

# · Exploración geoquímica multimedia para el oro en el área del «Aritzakun erreka», Baztan (Navarra, España)

*Multimedia geochemical exploration for gold in the «Aritzakun erreka» area Baztan (Navarra Spain)*

F. Velasco, I. Yusta, J. Rodríguez-Aller y A. Peña

Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco. Apartado 644, 48080 Bilbao

## ABSTRACT

*A geochemical exploration program was carried out to determine gold placers and primary mineralizations in the Aritzakun area (Maya de Baztán, Navarra, Spain). Three sampling media were used in this study: (1) rock fragments; (2) stream sediment; and (3) soil. Chemical analyses were statistically managed in order to obtain areal distribution of anomalies, as well as for determining interelement correlations. The main results obtained are the location of various soil (in the A1 horizon gold-bearing and panning anomalies, and the discovery of gold bearing rocks. The observed morphological features and composition of gold grains found suggest that gold has suffered a very short transport from the primary sources, which are constituted by gossans related to quartz vein mineralizations.*

**Key words:** Gold, multimedia exploration, Pyrenees, Spain.

*Geogaceta*, 20 (3) (1996), 688-691  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Durante los años 1990 al 1993 el Grupo de Mineralogía de la UPV/EHU inició un programa de reconocimientos geoquímicos en las proximidades de Maya de Baztán (Navarra), para comprobar la existencia de anomalías de oro. Según la tradición, en este área se encuentran mineralizaciones de oro que habrían sido objeto de explotación en tiempos romanos, conservándose algunos vestigios de antiguas labores mineras en la zona denominada «Minetako zokoa» (Pérez de Villarreal, 1981). Sin embargo, estos indicios no figuran como tales en los mapas previos, ni han sido inventariados. Esta investigación ha puesto de manifiesto, en base a la confección de mapas geológicos y geoquímicos y al uso de diversas técnicas de prospección geoquímica (de suelos, arroyos y litogeoquímica), la existencia de anomalías auríferas, descritas por primera vez en este sector de los Pirineos (Velasco, 1994). De este modo, se señala la existencia de indicios filonianos de cuarzo con piritita aurífera y se investiga la existencia de placeres auríferos en el curso alto del arroyo Aritzakun. Al mismo tiempo, se muestra un ejemplo del uso combinado de técnicas de prospección (multimedia), para producir datos geoquímicos de interés en la exploración minera.

## Situación geológica

El sector estudiado (Fig. 1) puede considerarse como el extremo noroccidental del macizo de Alduides Quinto Real, en el que afloran, siguiendo una estrecha banda de dirección casi

norte-sur, series pelítico-areniscosas y dolomíticas del Devónico inferior y medio (Sieginiense y Emsiense) que cabalgan sobre el Carbonífero (Westfaliense). Esta franja de materiales devónicos, al adaptarse al borde sur del macizo metamórfico de Labourd, describe un amplio arco conocido como «accidente de Laxia» (Lagny, 1963). Desde un punto de vista estratigráfico, en esta zona pueden distinguirse tres conjuntos litológicos principales: (a) serie mesozoica en discordancia sobre los materiales paleozoicos; (b) sucesión esquistosa carbonífera; y (c) serie inferior devónica, con numerosas alternancias detrítico-carbonatadas. Las características más importantes de estas tres sucesiones fueron descritas con detalle por Juch y Schafer (1974) y Pilger (1974).

Todos los materiales paleozoicos han soportado una intensa deformación hercínica, a la que se le superpone los efectos de otra alpina, más evidente en los materiales de la cobertura (Mattauer y Seguret, 1971). La deformación hercínica fue acompañada de un metamorfismo regional de muy bajo grado que en general no ha sobrepasado el límite anquizona-epizona, destacando la presencia de pliegues de dirección NS, buzantes al sur y de acusada vergencia al oeste. Durante esta fase de deformación se desarrollaron una serie de cabalgamientos de vergencia oeste, al que pertenece el gaccidente de Laxia». Este cabalgamiento aparece trastocado y desplazado por numerosas fallas tardihercínicas de dirección aproximada E-W y N-S. Aunque no se dispone de la suficiente información geológica, puede admitirse que a medida que progresaron

las reacciones metamórficas, sintectónicamente con la fase principal hercínica (D2), se fueron liberando una serie de fluidos a partir de las series sedimentarias infrayacentes, desarrollando una actividad hidrotermal responsable de la aparición de pequeños filones de cuarzo-piritita portadores de los metales preciosos, cuyas potencias, por lo general, son inferiores a 20-30 cm (Laxia, Lo-uhoosa), si bien pueden alcanzar varios metros (Itxassou).

## Metodología

Para reconocer la potencialidad minera de la zona, se llevaron a cabo tres tipos de muestreo, en un área de aproximadamente 20 km<sup>2</sup>: (1) fragmentos de rocas inalteradas (n=104) y gossans o mineralizaciones de óxidos de hierro (n=10); (2) sedimentos de ríos (n=32); (3) suelos (n=211). Todas las muestras fueron analizadas usando los métodos de activación neutrónica (XRAL, Canada) y espectrometría de fluorescencia de rayos X (Lab. Mineralogía, UPV), completándose el estudio de algunas muestras por difracción de rayos X (XRD), microscopía (luz transmitida y reflejada), SEMEDS y microsonda electrónica.

En la prospección aluvionar a la batea se seleccionaron una serie de estaciones a lo largo de la red hidrográfica a intervalos espaciados aproximadamente 250m. En el muestreo se parte de unos 10 litros de sedimento (Vaquero, 1977; Stendal, 1978), tomado en distintos puntos, y se criba en un tamiz de 3mm de luz, desechándose la fracción gruesa tras un examen vi-

sual. Posteriormente, la fracción fina es bateada in situ mediante bateas de tipo californiano, realizándose en el laboratorio un estudio mineralógico y morfooscópico de las partículas de oro y del resto de la fracción pesada.

La programación de la campaña de recogida de muestras de suelo, fue precedida del estudio de dos "perfiles tipo" de suelos dominantes en el área (en general >1m de potencia): uno con sustrato de materiales devónicos pelítico carbonatados, y otro con fuerte influencia de materiales permo-triásicos (areniscas, arcillas rojas y conglomerados). Los resultados han indicado diferencias en algunos elementos entre ambos perfiles, de acuerdo con el carácter montañoso del área de muestreo en donde la mayoría de los suelos normalmente se encuentran en estado juvenil. Sin embargo, en estos perfiles no se observa la existencia de polaridades composicionales bien definidas. Teniendo en cuenta esta ausencia de gradientes, y que las mayores anomalías en oro normalmente se encuentran ligadas al horizonte A<sub>1</sub> (Lakin *et al.*, 1974; Nichol, 1986), se decidió la utilización de este horizonte superficial, por debajo del nivel rico en humus, como el más adecuado y accesible para la realización de este estudio. Los puntos de muestreo obedecen a una malla de 250x250m. Después de tamizar para eliminar la fracción gruesa (> 1 mm) y moler hasta unas 60µm en molino de WC, las muestras fueron analizadas para 33 elementos de interés en exploración minera (incluido el Au, con un límite de detección >5 ppb).

Con los diferentes resultados analíticos se ha procedido al tratamiento estadístico informatizado, consistente en un análisis exploratorio de datos (EDA) que incluye análisis univariante y multivariante. Finalmente, los resultados se representaron en mapas proporcionales de contenidos y mapas de contornos.

**Resultados de la litogeoquímica**

Teniendo en cuenta la variación de los elementos mayoritarios y la mineralogía dominante (determinada por XRD y estudios petrográficos), se ha procedido a la clasificación química de las rocas (Herron, 1988; Thomas, 1989). El resultado ha sido la distinción de tres grupos de rocas bien diferenciados: (a) dolomías; (b) esquistos; y (c) cuarcitas; con frecuentes términos mixtos o transicionales. Las rocas dolomíticas son especialmente ricas en Mn, probablemente relacionado con el carácter ferroso de estos carbonatos, y muestran los típicos empobrecimientos en la relación Sr/Ca propios de calizas dolomitizadas en una fase diagenética tardía. En cuanto a los elementos traza, sus variaciones parecen estar siempre ligadas a la mayor o menor abundancia de fase silicatada insoluble. Del mismo modo, en las rocas detríticas se evidencia una estrecha relación entre elementos traza y la abundancia de

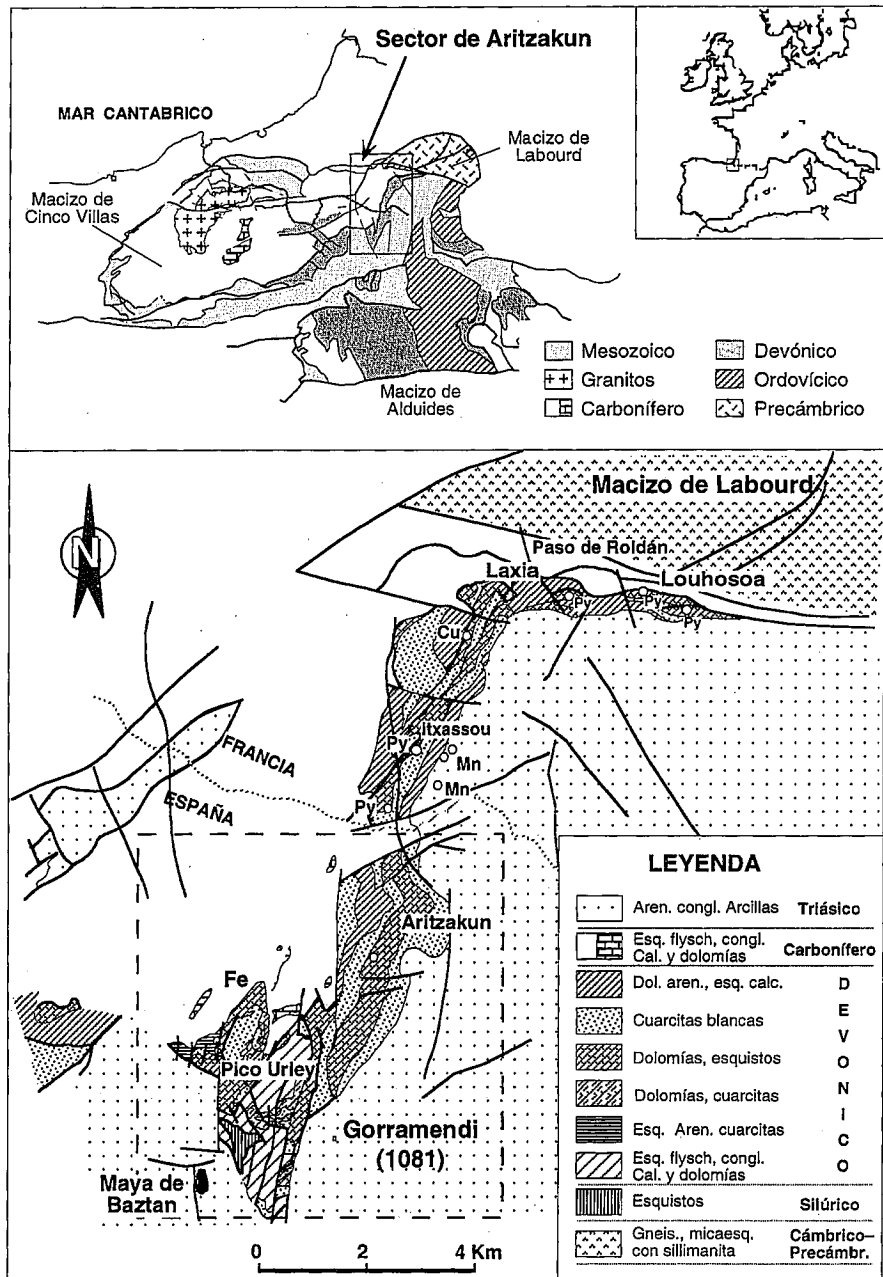


Fig. 1.-Esquema geológico de la región de Maya de Baztán (Navarra) y situación del área de estudio.

Fig. 1.-Geological sketch of the Maya de Baztán (Navarra) region and location of the study area.

diferentes fases silicatadas. No se aprecia ningún efecto de alteración hidrotermal sobre estas rocas, localizándose todas en el campo sedimentario (Winchester *et al.*, 1980); se descarta, por tanto, la presencia de rocas ortoderivadas en la secuencia sedimentaria.

Por otro lado, los análisis de muestras de gossan "mineralizados" de los indicios de Urley, Aldakotxea y Etxebertxea (Tabla 1), formados por la asociación cuarzo-goethita±(pirita-barita), indican una relación estrecha entre las anomalías en Au (14ppm en Turburua y más de 25ppm en Ixassou) y las de Sb, Ba y, en menor medida con elAs. Ocasionalmente se han observado en estas

rocas finos cristales subredondeados de oro libre (<20µ) y como finas pajitas intergranulares incluidos en cristales automorfos de pirita pseudomorfizada por goethita-epidocrocita.

**Resultados de la geoquímica de suelos**

En general no se observa ninguna relación especialmente significativa entre la naturaleza de los suelos y su sustrato rocoso. Por el contrario, los mapas de distribución de elementos indican una cierta heterogeneidad y ausencia de coincidencias notables en la posición de las diferentes anomalías. Las distribuciones observadas para la mayoría de los elementos (Tabla 2) son de tipo

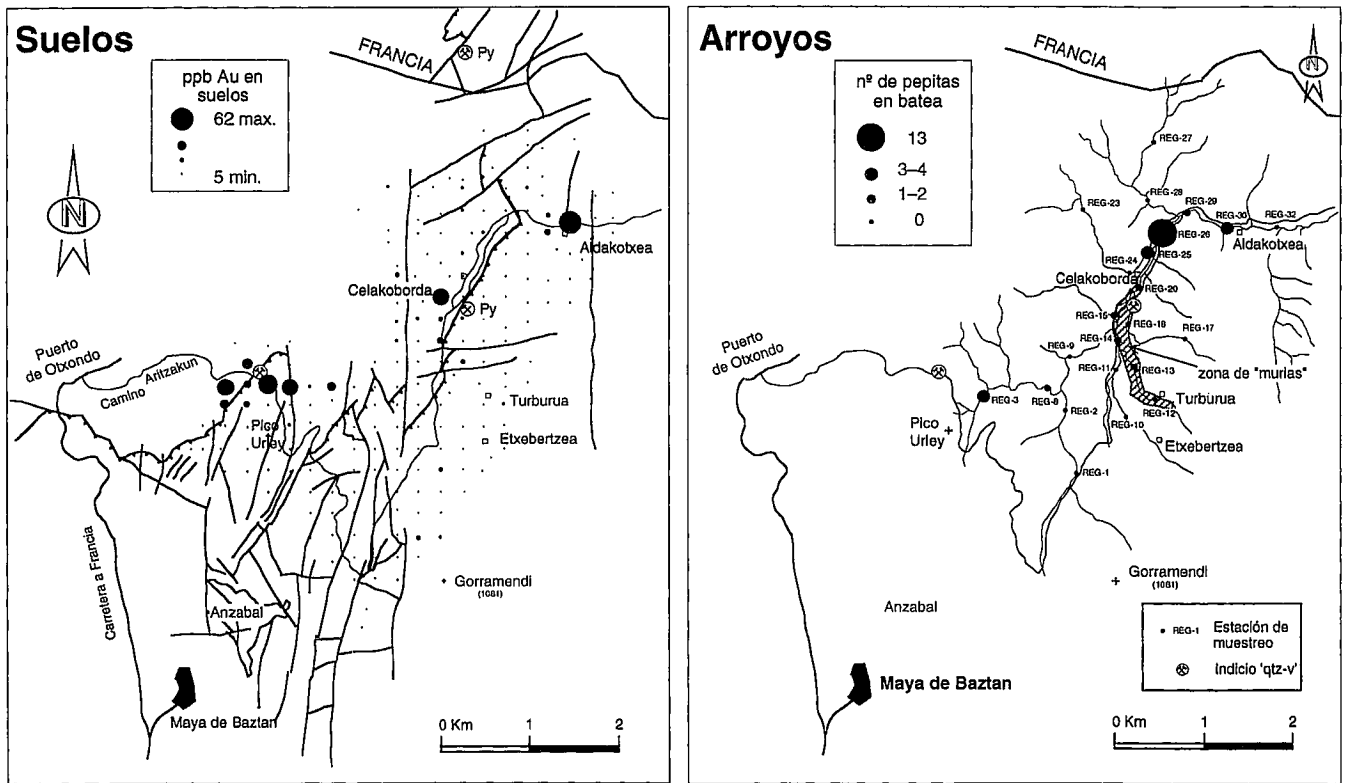


Fig. 2.- Comparación entre contenidos de oro en suelos y sedimentos fluviales en el área de Aritzakun (Maya de Baztán, Navarra). (izda) Distribución del oro en el horizonte A<sub>1</sub> de los suelos; (dcha) Estaciones de bateado y anomalías en sedimentos. (Notar que "qtz-v" representa la localización de filones de cuarzo±pirita).

Fig. 2.- Comparison of gold contents of soil and stream sediments in the Aritzakun area (Maya de Baztán, Navarra). (left) Distribution of gold in A<sub>1</sub>-horizon soils; (right) Gold panning sites and anomalies in stream sediments. (Note "qtz-v" represents quartz±pyrite vein location).

log-normal con presencia de anomalías locales para el Au, Fe, As, Ba, Mo, Sb, Zn y W. Se ha estudiado con especial interés la distribución de los elementos más significativos en la prospección de indicios de oro, capaces de producir halos envolventes, tales como Au, Ag, As, Sb, V, Pb, Zn y Cu. (Eimon, 1988), confirmándose, una vez más, que el oro es su mejor "path-finder". En el

mapa para el Au (Fig. 2), se aprecia que las anomalías se localizan en las laderas norte del monte Urley, coincidiendo con el hallazgo de restos de gossans, así como en los alrededores del caserío Aldakotxea y la zona central de murias romanas.

Las matrices de coeficientes de correlación de Pearson y Spearman para el conjunto de suelos muestreados, además del análisis factorial

(ACP), tampoco señalan ninguna correlación significativa de interés metalogénico entre el Au y el resto de elementos analizados. Pero ensayando la correlación de Spearman con la población de muestras con contenidos anómalos en oro (>40ppb), se comprueba una sugerente mejoría de las correlaciones entre algunos pares de elementos (p. ej., Au-As, Au-Sb). En general, la falta de un mejor acuerdo en las correlaciones citadas puede explicarse, tal como sugieren Melchior *et al.*, (1992), por la movilidad diferencial, durante los procesos de alteración meteórica de los suelos, de cada uno de los elementos entre sí y respecto al oro. En cualquier caso, de este estudio no se desprende la existencia de una pauta geoquímica en el comportamiento de los elementos del suelo que oriente en la prospección.

**Resultados de la prospección a la batea**

Los resultados obtenidos de los bateados (Fig. 2) muestran una estrecha relación espacial con las anomalías detectadas en los suelos y con la presencia de restos de gossans ferríferos. Atendiendo a la morfología de los granos de oro (>50µ), destaca el predominio de las formas esponjosas y planares con bordes irregulares, además de la presencia de huecos que podrían corresponderse con las formas de las fases encajan-

Indicio	Muestra	Fe2O3t	Au	Co	Ni	Zn	As	Ag	Sb	Ba
Etxebertxea	Etx1	59.0	110	35	160	30	33	<2	1.8	7400
Etxebertxea	Etx2	52.6	180	19	90	20	72	<2	4.7	70
Turburua	Gor105	56.2	37	23	100	20	21	<2	1.9	<50
Turburua	Gor5	62.5	14000	46	<50	<20	17	<2	9.5	14000
Turburua	Gor6	71.1	380	88	130	30	16	<2	4.4	12000
Itxassou	Lou1	57.3	17	1100	2600	40	430	<2	0.9	<50
Itxassou	Itxa3	56.5	25000	190	390	20	1300	<2	1.7	3000
Itxassou	Itxa1	55.9	210	190	<50	<20	11	<2	0.5	<50
Urley	*Inz3b	52.6	20	100	80	30	11	<2	1.7	3000
Aldakotxea	*Cam	54.6	11	140	150	20	8	<2	0.5	70

Concentraciones en ppm excepto Fe2O3t en % y Au en ppb.

Las muestras marcadas con un asterisco (\*) corresponden a pirritas diseminadas en roca encajante.

Tabla. 1.- Contenidos metálicos en muestras de gossans del área de Aritzakun. Análisis realizados por Activación Neutrónica (XRAL, Canada).

Table. 1.- Metal contents in gossan samples from Aritzakun area. Samples analyzed by neutronic activation techniques (XRAL, Canada).

tes, tales como cristales de pirita y/o cuarzo de la mineralización primaria. Estas características muestran que el transporte de las partículas de oro ha sido muy corto. El diagrama de Zwingg-Krumbein (en Villadevall *et al.*, 1991), señala un predominio de las morfologías planares, e insiste en el bajo transporte de las partículas y su proximidad al área fuente. Del mismo modo, los resultados del análisis cualitativo (EDS) de las pepitas de oro, siempre muestran altos contenidos en plata lo que indica ausencia del refinado que se lleva a cabo progresivamente con el incremento de la distancia de transporte (Viladevall *et al.*, 1991).

### Mineralizaciones de Oro

Se han detectado dos tipos de mineralizaciones de oro: (a) una confinada a la presencia de pirita intensamente alterada a óxidos de hierro, procedente de pequeños filones de cuarzo, y (b) otra de carácter secundario, como placer aluvial en el curso alto del arroyo Aritzakun.

Los restos que se conservan de los filones, contienen cuarzo mayoritario acompañado de goethita que pseudomorfa pirita, oro nativo y en ocasiones siderita. Desde un punto de vista macroscópico, el cuarzo se muestra con frecuencia deformado y brechificado, junto con pirita subautomarfa que llega a ser masiva en las menas más ricas. La intensa alteración supergénica que afecta a todas las muestras no permite comprobar si la asociación presentaba otros sulfuros, aunque estos serían minoritarios. En cuanto al oro, a pesar del limitado número de datos analíticos disponibles, se ha estimado un contenido medio de aproximadamente 2 g/t de oro y menos de 2 g/t de plata; antiguos análisis realizados por el BRGM francés (Lagny, 1966), con muestras procedentes de los filones de pirita de Hartchou e Itxassou, situados al norte en el valle de Laxia, señalan contenidos de hasta 6.2 g/t de oro, 4-6 g/t de plata y 0.2 % de arsénico. Estas referencias quedan confirmadas con los análisis de microsonda electrónica del oro supergénico (Tabla 3) que muestran para este oro una composición muy variable, con contenidos en plata casi siempre por encima del 20% (electrum).

### Conclusiones

En resumen, aplicando una metodología combinada de reconocimientos geoquímicos convencionales y estudios metalogénicos clásicos en una región con gran recubrimiento vegetal, se han detectado dos tipos de indicios auríferos. Los primeros como pequeños filones de pirita, con formación de oro supergénico, actuando como foco generador para una segunda concentración aurífera de tipo placer (aluviales del arro-

	mdn.	mín.	Q1	Q3	máx.
Au	5	5	5	5	62
Fe2O3*	5.72	0.00	4.29	7.15	25.74
Na2O	0.16	0.07	0.09	0.34	0.65
CaO	1.40	1.40	1.40	1.40	4.20
Ag	5	5	5	5	5
As	19	2	12	30	530
Ba	300	100	200	600	1600
Br	15	1	11	21	89
Co	22	5	10	33	230
Cr	70	10	50	80	150
Cs	6	3	4	8	23
Hg	7	3	5	8	17
Ir	20	20	20	20	20
Mo	5	5	5	5	13
Ni	100	100	100	100	200
Rb	100	30	65	130	220
Sb	3	1	2	4	27
Sc	11	1	7	15	27
Se	5	5	5	5	5
Sr	500	500	500	500	500
Ta	1	1	1	1	1
Th	15	2	10	17	26
U	4	1	3	5	10
W	5	4	4	125	1400
Zn	50	50	50	60	230
La	43	5	32	54	97
Ce	82	11	60	103	185
Nd	30	10	20	40	100
Sm	6	1	4	8	29
Eu	1	0	1	1	7
Tb	1	1	1	1	6
Yb	3	1	2	3	9
Lu	0	0	0	0	1

mdn = mediana; mín. = mínimo; Q1 = cuartil 1; Q3 = cuartil 3; máx. = máximo.

Concentraciones en ppm excepto CaO y Fe2O3\* en % y Au e Ir en ppb.

Tabla 2.- Estadística descriptiva para los elementos analizados en muestras de suelo (n=211) del área de Aritzakun.

Table 2.- Univariate statistics of the analyzed elements in soil samples (n=211) from Aritzakun area (Navarra, Spain).

yo de Aritzakun). Los mapas geoquímicos procedentes de la prospección de sedimentos fluviales y de suelos (usando como "path-finders" al Au, As, Sb, ...) y los resultados de la litogeoquímica y estudios petrográficos y metalogénicos han guiado la búsqueda de áreas fuente, determinándose tres zonas de interés: Urley, Turburua y Aldakotxea.

### Agradecimientos

Agradecemos la colaboración prestada por todas las personas que han participado en este proyecto de exploración que fue financiado por

Secc. Pul.	Grano	Au	Ag	Cu
B-3	P-1	73.40	26.30	0.05
B-3	P-3	96.50	2.87	0.34
Gor-12/1	P-2/2	60.43	36.70	0.30
Gor-12/1	P-2/2B	71.76	27.50	0.03
Gor-12/1	P-1/1	76.38	23.00	0.42
Gor-12/1	P-1/1B	77.17	22.20	0.10

Concentraciones en %.

Tabla 3.- Análisis de microsonda electrónica de oro asociado a goethita.

Table 3.- Electron microprobe analyses of gold grains coexisting with goethite.

el Gobierno Foral de Navarra (P.I. GN 130.31-0948).

### Referencias

- Eimon, P.I. (1988): *Short Course. Univ. Southampton*, 111p.
- Herron, M.M. (1988): *Journ. of Sedim. Petrol.* 58, 82-829.
- Juch, D. y Schafer, D. (1974): *Pirineos (CSIC)*, 111, 41-58.
- Lagny, P. (1963): *These 3ème cycle, Géol. Appl. Paris*. 120 p.
- Lakin, H.V., Curtin, G.C. Hubert, A.E. Shacklette, H.T. y Doxtader, G. (1974): *U.S. Geol. Survey Bull.*, 1330: 80 p.
- Mattauer, M. y Seguret, M. (1971): *In: Histoire structural du golfe de Gascogne. Technip, Paris*, IV, 1-4.
- Melchior, A., Neybergh, H., Buve, L.; Dejonghe, L., Vargas-Cárdenas, J., Nuñez Espinal, J. y Bastida, R. (1992): *Ann. de Soc. Geol. de Belgique*, T.115 (1), 227-243.
- Nichol I. (1986): *In: Thoretton, I. Howard, R.I (eds) Graham and Trotham ed.*, 347 pp.
- Pérez de Villarreal, V. (1981): *Cuad. de Etn. y Etnogr. Navarra*, 37, 165-182.
- Pilger, A. (1974): *Pirineos (CSIC)*, 111: 129-145.
- Stendal, H. (1978): *Jour. Geoschem. Expl.*, 10, 91-102.
- Thomas, C.W. (1989): *Journ. Geol. Soc.*, 146, 631-647.
- Vaquero, C. (1977): *Enadinsa, ed.*, serie 5, nº 6, 215 p.
- Velasco, F. (1994): *Mem. inéd. Proy. Inv. Gob. Navarra 130.310-0948*, 111 p.
- Villadevall, M., Camacho, G., Marturia, J. y Ponce, J.M. (1991): *In: Hérial G y Fornari M (eds) Gisements alluviaux d'or. Orstom ed., La Paz*: 187-216.
- Winchester, J.A., Park, R.G. y Holland. (1980): *Scott. Bourn. Geol.* 16, 165-179.