de levantamiento con fases climáticas húmedas, por lo menos en las grandes alturas. Resultado de ella son los profundos y angostos cañones en la cobertura cretácica, elaborados por los tributarios del Yacoraite en plena Puna. Estos cañones, aparte del de Yacoraite, que es el más grandioso, son: Sauzalito Canyon, cañón del río Grande y angosto de Pisungo. Esta mayor agresividad fluvial produjo, igualmente, extensas digitaciones en algunos de los valles más extremos, los que tallaron en los remanentes de las estructuras terciarias y cuaternaria paisajes similares a guayquerías.

La fase anaclimática holocena, al privar a los valles de poder erosivo lateral, solo permitió que los cauces prosiguieran siendo excavados en sentido vertical, esto es, hacia abajo. Tal es la situación actual, en que todo el sistema fluvial superior, por nulidad de precipitación pluvial, permanece atrofiado durante algo más de nueve meses por año.

IX. CLIMA Y DESAGÜE

La primera y mayor objeción que puede formularse a la antecendencia del valle de Yacoraite en relación a las estructuras que

deberían marginarlo por el este, es su aparente incapacidad erosiva, la que puede fundamentarse en las siguientes causas:

1) Su cuenca imbrífera se halla al oeste de la isohieta de 200 mm anuales. Como sabemos, esta isohieta corre casi longitudinalmente por la quebrada de Humahuaca, y se constituye con los remanentes de humedad que logran sobrepasar la elevada sierra de Zenta y otra algo más baja, la de Aparzo, que se levantan a muy pocos kilómetros al este. Vale decir, en las cabeceras del Yacoraite actual difícilmente se localicen 200 mm anuales, cifra tope que únicamente en años de excepcionales precipitaciones habrá de alcanzarse. Por supuesto, hacemos referencia al clima actual y no al que debía reinar, por ejemplo, durante algunos momentos del Pleistoceno, a los que con algún fundamento se supone más húmedos. Pero esta mayor humedad, aún en el pleistoceno no hay porqué suponer que haya sido exageradamente mayor; por el contrario, existen pruebas en demasía de que el clima puneño, aun en su borde, desde remotas épocas geológicas que anteceden, tal vez, al Cretácico, ha poseído todas las características de un clima árido o semiárido, en el que, por supuesto, se han intercalado fases más o menos húmedas.

Así, cuesta comprender cómo un río de escaso desarrollo imbrífero, de poco caudal y ubicado en zona árida pudo, desde el pasado geológico hasta la actualidad, socavar y mantener abierto tan hondo cañón en rocas duras que le oponían una barrera en ascenso casi continuo.

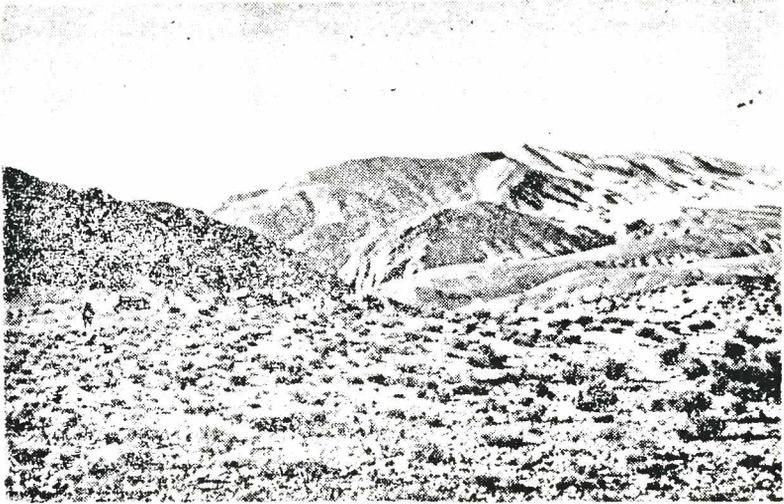
Pero, no hay que perder de vista dos elementos de juicio, muy importantes, que son los siguientes: la cuenca imbrífera de Yacoraite, por medio de su emisario, el río Cajas, ha estado en directo contacto de desagüe con la vertiente oriental de la alta sierra de Aguilar, un centro de englazamiento pleistoceno que participaba de condiciones climáticas muy diferentes y era un notabilísimo repositorio de hielo. Así, pues, los glaciares de Aguilar brindaron al viejo Yacoraite agua en abundancia durante las épocas de precipitaciones pluviales más escasas. Otro tanto puede decirse en relación a la sierra Alta, con algunas cumbres de 5.000 metros, aunque debe aclararse que, por lo menos en su vertiente occidental, no se observan circos glaciarios.

Hay que decir ahora algunas palabras acerca de las áreas no englazadas durante el Pleistoceno, que constituyen la mayoría. Lamentablemente, el ciclo de circulación de las aguas meteóricas no

está bien estudiado en la Puna, pero desde ya puede decirse lo siguiente: por encima de la cota de 4.000 metros, aproximadamente, se extiende en todas las serranías de la Puna una zona de escombros, producida por las notables diferencias entre las temperaturas diurnas y nocturnas es decir, no por la diferencia en sí misma, incapaz de producir quebrantamiento alguno, sino por el congelamiento a que dan lugar las temperaturas nocturnas. Este proceso, naturalmente, se ve favorecido por la disposición de las diaclasas y, sobre todo donde afloran extensamente las rocas ordovícicas, especialmente lutitas, por la fisilidad. Al producirse una lluvia torrencial, por rápida que ella sea, las aguas no se pierden, como podría suponerse al faltar una cobertura edáfica, por evaporación, sino que se infiltran en los derrubios que hay siempre en la cota superior a 4.000 metros; este proceso se favorece aún más si en lugar de lluvia se trata de nieve. Estas aguas infiltradas se congelan generalmente algunos metros más abajo de la superficie de la cobertura, o bien descenden a los pedimentos que siguen siempre a la zona de derrubios, sin sobrepasar, claro está, la estructura basal contituida por roca firme, aunque existen casos, sobre todo cuando se trata de granito, en que las fallas grandes se hacen conductoras de estas aguas. Cuando alguna quebrada menor logra alcanzar el contacto entre la roca basal (compacta e impermeable) y la napa acuífera, se produce el rápido desagote de la misma, dando lugar a lo que los lugareños llaman una *punta de agua*. De estas puntas de agua mana abundante líquido durante todo el año, aún en época de intensa sequía, sobre todo si al mismo tiempo se produce un aumento de temperatura que favorezca la fusión del agua congelada en la parte superior de derrubios. Este es, a grandes rasgos, el ciclo actual del agua subterránea en las regiones encumbradas de la Puna, al que hay que agregar el del englazamiento pleistocénico de la sierra de Aguilar para comprender que al valle de Yacoraite en ningún momento —ni siquiera en el actual de aridez extrema—, pudo haberse visto privado del transporte de caudal.

X. TERCERA SÓLUCIÓN: EL YACORAITE ES UN VALLE SOBREIMPUESTO

Entramos ahora a considerar la posibilidad de que el Yacoraite sea un valle transversal sobreimpuesto a las elevaciones de la sierra Alta del Mal Paso. Para que lo sea, habrá de ser condición



Fot. 7. — El cañón visto desde la superficie de superposición. A la derecha, la sierra Alta y el cerro Galikapor; a la izquierda, el adosamiento de escamas mesozoicas de la sierra del Mal Paso.



Fig. 8. — Descenso hacia el cañón por las formaciones sedimentarias retalladas por erosión fluvial, la cual ha dado lugar a la formación de tierras malas.

necesaria y suficiente la existencia de una cobertura sedimentaria capaz de brindar a las aguas que circulaban por el viejo valle la cota necesaria como para sobrepasar el núcleo duro y subyacente de la sierra, la cual —de más está decirlo—, apenas si constituiría entonces una leve ondulación del terreno, más explícitamente aun, una verdadera *raíz de sierra*. Lo dicho va en relación a nuestro caso específico; por supuesto que, en otros casos, es posible la existencia de una gran sierra de plegamiento sepulta por cobertura más joven.

Téngase presente que para encontrar a la sierra Alta-del Mal Paso en semejante situación, es preciso remontarse a muy lejanos momentos del Terciario, muy posiblemente al Eoceno-Oligoceno, cuando recién comenzaban a actuar las fases orogénicas (de plegamiento) correspondientes al Primero y Segundo movimientos; ya hemos expresado anteriormente que pretender reconstruir el estado y disposición de la red de avenamiento en el caso que nos ocupa, es tarea poco menos que imposible si pretendemos transgredir los límites del Plioceno.

El concepto clásico de sobreimposición fluvial requiere la existencia de una cobertura *más joven* sobrecubriendo estructuras duras, plegadas o no, que el río va seccionando lentamente, a medida que exhonda su valle. Pero no hay allí movimiento alguno de ascenso: el bloque de sierra no asciende, sino que es el valle el que *desciende*.

Semejante concepto muy raramente puede aplicarse a los valles del borde oriental puneño, en mérito a que el accionamiento tectónico, según hemos ya referido en numerosas oportunidades a lo largo de este trabajo, ha tenido lugar casi ininterrumpidamente desde el Terciario más bajo.

Pero no vamos a abandonar de inmediato y sin más trámite, la teoría que hace del Yacoraite un valle sobreimpuesto, por más que el concepto clásico no encaje desde el comienzo con la realidad. Por el contrario, haremos un abandono total de la teoría clásica y nos abocaremos al estudio de un caso especial de sobreimposición.

El de Yacoraite es un valle muy viejo; su extensión e importancia, ya en el Terciario superior, parecen haber sido muy grandes. Es muy posible que por entonces haya estado vinculado a un sistema colector más grande, entre cuyos tributarios hasta sería posible contar al río de Abra Pampa, cuyo valle es actualmente independiente del sistema de Yacoraite y tributario de la cuenca cerrada de Guayatayok. No queremos extendernos en mayores consideraciones sobre el tema,

para no prolongar exageradamente un trabajo que, como el presente, únicamente tiene por finalidad específica dilucidar el seccionamiento transversal de la sierra Alta-Mal Paso por el río Yacoraite.

Que el viejo e importante río al que hemos denominado Yacoraite antiguo haya sido antecedente al levantamiento *inicial* de la sierra del Mal Paso, es otro punto que deseo desde ya dejar fuera de discusión, pero con la siguiente salvedad: dicha antecendencia se produjo únicamente en relación a los ascensos iniciales, vale decir, a los primeros movimientos tectónicos, o sea los que plegaron y fallaron los bloques de montaña, con anterioridad al ascenso de ellos.

En un momento en el que ya el Yacoraite Antiguo había elaborado una amplia red de avenamiento en la superficie de enrasamiento sobre las areniscas superiores y parte del sustrato mesozoico, comenzaron a sucederse los movimientos de la Fase Principal del Tercer Movimiento, ya anunciados por la Prefase ocurrida en el Plioceno bajo. Es muy probable que la antecendencia del Yacoraite haya sido aún mantenida hasta después de efectuada la Prefase del Tercer Movimiento; pero a partir de los grandes ascensos diferenciales sincrónicos con la Fase Principal, acontecida en el límite Plioceno-Pleistoceno, comenzaron a manifestarse en la región una serie de fenómenos que seguidamente pasaremos a tratar de interpretar y reconstruir.

La ausencia de sedimentos neógenos que puedan ser atribuibles al Calchaquense —no hallados hasta ahora, por lo menos—, es lo que nos permite afirmar que la antecendencia del Yacoraite prosiguió aún después de las Fases Inicial y Prefase del Tercer Movimiento. Es muy dudosa la presencia de sedimentos que puedan atribuirse al Araucanense.

Sin embargo, como consecuencia de un enérgico reactivamiento tectónico, tuvo lugar un alzamiento del bloque de la sierra del Mal Paso, que estimamos en unos 300-400 m. Ubicamos este ascenso en los límites Plioceno-Pleistoceno, con posterioridad o durante la Fase Principal del Tercer Movimiento. Semejante alzamiento no pudo ser sobrepasado durante mucho tiempo por el Yacoraite Antiguo; de manera que el río inició el rellenamiento de su propio valle, hasta colmatarlo. Este colmatamiento se prosiguió hacia atrás, esto es, desde la barrera interpuesta por la montaña en ascenso, hasta las cabeceras de los tributarios del río. Es en este momento en que el Yacoraite Antiguo, por parecidos fenómenos de modificaciones y reordenamien-

necesaria y suficiente la existencia de una cobertura sedimentaria capaz de brindar a las aguas que circulaban por el viejo valle la cota necesaria como para sobrepasar el núcleo duro y subyacente de la sierra, la cual —de más está decirlo—, apenas si constituiría entonces una leve ondulación del terreno, más explícitamente aun, una verdadera *raíz de sierra*. Lo dicho va en relación a nuestro caso específico; por supuesto que, en otros casos, es posible la existencia de una gran sierra de plegamiento sepulta por cobertura más joven.

Téngase presente que para encontrar a la sierra Alta-del Mal Paso en semejante situación, es preciso remontarse a muy lejanos momentos del Terciario, muy posiblemente al Eoceno-Oligoceno, cuando recién comenzaban a actuar las fases orogénicas (de plegamiento) correspondientes al Primero y Segundo movimientos; ya hemos expresado anteriormente que pretender reconstruir el estado y disposición de la red de avenamiento en el caso que nos ocupa, es tarea poco menos que imposible si pretendemos transgredir los límites del Plioceno.

El concepto clásico de sobreimposición fluvial requiere la existencia de una cobertura *más joven* sobrecubriendo estructuras duras, plegadas o no, que el río va seccionando lentamente, a medida que exhonda su valle. Pero no hay allí movimiento alguno de ascenso: el bloque de sierra no asciende, sino que es el valle el que *desciende*.

Semejante concepto muy raramente puede aplicarse a los valles del borde oriental puneño, en mérito a que el accionamiento tectónico, según hemos ya referido en numerosas oportunidades a lo largo de este trabajo, ha tenido lugar casi ininterrumpidamente desde el Terciario más bajo.

Pero no vamos a abandonar de inmediato y sin más trámite, la teoría que hace del Yacoraite un valle sobreimpuesto, por más que el concepto clásico no encaje desde el comienzo con la realidad. Por el contrario, haremos un abandono total de la teoría clásica y nos abocaremos al estudio de un caso especial de sobreimposición.

El de Yacoraite es un valle muy viejo; su extensión e importancia, ya en el Terciario superior, parecen haber sido muy grandes. Es muy posible que por entonces haya estado vinculado a un sistema colector más grande, entre cuyos tributarios hasta sería posible contar al río de Abra Pampa, cuyo valle es actualmente independiente del sistema de Yacoraite y tributario de la cuenca cerrada de Guayatayok. No queremos extendernos en mayores consideraciones sobre el tema,



Fig. 9. — Restos de las formaciones sedimentarias lagunares, rellenando el sinclinal del Mal Paso.

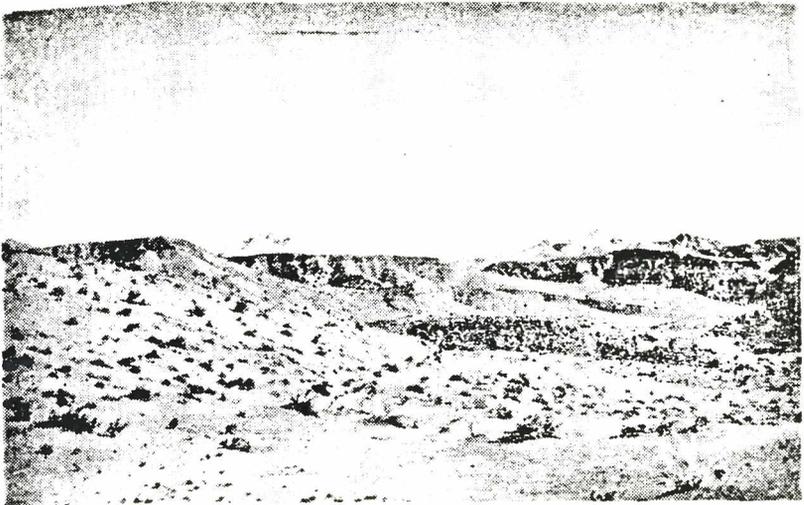


Fig. 10. — Vista hacia el otro flanco del sinclinal precitado; en primer plano, las formaciones de relleno de cuenca, que posibilitaron la sobreimposición. Al fondo, nevada, la sierra de Aguilar (5.125 m.).

tos orográficos (ascensos), pierde uno o varios antiguos tributarios, los que comienzan la elaboración de su propio valle en dirección a las áreas deprimidas (cuencas cerradas).

A más de colmatar hacia atrás, en dirección a sus propias cabeceras, el Yacoraite Antigo y sus tributarios rellenaron *lateralmente*, a medida que el proceso de entarquinamiento del sinclinal de Mal Paso progresaba.

En definitiva, podemos afirmar que a fines del Plioceno o, más probablemente al iniciarse el Cuaternario, el Yacoraite dejó de ser un río normal para convertirse en una cuenca endorreica, similar o idéntica a las que actualmente existen en toda la Puna.

Al pie del obstáculo constituido por la sierra Alta-Mal Paso, y sobre los materiales de relleno aportados por el río, se creó una superficie de aluvionamiento, quedando el sinclinal del Mal Paso convertido en una cuenca cerrada, en sentido estricto.

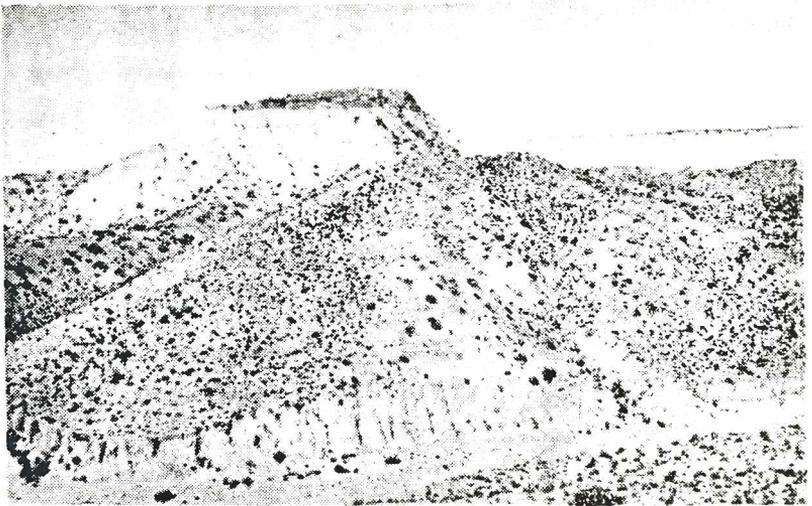
No debemos suponer a esta cuenca como muy profunda o profunda; es probable que lo haya sido medianamente al principio, pero en sus etapas intermedias y, de manera especial, en las póstumas, era muy baja.

Ya con estos elementos de juicio podemos intentar la reconstrucción de la cuenca y su clasificación. Al principio, no bien se concretó la elevación de la barrera, el Yacoraite Viejo era aún de corriente energética, capaz de efectuar el transporte de rodados y materiales gruesos (psefíticos), que fueron los que iniciaron el rellenamiento de la cuenca. Pero a medida que el río progresaba, el entarquinamiento en sentido retrocedente fue perdiendo cada vez más intensamente su capacidad erosiva y de transporte, limitándose en este último aspecto al transporte de materiales psamíticos y parcialmente pelíticos.

Semejante proceso, en el que un río al que puede suponerse energético, se ve obligado a ir rellenando su cauce desde el frente del obstáculo en dirección a sus cabeceras, únicamente puede dar lugar a la formación de una superficie plana, ocupada por una serie o rosario de lagunas, porque los ríos en tales condiciones se tornan divagantes y generan lagunas marginales (caso actual del río de Abrapampa o Miraflores, poco antes de desembocar en la laguna de Guaytayok). Que no se trató de lagunas o lagos profundos, queda comprobado por la ausencia de una estratificación cruzada en las capas sedimentarias que rellenan la cuenca, las cuales podrían también ser



Fot. 11. — Discordancia entre la vieja superficie de enrasamiento, constituida por areniscas superiores, y el relleno de cuenca plioceno-pleistoceno.



Fot. 12. — La vieja superficie de superposición, recortada por la erosión fluvial cuaternaria.

propias de la deposición en un ambiente deltaico, o bien de la desembocadura del río en un lago profundo. Igualmente debe destacarse la posibilidad de un anastomosamiento fluvial, debido a una sobrecarga de materiales sólidos.

La posición marcadamente horizontal de las capas de sedimentos que colmataron la cuenca intermontana del Mal Paso, está indicando claramente una deposición en aguas tranquilas, propia de aquella que se verifica en lagunas de fondo chato y escasa profundidad. Ahora bien, hay dentro de esta estratificación dos circunstancias que conviene resaltar: estratificación en partes gradada, y diferenciaciones en la secuencia de deposición.

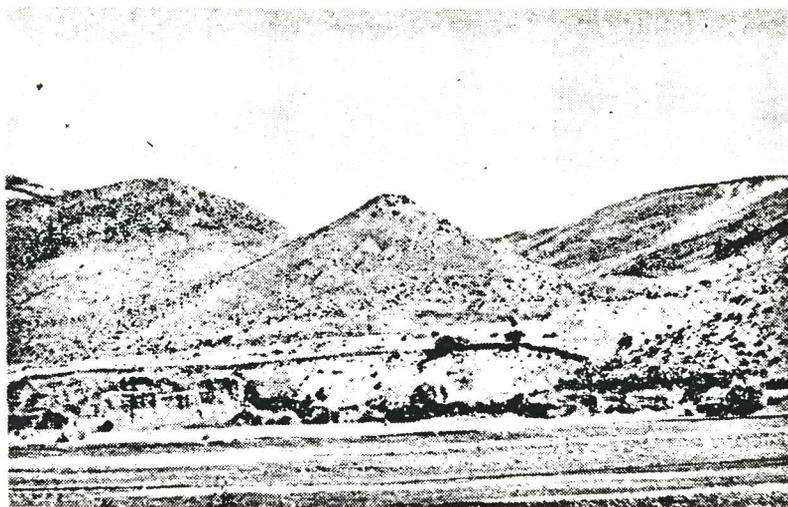
Aunque la primera de las características no es observable en la total extensión de estas capas, sino solamente en algunos de los estratos que las componen, queda la segunda como un elemento altamente valedero para obtener de ellas informaciones notables.

Ya se dijo que la serie más antigua de esta sucesión de estratos, la que llenó las partes más bajas de la cubeta originada al levantarse bruscamente la sierra Alta-Mal Paso, está constituida por materiales psefíticos, de clastos muy redondeados y bastante grandes, los cuales indican un momento en que aún el río poseía alta capacidad de arrastre de carga sólida. Yacen discordantemente sobre las Areniscas Superiores (fot. 11, 12 y 13).

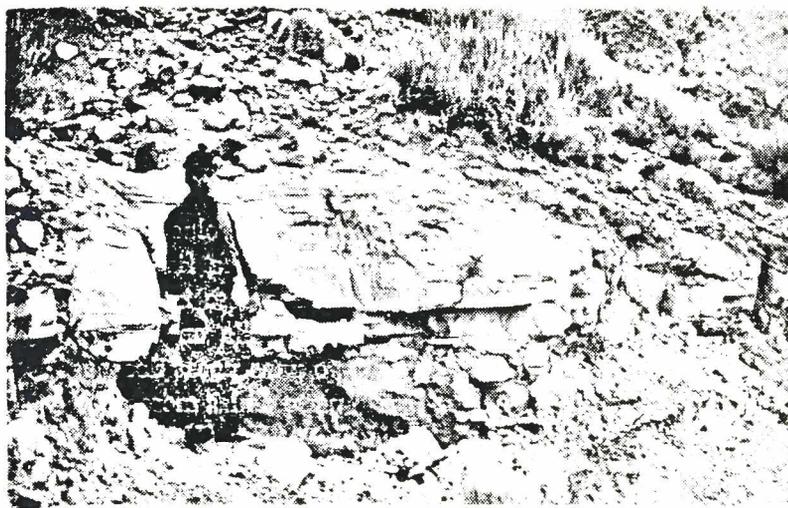
Siguen hacia arriba capas compuestas por estratos marcadamente horizontales, de materiales psefíticos-psamíticos, algunos de los cuales parecen poseer una tendencia a la estratificación gradada. Las camadas conglomerádicas, cementadas por una matriz altamente calcárea, disminuyen granulométricamente hacia arriba, hasta convertirse paulatinamente en gránulos de más de 4 mm; en las partes superiores aumenta el tenor en arena de granos medianos.

Más arriba aun, estas arenas pasan a presentarse mezcladas con materiales tobáceos, en partes muy alterados (caolinizados), en las cuales aparecen restos muy pobres de grandes mamíferos hasta ahora no determinables.

Tal secuencia, esbozada aquí de la manera más escueta, está indicando claramente un *ritmismo*, vale decir períodos durante los cuales los ríos descargaban, en el ambiente lagunar precitado, ora sedimentos gruesos, ora sedimentos más finos. No podemos decir aún claramente si esta periodicidad sedimentaria responde a causas climáticas seculares (o por lo menos del período de varios años), o si



Fot. 13. — Cerro testigo, pocos kilómetros antes de la embocadura del cañón. Está constituido por areniscas superiores. En su extremo apical, muy disminuidos por la erosión, pueden apreciarse restos de la superficie de sobreimposición.



Fot. 14. — Estrato de materiales tobáceos intercalado entre formaciones fluviales. Es posible que entre los componentes de estas últimas participen las morenas de la glaciación de Aguilar.

solamente se trata de un ritmo de deposición estacional (o anual) aunque nos inclinamos por lo segundo.

Entre los materiales precitados, de manera especial en su parte superior, hacen aparición gruesos estratos de materiales piroclásticos, compactos y en partes muy poco alterados (fot. 14). En algunos casos no caben dudas de que se trata de estratos horizontales de tobas, es decir, de materiales no retransportados ni redepositados, lo cual los vincula a alguno de los momentos de paroxismo volcánico acontecidos en la Puna de Atacama durante el Plioceno y el Pleistoceno. La mayoría de estos materiales volcánicos, empero, son claramente redepositados, vale decir, tomados por las aguas en sitios medianamente alejados, pero dentro de su cuenca imbrífera, y redepositados en las cuencas (tufitas), (fot. 9 a 12).

De manera, pues, que admitimos en el proceso de colmatación de la cuenca del Mal Paso un proceso fundamental, constituido por el arrastre de materiales pséfíticos y psamíticos, parcialmente tufíticos, y un segundo proceso coadyuvante, constituido por la caída de materiales cineríticos transportados por el viento y depositados en la cuenca, más explícitamente en el fondo de las lagunas.

Consideramos a esta serie sedimentaria depositada en la cuenca como integrante de los Estratos de la Puna de Penck, Punense de otros autores. Intencionalmente soslayamos aquí una discusión del problema vinculado al Punense, considerándola impropia de este lugar, aunque no podemos ignorar la tendencia más o menos general de ubicarlo dentro aún del Plioceno. Manifestamos aquí que este sector de los Estratos de la Puna (en el sentido de Gualterio Penck), por lo menos en el área aflorante en la cuenca del Mal Paso, son cuaternarios.

Volviendo al problema específicamente involucrado en este trabajo, diremos que la colmatación de la cuenca finalizó durante el Cuaternario, más exactamente durante una fase interglacial (o varias), con superabundancia de agua originada en la fusión de los heleros de la sierra de Aguilar, distante unas pocas decenas de kilómetros. Más aun, diremos que buena parte de las morenas correspondientes a las primeras glaciaciones de Aguilar (Vallimanca y Colorado), alcanzaron todavía a redepositarse en el ambiente lagunar del que nos venimos ocupando.

La cota máxima alcanzada por los Estratos de la Puna en la cubeta sedimentaria es la de 3.600 metros; el angostamiento inicial

del cañón de Yacoraite sobre la sierra del Mal Paso-Alta, se halla igualmente ubicado en la cota de 3.600 metros. Esta coincidencia de nivel es la que indica el momento en que el proceso de entarquinamiento de la cuenca fue suficiente como para permitir el paso de las aguas por encima de la barrera de la sierra del Mal Paso, que actuaba a manera de dique: una vez que se hubo iniciado el proceso, ninguna circunstancia, ni siquiera los movimientos póstumos —de los cuales es posible reconocer cuatro o cinco fases—, fueron capaces de contener el proceso de epigénesis (de sobreimposición y seccionamiento). Abierto de este modo el camino hacia el este, el Yacoraite verificó su vinculación al sistema continental de desagüe mediante su afluencia al río Grande de Humahuaca, el cual vino a constituirse como su nivel de base relativo. Para esto debió efectuar una enérgica erosión retrocedente. Siendo su curso E-W, y el lineamiento y ordenamiento de las fallas N-S, elaboró una numerosa serie de cascadas a medida que cortaba los estratos casi verticales de muy diferente litología (areniscas inferiores, areniscas calcáreas, calizas y dolomitas, pizarras y lutitas ordovícicas, ortocuarcitas cámbricas). Para nivelar su perfil longitudinal se vio obligado a una cada vez mayor ex hondación de su valle, elaborando el cañón ya descrito.

Siempre en busca de su perfil de equilibrio, la erosión retrocedente lo obligó a seccionar los sedimentos que le habían servido para verificar la sobreimposición. Rejuvenece de esta manera su cauce y el de sus afluentes, elaborando un paisaje que morfológicamente puede considerarse, en partes, como resurrecto.

XI. DISCUSIÓN

Hemos pasado revista a tres posibles soluciones, que permitan una explicación al hecho de que el valle del río Yacoraite esté seccionando transversalmente una estructura orográfica definida y rígida. Iniciamos la labor con la hipótesis de captura, formalizada por un valle que hipotéticamente venía trabajando desde la quebrada de Humahuaca y que, ascendiendo la sierra, logró en cierto momento abrirse paso hacia las aguas embalsadas a mayor altura y capturarlas. La suposición no deja de ser posible, pero dejará de serlo si existe una comprobación científicamente más completa, capaz de entrar ya en el campo de las probabilidades.

En la actualidad, geomorfólogos, geólogos y geógrafos consi-

deran con cierto escepticismo las teorías formuladas en torno a los casos de antecendencia fluvial. Sin que sea posible negar la existencia de tales valles, este grupo de la clasificación genética de los surcos transversales se ha limitado bastante, pues muchos de los valles antes supuestos antecedentes, ahora se consideran sobreimpuestos.

En general, se admite antecendencia cuando falta una cobertura que haya permitido al valle seccionar las estructuras sepultas: el fenómeno se explica admitiendo que las aguas circulantes por el valle seccionaban las estructuras a medida que éstas se plegaban o ascendían. Es decir, tenemos un valle inmutable pero una muy cambiante topografía debida a resaltos tectónicos.

Se admite sobreimposición (o epigénesis), cuando una cobertura, o por lo menos sus restos, se hallan presentes al borde o en las cercanías del punto en que se produjo el seccionamiento transversal. Dicha cobertura puede estar constituida por materiales sedimentarios o por rocas efusivas (especialmente corrientes de lava). La denudación posterior hace que aparezca la sierra seccionada en forma aislada, haciéndola confundir como fruto de una antecendencia. En este caso, toda la elaboración geomórfica se debe a las aguas circulantes por el valle, permaneciendo la estructura antes sepulta, ahora denudada, estática en lo referente a plegamiento o ascenso. Téngase presente que nos referimos a montañas que deben su origen a movimientos orogénicos jóvenes, dejando de lado fenómenos similares que han tenido lugar por la acción de ciclos diastróficos muy antiguos, cuya reconstrucción, en la mayoría de los casos, es meramente subjetiva.

Se trata, como vemos, de procesos muy diferentes que conducen, empero, a un mismo resultado. Pero ninguno de los dos encaja con los fenómenos observables en el cañón de Yacoraite y área vecina, si es que nos atenemos rígida y estrictamente a las definiciones clásicas.

En primer lugar, no puede ser un valle antecedente porque hay allí una cobertura, o restos de ella que muy bien pudieron haber permitido la sobreimposición; en segundo no puede tratarse de un valle sobreimpuesto porque el alzamiento progresivo y casi ininterrumpido del cordón de sierras Alta-Mal Paso tornaría negativos los efectos de una cobertura de sobreimposición, por rápidos y enérgicos que fueran los ciclos de sedimentación que tuvieran lugar a la vera del bloque de sierra en ascenso.

En la cuenca intermontana comprendida entre las sierras de

Aguilar y del Mal Paso-Alta, existen verdaderos ejemplos de valles sobreimpuestos, cuyo ejemplo más nítido es el que labró el cañón de río Grande sobre el ala (flanco) y domo de un anticlinal de calizas y dolomitas mesozoicas, pero en modo alguno este ejemplo puede proyectarse como generalización de lo acontecido en el cañón de Yacoraite.

Para no introducirnos en un maremágnum de consideraciones y de aparentes contrasentidos, debemos trabajar —de la misma manera que el Yacoraite lo hizo en las estructuras orográficas—, una brecha inicial en el campo de las definiciones y de los conceptos clásicos.

Que el citado valle haya sido antecedente al plegamiento (y ascenso debido a él) acontecido entre el Primero y Segundo movimientos, queda fuera de toda duda; el alzamiento a lo largo de extensas líneas de fractura de rumbo N-S del bloque de sierra, determinó el embalsamiento del río detrás de ella. Tratándose de un río establecido (en razón de su alta antigüedad), prosiguió acumulando materiales sedimentarios a su vera, logrando finalmente sobrepasarla por sobreimposición. Esta última se verificó al nivel de la cota de 3.600 metros en la sierra del Mal Paso. El Yacoraite no se convirtió en tributario de la cuenca cerrada de Guayatayok, también por sobreimposición, debido a que el abra de Ronque, único portillo por el que pudo haberse efectuado la comunicación, posee una elevación de 3.720 metros.

Resumiendo, podemos decir que el Yacoraite es un valle antecedente o sobreimpuesto, de acuerdo a qué movimiento tectónico —o fase de él— se considere.

Paso a denominar valles transversales polifásicos a aquellos cuyo desenvolvimiento genético se halla vinculado, en mayor o menor proporción, a sucesivas fases de antecendencia y sobreimposición verificadas en serranías afectadas por la alternancia de fases tectónicas notablemente activas y períodos de calma lo suficientemente estables como para permitir el establecimiento de ciclos sedimentarios prolongados.

XII. CONCLUSIONES

De lo expuesto a lo largo de este trabajo, destacamos las siguientes conclusiones:

1) Un río firmemente establecido, rígido y de una cuenca imbrífera bastante extensa, afluente del río Grande de la quebrada de Humahuaca, al que hemos denominado Yacoraite Antiguo, corría a la vera de lo que actualmente constituyen diversos ramales de la Cordillera Oriental, en un momento geológico probablemente anterior al Mioceno.

2) Cuando tuvieron lugar las fases tectónicas causantes de plegamiento —debidas, las tales fases, a fuerzas tangenciales procedentes del oeste—, dicho río fue capaz de mantener su cauce abierto a través del abovedamiento inicial por ellas originado.

3) Hasta donde ha sido posible llegar con la investigación, parece indiscutible que el Yacoraite Antiguo ha sido antecedente a la elevación de la sierra Alta-Mal Paso, en lo que respecta a su faz de plegamiento. Esta situación parece haberse mantenido hasta el Plioceno Alto. Las bases para esta suposición radican en la ausencia de sedimentos correspondientes al Plioceno-Mioceno en el interior de la cuenca, lo cual atribuimos a la actividad erosiva del río.

4) Ya en el Plioceno cuspidal—Cuaternario bajo— tienen lugar las grandes perturbaciones correspondientes a la Fase Principal del Tercer Movimiento; se producen grandes ascensos de los bloques de montaña (del orden de los quinientos metros).

5) Este alzamiento súbito, efectuado a lo largo de fallas delineadas en movimientos radiales anteriores, elabora una barrera insalvable para el Yacoraite Antiguo. De esta manera, el río se ve obligado a rellenar su propio valle con sus materiales de arrastre, transformándose en una cuenca cerrada de características similares o del todo parecidas a las que ahora caracterizan a la Puna.

6) La sedimentación fluvial se inició encima de la antigua superficie de enrasamiento de la Puna (en este caso, las Areniscas Superiores).

7) Contra el flanco occidental de la sierra del Mal Paso se originó un ambiente de cuenca típicamente lagunar, a cuyo relleno paulatino no solo contribuyeron los arrastres fluviales, sino también la caída de cenizas volcánicas.

8) El proceso de endicamiento cesó cuando el espesor de la cobertura sedimentaria fue lo suficientemente potente como para permitir a las aguas sobrepasar el borde de la barrera, lo cual vendría a constituir un caso *sui generis* de sobreimposición fluvial.

9) Una vez que fue sobrepasada la barrera, el Yacoraite, por

erosión retrocedente seccionó aun más profundamente el cañón (*cluse*) inicial y, en busca de su perfil de equilibrio longitudinal, resectó los sedimentos de la cobertura que le habían permitido formar la sobreimposición. Esto aconteció avanzado ya el Cuaternario, muy probablemente durante un período interglacial, con abundante agua procedente de los glaciares existentes en la sierra de Aguilar.

10) El aludido proceso de reseccionamiento sedimentario —el cual, de más está decirlo, provocó una faz de rejuvenecimiento fluvial—, favoreció altamente la elaboración de una amplia red imbrífera digitada, que aun fue capaz de trabajar cañones sobreimpuestos (*stricto sensu*) en algunas estructuras menores.

Finalmente, establecemos dos conclusiones de índole más general, aunque estrechamente vinculadas a los fines de este trabajo:

a) Existen valles transversales a las estructuras que, considerándolos geomórficamente, tanto pueden ser antecedentes como sobreimpuestos, según cuál sea el momento de su evolución en relación a la acción tectónica. Para este tipo especial de valles transversales se propone la denominación de polifásicos, reservando los términos *poli-cíclico* y *poligénico*, bastante más aptos, pero capaces de inducir a confusiones, para ciertos casos particulares de superficies observables en las penillanuras.

b) Durante el Cuaternario, el Yacoraita fue tributario de una cuenca endorreica cuyo origen fue el mismo que el de las cuencas cerradas actualmente supérstites (Guayatayok, salina Grande, Antofalla, etc.). Por ello, la separación de su cuenca imbrífera de la región de la Puna, trasladando el límite oriental de esta región más hacia el oeste, haciéndolo correr por la sierra de Aguilar, no resiste el análisis geomorfológico. Por el contrario, este último manifiesta bien claramente que la fluencia actualmente centrífuga de este valle no es resultante de otra cosa que no sea su íntima vinculación al desenvolvimiento geológico, tectónico y geomórfico del gran bloque puneño.