

LOS PLACERES DE ORO DE LA REGION DE MAPIRI (BOLIVIA) Y SUS FUENTES PRIMARIAS*

VITALIANO MIRANDA ANGLES¹; GERARD HERAIL²; MICHEL FORNARI²

1. Geólogo Proyecto BOL/87/012-PNUD
2. ORSTOM, Casilla 9214, La Paz Bolivia.

RESUMEN: Los placeres de oro de Mapiri forman parte de la cuenca de Tipuani-Mapiri, pero a diferencia de Tipuani, la mineralización está emplazada en aluviales de terrazas cuaternarias y no en sedimentos fluviales más antiguos. El oro contenido en los placeres procede de la erosión de vetas de cuarzo aurífero emplazados en el Ordovícico superior de la región de Tacacoma-Ananea-Aucapata.

RESUME : Les placers d'or de Mapiri se sont mis en place dans le bassin de Tipuani-Mapiri mais à la différence de ceux de Tipuani ils correspondent seulement à de terrasses alluviales quaternaires et non pas à des sédiments fluviaux plus anciens (Mio-pliocènes). L'or qu'ils contiennent provient de l'érosion de filons de quartz aurifère encaissés dans l'Ordovicien supérieur de la région de Tacacoma-Ananea-Aucapata.

INTRODUCCION

La región de Mapiri, forma parte de la cuenca de Tipuani-Mapiri (fig. 1), en la que se encuentra una importante acumulación de sedimentos auríferos explotados durante varios siglos. Esta cuenca se encuentra situada en la parte nororiental de la Cordillera de los Andes de Bolivia, sobre la vertiente amazónica de la Cordillera Real.

En el presente trabajo se darán a conocer tres aspectos:

- a) Geología regional
- b) Mineralización primaria y concentración de oro detrítico en las terrazas antiguas, recientes y cauce actual del río Consata-Mapiri.
- c) Características morfoscópicas de las partículas de oro presentes en los depósitos aluviales del área de Mapiri.

* Este trabajo fue realizado en el marco del convenio UMSA-ORSTOM.

GEOLOGIA REGIONAL

La zona de estudio, se encuentra ubicada en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes (fig. 1). La geología (fig. 2) de esta zona, está caracterizada por la extensión de los afloramientos de terrenos del Ordovícico. Estas series han sido intruidas por cuerpos magmáticos a los cuales están asociadas facies metamórficas de alto y medio grado. Al suroeste de la Falla de Tacacoma, afloran terrenos del silúrico-devónico y también del Paleozoico superior. Sin embargo, la casi totalidad de las mineralizaciones primarias de oro están emplazadas en el Ordovícico epimetamórfico (fig. 2).

Hacia aguas abajo, las rocas paleozoicas están cubiertas en fuerte discordancia erosiva por sedimentos del Terciario (Formación Cangallí), depósitos Plio-Cuaternarios (Formación Chimate y Formación De Los Guarayos) y sedimentos aluviales que van desde la base del Cuaternario hasta el Actual (terrazas y depósitos en el cauce actual de los ríos). Son estos terrenos que caracterizan la mineralización detrítica de oro.

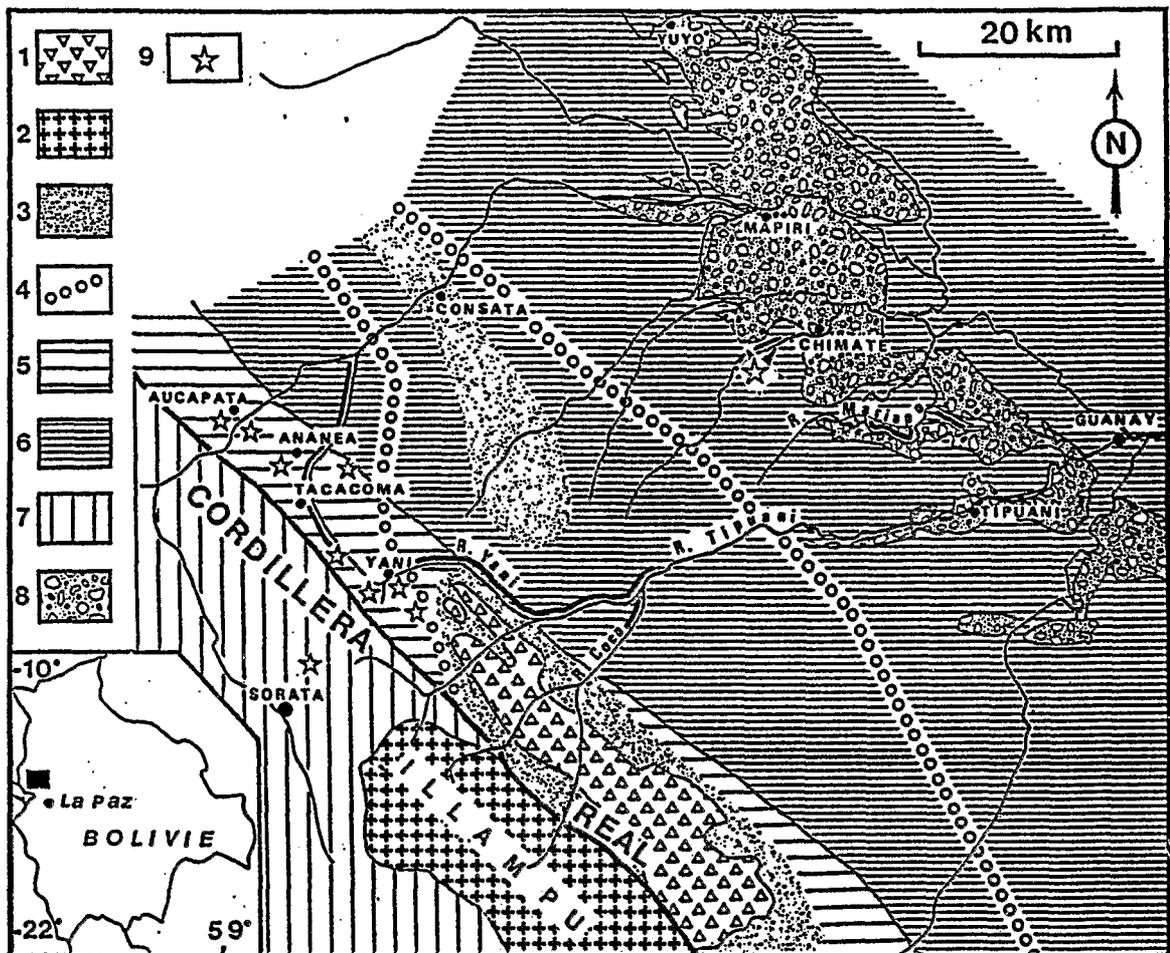


Fig. 2: Geología y yacimientos de oro en la Cordillera Real de Bolivia. 1, granito de Zongo-Yani (eo-erécnico); 2, granodiorita del Illampu (triásica); 3, zona de metamorfismo térmico de alto y medio grado; 4, límite de la biotita; 5, areniscas y cuarcitas del Ordovícico superior; 6, pizarras negras del Ordovícico medio; 7, Silúro-devónico esquisto-areniscoso; 8, conglomerados neógenos de la Formación Cangallí 9, mineralizaciones de oro primario (sacado de Hérail et al., 1988a).

La Formación Cangallí (fig. 3), de edad miocena (Fornari, et al., 1987), sólo podría estar representada en el valle de Consata por algunos remanentes de conglomerados que afloran en el valle del arroyo Cienegani. En cambio aguas abajo de la confluencia entre el río Mapiri y el río Merke, esta formación aflora ampliamente y está conformada por un conglomerado fluvial de color rojizo con presencia de cantos redondeados, con predominio de cuarcitas y pizarras. El análisis sedimentológico indica que los ríos en los cuales se depositaron estos conglomerados fluían hacia el este y sureste en la zona de Charopampa-Yuyo y hacia el este en la zona de Mapiri y de Vilique. Estos conglomerados se encuentran afectados por una leve deformación tectónica que sólo se manifiesta por estructuras microtectónicas cuyo análisis indica que el conglomerado fue sometido a una compresión de orientación NE-SW, como el caso de la parte central de la cuenca Tipuani-Mapiri (Hérail et al., 1986; Viscarra, 1987; Fornari, et al., 1988). Sin embargo en la zona de Mapiri no se observó desplazamientos de origen tectónico tan importantes como los presentados en la Formación Cangallí que aflora en el valle de Tipuani.

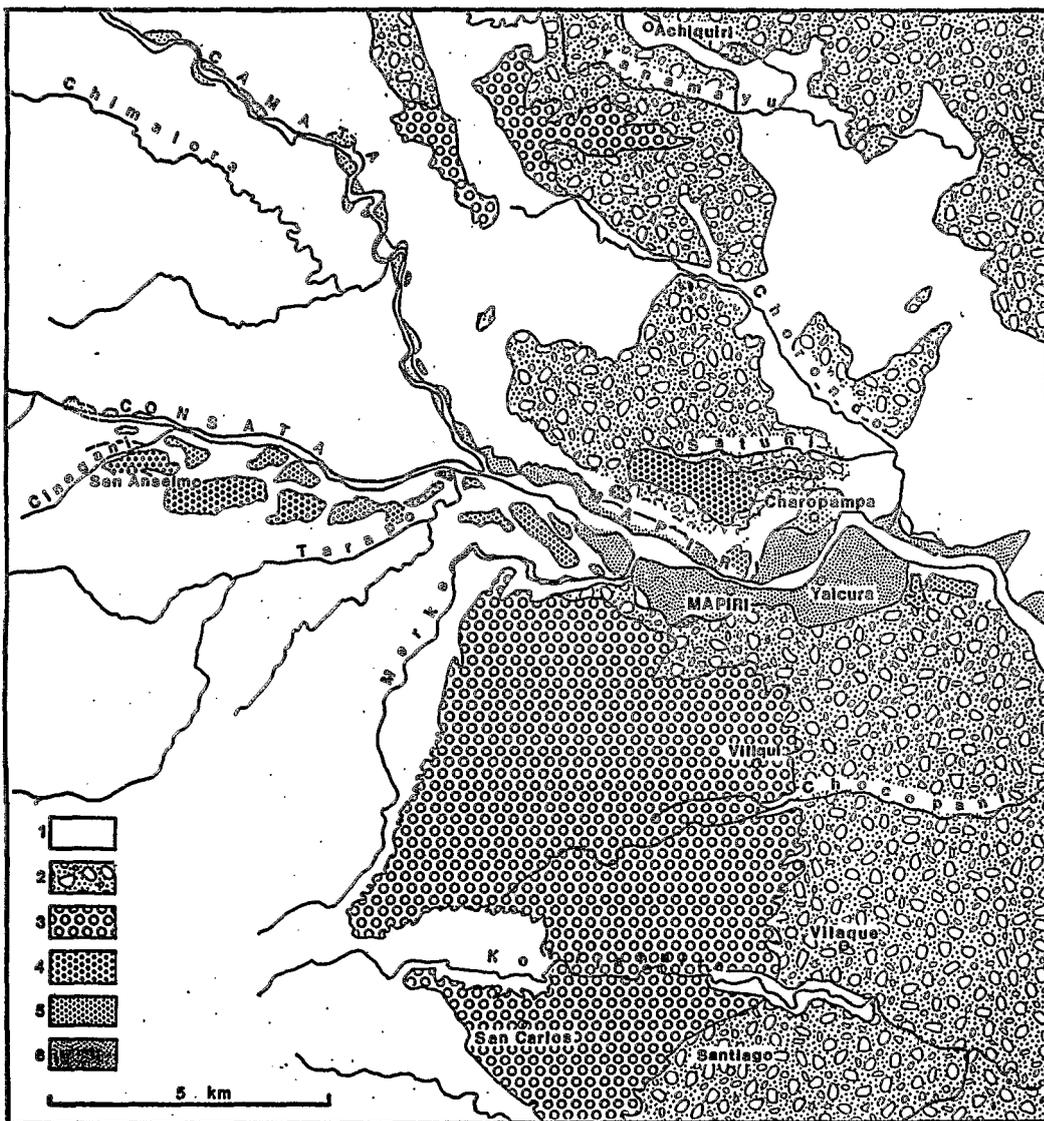


fig. 3: Las formaciones aluviales de la región de Mapiri.

1: Substrato ordovícico, 2: Formación Cangallí, 3: Formación Chimate y Formación de la Altiplanicie de los Guarayos, 4: Terrazas altas (T_1), 5: Terrazas medias (T_2), 6: Terrazas bajas (T_3).

En las cercanías de la población de Mapiri la Formación Cangallí está cubierta por un conglomerado de facies y significación geodinámica diferentes y es la denominada Formación Chimate (Hérail et al., 1988a). Esta Formación aflora sobre un área de aproximadamente 180 km² y tiene una potencia de aproximadamente 70 a 80m, se extiende desde la población de Chimate hasta las proximidades del pueblo de Mapiri (Fig. 3). Esta altiplanicie cuya altitud oscila entre 1100 y 1300 m, está muy bien desarrollada en la región de Hamburgo. La Formación Chimate está conformada por un conglomerado muy heterométrico, con bloques de cerca de 1 m³, están mezclados con elementos mucho más pequeños. Todos los clastos contenidos en este sedimento proceden de la erosión de los afloramientos del Ordovícico que se encuentran en los flancos de la Cordillera dominando la planicie de Hamburgo.

A diferencia de la Formación Cangallí, los canales en la Formación Chimate son anchos y el aluvión está mal clasificado. El sedimento fue transportado y luego depositado en un ambiente de ríos de caudal irregular. Asimismo el cuerpo sedimentario que conforma la Formación Chimate tiene una forma de arco de círculo drenado por una red radial (fig. 3). Así que dado la estructura sedimentaria y la morfología de la zona, se interpreta la Formación Chimate como un depósito de abanico aluvial. Este abanico se formó a la desembocadura de un río que salía de la montaña por los valles de los actuales ríos Korijahuira o Chiñijo; el ambiente de sedimentación era muy poco selectivo.

En la orilla izquierda del río Mapiri (fig. 3) aparecen, desde Charopampa hasta Achiquiri y Yuyo remanentes de una alta superficie aluvial ubicada a una altitud de aproximadamente 1200 a 1300 m denominada "Altiplanicie de los Guarayos" (Freydanck 1963; Miranda 1988). La superficie de esta Altiplanicie corresponde al tope de una capa de aluviones de aproximadamente 15 a 30m de espesor, que descansa sobre el conglomerado Cangallí. Esta capa de aluviones corresponde a un conglomerado grueso, con bloques de más de 50cm de diámetro. Este sedimento se depositó en ambiente ya sea fluvial o de abanicos de piedemonte.

Tanto la Formación Altiplanicie de los Guarayos como la depositación de la Formación Chimate, representan la etapa final del relleno de la cuenca sedimentaria de Mapiri. Son contemporáneas y seguramente de la misma edad que la más alta terraza del valle de Tipuani o del Challana. Es a partir de la superficie de estos niveles que se disectaron los valles actuales de los ríos, a lo largo de los cuales se formaron las terrazas cuaternarias. Aguas arriba de la confluencia del río Meke y del río Consata-Mapiri, las terrazas se caracterizan por presentar una cobertura aluvial muy espesa que puede alcanzar los 60m de potencia. La estructura de esta capa aluvial (fig. 4) se caracteriza por un importante encape de sedimentos ricos en arcillas y gravas finas que pueden tener unos 10m de potencia en ciertos casos. Este material donde se mezclan aportes coluviales y aluviales, descansa transitoriamente sobre un sedimento conglomerádico de origen fluvial, cuya potencia puede ser de varias decenas de metros en el cual se reconocen varios canales; sin embargo es en la base del aluvión, en contacto con el bed-rock, que se observan los canales que contienen la mayor abundancia de bloques con volúmenes de hasta 1 m³.

Aguas abajo de la confluencia del río Merke y del río Mapiri, la estructura del sistema de terrazas es muy diferente. En primer lugar, sólo son terrazas medias y bajas que se conservan y las terrazas recientes son las que han sido mejor preservadas. En segundo lugar, su estructura sedimentaria es muy diferente; con una potencia de sólo 5 a 12 m aproximadamente, no presentan encapes coluviales importantes y se caracterizan por una superposición de dos a tres secuencias conglomerádicas principales que corresponden a las fases mayores de sedimentación fluvial. Cada una de estas secuencias principales está constituida por varios canales de importancia menor.

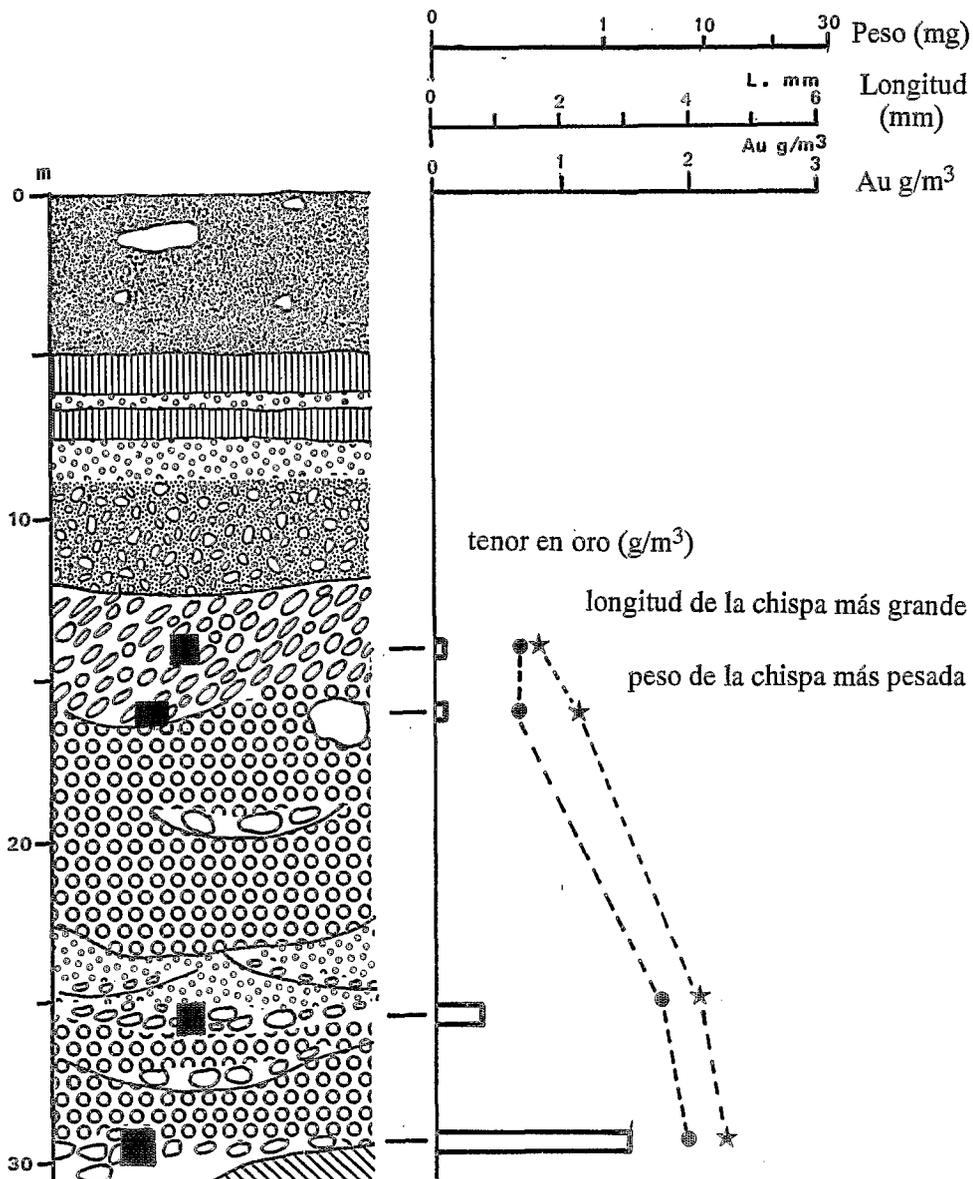


Fig. 4: Estructura sedimentaria, distribución y características del oro en una terraza de la zona de San Anselmo-Río Tarapo. Ejemplo de una terraza de la cooperativa "Guanay Ltda".

Cualquiera que sea la edad y posición estratigráfica de los aluviales considerados, son los clastos de pizarra negra, areniscas y cuarcitas del Ordovícico, los que constituyen la mayoría de los cantos. Sin embargo la presencia de clastos de rocas más escasas permite una mejor separación de las diferentes fuentes de aporte. Así en la Formación Chimate solo están presentes clastos procedentes del Ordovícico. En cambio en la cobertura aluvial de la Altiplanicie de los Guarayos aparecen rodados de calizas del Pérmico y de rocas volcánicas que afloran en la región de Charasani así como por granodioritas que pueden proceder del batolito de Huato, cerca del pueblo de Camata; es así que los aluviales que constituyen esta Altiplanicie proceden de la erosión de toda la falda norienta de la Cordillera de Muñecas y no sólo de los afloramientos del Ordovícico, aunque estos predominen.

En las terrazas del río Consata-Mapiri, aparecen junto a los clastos procedentes del Ordovícico, clastos de las rocas metamórficas disectados por el valle del río Consata entre

Cunuraya Playa y los alrededores de San José, así como fragmentos de rocas que afloran en el alto valle del río Llica como ser granodioritas del Illampu, volcanitas y escasos cantos de calizas.

LA MINERALIZACION AURIFERA

LAS MINERALIZACIONES PRIMARIAS FUENTES

En la faja cordillerana mineralizada en oro se encuentra la naciente del río Consata-Mapiri, que corre desde el flanco NW del Illampu hasta la cordillera de Muñecas. En este sector cordillerano son conocidas las minas de la región de Tacacona aguas arriba del río Chichimbaya, así como los distritos de Ananea y Aucapata (fig. 2). Todas estas minas están comprendidas dentro de las series oscuras epimetamórficas del Ordovícico Superior. Independiente a esta faja, se conocen unas mineralizaciones auríferas como es el caso de la mina Progresiva cerca de Sorata, que se encuentra emplazada en las pizarras del Silúrico y también la mina Marcamarcani aguas arriba de Sorata, emplazada en las corneanas que rodean al Illampu donde además de wolframio ocurre oro (Ahlfeld y Schneider-Scherbina 1964).

Por lo tanto, se puede aseverar que las mineralizaciones auríferas primarias más importantes, fuentes de los placeres del Consata - Mapiri, están ubicadas en la parte alta de la Cordillera. Sin embargo existen indicios de oro primario en la parte más baja (zona selvática) como la mina Santo Domingo en las cabeceras del río Chiñiño-Merke o como los indicios descubiertos en el Paleozoico que afloran en la cuenca del río Chimate (Hérail et al., 1988b).

Las mineralizaciones auríferas primarias (Tistl, 1985; Hérail et al., 1988a; Fornari y Hérail, 1991) corresponden a vetas de cuarzo aurífero. En la zona de Collabamba-Tacacoma, como en toda la faja aurífera Yani-Aucapata, estas vetas están asociadas generalmente a los sedimentos del Ordovícico superior. El oro ocurre en mantos de cuarzo que siguen el rumbo de la estratificación y también en vetas y vetillas perpendiculares a ese rumbo con ángulos de buzamiento diferentes. La potencia de éstas vetas y mantos varía de pocos milímetros a un metro.

El oro se encuentra principalmente bajo la forma de granos de oro libre en los mantos y vetas de cuarzo y como accesorio en microinclusiones dentro de los sulfuros. El oro se ubica mayoritariamente en el cuarzo gris azulado mientras que las vetas de cuarzo blanco lechoso, más tardío, que cortan los mantos o vetas de cuarzo gris-azulado son estériles o contienen muy poco oro (Hérail et al., 1988). En los mantos y vetas, el oro está asociado, fuera del cuarzo, a la clorita, albita, pirita y arsenopirita; como trazas aparecen la calcopirita, esfalerita, galena, pirrotita y shelita y como minerales secundarios la limonita, marcasita, covelina y siderita. Según estudios microtermométricos a partir de las inclusiones fluidas conservadas en el cuarzo aurífero (Tistl, 1985), las vetas se han formado bajo condiciones de presión de 1.8 hasta 2.7 kb y temperaturas comprendidas entre 320°C y 450°C.

La composición del oro contenido en mantos y vetas de cuarzo, ha sido investigada con microsonda. En los granos de oro se encuentra esencialmente oro, plata y cobre. Por lo general la proporción de oro es de 95% aproximadamente, 4.5% a 6% de plata y menos de 0.05% de cobre. Sin embargo, en las vetas de la mina San Jorge, ocurren dos poblaciones de granos de oro de composición muy diferente, la primera corresponde a un oro de composición semejante al del conjunto de la faja Yani-Aucapata, la segunda a un oro mucho menos puro

conteniendo hasta 20% de plata (Tistl, 1985). Esta segunda población corresponde seguramente a una fase de mineralización más tardía y de temperatura más baja. En los aluviones de los ríos que drenan esta zona, como el Chichimbaya, se encontraron partículas de oro de alto contenido en plata, hasta 18%, que proceden seguramente de mineralizaciones de este tipo. Por lo tanto se puede concluir que el oro de esta zona es muy puro, siendo su finza del orden de 940 a 960 salvo en el caso particular de la mina San Jorge.

Los indicios de oro primario ubicados en la parte baja de la Cordillera (Hérail et al, 1988b) corresponden a vetas de cuarzo de unos centímetros a un decímetro de potencia, emplazados en las pizarras del Llanvirniano. En estas vetas el oro está presente bajo la forma de partículas milimétricas con formas cristalinas bien definidas. Estas partículas contienen alrededor de 91% de oro, 8% de plata y en proporciones inferiores al 0.05% cobre, fierro y arsénico. Es así que este oro es muy parecido al que por lo general se encuentra en la faja de Yani-Aucapata.

CONCENTRACIONES DE ORO DETRITICO EN LOS DEPOSITOS ALUVIALES DEL AREA DE MAPIRI

En la zona de estudio, el oro ha sido detectado en varios lugares, pero sólo en las terrazas del río Consata-Mapiri se está explotando con interés económico existiendo la posibilidad de extenderse al lecho actual del río. Habiéndose efectuado muestreos en la zona de Mapiri, tanto en la Formación Cangallí como en la Formación Chimate, se llegó a determinar que el contenido de oro es mínimo (menor a 10mg/m³) a diferencia del área de Tipuani, donde se encuentran tenores elevados en oro en la Formación Cangallí. En cambio, en la región de Mapiri, es en las terrazas aluviales que se encuentran los aluviales con mayores leyes; son estos los sedimentos que son trabajados por los cooperativistas.

La distribución del oro en los sedimentos aluviales cuaternarios de la zona puede ser ilustrada por la observación de una de las terrazas en las concesiones de la Cooperativa "Guanay Ltda" en la confluencia de los ríos Consata y Tarapo. La sección analizada (Fig. 4) corresponde a una de las terrazas medias del río Consata; su tope está a 55 metros por encima del nivel del río. El cuerpo de la terraza tiene entre 30 y 32 m de potencia aproximadamente. Está conformada por un encape coluvial estéril de alrededor de 5 m de potencia que descansa sobre aluviones de origen fluvial de unos 25 a 30m de potencia que a su vez se descompone en dos sub-conjuntos. El superior representa la parte más importante del volumen del sedimento. En el techo se encuentran conservados sedimentos finos limosos y arenosos con lentes de gravas menudas como testigos de los episodios de poca energía de los ríos contemporáneos del fin de la construcción de la terraza; estos sedimentos son estériles en oro. Por debajo aparecen conglomerados fluviales organizados en canales nítidamente dibujados y en los cuales los clastos están perfectamente imbricados. Todos estos caracteres reflejan una depositación en un río caudaloso de pendiente moderada. Sin embargo estos sedimentos son pobres en oro, siendo los tenores generalmente inferiores a 50mg/m³, sin que aparezcan veneros de gran interés. El subconjunto basal, cuya potencia puede alcanzar unos 5 m, corresponde también a conglomerados fluviales. En contacto con el bed-rock, quedan conservados los sedimentos con contenidos altos en oro cuyos tenores son del orden de los 3g/m³. Por encima existen también veneros que corresponden a canales fluviales con tenores comprendidos entre 0.5 y 1 g/m³, estos canales no son continuos pero aparecen en todo este conjunto basal por encima del venero conservado en el "plan de peña" en muchos de los casos sólo se explota este sector mediante minería subterránea. Una estructura y esquema de distribución del oro parecidos, se encuentran en las terrazas de toda la zona comprendida entre el río Tarapo y la zona de San Anselmo.

En el área de Santa Rosa (Chusimayu, 15 de Diciembre, La Salvadora, 17 de Diciembre, Tupac Katari y otras) o San Anselmo se determinaron tenores en los veneros de zona basal, en el eje de los canales, de hasta 8 g/m³, pero por lo general van en el orden de 3 a 4g/m³.

Aguas abajo de la confluencia entre los ríos Merke y Mapiri los rasgos de la distribución del oro cambian. Los muestreos realizados en la zona de Yaicura son indicativos de este fenómeno. Tanto de los muestreos clásicos realizados como por el tratamiento de volúmenes importantes de aluviones en lavaderos de coopertaivistas se muestra que los tenores son más bajos que aguas arriba. Generalmente el tenor más alto en oro correspondiente al piso del aluvion es inferior a 2g/m³ y en muchos casos a 1 g/m³ y en un muestreo sistemático de cortes se puede apreciar una disminución rápida del tenor desde el piso hacia el techo de la capa aluvial.

CARACTERISTICAS MORFOSCOPICAS DE LAS PARTICULAS DE ORO PRESENTES EN LOS DEPOSITOS ALUVIONALES DEL AREA DE MAPIRI

A partir del muestreo realizado en la zona de estudio, se hicieron análisis morfológicos y morfométricos sobre 535 partículas de oro; además cada una de ellas fue pesada individualmente. Se estableció que las que mayormente predominan son aquellas inferiores a 1mm de longitud, el tamaño medio de las partículas es de 1.2mm y la mediana de 0.85mm. La mayoría de las partículas (cerca de 60%) pesan menos de 2 mg cada una, pero el peso medio considerando el conjunto de la población es de 4.6 mg siendo la mediana de 1.1mg, lo que indica que las partículas más grandes y más pesadas desempeñan un papel importante en el peso del oro recuperable. Haciendo la relación tamaño-peso de las partículas se establece que las menores a 1mm de largo, aunque sean las más numerosas, representan menos del 4% del peso del oro recuperado, pero esta proporción aumenta hacia aguas abajo.

Las partículas de oro recolectadas son generalmente láminas de formas alargadas u ovaladas con contornos regularizados por el desgaste consecutivo al transporte y caras aplanadas y son cada vez más aplastadas desde aguas arriba (río Chichimbaya) hasta aguas abajo; las partículas recolectadas en los aluviales de la zona de Mapiri presentan un valor alto del índice de aplastamiento.

La composición del oro muestreado en las terrazas de la zona de San Anselmo-Yaicura (fig. 3) fue determinada por microsonda; se compara la composición de partículas procedentes de mineralizaciones primarias de la faja Yani-Aucapata con la composición de partículas de las terrazas del río Mapiri-Consata (Hérail et al., 1990). Se evidencia que las partículas obtenidas de muestras de aluviones de las terrazas presentan una gran heterogeneidad de composición, mientras que las que proceden de vetas son mucho más homogéneas. En el centro de las partículas de los placeres la proporción de oro y de los otros elementos puede ser muy parecida a la de las chispas de las vetas, mientras que en el borde de las partículas aumenta la proporción de oro que en unos casos puede acercarse al 100%. El oro proveniente de las terrazas es más puro que el de las vetas. Esto se debe a una pérdida de plata en el transcurso de la evolución supergena. La pérdida de plata se hace a partir de los bordes de la partícula, lo que explica la formación de una auréola muy pura alrededor de las chispas procedente de los aluviones de las terrazas lo que no existe en las chispas de oro de las mineralizaciones primarias.

CONCLUSIONES

El oro presente en los aluviones de las terrazas del río Consata-Mapiri procede de la erosión de mantos y vetas de cuarzo mineralizado emplazados en el Ordovícico. La mayoría de estas estructuras mineralizadas están ubicadas en el Ordovícico Superior de la faja Yani-Aucapata, pero se puso en evidencia la existencia de vetas de cuarzo aurífero en los terrenos del Ordovícico medio aflorando en la parte baja de la Cordillera y en la cuenca de Mapiri.

El potencial minero de la zona está constituido por las terrazas aluviales y los aluviones del río Consata-Mapiri, mientras que la Formación Cangallí parece muy pobre así como la Formación Chimate. La estructura sedimentaria de las terrazas controla la distribución del oro. Aguas arriba las terrazas son muy potentes y la mineralización está contenida en veneros concentrados en el piso, pero si el venero basal es el más rico existen varios otros veneros colgados que pueden ser de interés. Aguas abajo (región de Mapiri) los tenores son más bajos pero la estructura del yacimiento es diferente, siendo el encape estéril y menos potente. No existe en cada una de las terrazas solamente un canal mineralizado. El oro está presente bajo la forma de láminas aplanadas y desgastadas, cuya fineza es superior a la del oro de las mineralizaciones primarias.

REFERENCIAS

- AHLFELD F., SCHNEIDER-SCHERBINA A. 1964. Los Yacimientos minerales e hidrocarburos de Bolivia. Bol Esp. Dep. Nal. de Geol. Bolivia . 5388 p.
- FORNARI M., HERAIL G., VISCARRA G., LAUBACHER G., ARGOLLO J. 1987. Sédimentation et structure du bassin de Tipuani-Mapiri: un témoin de l'évolution du front amazonien des Andes du Nord de la Bolivie .C.R. Acad. Sci. Paris, t. 305, série II, 1303-1308.
- FORNARI M., HERAIL G. 1991. Lower Paleozoic gold occurrences in the Eastern Cordillera of Southern Peru and Northern Bolivia: a genetic model. Brazil Gold'91, A.E. Ladeira ed. 135-142.
- FREYDANCK H.G., 1963. Preliminary report of the exploration of de lower Yuyo and Aten rivers. Informe DENAGEO Ined. 52p.
- HERAIL G., MIRANDA V., FORNARI M. 1988a. Los placeres de oro de la región de Mapiri y sus fuentes primarias. ORSTOM en Bolivia, Rapport n° 16, 30 p.
- HERAIL G., FORNARI M., MIRANDA V., VISCARRA G. 1988b. Découverte de nouvelles minéralisations primaires d'or dans la Cordillère Royale de Bolivie à partir de l'analyse morphoscopique de paillettes d'or prélevées en alluvion. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 307, série II, 63-69.
- HERAIL G., FORNARI G., VISCARRA G., MIRANDA V. 1990. Morphological and chemical evolution of gold grains during the formation of a polygenic fluvial placer: the Mio-Pleistocene Tipuani placer example (Andes, Bolivia). Chron. Rech. Min., 500, 41-49.

- MIRANDA V. 1988. Geodinámica y sedimentación del oro en una cuenca intramontana Andina; La cuenca Cangallí en la región de Mapiri. Tesis U.M.S.A. 98 p + anexos.
- TISL M. 1985. Die Goldlagerstätten der nördlichen Cordillera Real (Bolivien) und ihr geologischer Rahmen. Berliner Geow. Abh., A. 102 p.
- VISCARRA G. 1987. Geodinámica y distribución del oro en una cuenca intramontana Andina, parte central de la cuenca Cangallí: región de Tipuani- Mariapo. Tesis U.M.S.A. 68 p.+ anexos.