

# EL DISTRITO DE TIPUANI

## GEOLOGIA E HISTORIA

(parte I)

Gérard Hérail\*, Jaime Argollo\*\*, Michel Fornari\*, Gérard Laubacher\* y Giovani Viscarra\*\*

### LA CUENCA DE APOLO-TIPUANI

La cuenca de Apolo-Tipuani es una cuenca intramontana alargada, según una dirección NW-SE, sobre unos 200 km de largo. Generalmente su anchura no excede los 30 km. Está comprendida entre la Cordillera Oriental por un lado, los relieves de la Serranía de Carura y las crestas del Subandino por el otro lado. El substrato está conformado por esquistos, areniscas y

cuarcitas del Ordovícico (AHL-FELD, 1946; MARTINEZ, 1978; YPFB-GEOBOL, 1978; RUIZ, 1972). Esta cuenca se halla parcialmente rellenada por depósitos aluviales (Formación Cangalli y depósitos de terrazas) y rodeada por remanentes de superficies de erosión (fig. 1). El tope del relleno sedimentario está localizado en los alrededores de 1000 a 1100 metros de altitud en la parte central de la cuenca mientras que aguas arriba en los principales valles (Tipuani por ejemplo) puede

sobrepasar los 1200 m. El lecho de los ríos actuales está situado entre 500 y 600 metros de altitud; o sea unos 400 a 500 metros por debajo del tope de la cubierta; este profundo encajonamiento ha provocado una fuerte disección del relleno sedimentario que, hoy, aparece en escarpes rojizos (foto 1).

Las formaciones aluviales están particularmente bien representadas entre el río Mapiri al NW y el valle del Challaña al SE. En esta

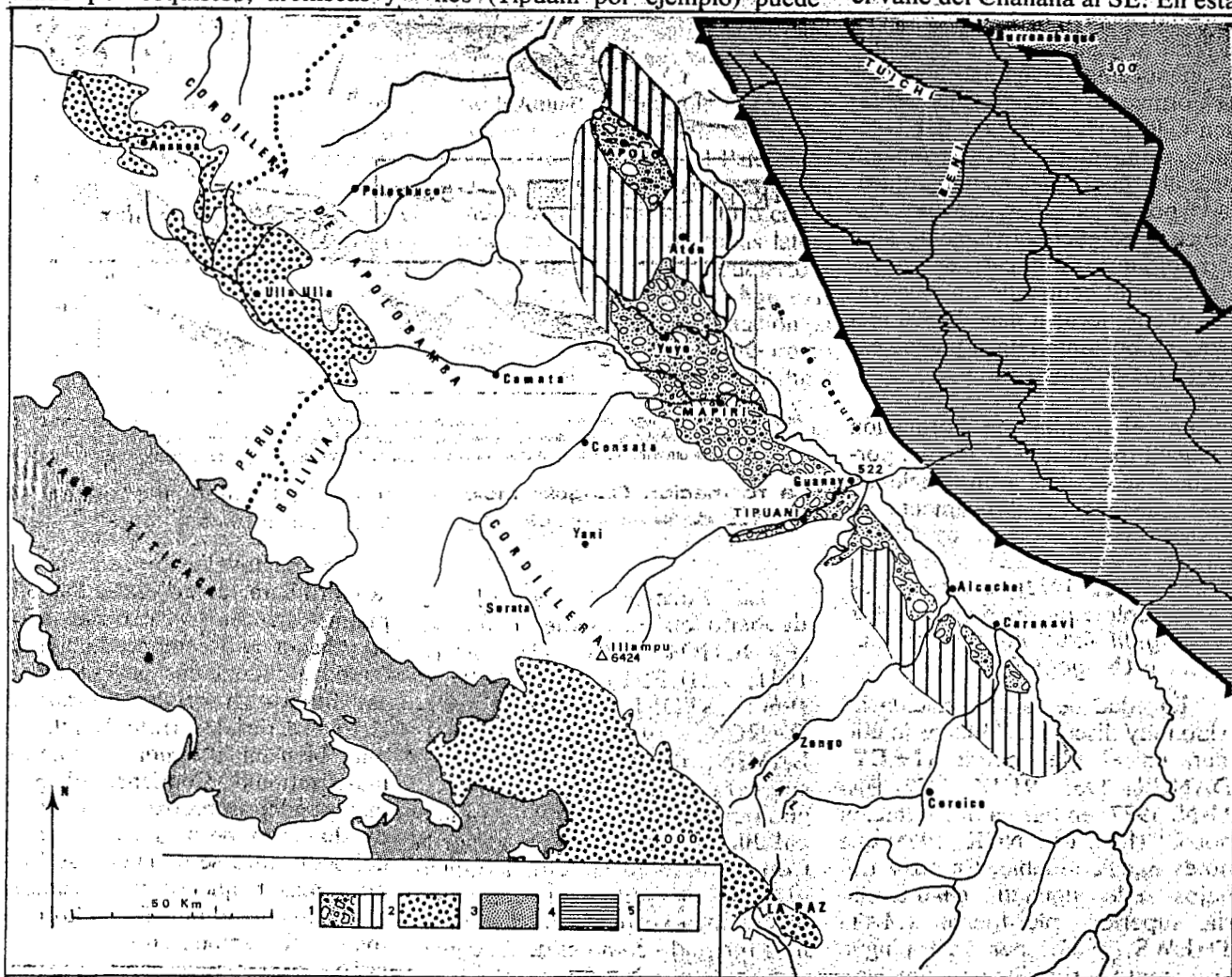


Fig. 1: Ubicación de la cuenca Cangalli. 1: Cuenca Cangalli; a) Formación Cangalli. b) Principales remanentes de superficie de erosión asociados al relleno de la cuenca Cangalli. 2: Cuenca plio-cuaternarias del piedemonte occidental de la Cordillera. 3: Llanura amazónica. 4: Subandino. 5: Cordillera Oriental y franja del Altiplano.

\*ORSTOM, Cas. 8714, La Paz- \*\*Univ. Mayor de San Andrés, Lab. de Geodinámica y Limnología, La Paz

zona, los aluviones se extienden sobre 20 a 30 km de ancho y, a lo largo del Mapiri y del Tipuani, penetran profundamente en los valles de la Cordillera Oriental. Mas allá de Challana, la Formación Cangallí sólo aflora en un corredor estrecho (unos 5 km) hasta los alrededores de Caranavi. Al noroeste, en la orilla izquierda del río Mapiri, las mismas formaciones aluviales se extienden en la zona de Yuyo hasta los alrededores de Atén (fig.1). En la región de Apolo, el recubrimiento sedimentario es más errático y generalmente poco potente.

El relleno sedimentario de la cuenca está constituido por dos conjuntos diferentes:

- un sistema de terrazas y abanicos aluviales contemporáneos de la fase de disección cuaternaria;
- un sistema aluvial más antiguo - la Formación Cangallí - que representa la parte principal del volumen sedimentario. La distribución de estos materiales siendo controlada por paleovalles, aquéllos tienen una potencia obviamente muy variable que, en el caso de encontrarse en el centro de un paleovalle, puede llegar a más de 300 metros; no obstante, nunca parece exceder los 500 metros.

Por el nombre de Formación Cangallí (palabra derivada del portugués) se designa a un conglomerado consolidado clásicamente dividido en dos miembros (FROCHOT, 1901; FREYDANCK, 1965; RUIZ, 1972) caracterizados por su color: un miembro inferior o *Cangallí Azul*, un miembro superior o *Cangallí Rojo*.

La edad de esta formación ha sido muy discutida. Muchos la ubican en el Pleistoceno (FREYDANCK, 1965; RUIZ, 1972; BAMIN, 1977) en base a una datación por  $C^{14}$  (FREYDANCK, 1965) que no es nada confiable. En otros trabajos, se le asigna una edad terciaria superior-pleistocena (MATTHEWS, 1983), pero sin ningún argumento cronológico. Sin embargo, los análisis radiométricos

en curso están en vías de comprobar una datación precuaternaria.

**LA CUENCA CANGALLI EN LA ZONA DE TIPUANI**

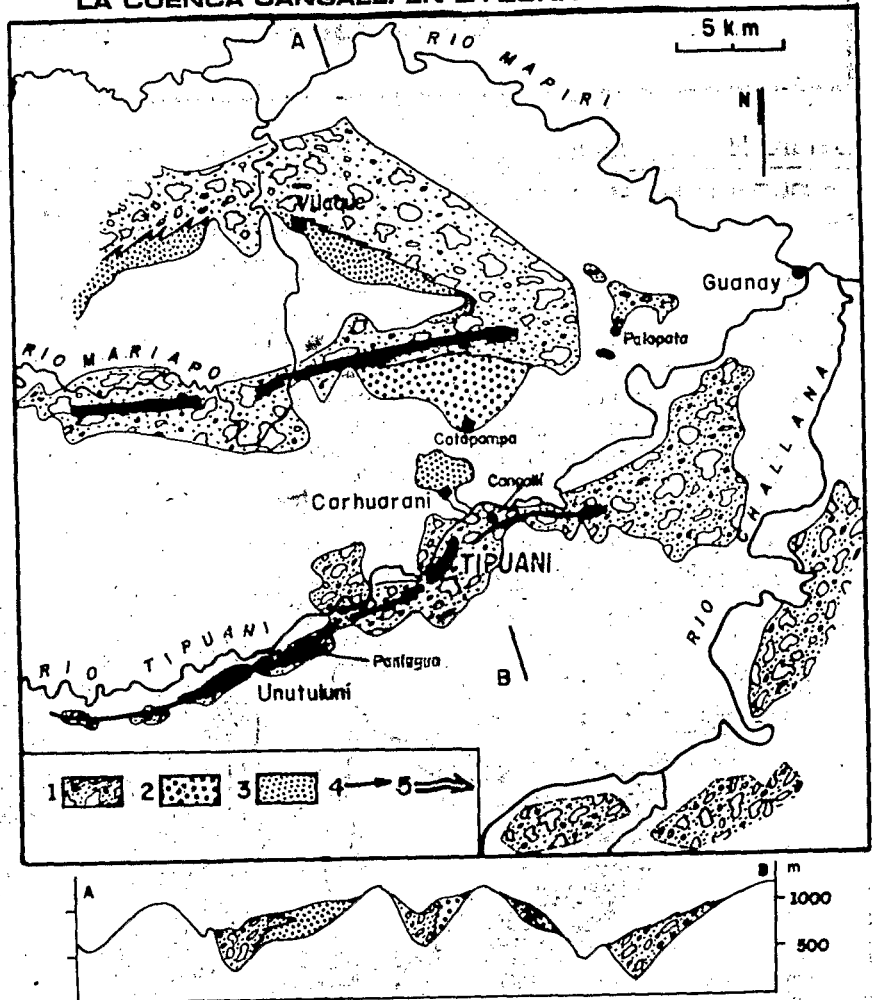


Fig.2: El Cangallí en la región de Tipuani. 1: Facies conglomerádicas (fluvio-torrenciales y fluviales). 2: Facies conglomerádicas y arenosas (depósitos fluviales y derrumbes de pie de vertiente). 3: Facies arenosas y arcillosas (lanuras de inundación, depósitos de ambientes palustres y, a veces, lacustres). 4: Cauce del Paleotipuani. 5: Cauce del Paleomariapo.

**La formación Cangallí: facies y medios de sedimentación**

La Formación Cangallí se depositó en un ambiente fluvial (FROCHOT, 1901; AHLFELD, 1941; AHLFELD y BRANISA, 1960; STOLL, 1961; FREYDANCK, 1965; RUIZ, 1972; BAMIN, 1977; entre otros) pero sus caracteres varían bastante según que se trate de un valle principal directamente alimentado por la Cordillera como el del Paleotipuani o de un valle secundario con una cuenca-vertiente de extensión más reducida como el de Paleomariapo. A escala más local, estos caracteres varían también según el

punto del paleovalle donde se depositaron los aluviones.

Los paleovalles procedentes de la Cordillera, como el del Paleotipuani, están, en su curso montañoso y hasta su desembocadura en la cuenca, colmatados por sedimentos fluvio-torrenciales de cañón. Estos materiales (foto 2) afloran muy bien en la región de Babilonia-Unutuluni. Contienen bloques que pueden sobrepasar un metro de diámetro pero la mayor parte del sedimento se compone de bloques más pequeños y de cantos; generalmente el tamaño de los clastos es más grande en el fondo del cañón y disminuye hacia el techo. La estructura del sedimento se ca-



Foto 1: Relieve de disección en la Formación Cangallí en la región del Tabacuni, entre los ríos Mariapo y Tipuani (foto. G. Hérait).

racteriza además por la presencia de canales estrechos y profundos con un relleno granodecreciente. La composición petrográfica varía desde el fondo del cañón hasta el tope del aluvión: en la base se observan cantos y bloques de granitos y metamorfitas provenientes de la cordillera mezclados con clastos de esquistos y cuarcitas del Ordovícico que son de procedencia más local, mientras que en el tope los aportes del Ordovícico local son casi exclusivos. Aguas abajo, el tamaño de los clastos y la organización sedimentaria cambian, pasándose de conglomerados fluvio-torrenciales a conglomerados netamente fluviales con canales amplios y poco profundos, cantos redondeados bien imbricados y figuras de acreción lateral nítidas (foto 6). El material está compuesto de clastos procedentes del Ordovícico mientras que los cantos derivados de la parte alta de la Cordillera son excepcionales. Es entre Paniagua y Chima que, en el valle del Tipuani, se hace la transición entre los sedimentos fluvio-torrenciales y los sedimentos fluviales. En la región de Tipuani y Cangallí se depositaron conglomerados típicamente fluviales en un

río trenzado cuyo valle, ya entonces, era amplio. El relleno de toda esta parte del valle del Paleotipuani ha sido realizado por conglomerados depositados en un río caudaloso, pero en ciertas zonas laterales aisladas y por ello a cubierto de los aportes detríticos podían existir ambientes de sedimentación palustre o inclusive lacustre como, por ejemplo, en Carhuarani (fig.2) o en Uanani (foto 3) en el valle alto del Tipuani. Estos materiales

se apoyan en las vertientes del paleovalle interestratificándose ahí con depósitos coluviales mientras que hacia el centro del valle se interestratifican ya sea con los sedimentos fluvio-torrenciales o, río abajo, con los sedimentos fluviales.

En los paleovalles procedentes solamente de las vertientes que rodean la cuenca, como el del Paleomariapo (fig.2), existen también



Foto 2: Conglomerados fluvio-torrenciales del cañón del Paleotipuani en Babilonia. Se aprecia, junto a los clastos de esquistos, la presencia de bolas de leucogranito y de metamorfitas. El personaje de la escuela (foto G.Hérait)

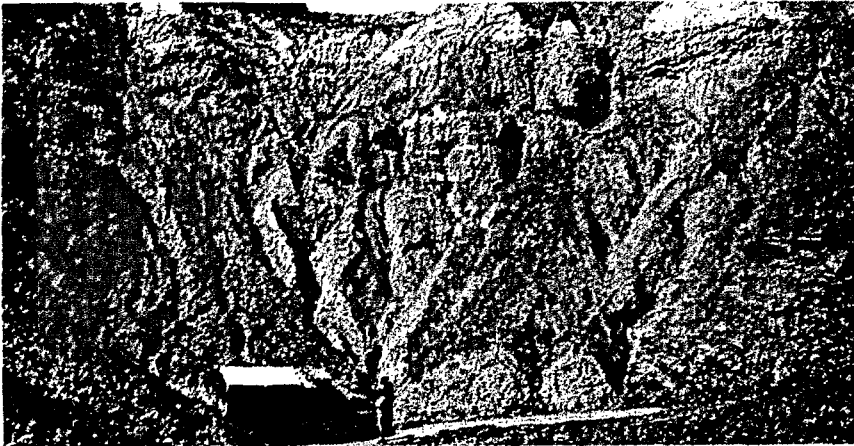


Foto 3: Facies palustres (grises) interestratificadas en aportes fluviales y sobre lodo coluviales (rojos). Margen derecha del valle del Paleolipuaní en Uarani, aguas arriba de Unutuluni (foto G. Hérait).

conglomerados fluviales pero no aparecen aquéllos típicamente fluvio-torrenciales de cañón sino que, en las cabeceras de tales valles, ocurren conglomerados con bloques angulosos contenidos en un material poco seleccionado (foto 8). Todos los elementos que componen el sedimento derivan del Ordovícico.

En las zonas más distales, aguas abajo, así como entre los lechos de ríos confluyentes (región de Vilaque y Cotapampa - fig. 2 - por ejemplo) pueden observarse facies sedimentarias características de otros ambientes. Entre Vilaque y Bellavista, afloran sedimentos arcillo-limosos con indicios de pedogénesis (foto 7). Estos materiales

Foto 5: Facies intermedias en el área de Bellavista. En una zona marginal donde se depositaban lodos de inundación (abajo) entró, durante una crecida, un brazo de río que transportaba gravas y cantos (arriba) (foto G. Hérait).



Foto 4: Superposición del Cangalli rojo (arriba) y del Cangalli azul (abajo) en la región Unutuluni-Babilonia. La altura del corte supera los 50 metros (foto G. Hérait).

dad volcánica en los Andes contemporánea de la sedimentación Cangalli.



Existían también zonas de sedimentación debida a riachuelos y desparrames locales. Así, entre los relieves de la región de Cotapampa y la zona de los ríos Tabacuni y Charoplaya ocupada por el Paleomariapo (fig. 2), se depositaron gravas y arenas de origen aledaño en una llanura drenada por arroyos

que procedían del Sur.

El relleno de la cuenca Cangallí se termina en un nivel aluvial que pasa lateralmente a niveles de erosión que recortan los relieves circundantes. Este nivel queda bien conservado en los principales interfluvios: la región de Paniagua en el valle del Tipuani, la región de Amburgo entre el Dinamarca y el Chimate.

**La evolución post-Cangallí**

Desde el nivel mencionado se desarrollaron dos procesos: la alte-

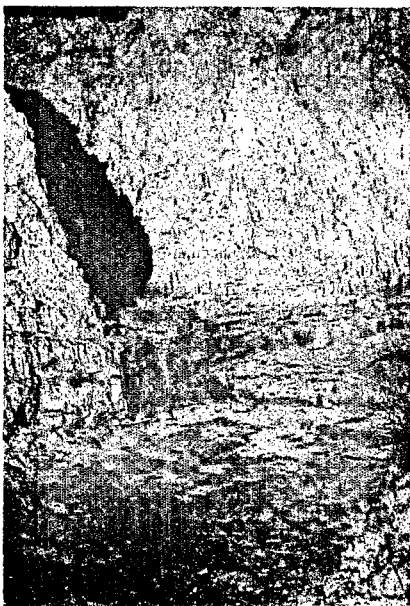


Foto 7: Facies de llanura de inundación. Lodos depositados en la zona de Vilaque a orilla derecha de un paleo río (foto G. Héral).

ración meteórica del material in-frayacente y la inscripción de la red hidrográfica actual.

Por alteración meteórica se desarrolló, a partir de esta superficie (situada en los alrededores de 1000 a 1100 m de altitud), un perfil de alteración potente (varias decenas de metros). Los sedimentos están cada vez menos alterados desde la superficie hacia la profundidad, lo que provoca la superposición de una capa de material alterado de color rojo sobre otra de material no alterado donde los esquistos, que son predominantes, conservan



Foto 6: Conglomerados fluviales del curso del Paleotipuani cerca de Chima. Se observa el fondo de un canal con bloques y cantos grandes mientras que, más arriba, el material es más fino. Los cantos están bien asentados. Sólo hay clastos provenientes del Ordovícico a la excepción de un canto de granito (foto G. Héral).

su color gris azulado (foto 4). Este fenómeno explica la yuxtaposición de un denominado Cangallí rojo sobre el Cangallí azul.

Es también a partir del nivel topográfico establecido al final de la deposición de la Formación Cangallí que se produjeron el encajonamiento de la red fluvial cuaternaria y la disección de la cuenca por sus ríos principales nacidos en la Cordillera (Challana, Tipuani, Mapiro,...) y por los afluentes de éstos de origen más local. En el curso de ese evento se construyeron terrazas y abanicos aluviales.

El material constituyente procede a la vez de la removilización del Cangallí y de aportes nuevos desde la Cordillera. En el valle del Tipuani, las terrazas están compuestas por conglomerados caracterizados por la abundancia de cantos y bloques de granito ("mollete") y micaesquistos, denotando la importancia de los aportes provenientes de la Cordillera Real (foto 9). Más al Noroeste, entre el Mariapo y el Chimate, se formaron abanicos cuyo material es menos seleccionado (foto 10) y de fuente local, derivado exclusivamente del Ordovícico. Las terrazas de los



Foto 8: Conglomerado Cangallí en el valle del Paleomariapo cerca de Pailini. Se puede comprobar cómo, aguas arriba en los paleovalles secundarios, el material es poco seleccionado y mal rodado. Deriva exclusivamente del Ordovícico (foto G. Héral).

ríos aledaños están constituidas sólo por material originado por la removilización del Cangallí. Son estos fenómenos de removilización los que explican el aumento de los tenores de oro en las terrazas ("plataformas") comparativamente al substrato.

Es de notar (fig.2) que si los principales ríos actuales (los que vienen de la Cordillera) siguen grosso modo el mismo valle que los ríos de la fase Cangallí, hay muchas diferencias en el detalle. Así, en el caso del Tipuani, el río moderno y el Paleotipuani bajan de la misma cuenca-vertiente y surcan, al menos hasta aguas abajo de Unutuluni, el mismo valle, pero el río actual se encajonó al lado del curso antiguo (fig.2); aguas abajo, las diferencias entre los dos cauces son todavía más importantes. Estas variaciones de trazado de redes de edad diferente pueden ser mucho más grandes en el caso de los ríos secundarios como por ejemplo el Mariapo. El Paleomariapo tenía un curso orientado W-E prosiguiendo hacia el Este después de Huarmini mientras que, a partir de este lugar, el río moderno fluye en dirección S-N. Tales variaciones se acompañan de cambios notables en la pendiente de los perfiles longitudinales (fig.3). A la altura de Unutuluni, el cauce actual del Tipuani está a más de 300 metros por debajo del cauce antiguo, mientras que en La Rinconada (aguas arriba de Tipuani) es el cauce antiguo que está a unos 170 m por debajo del nivel del cauce actual (cuadros de la Aramayo; STOLL, 1961; BAMIN, 1977). Dichas diferencias de pendiente atestiguan claramente la actuación de movi-

mientos tectónicos regionales.

**Deformaciones neotectónicas**

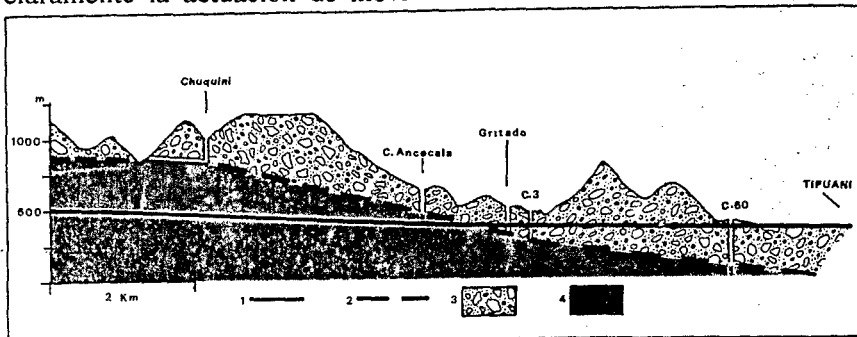
La Formación Cangallí está deformada. Aparecen pliegues amplios pero sobre todo basculamientos con buzamientos generalmente inferiores a 30°; estas estructuras están orientadas aproximadamente 120°. En varios lugares (Babilonia, Tantacato, Cangallí,..) se observan fajas con microfracturación importante de los cantos debida a una compresión orientada SW-NE. En los afloramientos situados justo por debajo de las instalaciones de la Cooperativa "Unidas Cangallí" se registran señas de microfracturación cuya computación indica una compresión subhorizontal orientada 052° (fig.4). Así, todos los datos estructurales, tanto los de escala regional como los microtectónicos, indican que la Formación Cangallí ha sido deformada en compresión; el esfuerzo estaba orientado aproximadamente SW-NE. Este tipo de deformación no es perceptible en las terrazas. Sin embargo, en el Tajo Paitití (nivel aluvial de Paniagua), los aluviones de la terraza y su substrato, tanto el Cangallí como el Ordovícico, están afectados por un conjunto de fallas normales orientadas entre 125 y 135° en su mayoría (fig.5), lo que sugiere, en este lugar, una extensión orientada NE-SW.

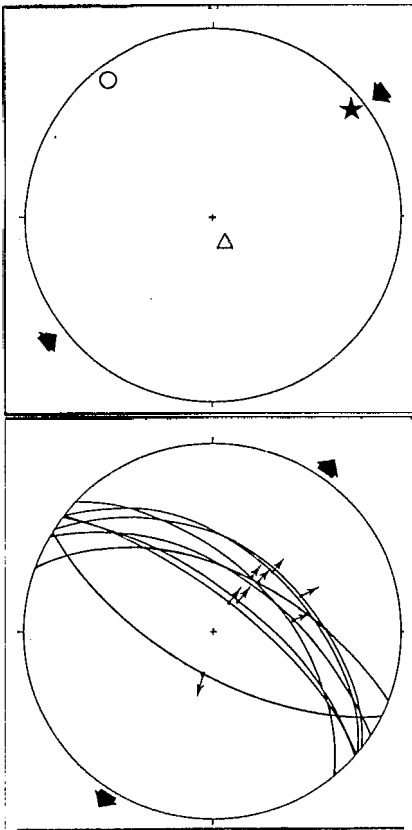


Foto 9: Terraza de Paniagua en el tajo de Paitití. Resalta (en gris en la foto) la abundancia de los cantos de granito ("mollete"). En la parte superior derecha se ve una falla normal (foto G. Hérait).

La formación y el relleno de la cuenca Cangallí están ligados al sollevamiento de la Cordillera que activa la disección y proporciona materiales détriticos. Estos fenómenos van a la par con la prosecución de la actividad tectónica (compresiva), la cual provocó la aparición de los relieves del Subandino que, como verdaderos diques, impidieron la evacuación por los ríos de los sedimentos hasta la llanura amazónica. Luego, los conglomerados auríferos así acumulados fueron retrabajados por el encajamiento de la red fluvial cuaternaria que construyó las terrazas. Así, la dinámica sedimentaria de esta cuenca, controlada por su evolución sintectónica, explica la distribución y las variaciones de las facies (granulometría, organización sedimentaria,..) en cuerpos détriticos cuyo potencial aurífero es muy variable de uno a otro.

Fig.3: Perfil longitudinal del Tipuani y del Paleotipuani. 1: Perfil del río Tipuani ("cauce moderno"). 2: Perfil del Paleotipuani ("cauce antiguo"). 3: Formación Cangallí. 4: Ordovícico. La letra C designa los cuadros excavados por la Compagnie Aramayo de Mines de Bolivie. Para realizar este gráfico se utilizaron datos de dicha empresa además de datos de campo y otros recopilados de Stoll, 1961, y BAMIN, 1977.





REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AHLFELD F. (1946). Geología de Bolivia. Rev. Mus. La Plata (nueva ser.), sec. Geol., tomo III, pp. 5-370. B. Aires.



Foto 10: Facies de abanico aluvial cuaternaria entre el Dinamarca y el Chimata. Conglomerados gruesos y poco rodados procedentes de relieves vecinos donde aún aflora el Ordovícico (foto G. Héral).

Fig 4: Reconstrucción del tensor del esfuerzo tectónico en la Formación Cangalli. Computación de 24 medidas microtectónicas (método Carey, 1976). Proyección en diagrama de Schmidt, hemisferio inferior. La estrella: 1, el triángulo: 3, el círculo: 2. Las flechas exteriores indican la dirección de la compresión

Fig 5: Representación de las fallas observadas en la terraza de Pailif. Trazo ciclográfica de los planes de fractura. Proyección en diagrama de Schmidt, hemisferio inferior. Las estrías y el carácter extensivo están representados por los puntos y las flechas pequeñas. Las flechas exteriores indican el sentido de la extensión.

AHLFELD F. y BRANISA L. (1960). Geología de Bolivia. Ed. Don Bosco, 245 pp., La Paz.

BÁMIN (1977). Tipuani. Rev. BAMIN, nº 93, 64 pp., La Paz.

FREYDANCK H.G. (1965). The gold placer deposits at the foot of the Cordillera of Bolivia. Inf. DENAGEO, 50 pp. + 9 mapas, La Paz.

FROCHOT M. (1901). Les gisements de Tipuani. An. des Mines, 9<sup>em</sup>. ser., t. 19, pp. 149-185, Paris.

MARTINEZ C. (1978-1980). Structure et évolution de la chaîne hercynienne et de la chaîne andine dans le nord de la Cordillère des Andes de Bolivie. Trav. et

Doc. ORSTOM, nº 119, 352 pp. + 2 mapas, Paris.

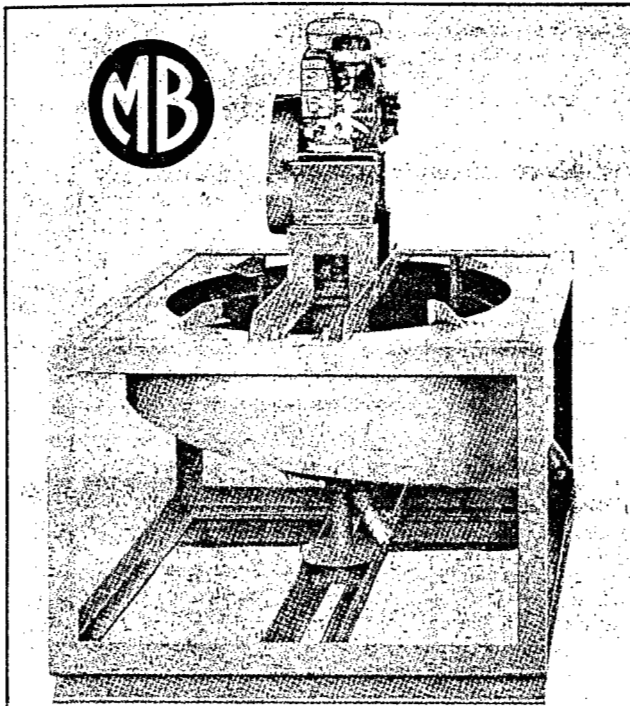
MATTHEWS P.F.P. (1983). Alluvial gold in the Río Tipuani, Bolivia. Mining Magazine, sept. 1983, pp. 161-167.

RUIZ E. (1972). Estudio geológico y evaluación de los yacimientos auríferos de la región de Tipuani-Isuhua. Tes. grad. UMSA, 81 pp. + 10 anexos, La Paz.

STOLL W.C. (1961). Tertiary channel gold deposits at Tipuani, Bolivia. Economic Geology, vol.56, pp. 1258-1264.

Y.P.F.B.-GEOBOL (1978). Mapa geológico de Bolivia a esc. 1/1 000 000, La Paz.

SEPARADORA CENTRIFUGA DE ORO



DISEÑO CON MOTOR A GASOLINA  
Motor eléctrico opcional

SOCIMIN S.R.L.

Telex 324430 353309 Telex 2458 EVA Casilla 219

Av. Arce 2652 La Paz, Bolivia.

REPRESENTANTES DE MONSEBROS MACHINERY

CO: VMI - FMC

EQUIPO PESADO PARA ESCAVACION, DRAGAS

MEDIANAS, WASHING PLANTS, LAVADORAS

CENTRIFUGAS, EQUIPO MINERO DE LABORATORIO

FABRICACION AMERICANA

LE AYUDAMOS A CONSEGUIR FINANCIAMIENTO