

ORSTOM en BOLIVIE

MISSION DE LA PAZ

Convenio ORSTOM-UMSA

LPZ B064PETRO FORVI
743

86

ORSTOM - BOLIVIE
DOCUMENTATION



INFORME PRELIMINAR SOBRE LOS YACIMIENTOS
DE ORO DE LA CUENCA DE TIPUANI

ORSTOM : Michel FORNARI, Gérard HERAIL,
Gérard LAUBACHER.

UMSA : Jaime ARGOLLO, Vitaliano MIRANDA,
Giovani VISCARRA.

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

ORSTOM

Fonds Documentaire IRD



010025526

Fonds Documentaire IRD
Cote : B * 25526 Ex : 1

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

OUTRE - MER

MISSION ORSTOM

CAJON POSTAL 8714

LA PAZ - BOLIVIA

TEL. 357723

La Paz. le Mayo de 1986.

El programa de investigación que se está desarrollando forma parte de un convenio entre ORSTOM y UMSA y de un acuerdo con FERRECO. Este estudio de los yacimientos de oro aluvial de Bolivia y sus fuentes primarias está centrado sobre el norte del país y planificado sobre varios años. El propósito de este trabajo es:

- de proporcionar mejor conocimiento geológico y litológico de estos yacimientos con fines de facilitar prospección y explotación.

- aislar las principales áreas fuentes del oro y los yacimientos primarios mediante análisis geoquímicos, mineralógicos y geológicos adecuados.

- proporcionar datos sobre la morfometría, la morfoscopia y la composición de las chispas de oro necesarios a una mejor comprensión del yacimiento y también útiles para el tratamiento de los aluviones en los lavaderos. El problema de tratamiento de los aluviones así como el de colaboraciones técnicas más directas está preparándose entre ORSTOM, FERRECO y los servicios comerciales de la Embajada de Francia y está a punto de concluirse favorablemente.

El programa de investigación que se está realizando se lleva a cabo con fondos y medios propios pero beneficia, desde el principio, del claro y continuo apoyo de FERRECO y de las Cooperativas, apoyo renovado por los sucesivos directores. Por su lado, ORSTOM se comprometió a dar, una vez concluida la investigación (fines de 1987, principios de 1988), toda información recogida. El informe que hoy se presenta es sólo un resumen de resultados preliminares y parciales obtenidos después de 10 meses de investigación y el tratamiento superficial de sólo una parte de las muestras. Este tipo de informe, que no tiene nada de definitivo, no tendrá, conformemente a los acuerdos concluidos, ninguna periodicidad hasta la entrega del informe final.

Fonds Documentaire IRD
Cote: B* 25526 Ex: 1

1. RASGOS GEOLOGICOS GENERALES DEL NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL

La zona estudiada está comprendida en el norte de la Cordillera Oriental, siendo la falda nororiental de este macizo el objeto principal de esta investigación (fig. 1). En toda esta región, entre la cumbre y los relieves del subandino afloran terrenos (areniscas, cuarcitas y esquistos) del Siluro-devoniano y del Ordovícico (Martínez, 1972, 1980; Tistl, 1985). Macizos de granitoides ocupan superficies importantes en la zona de cresta (Illampu, Huayna-Potosí, Alto Camata...) mientras que han sido localizados sils y dikes de rocas magmáticas de extensión muy reducida que están dispersados en toda el área de estudio.

Facies de metamorfismo, que afloran sobre superficies extensas, habían sido descritas alrededor del macizo de Yani-Zongo (Bard y al, 1974; Arduz, 1976; Arduz y al, 1979; Martínez, 1980; Tistl, 1985) pero existen también afloramientos extensos atestiguando un metamorfismo importante en el valle del río Consata y en el valle del río Pelechuco.

Las mineralizaciones primarias de oro están, en esta región, generalmente asociadas a filones y mantos de cuarzo emplazados en el Ordovícico (vetas de la región de Yani por ejemplo) pero también en el Siluro-devoniano. De una región a otra existen notables diferencias de paragénesis minerales. Este problema está en curso de estudio.

2. LA CUENCA DE APOLO-TIPUANI (fig. 2).

2.1. Características generales

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 de otro lado. El substrato está conformado por esquistos, areniscas y cuarcitas del Ordovícico (Ahlfeld, 1946; Ruiz, 1972; Martínez, 1978; Y.P.F.B.-Geobol, 1978). La cuenca está parcialmente rellena por depósitos aluviales (Formación Cangallí y depósitos de terrazas) y rodeada por retazos de superficies de erosión (fig. 2). El tope del relleno sedimentario está situado en los alrededores de 1000 a 1100 metros de altitud en la parte central de la cuenca mientras que aguas arriba de 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 más bajo del tope del relleno y este profundo encajonamiento ha provocado una fuerte disección del relleno sedimentario que hoy aparece en cantiles rojizos.

Las formaciones aluviales están particularmente bien representadas entre el río Mapiri al NW y el valle del Challana al SE. En esta zona, los aluviales 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. Más allá del Challana, la Formación Cangallí sólo aflora en un corredor estrecho

(unos 5 km) hasta los alrededores de Caranavi. Al noroeste, a orilla izquierda del río Mapiri, las mismas formaciones aluviales se extienden en la zona de Yuyo hasta los alrededores de Aten (Fig. 2). 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, es obvio que su potencia es muy variable y en el caso de encontrarse en el centro de un paleovalle puede llegar a más de 300 metros; nunca parece superar a 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, 1964; 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. Se le atribuye una edad Pleistocena (Freydanck, 1964; Ruiz, 1972; Barmin, 1977) basadas sobre datación ^C14 (Freydanck, 1964) que no es nada segura y que no es fidedigna. Sin ningún argumento cronológico otros autores (Matthews, 1983) atribuyen al Cangallí una edad Terciario Superior - Pleistoceno.

2.2. La Cuenca Cangallí en la zona de Tipuani (fig. 3).

2.2.1. 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, 1964; 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 Paleomariapo. A escala más local, estos caracteres varían también según el punto del paleovalle donde se depositaron los aluviones.

Los paleovalles procediendo de la Cordillera, como el Paleotipuani, están, en su curso montañoso y hasta su desemboque en la cuenca, colmatados por sedimentos fluviotorrenciales de cañón. Estos materiales 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 clastos; generalmente, el tamaño de los clastos es más grande en el fondo del cañón y disminuye hacia el techo. La estructura del sedimento

se caracteriza 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 relleno: en la base se observan cantos y bloques de granitos y metamorfitas procediendo de 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. Hacia aguas abajo, el tamaño de los clastos y la organización sedimentaria cambian: se pasa de conglomerados fluvio-torrenciales a conglomerados nítidamente fluviales con canales amplios, poco profundos, cantos redondeados bien imbricados y figuras de acreción lateral nítidas. 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 del pueblo de Tipuani y de Cangallí, se depositaron conglomerados típicamente fluviales en un río trenzado cuyo valle, ya, 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 eso, abrigadas de los aportes detríticos podían existir ambientes de sedimentación palustre o inclusive lacustre como, por ejemplo, en Carhuarani o en Uanani en el valle alto del Tipuani. Estos materiales se apoyan a las vertientes del paleovalle interestratificándose con depósitos coluviales mientras que hacia el centro del valle se interestratifican sea con los sedimentos fluvio-torrenciales sea con los sedimentos fluviales.

En los paleovalles procedentes solamente de las vertientes que rodean la cuenca, como el Paleomariapo existen también conglomerados fluviales pero no aparecen típicos conglomerados fluvio-torrenciales de cañón sino que, en las cabeceras de tales valles existen conglomerados con bloques angulosos contenidos en un material poco seleccionado. 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. 3 - por ejemplo) pueden aparecer facies sedimentarias características de otros ambientes. Entre Vilaque y Bellavista, afloran sedimentos arcillo-limosos con trazas de pedogénesis; estos materiales se depositaron en llanuras de inundación donde se desparramaban las aguas de desbordamiento de los ríos principales, después de las crecidas los lodos así depositados eran transformados por la alteración y se podían formar suelos. Lateralmente, hacia el centro de los valles, estos sedimentos se interestratifican con los conglomerados fluviales. En estas llanuras, donde la erosión y el removimiento del material es muy escaso se conservaron tobas que son los testimonios de una actividad volcánica en los Andes contemporánea de la sedimentación Cangallí.

Existían también zonas de sedimentación debida a riachuelos y desparrrames locales. Así entre los relieves de la región de Cotapampa y la zona del río Tabacuni y del río Charoplaya, entonces ocupada por el Paleomariapo (fig. 3), se depositaron gravas y arenas de origen local en una llanura recorrida por riachuelos procediendo del sur.

El relleno de la cuenca Cangallí se termina por la elaboración de un nivel aluvial que pasa lateralmente a niveles de erosión recortando los relieves circundantes. Este nivel queda bien conservado en los principales interfluvios,

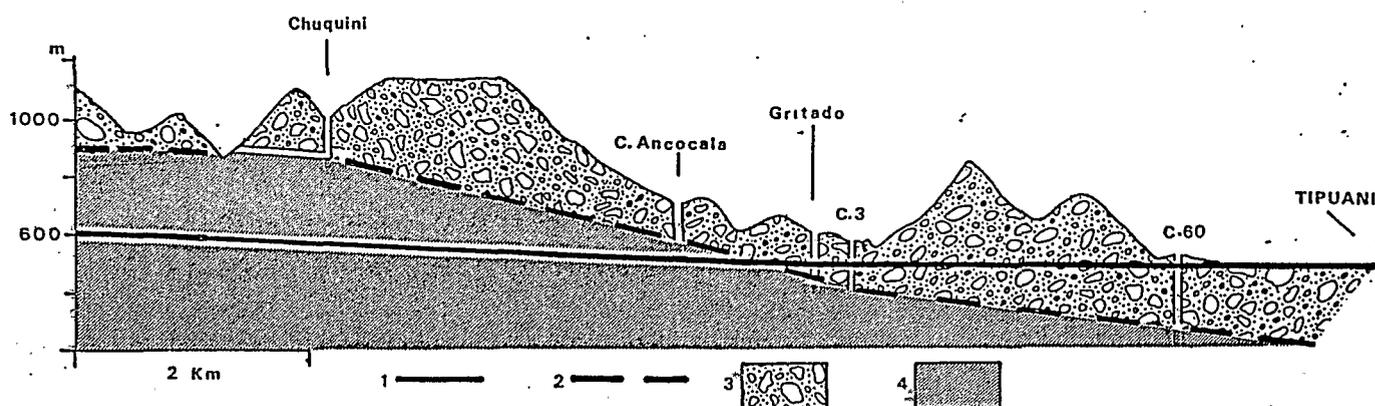


Fig. 4. Perfil longitudinal del río Tipuani ("cauce actual") y del Paleotipuani ("cauce antiguo").

1: Perfil del cauce moderno, 2: Perfil del cauce antiguo, 3: Formación Cangallí, 4: Substrato ordovícico.

La Formación Cangallí está deformada. Aparecen pliegues amplios pero sobre todo basculamientos con buzamientos generalmente inferiores a 30° ; estas estructuras están orientadas aproximativamente $N 120^\circ$. En varios lugares (Babilonia, Tantacato, Cangallí...) se observan corredores con microfracturación importante de los cantos debido a una compresión orientada SW-NE. En los afloramientos situados justo aguas abajo de las instalaciones de la Cooperativa Unidas de Cangallí, se observan huellas de microfracturación cuya computación indica una compresión sub-horizontal orientada $N 052^\circ$ (fig. 5). Así todos los datos tectónicos tanto los de escala regional como los datos microtectónicos indican que la Formación Cangallí ha sido deformada en compresión; el esfuerzo estaba orientado aproximativamente SW-NE. Este tipo de deformación no es perceptible en las terrazas. Sin embargo, en el Tajo Paititi (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 $N 125$ y $N 135$ para la mayoría de ellas (fig. 6) lo que sugiere, en este lugar, una extensión orientada NE-SW.

La distribución del oro y sobre todo la ubicación de eventuales zonas nuevas de prospección está controlada directamente por la repartición de las facies aluviales. En el Cangallí se pueden descartar, como siendo sin interés económico, todas las facies palustres y lacustres así como los medios de llanuras de inundación porque estos sedimentos son estériles o con leyes bajísimas. En las facies fluviátiles las leyes son erráticas y poco altas pero las terrazas aluviales que derivan de las removilizaciones de estos materiales pueden ser auríferas, el oro siendo reconcentrado relativamente; los volúmenes son generalmente limitados. Sólo los paleoríos y ríos derivando de la erosión de zonas mineralizadas primarias proporcionan leyes notables.

la región de Paniagua en el valle del Tipuani, la región de Amburgo entre el Dinamarca y el Chimate. A partir de este nivel se desarrollaron dos procesos:

- 1) La alteración meteórica del material infrayacente,
- 2) 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 de menos en menos alterados desde la superficie hacia la profundidad, lo que provocó la superposición de una capa de material alterado de color rojo sobre una capa de material no alterado donde los esquistos, que son dominantes, conservan su color gris azulado. Este fenómeno explica la superposición de un denominado "Cangallí rojo" sobre el "Cangallí azul".

Es a partir del nivel topográfico elaborado al final de la deposición de la Formación Cangallí que se organizó el encajonamiento de la red cuaternaria y la disección de la cuenca por los ríos principales procedentes de la Cordillera (Challana, Tipuani, Mapiro...) y por sus afluentes de origen más local. Al curso de este evento, se formaron terrazas aluviales así como abanicos aluviales; el material constituyente procede a la vez de la removilización del Cangallí y de aportes nuevos desde la sierra. En el valle del Tipuani, las terrazas están constituidas por conglomerados caracterizados por la abundancia de cantos y bloques de granito ("mollete") y micaesquistos denotando la importancia de los aportes procedentes de la Cordillera Real. Más al noroeste, entre el Mariapo y el Chimate se elaboraron abanicos cuyo material es menos seleccionado y de origen local, derivando exclusivamente del Ordovícico. Las terrazas de los ríos locales están constituidos sólo por material procediendo de la removilización del Cangallí. Son estos fenómenos de removilización que explican un aumento de las leyes de oro en las terrazas ("plataformas") comparativamente al substrato.

Es de notar (fig. 3) que si, a grosso modo, los principales ríos actuales (los que vienen de la Cordillera) siguen el mismo valle que los ríos de la fase Cangallí, hay muchas diferencias en el detalle. Así, en el caso del Tipuani, el río actual y el Paleotipuani proceden de la misma cuenca-vertiente y siguen, al menos hasta agua abajo de Unutuluni el mismo valle pero el río actual se encajonó al lado del curso antiguo (fig. 3); más aguas abajo, las diferencias entre los dos cursos son todavía más importantes. Estas diferencias de trazado de redes de edad diferente pueden ser mucho más grandes en el caso de ríos secundarios como por ejemplo en el caso del 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 actual fluye en dirección S-N. Estas diferencias de trazado de las redes de edad diferente se acompañan de diferencias notables en la pendiente de los perfiles longitudinales (fig. 4). Al nivel de Unutuluni, el cauce actual 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). Estas diferencias de pendiente atestiguan claramente existencia de movimientos tectónicos regionales.

Fig. 5. Reconstrucción del tensor del esfuerzo tectónico en la Formación Cangallí en la región de la Cooperativa Unidas de Cangallí. Computación de 24 medidas microtectónicas. Proyección en canevas de Schmidt, hemisferio inferior. La estrella: σ_1 (dirección del esfuerzo máximo), el triángulo: σ_3 (dirección del esfuerzo mínimo), el círculo: σ_2 . La flecha exterior indica la dirección de la compresión.

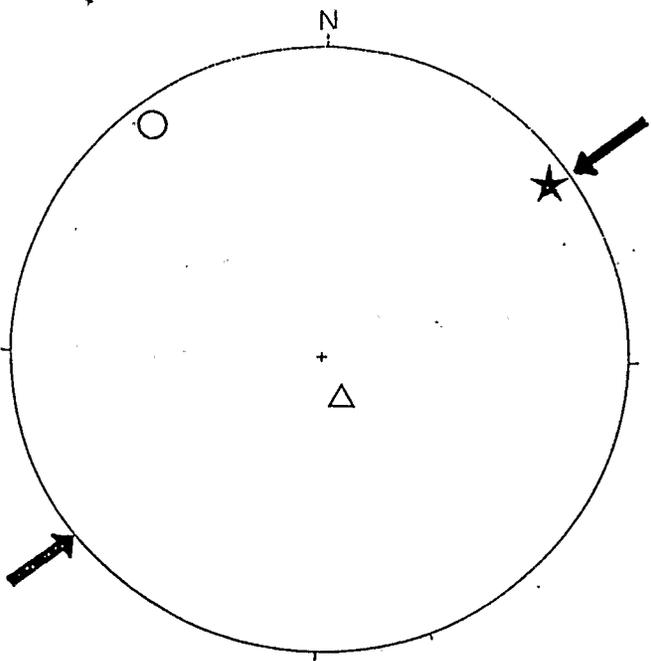
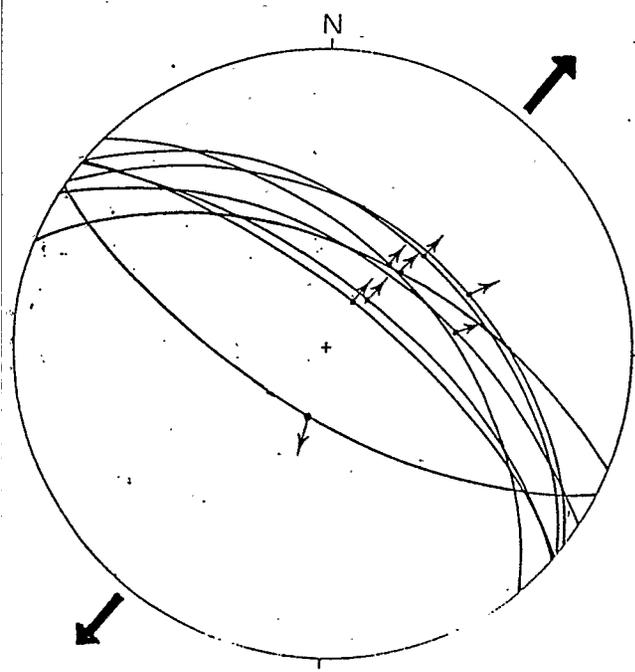


Fig. 6. Representación de las fallas observadas en los aluviones del tajo Paititi (terrazza de Panagua, Cooperativa de Chuquini). Traza ciclográfica de los planes de fractura; las estrias y el carácter extensivo de cada fractura están representados por los puntos y las pequeñas flechas. Las flechas exteriores indican el sentido general de la extensión. Proyección en canevas de Schmidt, hemisferio inferior.



3. EL CONTENIDO MINERALOGICO DE LOS ALUVIALES DE LA CUENCA CANGALLI

En este estudio se consideran dos aspectos:

- el contenido mineralógico general de los aluviones con el propósito de caracterizar las diferentes zonas fuente, así como de individualizar especies minerales de interés económico otras que el oro (casiterita, portadores de tierras raras como monazita...).
- el contenido en oro y las características físicas y químicas del oro.

Estas investigaciones están realizándose a partir del análisis de muestras sacadas en el campo (192 muestras en 1985, 69 en la primera campaña de 1986).

3.1. El contenido mineralógico de los aluviones.

Muestras de un centenar de kilos son tratadas para análisis sedimentológico (tamizado, examen de los cantos...) y el residuo arenoso bateado con el motivo de recoger los minerales pesados ("arenilla") y el oro. Este concentrado se procesa en laboratorio separando los minerales según su densidad por licores densos (bromoforno) y sus propiedades magnéticas (electro-imán Frantz); por fin las chispas de oro están aisladas manualmente bajo binocular.

Las muestras actualmente analizadas corresponden a una parte de las que se sacaron a lo largo del río Tipuani desde las cabeceras (sector de Yani y Ancoma) hasta su confluencia con el Mapiiri y a una parte de las muestras sacadas entre el Tipuani y el río Chimate.

Como primer resultado se puede indicar que las pizarras del Paleozoico inferior de la zona alta son caracterizadas por zircón y epidota y, en menor, cantidad turmalina rodada, monazita y anatasa así como minerales magnéticos opacos. Los intrusivos leucograníticos (aflorando por ejemplo en el río Coco, en el sector de Llocllata) proporcionan granate y turmalina no desgastada además de minerales que se ubican en la aureola de metamorfismo de alto grado (andalusita, sillimanita, un poco de estauroлита). En estas mismas regiones se nota la presencia de casiterita así como de sheelita pero este último mineral es muy frágil, no permanece mucho en los aluviones.

Debido a su intenso grado de metamorfismo el paleozoico inferior de la región de Okara - Lambrani es un importante portador de andalusita pero también, en proporciones menores, sillimanita y escasa estauroлита.

El conglomerado Cangallí conservado en todo el área de Uanani, Babilonia, Paniagua, Paititi y Chuquini se caracteriza fuertemente por la abundancia de la andalusita (con eventualmente casiterita) mientras que las terrazas de esta misma región, descansando sobre el Cangallí, presentan andalusita, turmalina no desgastada y granate. Este hecho significa que los aluviones de las

terrazas corresponden a aportes nuevos con una contribución marcada de la zona alta y no sólo una removilización del Cangalli; la gran proporción de cantos de granito en los aluviones tiene la misma significación.

Localmente el análisis de los minerales pesados muestra la existencia de influencias más complejas tal como se puede notar en la rampa de Chuquini. En el material Cangalli ahí explotado hay granate y turmalina no rodada lo que indica aportes desde la zona de las cabeceras pero también epidota, zircón, anatasa y monazita así como mucha pirita no alterada lo que traduce contribuciones del Paleozoico inferior no metamorfozadas (paleorelieves locales muy cercanos).

La asociación andalusita-turmalina no rodada-granate-casiterita, como minerales principales, es característica de los aportes del río Tipuani, tanto del cauce actual como de los cauces antiguos. En esta asociación la andalusita es el mineral principal (hasta 80% en ciertas muestras del cauce actual sacados en la zona de San Juanito de Montecarlo). Este tipo de asociación mineralógica está representada hacia el norte hasta la zona de Cotapampa y Chahuani y en una parte del río Tabacuni.

En cambio, en todo el área comprendida entre Bellavista, Villaque, río Dinamarca y Mariapo tanto en el Cangalli como en los aluviones de las terrazas las asociaciones de minerales pesados indican una predominancia de aportes locales procedentes del Paleozoico inferior. Los minerales son escasos y la proporción de los opacos es importante, la mayoría de ellos proceden de la alteración de los sulfuros (pirita) presentes en el Ordovícico. Entre los transparentes el zircón es el más abundante, localmente (Tamiplaya) aparecen proporciones importantes de rutilo. Este tipo de asociación predomina también entre Amburgo y Chimate pero se denotan aquí influencias de aportes más lejanos (presencia de turmalina no desgastada y de leves porcentajes de andalusita).

Actualmente este trabajo se está prosiguiendo por análisis más detallados de ciertas especies y por la extensión de la investigación a otras zonas tanto en la parte cordillerana (alto Consata, río Pelechuco, Zongo...) como en la Cuenca de Tipuani-Mapiri-Apolo.

3.2. El oro: principales características físicas y químicas.

Este análisis, realizado en laboratorio a partir de las muestras sacadas en el campo tiene por fin de proporcionar :

- 1) Datos sobre el comportamiento hidráulico de las chispas y su variabilidad según los yacimientos,
- 2) Datos sobre la morfología y la composición química destinados a precisar el itinerario y el origen del oro contenido en los aluviones.

A	B	C	D	E
Yani	449	10.26		
Chusi	5	2.20		
Llipi	7	32.14	11.67	36.3%
Llipi	11	55.29	54.54	98.8
Paititi	10	1.15		
Paititi	6	65.18	55.32	84.8
Babilonia	2	345.50	343.49	99.4
Unutuluni	6	68.4	46.02	67.2
Cangallí	9	12.10	11.24	92.8
San Juanito	21	232.86	75.49	32.4
Cota Pampa	7	5.32		
Cota Pampa	3	2.51		
Bella Vista	6	0.10		
Merma	37	19.53	3.84	19.6
Merma	6	11.38	5.35	47.0

Tabla 1. Ejemplos de relación peso de chispas/peso total de oro en algunas muestras de la región del río Tipuani.

A: Procedencia de las muestras, B: Número de chispas en la muestra, C: Peso total de las chispas, D: Peso de la chispa más gruesa, E: Porcentaje del peso de oro de la muestra representado por la chispa más grande.

(Los pesos están expresados en miligramos).

Longitud
(mm.) +

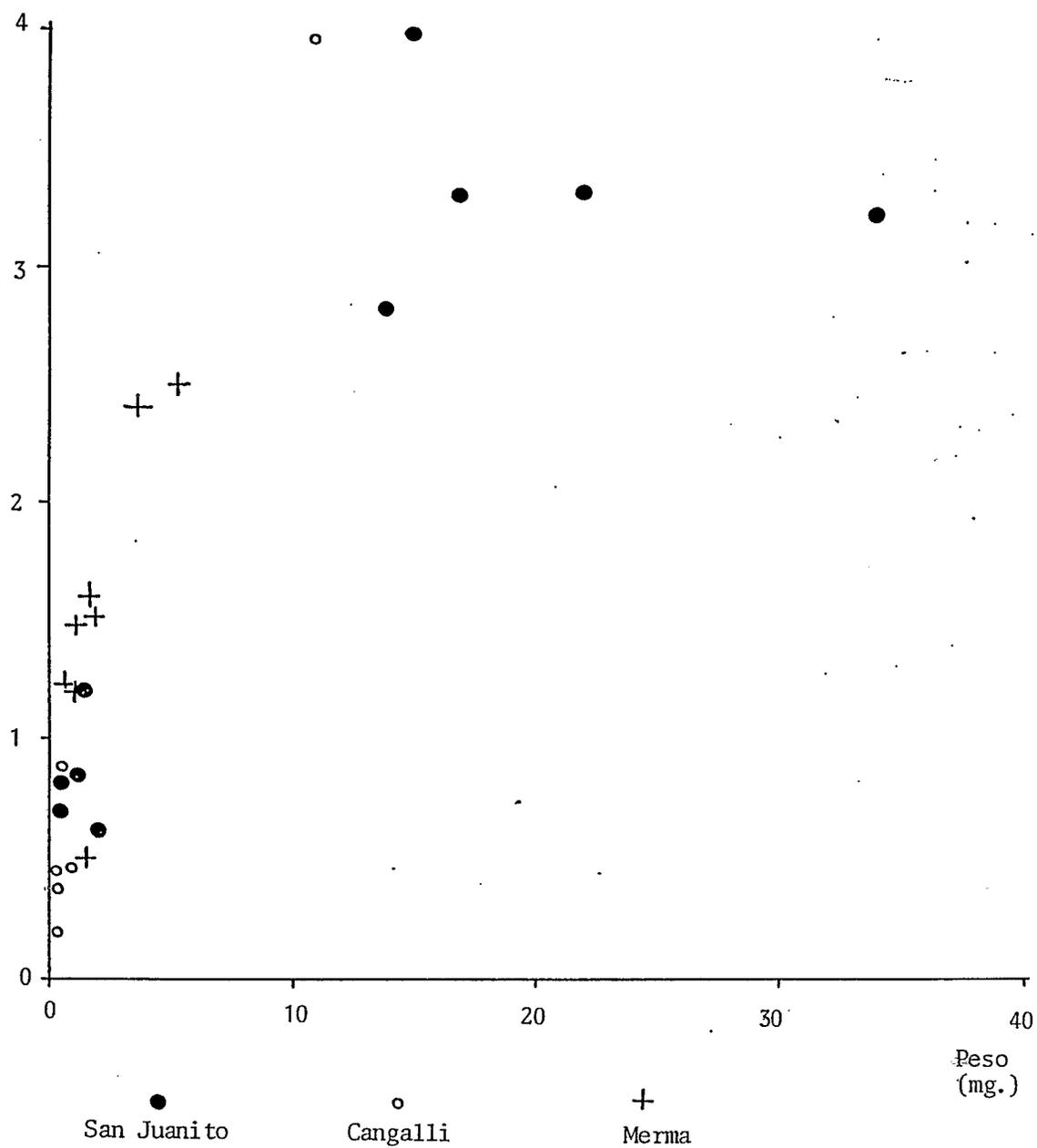


Fig. 7. Ejemplos de relación longitud/peso de algunas chispas del río Tipuani.

El tamaño de las chispas y su forma así como la granulometría de las diferentes poblaciones y las relaciones dimensión/peso varían de un yacimiento a otro (fig. 7). Para un número reducido de muestras tomadas en ejemplo (Tabla 1) se observa que los números de chispas y su peso medio son diferentes de un yacimiento a otro y sobre todo que el porcentaje del peso de oro contenido en la muestra representado por la chispa más grande (o unos pocos individuos) del lote es muy variable de un yacimiento a otro así como el porcentaje de oro-metal representado por las chispas pequeñas. Esta variabilidad no es aleatoria y es obvio que del punto de vista económico el interés en recuperar oro fino es muy variable de una parte a otra del yacimiento. Si las chispas pequeñas representan un porcentaje mínimo del oro en las facies torrenciales de cañón su contribución a la ley del yacimiento aumenta nítidamente en facies fluviales más distales. Esta investigación debe ser profundizada y sistematizada tomando en cuenta, además, la forma de las chispas.

Las observaciones morfoscópias se van realizando mediante microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido (fotos de las láminas 1 a 7); los análisis químicos se realizan con microsonda y detector EDAX (análisis láminas 1, 2, 3, 4, 6, 7). Los primeros resultados están resumidos en las láminas 1 a 7 y en los comentarios correspondientes.

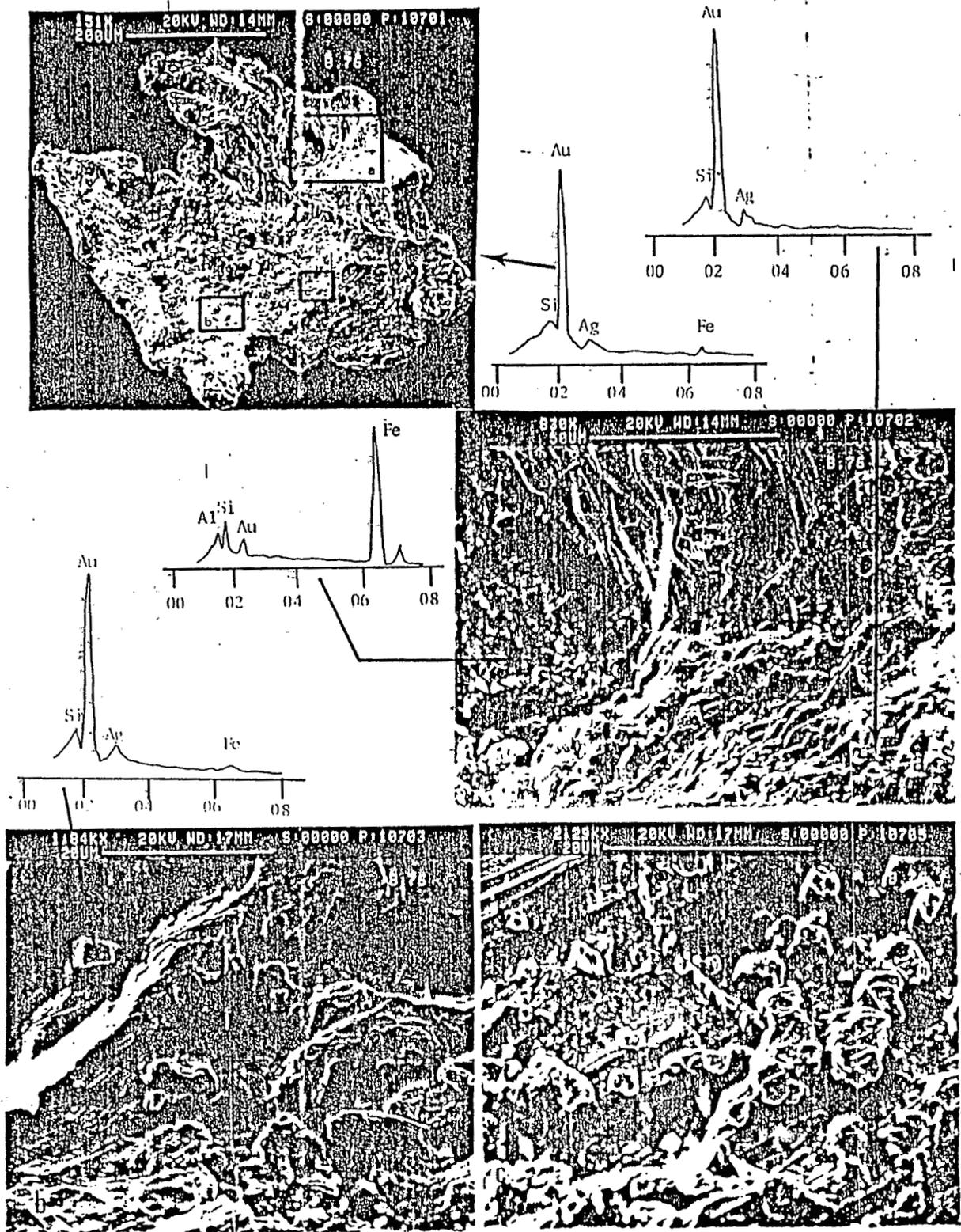
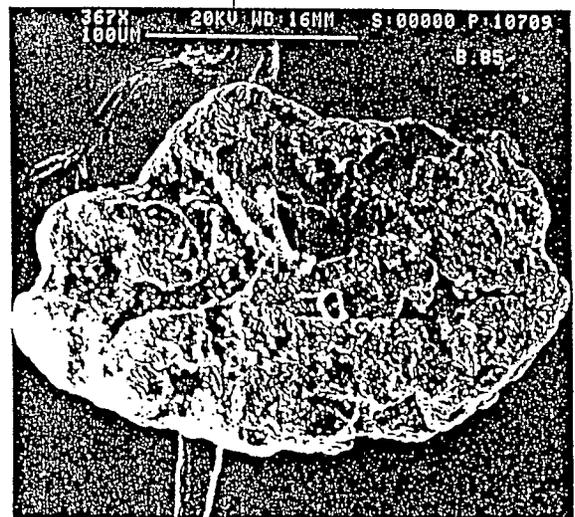
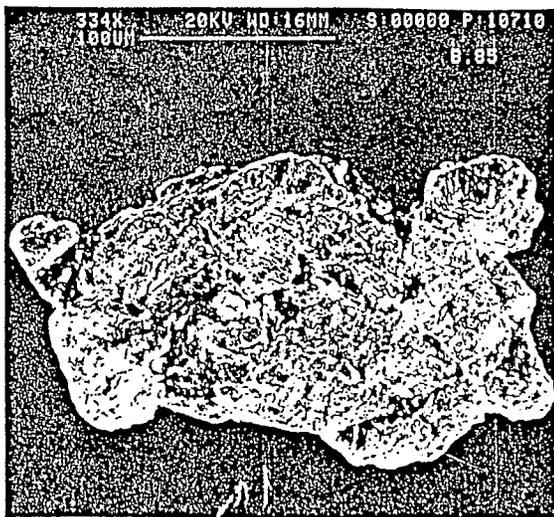
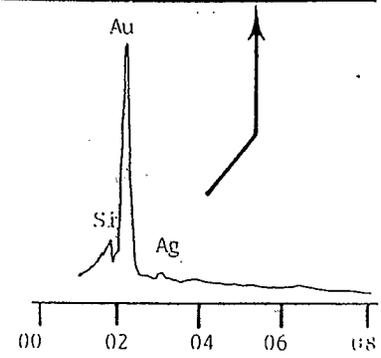
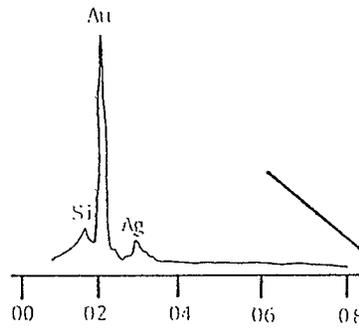
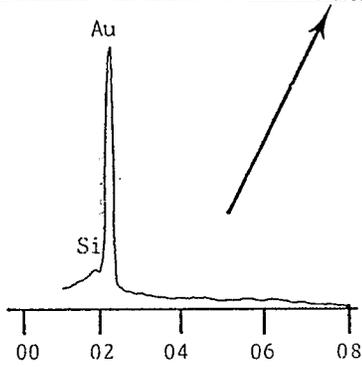
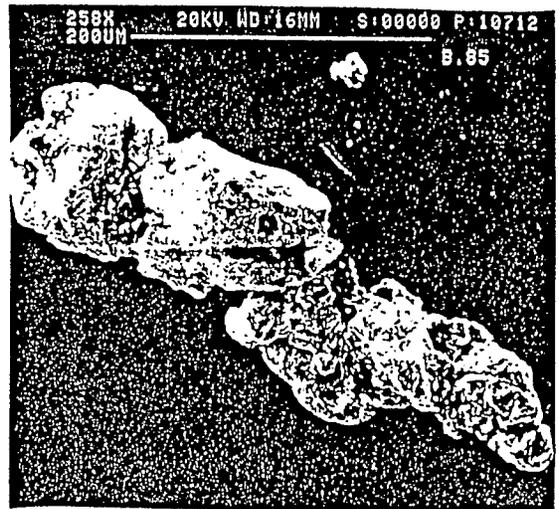
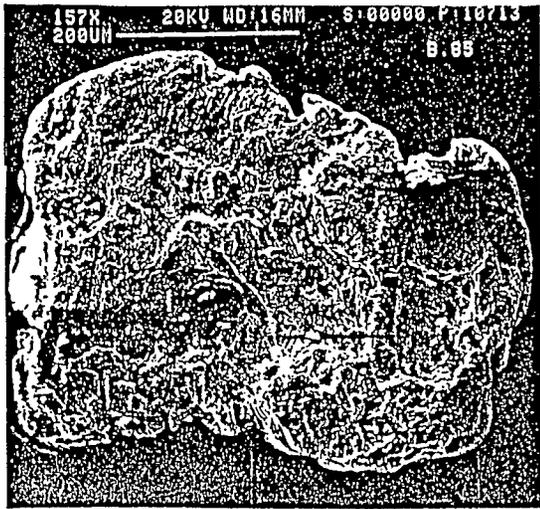


Lámina 1. Ejemplo de chispa de las cabeceras de los valles cordilleranos.
 Estas chispas proceden de las cercanías de la mina de Yani. Arriba vista general: esta chispa, larga de aproximativamente 400 micras está caracterizada por su contorno muy indentado y una topografía muy irregular. Los análisis químicos (arriba derecha) indican que el oro está aleado con plata; además se nota la presencia, entre otros, de Si, Fe, Al. Un análisis más detallado (centro) indica que estos elementos corresponden a silicatos e hidróxidos conservados en las depresiones. Al contrario, la plata está repartida en la chispa de manera homogénea. Se pueden observar (abajo) cristales automorfos muy pequeños (unas micras) a la superficie de la chispa.

Lámina 2. Ejemplo de chispas de aguas arriba del lecho de los ríos cordilleranos

Arriba a la izquierda chispa del río Coco en su confluencia con el Tipuani: todas las formas cristalinas han desaparecido y se observan huellas de desgaste en los bordes y marcas de deformación mecánica (estrias) pero la topografía queda muy irregular. En la superficie de la chispa sólo se detecta oro y trazas de impurezas (Si...) constituidas por inclusiones superficiales. En superficie no se observa plata mientras que si se hace análisis en una "capa" más profunda se detecta este metal. En esta chispa se nota un principio de aumento de fineza por pérdida natural de plata.

Las tres otras chispas de la lámina 2 proceden del lecho actual del río Yani, unos cincuenta metros aguas arriba de su confluencia con el río Tipuani. Estas chispas son, como la precedente poco evolucionadas. De talla reducida (unas 200 a 300 micras) son poco aplastadas y su topografía es muy accidentada. En las depresiones se observan acumulaciones de silicatos (arcillas) e hidróxidos; en los tres casos se observan granos de cuarzo clavados en el metal. En la chispa situada abajo a la izquierda aparecen nítidamente estrias profundas y anchas consecutivas a un transporte torrencial y probablemente a una estada en morrenas glaciares. Estas chispas contienen plata (Ag) en proporción parecida a las chispas de las zonas primarias de Yani (generalmente alrededor de 2%) y este elemento queda repartido de manera bastante homogénea en toda la chispa.



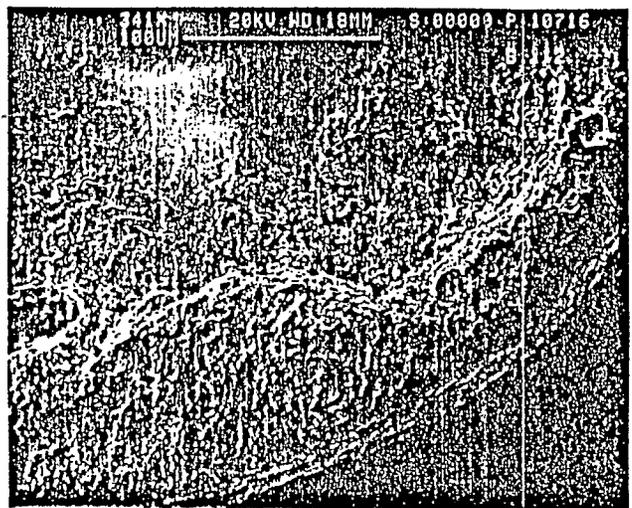
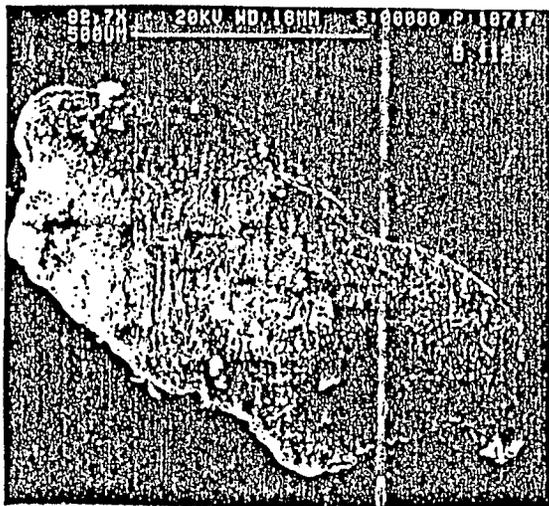
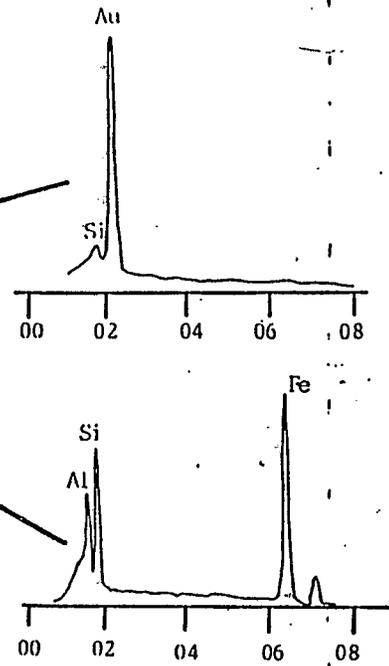
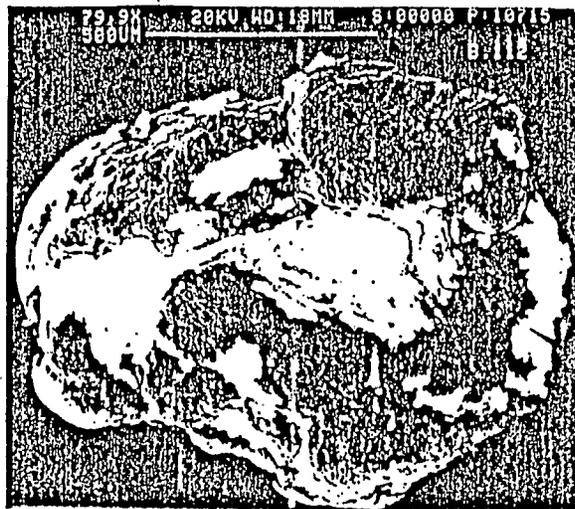


Lámina 3. Ejemplos de chispas de la Formación Cangallí.

Estas chispas proceden del Cangallí explotado por galería en la Cooperativa de Chukini. Son chispas bastante grandes (alrededor de 1 mm) fuertemente aplastadas y presentando redoblamientos marcados consecutivos a un transporte bastante largo pero sobretodo a frecuentes removilizaciones. Comparativamente a las chispas de las láminas 1 y 2 su superficie es bastante regularizada (foto de abajo a la derecha). La pérdida de plata (Ag) es nítida en superficie. Frecuentemente en las depresiones han sido entrampadas acumulaciones de arcillas y óxidos (Si, Al, Fe) que aparecen en blanco sobre la foto de arriba.

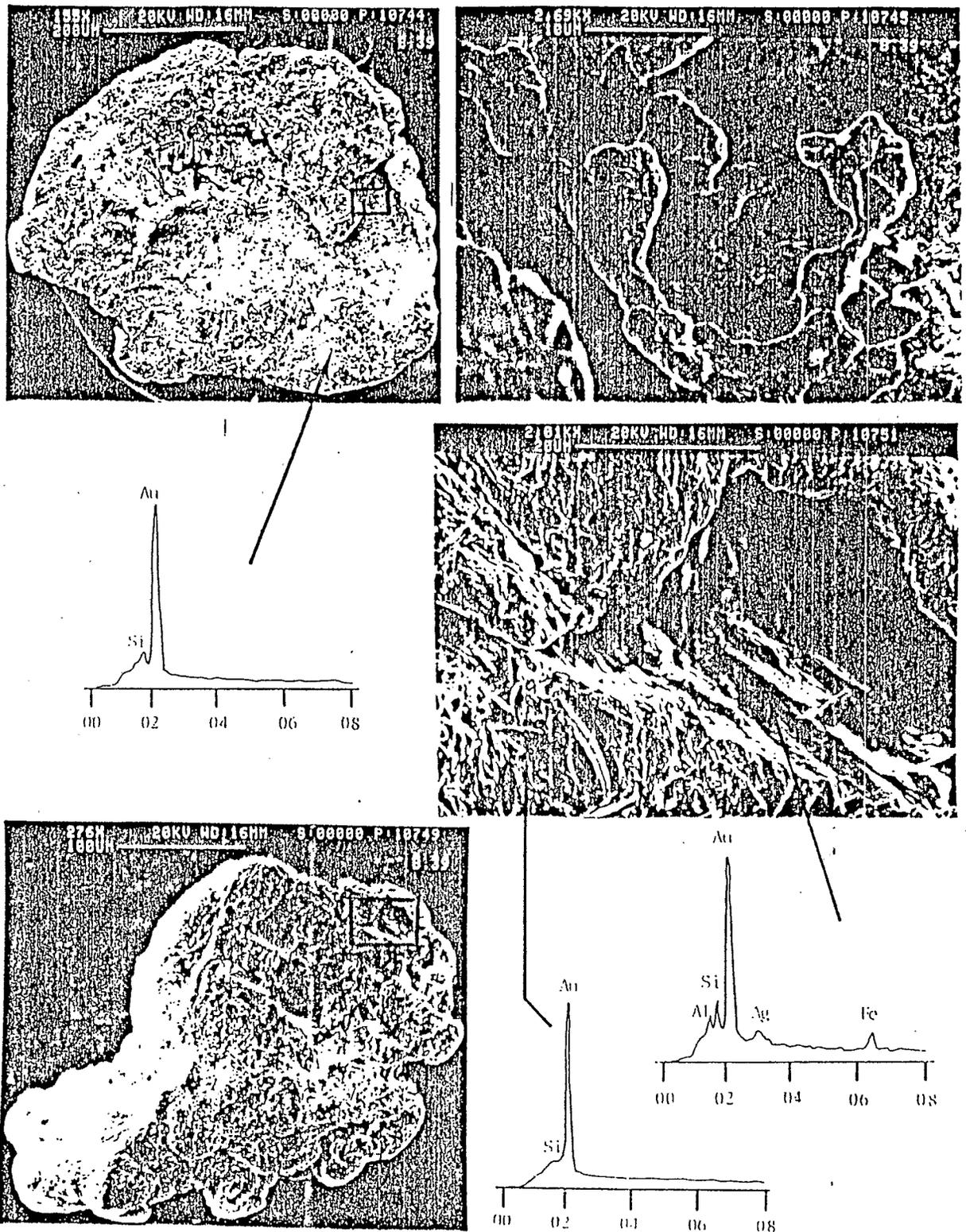


Lámina 7. Ejemplo de chispas de las terrazas de los ríos secundarios (Mariapo, Dinamarca, Charoplaya...).

Las chispas de esta lámina proceden del río Tabacuni (Tajo Vilaque. A la diferencia de las que están reproducidas en la lámina 6 estas chispas están bastante poco evolucionadas del punto de vista físico. La chispa B30 (abajo izquierda) es espesa, presenta escasas marcas de transporte y en detalle (centro derecha) se observa en depresiones figuras cristalinas primarias que no han sido borradas. El análisis químico indica una pérdida de plata localizada mientras que en las depresiones la composición de la chispa queda bastante parecida a la composición de las chispas de los yacimientos primarios. En las depresiones se observa también un revestimiento delgado de Si, Al, etc. Es muy probable que las chispas de este tipo han sido transportadas sobre una distancia corta y no han permanecido durante un tiempo largo expuestas a la alteración meteórica; esto a pesar de que existen indicios de oro primario dentro del Ordovícico de la zona baja.

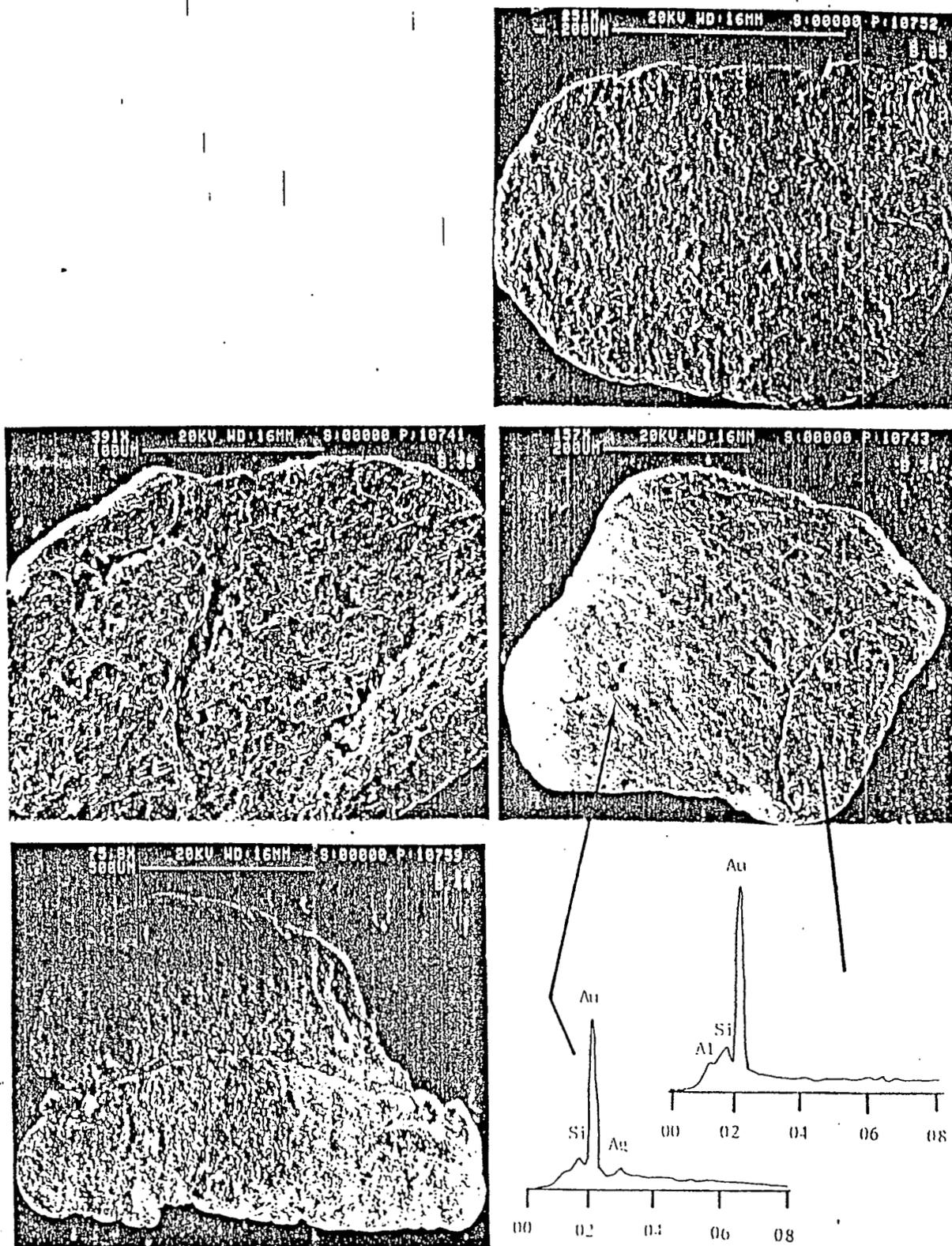


Lámina 6. Ejemplo de chispas de las terrazas de los ríos secundarios (Mariapo, Dinamarca, Charoplaya...).

Las chispas de esta lámina proceden del río Mariapo (B.05, B.34, B.35) y del arroyo de Cota Pampa (B.44). Todas estas chispas están caracterizadas por su evolución mecánica: fuerte aplastamiento, topografía regularizada, contorno regular, redoblamientos marcados... En superficie el oro de estas chispas es casi puro mientras que por debajo de esta fina capa superficial depurada el análisis indica la presencia de plata aleada al oro (chispa B34 y análisis correspondientes). Es muy probable que estas partículas de oro proceden del Cangallí removilizadas por la erosión de este sedimento.

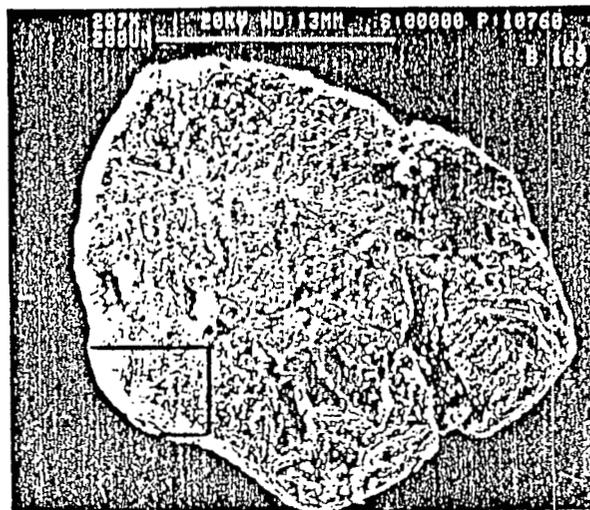
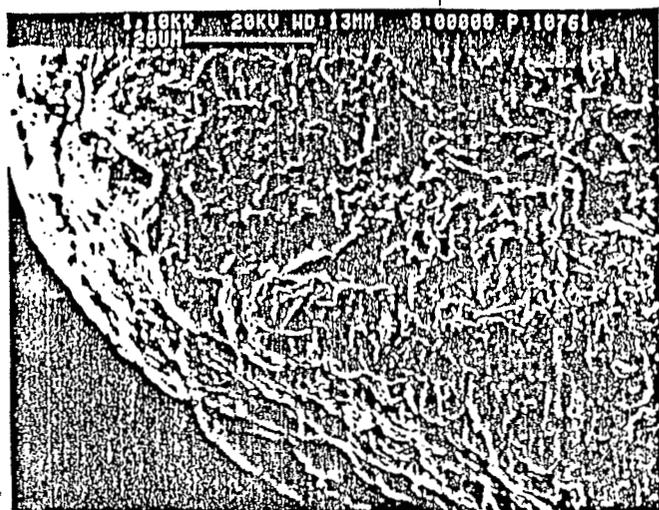
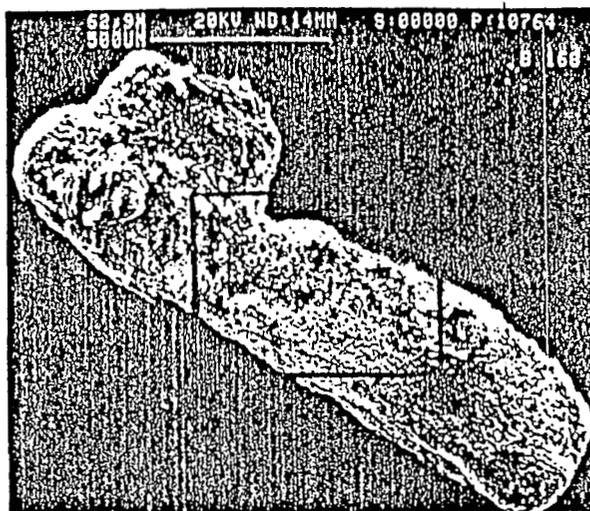
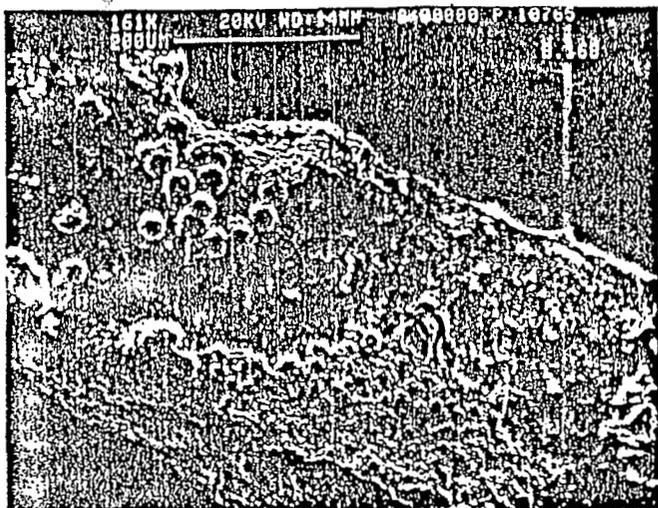


Lámina 5. Ejemplo de chispas de los tajos del valle del Tipuani.

Las chispas de esta lámina proceden de la terraza de Chaluani (Cooperativa Rosario Limitada). Las características son parecidas a las del Tajo Paititi (lámina 4). En la chispa de arriba se observa un importante revestimiento de hidróxidos; en detalle (foto de izquierda) se ven nódulos que corresponden a concreciones ferro-mangánicas. La chispa de abajo está caracterizada por estriás de transporte fluvio-torren-ciales pero (detalle de izquierda) quedan restos de figuras de cristalización primaria que no han sido enteramente borradas al curso del transporte.

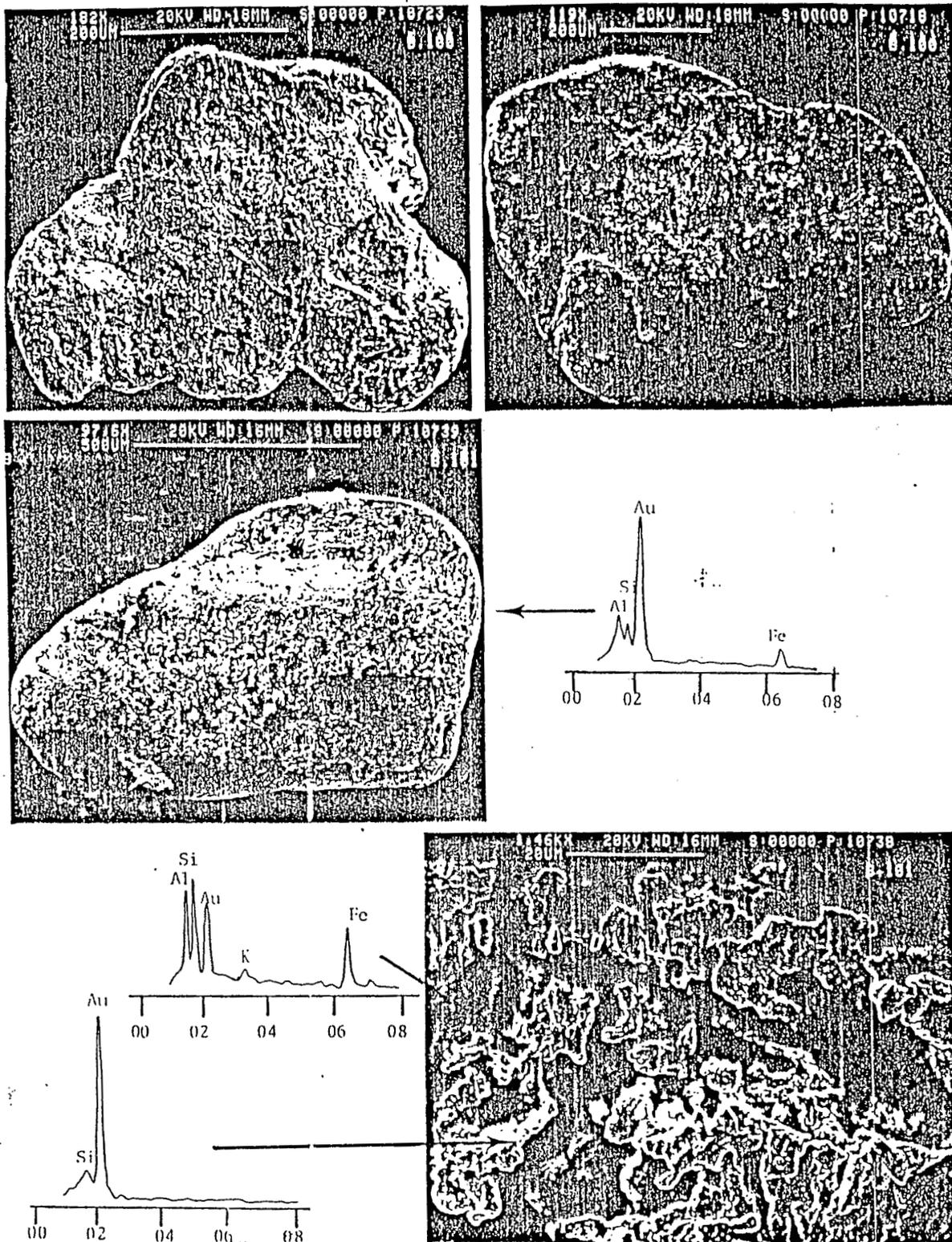


Lámina 4. Ejemplos de chispas de los tajos del valle del Tipuani.

Las chispas de esta lámina proceden del Tajo Paititi (terrace aluvial de Paniagua). Como las del Cangallí presentan marcas nítidas de un transporte largo en río (redondeamiento, bordes gastados, redoblamiento, aplastamiento marcado, estrias de transporte...). Muchas de ellas presentan revestimientos de óxidos de hierro que pueden ser generalizadas (arriba derecha) o solamente localizados en las depresiones (centro de la lámina). En detalle (abajo) se pueden observar que existen recristalizaciones de oro bastante puro (con poquísima plata) mientras que las depresiones están cubiertas por una película muy delgada de arcilla (silicatos de aluminio) y hierro.