

"ENSAYO METODOLOGICO DE PROSPECCION GEOQUIMICA DE ORO Y TIERRAS RARAS EN LOS "SKARNS" DEL AREA DE BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ)"

Estudio financiado por el proyecto I+D de la CICYT nºAMB92-918-CO2-O2

Vol.1: MEMORIA Y ANEXOS



JUNIO 1997

Ministerio de Medio Ambiente

"ENSAYO METODOLOGICO DE PROSPECCION GEOQUIMICA DE ORO Y TIERRAS RARAS EN LOS "SKARNS" DEL AREA DE BURGUILLOS DEL CERRO (BADAJOZ)"

E. LOPEZ PAMO, G. ORTIZ y M. CHAMORRO

Instituto Tecnológico Geominero de España (I.T.G.E.)

Este trabajo forma parte del proyecto <u>"Oro y Tierras Raras en los "skarns" del eje</u> <u>Barcarrota-Cala. Modelo metalogenético y de exploración"</u>, cuya realización ha sido llevada a cabo de manera coordinada por la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE). Dicho proyecto ha contado con la subvención de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) dentro del Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

RESUMEN

Partiendo de la base de la potencialidad de los "skarns" mineralizados del eje Barcarrota-Cala para presentar altos contenidos en oro y Tierras Raras, se ha realizado un ensayo metodológico de prospección geoquímica de estos elementos en un zona piloto cubriendo los "skarns" del área de Burguillos del Cerro.

La zona de ensayo de 45 km² abarca ampliamente la parte suroccidental del Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro (CPBC) y las litologías detríticas del encajante, siendo muy abundantes los "skarns" mineralizados en magnetita. Se han definido 116 estaciones de muestreo en la red de drenaje, y en cada una de ellas se ha tomado por un lado una muestra de sedimento y por otro el concentrado de batear 10 litros de sedimento. Se han realizado los análisis químicos multielementales de los dos tipos de muestra además del estudio mineralométrico de los concentrados de batea.

Los tres conjunto de datos que resultan se han tratado individualmente con análisis estadísticos mono, bi y multivariantes, lo que ha permitido en cada caso conocer las distribuciones geoquímicas monoelementales del Au y las Tierras Raras, sus muestras anómalas, su correlación con las otras variables y la distribución y características de las diferentes clases geoquímicas.

En su conjunto este tratamiento también ha permitido evaluar la correlación que presentan el Au y las Tierras Raras con los "skarns" mineralizados, pudiéndose afirmar que si esta existe es muy baja, pues no se ha visto reflejada en ninguno de los resultados de los tres métodos de exploración empleados. Así, las distribuciones de las Tierras Raras parecen estar más bien en relación con las diferentes composiciones mineralógicas de las diversas litologías que con la existencia de los "skarns".

Por otro lado se ha podido comprobar que la correlación entre el Au y las Tierras Raras prácticamente no existe, a excepción de algunas muestras de bateas donde el análisis químico ha revelado altas concentraciones coincidentes para estos elementos.

Como resumen se puede afirmar que si bien cada método de exploración empleado da resultados parcialmente diferentes para la distribución del oro y las Tierras Raras, los tres se complementarían en una prospección geoquímica, al reflejar distintos aspectos de una única realidad.

INTRODUCCION

El presente estudio se engloba dentro de los trabajos realizados en el proyecto "Oro y Tierras Raras en los "skarns" del Eje Barcarrota-Cala. Modelo metalogenético y de exploración". La realización de dicho proyecto se ha llevado a cabo de una manera coordinada entre la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), contando para ello con la financiación otorgada por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT).

El objetivo principal de este estudio es la realización de un "Ensayo metodológico de prospección geoquímica de oro y Tierras Raras en los "skarns" del área de Burguillos del Cerro (Badajoz)". Este estudio se enmarca dentro del subproyecto de investigación número 2, corriendo su realización a cargo del ITGE.

La zona comprendida entre las localidades de Barcarrota y Táliga en el sur de Badajoz muestra abundantes formaciones de tipo "skarn" resultantes de la interacción de fluidos hidrotermales con las rocas carbonatadas del Cámbrico Inferior, por la acción térmica de plutones cercanos. Las características de estos "skarns", de tipo Fe-(Cu) principalmente epizonales, los hace potencialmente interesantes para la prospección de Au. Tal es el caso del conjunto minero de Cala, y Burguillos del Cerro. Además en este último sector hay evidencias de mineralizaciones importantes de Tierras Raras (TR) y uranio (Mina Monchi). Esta última característica junto con la abundancia de skarn mineralizados es lo que ha propiciado la elección de esta zona para realizar el estudio comparativo de las respuestas de estas mineralizaciones frente a distintos métodos de exploración geoquímica.

En este trabajo se van a analizar y a comparar las respuestas de las mineralizaciones asociadas al Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro (CPBC) frente a tres campañas geoquímicas en las que se han empleado distintos tipos de muestras y/o diferentes análisis de las mismas. Esto en un principio permitirá establecer cual es la sistemática más adecuada para la prospección de Au y Tierras Raras en este contexto geológico.

Debido a la escala marcadamente regional de este estudio se han utilizado los sedimentos de arroyos, al obtenerse con este tipo de muestra una amplia información de toda el área que drenan, lo que permite cubrir grandes extensiones de terreno con un número reducido de muestras.

Las diferencias por tanto entre las tres campañas no van a estar en el medio de desmuestre, siempre el mismo -"stream sediment"-, si no que estas se van a establecer al tomar la muestra como un "todo uno", que se tamizará para obtener la fracción inferior a 177 micras previamente a su análisis químico, o como un concentrado de batea, generando este último dos tipos de datos, uno proveniente de su análisis químico y otro de su estudio mineralométrico.

Entorno geológico

La zona en la que se ha llevado a cabo este trabajo se encuentra situada en las inmediaciones de la localidad pacense de Burguillos del Cerro. Desde el punto de vista geológico abarca ampliamente la zona de contacto entre el límite suroeste del plutón de Burguillos del Cerro y las rocas detríticas del encajante, tal como queda reflejado en la figura 1. En esta figura se recoge una síntesis de la geología del área según las hojas geológicas a escala 1:50.000 de Burguillos del Cerro (853) y Jerez de los Caballeros (875), de la segunda serie del Mapa Geológico de España.

En el contexto geológico general de la Península Ibérica el Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro se encuentra intruyendo en los materiales precámbricos y cámbricos que definen la Antiforma de Olivenza-Monesterio (Alia, 1963), siendo esta una de las principales estructuras definidas en la Zona de Ossa-Morena (Lotze, 1945), dentro del Macizo Hespérico (Hernández Pacheco, 1922).

El CPBC a pesar de su relativamente pequeño tamaño de aproximadamente 10 Km², está constituido según García Casquero (1995), por una amplia variedad de rocas magmáticas, tales como diversas clases de peridotitas, gabros, dioritas, cuarzodioritas y monzonitas, granitoides alcalinos y granitoides peraluminosos. Este autor agrupa todas estas rocas en base a sus características geoquímicas, mineralógicas y texturales, así como a la cronología relativa de intrusión, en cuatro asociaciones diferentes como a continuación se describe:

1^a) La más antigua seria una asociación peralcalina de rocas ácidas (principalmente granitos).

2^a) Le sigue cronologicamente una asociación gabroica de afinidades alcalinas, incluyendo xenolitos mantélicos.

3^a) Intruyendo en las dos asociaciones previas se tiene una de carácter diorítico.

4^a) Y finalmente una asociación de rocas graníticas tardías, con características intermedias S e I.

La disposición geométrica de las diferentes asociaciones de rocas no presenta, según García Casquero, un patrón regular. La asociación diorítica intruye tanto en la gabroica como en la ácida alcalina, y la asociación de granitoides tardíos se compone de diques que intruyen en el resto de asociaciones.

En un esquema global se podría considerar que la asociación gabroica intruye en los metasedimentos del Precámbrico superior y en la cobertera discordante del Cámbrico inferior. Esta intrusión mediante "subsidencia de caldera" produce que dos series de "roof pendant" de calizas cámbricas circunvalen el conjunto gabroico. La asociación ácida alcalina presenta también una disposición anular alrededor de la asociación gabroica próxima a los "roof pendant". La asociación diorítica intruye en las rocas magmáticas y en los metasedimentos, apareciendo en una disposición semicircular externa en el lado más occidental del plutón. Por último, los

diques graníticos son congruentes con las direcciones de cizalla tardi-hercínicas bien conocidas en el Macizo Hespérico.

Sin relación con los materiales magmáticos pertenecientes al CPBC se tiene un tipo de granito albítico al sur del plutón. Es de grano fino, carácter leucocrato y produce un ligero metamorfismo de contacto. Presenta orientación cataclástica muy generalizada y su composición más común es cuarzo, albita y pertita; en algunas ocasiones llega a faltar el feldespato potásico (Fernández Carrasco et al., 1981).

Los metasedimentos del Precámbrico superior, la denominada Serie Negra, es una potente y monótona formación con sus tramos inferiores formados por esquistos bandeados, grauvacas, pizarras silíceas negras, liditas y niveles de protocuarcitas grafitosas negras. Los tramos superiores con un carácter más grosero presentan una alternancia de grauvacas verdes y grises, y pizarras más o menos grauváquicas. El conjunto presenta un metamorfismo regional suave con algunas anomalías. La intrusión del CPBC en estos materiales origina una aureola de contacto de más de un kilómetro de espesor en superficie, formándose micaesquistos y microgneises con cordierita y a veces con sillimanita al NW del plutón de Burguillos.

Metasedimentos pertenecientes al Cámbrico inferior aparecen inmediatamente al sur del plutón por lo que están afectados por el metamorfismo de contacto. De esta manera los materiales de su tramo detrítico inferior aparecen trasformados en micaesquistos con cordierita, y las calizas y calcoesquistos pertenecientes al tramo carbonatado aparecen como mármoles.

Tanto en estas calizas cámbricas que rodean al CPBC como en los "roof pendant" englobados en el mismo -circunvalando a la asociación gabroica-, aparecen con relativa frecuencia yacimientos de magnetita genéticamente relacionados con la interacción metasomática entre estos dos tipos de litologias. La presencia de estas mineralizaciones se incrementa como se puede observar en la figura 2 en la zona sur del CPBC, donde aparecen una serie de minas antiguas actualmente abandonadas tales como las de Segundo Imperio, Coto Real, Los Galanes, Imperio, La Judía, Li-Hung-Chang, Cabezo Sierra, Río Gordo y Mariberra y alguna más.

A pesar de la gran abundancia de mineralizaciones en esta zona, es sin embargo al oeste del plutón, a unos 2 km al SW de Burguillos del Cerro donde se encuentra la mineralización de mayor importancia -mina Monchi-, la cual se ha mantenido en explotación hasta hace relativamente poco. En realidad es un conjunto de explotaciones mineras (Monchi, Consuelo, Aurora) alineadas siguiendo la sierra del Cordel en el que se beneficiaba la magnetita que se encuentra situada en el contacto de las calizas cámbricas y las litologias de carácter ígneo que las engloban. El yacimiento además de magnetita contiene también abundante vonsenita (Cueto et al., 1971). La capa mineralizada tiene una dirección N30°E, buza unos 70° hacia el SE, presenta una corrida de 180 m que se reduce a 140 m en profundidad y mantiene con frecuencia un espesor comprendido entre 8 y 12 m (IGME, 1968).

Esta mineralización, además de por sus dimensiones, adquiere importancia por haberse detectado la presencia de los minerales radiactivos uraninita y allanita en las piroxenitas encajantes de las capas de magnetitas (Arribas, 1962). De los análisis químicos de la allanita se puede afirmar que es una variedad ferrífera poco radiactiva, sin thorio y con una pequeña

proporción de Tierras Raras, coincidiendo generalmente las concentraciones de allanita con las de uraninita. Es previsible por tanto esperar unas correlaciones significativas entre el grupo de las TR y el uranio.

En el estudio petrográfico-metalogenético que realiza Ruiz (1976) de la mina Monchi para establecer su génesis, encuentra allanita como mineral accesorio tanto en corneanas feldespáticas, como en "skarns" de hedenbergita-granate y hedembergita-epidota.

Es esta presencia de minerales de Tierras Raras en este tipo de mineralizaciones junto con la existencia de contenidos beneficiables en oro en algunos "skarns" cercanos (minas de Cala) lo que le confiere a la zona un notable interés para la realización de este estudio.

CAMPAÑA DE MUESTREO

El estudio abarca una superficie de unos 45 km² distribuidos al sur de la localidad de Burguillos del Cerro y al oeste de Valverde de Burguillos. La zona esta drenada por una red hidrográfica evacuando sus aguas hacia el S-SW hasta alcanzar el río Bodión (fig. 3). Básicamente y de una manera simplificada, como se puede apreciar en esta figura, se tienen la cuenca del arroyo San Lazaro en la parte occidental y la cuenca de la ribera de los Frailes en la oriental, la primera enmarcada por la sierra del Cordel y la de los Jacintos y la segunda entre esta última y la sierra de Don Ezequiel. Entre esta sierra y Valverde de Burguillos aparece la pequeña cuenca del arroyo del Alamito.

El área estudiada se encuentra situada entre la cota 300 m del río Bodión y los casi 550 m de la Sierra de los Jacintos. Orográficamente se tiene un terreno alomado entre los 300 y 400 m sobre el que destacan una serie de sierras que llegan a superar los 500 m. La distribución de la red de drenaje permite muestrear correctamente toda la zona al cubrir bastante homogeneamente la misma.

La planificación del desmuestre se llevó a cabo mediante fotografia aérea a escala 1:18000, señalándose sobre la misma los puntos de toma de muestra en la red hidrográfica. En cada una de las 116 estaciones de desmuestre se tomo una cantidad suficiente de sedimento para su posterior tamizado y además se procedió al bateado de 10 litros de sedimento para obtener su concentrado. La situación y signatura de las estaciones de muestreo quedan reflejadas en la figura 4.

Como resultado final de esta campaña se tiene un muestreo doble -sedimentos y bateascon una densidad de 2,5 muestras/km².

ANALISIS QUIMICO Y ESTUDIO MINERALOMÉTRICO

Con las muestras de sedimento de la red de drenaje, previamente al análisis químico, se procedió a su tamizado para seleccionar la fracción inferior a 80 mallas (177 micras). Los concentrados de batea se cuartearon obteniendo dos partes, una se destino al análisis químico

y la otra se reservó para su estudio mineralométrico.

En definitiva cada estación de desmuestre va a generar tres tipos de resultados provenientes de los siguientes procesos:

1) análisis químico de los sedimentos

2) análisis químico de los concentrados de bateas

3) estudio mineralométrico de estos concentrados

El número de variables estudiadas en cada tipo de muestreo (sedimentos y bateas) es elevado, así mediante activación neutrónica se han analizado 30 elementos (Au, As, Ba, Br, Co, Cr, Cs, Fe, Hf, Hg, Ir, Mo, Na, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Ta, Th, U, W, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, y Lu); por espectrometría de emisión de plasma 18 (Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Mn, Sr, Cd, Bi, V, Ca, P, Mg, Ti, Al, K, Y y Be); y por último, en el estudio mineralométrico se han reconocido más de 20 minerales.

Los análisis químicos han sido realizados en el laboratorio ACTLABS de Ontario (Canada). Los límites de detección para el conjunto de elementos analizados mediante activación neutrónica son los siguientes:

Au 2 ppb	As 0.5 ppm	Ba 50 ppm	Br 0.5 ppm	Co 1 ppm	Cr 5 ppm
Cs 1 ppm	Fe 0.01 %	Hf 1 ppm	Hg 1 ppm	Ir 5 ppm	Mo 1 ppm
Na 0.01 %	Rb 5 ppm	Sb 0.1 ppm	Sc 0.1 ppm	Se 5 ppm	Sn 100 ppm
Ta 0.5 ppm	Th 0.2 ppm	U 0.5 ppm	W 1 ppm	La 0.5 ppm	Ce 3 ppm
Nd 5 ppm	Sm 0.1 ppm	Eu 0.2 ppm	Tb 0.5 ppm	Yb 0.2 ppm	Lu 0.05 ppm

Los límites equivalentes para los elementos analizados por espectroscopia de emisión de plasma se relacionan a continuación:

Cu 1 ppm	Pb 5 ppm	Zn 1 ppm	Ag 0.4 ppm	Ni 1 ppm	Mn 1 ppm
Sr 1 ppm	Cd 0.5 ppm	Bi 5 ppm	V 2 ppm	Ca 0.01 %	P 0.001 %
Mg 0.01 %	Ti 0.01 %	Al 0.01 %	K 0.01 %	Y 2 ppm	Be 2 ppm

Los resultados analíticos para las 116 muestras de sedimentos y bateas quedan recogidos en los Anexos 1 y 2 respectivamente. Las fichas generadas en el estudio mineralométrico forman el Anexo 3.

RESULTADOS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA CON SEDIMENTOS DE LA RED DE DRENAJE

A continuación se exponen los resultados obtenidos empleando como muestras los sedimentos de la red de drenaje ("stream sediment"). Se inicia el estudio con un análisis mono y bivariante en el que exclusivamente se han tenido en cuenta los elementos de mayor interés, en él queda definido tanto el fondo geoquímico como las muestras anómalas para cada elemento, se prosigue con un análisis multivariante ya con toda la matriz de datos mediante un análisis

factorial, con objeto de reducir el número de varibles; y por último, mediante un análisis cluster se establecen ciertas clases geoquímicas para la población muestral.

Este conjunto de tratamientos permitirá establecer la signatura geoquímica que presentan las mineralizaciones objeto de este estudio así como la valoración de su interés para Au y Tierras Raras.

Análisis mono y bivariante

En la Tabla 1 se recogen los parámetros estadísticos básicos para cada elemento, concretamente sus valores mínimo y máximo, la media aritmética, su desviación típica, el coeficiente de variación, y la media y desviación geométrica.

Considerando la media geométrica como el valor más representativo para definir el fondo geoquímico, queda establecido para el Au con un valor de 4.3 ppb, destacando un valor máximo de 200 ppb. Teniendo en cuenta el considerable porcentaje de muestras que están por debajo del límite de detección de 2 ppb para este elemento, cabe pensar en un fondo real, ligeramente inferior al anteriormente indicado.

Comparando el fondo geoquímico obtenido para las Tierras Raras Ligeras (TRL) con los que dan diferentes autores para sedimentos pizarrosos, se puede apreciar como el La y Sm con 36 y 6 ppm respectivamente se aproximan a esos valores, pero sin embargo el Ce (71 ppm) y el Nd (30 ppm) están levemente por debajo. Con las Tierras Raras Pesadas (TRP) se deduce que el Eu (1.8 ppm), Tb (1.0 ppm) y el Yb (3.6 ppm) presentan fondos algo superiores a esos valores de referencia. Se puede concluir por tanto que la zona de estudio parece estar levemente enriquecida en Tierras Raras Pesadas.

Florento	Zona de		Corteza			
Elemento	trabajo	Pizarra	Pizarra ²	Pizarra ³	Loess ⁴	superior
La	36.4	38.2	32	41.1	35.4	30
Ce	71.0	79.6	73	81.3	78.6	64
Nd	30.4	33.9	33	40.1	33.9	26
Sm	6.2	5.55	5.7	7.3	6.38	4.5
Eu	1.8	1.08	1.24	1.52	1.18	0.88
Tb	1.0	0.77	0.85	1.05	0.81	0.64
Yb	3.6	2.82	3.1	3.29	2.71	2.2
Lu	0.5	0.43	0.48	0.58	-	0.30
Sc	18.5	16	14.9	-	8.4	11
Y	18.6	27	27	-	25	22

Cuadro comparativo de abundancia de TR en diferentes materiales y la zona de trabajo

En **negrita**, la abundancia de las TR en la zona de estudio cuando están por encima de la media, y en *bastardilla* si están por debajo.

1- Valores medios de 23 pizarras post-Arcaicas de Australia (adaptado de Yaylor y Mclennan, 1985). 2- Conjunto de 40 pizarras, de Norte America principalmente (Haskin et al., 1968; Gromet et al., 1984). 3- Conjunto de numerosas pizarras europeas (Haskin y Haskin, 1966) 4- Loess sin carbonato (Taylor et al., 1983).

Para los elementos Y y Sc, que generalmente van asociados a las TR, se tiene un fondo geoquímico para ambos de 18 ppm, por lo que Sc este levemente por encima de esos valores medios para sedimentos y el Y manifiestamente por debajo.

Las TR se caracterizan, como se puede observar en la tabla 1, por presentar unos coeficientes de variación muy bajos, cercanos a 0.2, lo cual indica poblaciones con una pequeña dispersión como se puede comprobar al ver esos valores máximos tan comedidos para cada elemento. Estos coeficientes de variación junto con esos valores máximos no son indicios favorables, en principio, para la existencia de concentraciones altamente anómalas de estos elementos que pudieran correlacionarse con la existencia de algún yacimiento.

En las tablas 2 y 2' se tiene la matriz de los coeficientes de correlación entre los elementos analizados, en la 2' se ha considerado los valores logarítmicos de las variables para atenuar la influencia de los posibles valores fuera de rango. En el siguiente cuadro se representan las correlaciones más significativas para el Au y las Tierras Raras, en base a los valores de la tabla 2'.

Flomonto		Coeficiente de correlación (sobre valores logarítmicos)								
Elemento	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2		
Au							As	U, Sb, Pb		
La	Ce		Nd	Sm	Yb,Lu, <i>Th</i>	Hf, U				
Ce	La	Nd		Yb,Lu		Hf, Th				
Nd		Sm,Ce	La	Yb,Lu,Eu	Tb	Co,Fe				
Sm		Nd,Eu	Ce,Yb,Fe	Co,Sc,La,Tb,Lu	Y					
Eu		Sm	Cu,Fe,Sc	Nd	Tb, <i>V,P,Ti</i> ,Y					
Tb				Sm,Yb	Lu,Eu,Nd,Fe					
Yb	Lu		Sm	<i>Hf</i> ,Ce,Nd,Tb	La					
Lu	Yb		Hf	Ce,Nd,Sm	La,Tb	Th				

Correlaciones más significativas para el Au y las TR

Se destacan en bastardilla los elementos no pertenecientes al grupo de las TR.

Si bien el Au presenta unas correlaciones muy bajas con todos los elementos parece conveniente destacar las más significativas. Así, cabe mencionar su correlación con el As, con un coeficiente de 0.3, y con el conjunto U, Sb y Pb con un valor de 0.2. Al igual que ocurre con el fondo geoquímico, se ha de tener en cuenta el efecto pertubador que produce el elevado número de muestras por debajo del límite de detección, al reducir estos coeficientes.

Se puede visualizar la correlación del Au con estos elementos en las cuatro gráficas de la figura 5. A pesar de no ser unas correlaciones muy estrechas pueden ser de cierta utilidad en la prospección del oro supuestamente asociado a los "skarns" de la zona.

La falta de correlación del Au con las Tierras Raras se pone de manifiesto en las gráficas

de las figuras 6 y 7, donde se han representado respectivamente las zonas más enriquecidas en TR Ligeras y Pesadas como un fondo interpolado y sobre él los valores puntuales de Au.

Para las TR Ligeras (TRL) se puede ver en la figura 6 como la zona con altos contenidos coincide básicamente con el plutón, incrementandose estos según nos desplazamos hacia las zonas más internas del mismo. También se ve claramente como en estas áreas no hay ningún valor destacable en Au, por lo que se refuerza la ya comentada escasa correlación entre las TRL y el Au.

La distribución de las TR Pesadas (TRP), si bien coincide con las TRL en dar sus mayores concentraciones en el plutón, no se aprecia esa diferenciación en la zona interna del mismo; y por lo que respecta al Au se sigue manteniendo esa falta de correlación.

Para el conjunto de las TR se puede apreciar en el cuadro anterior como las correlaciones son muy elevadas entre si, como cabe esperar de un grupo con alta similitud geoquímica, alcanzando coeficientes de 0.9 para los pares La-Ce y Lu-Yb. Estos cuatro elementos tienen correlaciones significativas con el Hf, sobre todo el Yb y Lu (0.7 y 0.6 respectivamente), atenuandose para el La y Ce (0.4). Estos dos últimos elementos se caracterizan además por su asociación con el Th y U.

Estas correlaciones con la triada Hf-Th-U no se manifiestan para las TR intermedias (Nd, Sm, Eu y Tb), siguiendo estas últimas a un grupo de elementos habitualmente relacionados entre si, tales como el Fe, Cu, Sc, Co e Y. Asociandose el Eu, además de con estos últimos, al V, P y Ti.

Así pues en función de las correlaciones que presentan las TR con el resto de los elementos químicos analizados, se pueden dividir a estas en dos grupos, por un lado se tendría a las más ligeras (La y Ce) que junto con las más pesadas (Yb y Lu) se correlacionan con el conjunto Hf-Th-U; y por otro lado estarían las que se podrían denominar intermedias que lo hacen con el grupo Cu-Fe-Sc-Co-Y, con la singularidad del Eu que también se correlaciona, como se ha comentado anteriormente, con el trío V-P-Ti.

Para el resto de los elementos las correlaciones más notables se tienen entre la triada Fe-Co-Sc, el par Ti-V y el Ca con el Sr y el Y, con coeficientes de correlación de 0.8. En el nivel inmediatamente inferior con valores de 0.7 aparece la pareja U-Th y el siguiente conjunto de elementos: Mg-Sr-Ti-Fe-V-Sc-Mg y Ti-Mg-V. Estas altas correlaciones son frecuentes entre estos elementos, denotando la similitud en cuanto a su comportamiento geoquímico.

Cartografía geoquímica monoelemental

Con objeto de conocer la distribución del Au y las Tierras Raras se ha realizado una sencilla cartografía geoquímica monoelemental. Se ha trabajado con valores reales, sin ningún tipo de interpolación; así, sobre la situación que ocupa cada muestra, se ha representado un circulo cuyo tamaño esta en función de la concentración del elemento dado. Se ha considerado el segmento de población situado aproximadamente entre los percentiles 30 y 99, dividiéndose

en nueve intervalos para su representación (figs. 8 a 18). Como información adicional, necesaria por otro lado para la interpretación, se han superpuesto en estas figuras la red hidrográfica así como los contornos litológicos.

Los valores más destacables del oro, como se ve en la figura 8, aparecen generalmente de modo disperso, salvo precisamente los de mayor intensidad que lo hacen en varias muestras tomadas a lo largo del arroyo de San Lazaro. Este cauce recoge por su margen derecha los materiales drenados de la ladera oriental de la sierra del Cordel, donde se encuentran situadas las labores de la mina Monchi. En un principio se pudiera asociar esta serie de valores a la actividad minera, pero resulta extraño que sus tributarios por su margen derecha que son los que están directamente afectados por la actividad extractiva, no presenten ningún valor destacable. Son las muestras número 15, 21, 23, 32 y 30, las que presentan concentraciones anómalas en oro, todas superan las 30 ppb alcanzando las más altas las 75 y 200 ppb respectivamente.

Como valor destacable aparece también el de la muestra número 84, con 54 ppb, si bien su importancia decrece al presentarse aislada. El resto de los valores significativos, la mayoría por debajo de las 20 ppb, aparecen diseminados y de manera puntual.

Analizando el conjunto de las gráficas de distribución de las Tierras Raras (figs. 9 a 18), se observa como se pueden dividir a estas en dos grupos en función de la zona donde aparezca su fondo geoquímico más alto.

Un primer grupo, formado por los elementos Eu-Sm-Tb-Nd-Y-Sc (figs.9 a 14), presentan sus concentraciones más altas en las muestras tomadas en el Plutón de Burguillos del Cerro; y un segundo grupo, compuesto por el Lu-Yb-La-Ce (figs. 15 a 18), lo hacen exclusivamente en su borde occidental. Para este segundo grupo, si bien sus valores más altos están en una zona periférica dentro del plutón, su fondo geoquímico en el mismo es sólo levemente superior al de las litologías del encajante. No ocurre lo mismo para el conjunto del Eu-Sm-Tb-Nd-Y-Sc, donde además de mostrar sus valores más altos en la roca ignea, presentan de igual modo su mayor fondo geoquímico, estando claramente diferenciado del resto.

Con objeto de poder visualizar de una manera sencilla estas dos asociaciones de TR y sus distribuciones diferenciadas, se ha elaborado un gráfico para cada conjunto, en el que se refleja el "factor de enriquecimiento" para cada asociación, entendiendo a este factor como el valor medio del sumatorio de los cocientes de la concentración de una TR dada, para cada muestra, dividido por el valor de fondo (media geométrica) para dicha TR. Estos dos gráficos se recogen en la figura 19.

Para el grupo formado por las Tierras Raras Ce-La-Yb-Lu, se puede ver como los mayores factores de enriquecimiento se tienen en el borde occidental del plutón, coincidiendo con la distribución de las litologias de la asociación diorítica de García Casquero (1995), formada básicamente además de por dioritas por cuarzodioritas y granodioritas, siendo dentro del CPBC una de las asociaciones de quimismo más ácido. Se puede apreciar también en la misma figura 19, como factores de enriquecimiento nulos, esto es, muy cercanos a 1, están repartidos por toda la zona estudiada. Todo lo contrario que lo que ocurre con el grupo del Sm-Nd-Eu-Tb-Sc-Y, para el que los factores de enriquecimiento superiores a 1, se encuentran exclusivamente dentro del

contorno del CPBC. Y además se tiene que este factor va aumentando según nos desplazamos hacia la zona más interna del Complejo dentro del área estudiada, coincidiendo sus valores más destacables con los gabros y gabronoritas de la asociación gabroica de García Casquero (1995).

Esta división de las Tierras Raras coincide con la realizada en el epígrafe anterior, en base a las correlaciones más significativas con los distintos elementos. Así, el grupo formado por los elementos Sm-Nd-Eu-Tb-Sc-Y, es el que presentaba sus correlaciones más altas con el conjunto Cu-Fe-Sc-Co-Y, asociación característica por otro lado del quimismo de carácter intermediobásico de la asociación gabroica del Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro. El segundo grupo destaca por sus altas correlaciones con el Hf, sobre todo el par Lu-Yb, atenuandose algo para el La y Ce. En su conjunto estas últimas TR presentan correlaciones medias con el Th y U. La correlación de este grupo de TR con los elementos Hf, Th y U coincide con el carácter más ácido de la asociación diorítica.

Se tiene de este modo una división de las Tierras Raras, tanto desde el punto de vista de su distribución, así como por los elementos que se correlacionan positivamente con las mismas. estando en concordancia estos hechos con las variaciones litológicas dentro del CPBC.

Muestras anómalas

Con objeto de conocer las muestras con un carácter marcadamente anómalo se ha procedido a realizar una cartografía de las mismas exclusivamente para los elementos de mayor interés en este estudio, el Au y las Tierras Raras.

Se ha seleccionado el segmento de las poblaciones superior al percentil 90 y se han realizado cortes en los percentiles 95, 98 y 99. Para las muestras situadas en el segmento de población superior al percentil 98, figura al lado del símbolo, el valor de la concentración del elemento que se considera. Esta cartografía de muestras anómalas componen las figuras 20 a 29.

Como se puede apreciar en la figura 20, las muestras anómalas para el oro ya han sido destacadas en el epígrafe anterior. Solo hay dos muestras por encima del percentil 98, las muestras 21 y 23 con 75 y 200 ppb respectivamente, ambas situadas en el arroyo de San Lázaro, donde aparecen también otras muestras con valores por encima de las 30 ppb. La posibilidad de que estén relacionadas estas muestras con la actividad de la mina Monchi se ha comentado anteriormente. El valor de la muestra 82, situado en el intervalo 50-70 ppb, si bien aislada. adquiere cierta relevancia al presentarse en la cabecera de un pequeño arroyo sin ninguna evidencia de actividad minera.

La semejanza ya señalada para las Tierras Raras, Yb, Lu, Ce y La; se pone de manifiesto de nuevo en las figuras 21 a 29, donde se puede ver como es en una misma muestra (la número 11) donde se tienen sus valores más altos para estos cuatro elementos. Si bien para el resto de las muestras anómalas hay un cierto paralelismo en este grupo de TR, este se hace mucho más acusado entre los pares La-Ce y Lu-Yb respectivamente. Cabe destacar de nuevo como la muestra 82 adquiere cierta singularidad, al presentar valores superiores al percentil 95 para el Lu e Yb, y por encima del 90 para el Ce. La coincidencia en este caso, de valores anómalos de Au

y este grupo de TR, no se manifiesta sin embargo en las muestras del arroyo de San Lázaro.

Para el resto de TR los valores superiores al percentil 90 siempre se encuentran situados sobre el Plutón de Burguillos del Cerro (figs. 25 a 29). La muestra 11, de nuevo, presenta el valor más alto para este grupo, a excepción del Eu que lo hace en la 93, muestra carente de importancia para los otros elementos. Para este grupo de Tierras Raras tampoco se tiene una coincidencia de valores anómalos junto con los del oro del arroyo de San Lázaro.

Análisis multivariante

Hasta el momento no se han tenido en consideración el resto de elementos químicos analizados con objeto de simplificar la presentación de los resultados, habiendo preferido focalizar nuestra atención exclusivamente en el Au y TR. Mediante el análisis factorial se integraran todos en el estudio, pues el objetivo de este tipo de análisis es encontrar nuevas variables (factores) en menor numero que las variables iniciales y que sean combinaciones lineales de las mismas, poniendo en evidencia las relaciones entre las variables, las relaciones entre las observaciones y las relaciones entre las observaciones y las variables. Así pues, en este análisis se va a reducir la matriz de datos al agruparse las variables correladas en diversos factores, ayudando de esta manera a la interpretación del conjunto de datos.

El Análisis Factorial de Componentes Principales para este grupo de muestras ha sido efectuado considerando los valores logarítmicos de las variables. Se han extraído cuatro factores previa rotación de los ejes factoriales, que en su conjunto explican el 64% de la varianza total del sistema. El resultado del mismo se tiene en la tabla 3 y de manera abreviada en el siguiente cuadro.

FACTORES	Saturaciones Factoriales (peso de las variables en cada factor)								
	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3			
Factor 1	Sc,Mg,Ti,Co,Fe	Sr,V,Ca,P,Y,Eu							
Factor 2	Yb,Lu,Ce	La,Hf,Nd,Sm	Tb						
Factor 3			Cu,Ni	As,Ba,Pb	Cr,Sb,Zn	Au			
Factor 4			Al,K,Rb,Cs		W				

Síntesis del resultado del Análisis Factorial

Con objeto de facilitar la interpretación del significado real de cada uno de los factores se ha procedido a representar la distribución de sus factores "score" (figs. 30 a 33). Se ha empleado el mismo sistema que en la cartografía geoquímica monoelemental.

El <u>primer factor</u> (fig. 30), de un marcado carácter litológico, agrupa a todos los elementos correlacionables con las litologías de la asociación gabroica del Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro (Sc, Mg, Ti, Co, Fe, Sr, V, Ca, P, Y y Eu) y es opuesto a la distribución del

As, K y U. Merece la pena señalar como el Eu se desliga del resto de las TR, agrupadas en el siguiente factor, para añadirse a este grupo de elementos. Seguramente puede explicarse este fenómeno debido a las características geoquímicas del Eu cuando adquiere valencia +2. Bajo condiciones reductoras, tales como las que se encuentran en el manto o la corteza inferior, el Eu puede existir en estado divalente. En este estado se produce un incremento en su radio iónico de alrededor de un 17%, haciéndose esencialmente idéntico al Sr²⁺. La consecuencia de esto es que el Eu²⁺ sustituye libremente al Sr en los feldespatos, notablemente en las plagioclasas-Ca, siendo esto una característica distintiva de su geoquímica comparada con otras TR.

Un <u>segundo factor</u> (fig. 31), agrupando a las TR, con una distribución intra-periplutónica, podría asociarse al principal emplazamiento de la asociación diorítica, que forma un semianillo en el borde occidental del CPBC, siendo por tanto un factor de marcado carácter litológico. Este factor parece representar de un modo fiel la distribución del grupo Yb-Lu-Ce-La, al manifestarse con una mayor intensidad en el borde suroccidental del plutón.

El Hf tiene también un gran peso en este factor, y esto probablemente sea debido a la abundancia de circón en las granodioritas más evolucionadas (García Casquero, 1995), ya que el Hf al asemejarse al Zr en sus propiedades químicas y en su tamaño iónico le acompaña siempre en la naturaleza formando un par de elementos de los más coherentes.

El <u>tercer factor</u>, probablemente de carácter mixto, se asocia por un lado a los materiales precámbricos de la Serie Negra y por otro, tiene cierta correlación con las mineralizaciones (fig. 32). Esto es deducible tanto por su distribución como por las variables que agrupa (Cu, As, Pb, Zn y Au entre otras). El carácter mixto de este factor se pone de manifiesto al observar como se presenta con su mayor intensidad en aquellas muestras anómalas para oro situadas en el arroyo de San Lázaro. Parece asociarse también este factor, como se puede ver en la figura 32, a las litologias de quimismo más básico dentro del plutón.

Por último, el <u>cuarto factor</u>, básicamente definido por el Al y K, además del Rb y Cs que siguen a este último elemento, es fácilmente asociable a las calizas y calcoesquistos del Cámbrico inferior (fig. 33), como se pone de manifiesto en las muestras tomadas en los arroyos que drenan las calizas y calcoesquistos sobre los que se modela la sierra de los Jacintos. Otros valores altos y aislados parecen también relacionarse espacialmente a esta litología.

Lo anteriormente descrito pone de manifiesto la utilidad de la distribución del segundo y tercer factor para la exploración geoquímica del oro y Tierras Raras en los "skarns" del Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro.

Formación de clases geoquímicas. Análisis Cluster

El análisis cluster va a permitir la formación de unas clases geoquímicas que agrupen muestras con alta similitud, adquiriendo cada una de estas clases un significado real. La clasificación se ha realizado sobre la población muestral utilizando el método de clasificación ascendente jerárquico. La clasificación se ha realizado en función de las puntuaciones factoriales de las muestras (factores "scores"), para los cuatro factores extraídos en el análisis factorial. Una vez establecido el dendrograma se han efectuado cortes a diferentes niveles de similaridad. Se ha podido comprobar como la clasificación más acorde a los rasgos geoquímicos del área se logra con la definición de tres clases, cuyas distribuciones se representan en la figura 34.

Se han calculado los parámetros estadísticos básicos y la matriz de correlación para cada clase, los resultados se recogen en las tablas 5 a 7. En base a estos datos se ha podido caracterizar a cada clase, además de por su distribución, por sus fondos geoquímicos monoelementales más significativos, considerando como valor del fondo la media geométrica. El resultado de esta clasificación en cuanto a los fondos geoquímicos para cada clase queda resumido en el siguiente cuadro.

CLASE	CONTENIDOS					
CLASE	Destacables	Significativos	Relevantes			
1		W,Ta	K,Cs			
2	Au,As	U,Cu,Br				
3	V,Ti	Co,Fe,Sc,Ca,P,Mg,Y	Cr,Mn,Sr			

Contenidos químicos que caracterizan a cada clase

Destacables: duplican al menos al de otras clases. Significativos: superiores entre un 50-100%. Relevantes: entre un 30-50% superior a cualquier otra clase.

La <u>Clase 1</u> es la más numerosa al agrupar 68 muestras y se caracteriza por presentar fondos geoquímicos significativos para el W y el Ta, y relevantes para el K y Cs. Por su distribución, como se puede observar en la figura 34, se podría asociar esta clase, de una manera genérica, a las litologías sedimentarias sobre las que encaja el Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro.

La <u>Clase 2</u>, definida por 20 muestras, presenta unas concentraciones para el Au y As que duplican al de las otras clases, acompañando a estos dos elementos y con valores significativos se tiene al U, Cu y Br. Observando la distribución de estas 20 muestras se ve como la mayor parte se sitúan en la zona más occidental del área estudiada, tanto en las litologías de la Serie Negra como sobre los materiales plutónicos. Analizando esta distribución con más detalle, se ve como la mayoría de las muestras situadas sobre el plutón se han tomado en arroyos que previamente han drenado los materiales detríticos del Cámbrico Inferior. Esto induce a pensar que esta clase se puede asociar a la Serie Negra, y más concretamente a sus niveles cuarcíticos, pues es entorno a estos materiales donde se manifiesta con mayor persistencia. Ahora bien, no se debe de perder de vista que muestras pertenecientes a esta clase aparecen netamente en el contexto del CPBC sin ninguna influencia externa.

Evidentemente serían las muestras que forman esta clase las más interesantes a la hora de prospectar oro, tanto por presentar su mayor fondo como por el hecho de que es en la misma

donde se encuentran las muestras con valores anómalos más altos.

Las 28 muestras que agrupa la <u>Clase 3</u> se encuentran situadas dentro del CPBC y para ser más exactos es más frecuente su presencia en zonas internas del mismo. Esta distribución parece ajustarse a la de las litologías de la asociación gabroica de García Casquero (1995). Y esto concuerda con el hecho de que para esta clase se tengan unos valores destacables en V y Ti, significativos en Co, Fe, Sc, Ca, P, Mg e Y, y relevantes en Cr, Mn y Sr; conjunto de elementos que forman un cortejo geoquímico característico de rocas ígneas de quimismo intermedio-básico.

Elemento	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Au (ppb)	3.74	10.4	3.19
La	36.3	37.9	35.5
Ce	70.3	72.5	71.9
Nd	29.5	28.8	33.8
Sm	5.84	5.62	7.54
Eu	1.68	1.60	2.31
Tb	0.89	0.83	1.24
Yb	3.43	3.50	3.96
Lu	0.53	0.52	0.60

Contenido en Au y TR para cada Clase

En negrita los contenidos destacables, en *bastardilla* cuando son solo ligeramente superiores al resto.

Esta Clase 3 también se caracteriza por sus contenidos en Tierras Raras como se puede ver en el cuadro precedente. Así, presenta unos contenidos destacables para el Nd, Sm, Eu y Tb, y solo ligeramente superiores para el Yb y Lu. Como se recordará, este enriquecimiento en lo que se podría llamar Tierras Raras Intermedias, asociado a la zona central del Complejo, ya se puso de manifiesto en el apartado de la cartografía geoquímica monoelemental para el conjunto de las TR.

RESULTADOS DE LA EXPLORACION GEOQUIMICA UTILIZANDO CONCENTRADOS DE BATEA

En cada una de las 116 estaciones de muestreo en la red hidrográfica, se procedió al bateado de 10 litros de sedimento; de este concentrado mediante cuarteo se obtuvieron dos partes, una se destino al estudio mineralométrico y la otra a su análisis químico. A continuación se exponen los resultados generados en cada uno de estos estudios para el mismo tipo de muestra.

Resultados de la exploración en base a los datos del estudio mineralométrico

En este apartado se trata sobre los resultados de la exploración geoquímica cuando para ello se ha utilizado los datos del estudio mineralométrico de los concentrados de batea. Las variables por tanto, en esta ocasión, serán los minerales observados mediante lupa binocular, teniendo sus valores un carácter semicuantitativo por la propia naturaleza del estudio. El resultado concreto del estudio mineralométrico de las 116 bateas queda recogido en el Anexo 3.

La secuencia del análisis mineralométrico se inicia con la pesada del concentrado total, continua con la separación mediante bromoformo de dos fracciones de distinta densidad denominadas ligera y pesada, y por último, de la fracción pesada se separa la fracción magnética de la remanente diamagnética. Finaliza esta secuencia con la pesada de cada una de las distintas fracciones obtenidas.

El reconocimiento y estimación semicuantitativa de los distintos minerales presentes en la fracción pesada se realiza a continuación mediante lupa binocular.

En el tratamiento de estos datos, se van a considerar como si de valores cuantitativamente precisos se trataran, pero no se debe de olvidar su carácter semicuantitativo, sujeto al conocimiento y subjetividad del especialista que realizó el estudio.

Análisis mono y bivariante

Como es de esperar no todos los minerales aparecen en todos los concentrados de bateas ni siquiera aquellos que se pueden considerar como principales componentes petrográficos, así los más frecuentes en el área estudiada son el circón, cuarzo, granate, ilmenita, magnetita, monacita, allanita y hornblenda; todos estos minerales aparecen en más de un 75% de las bateas estudiadas. De este grupo cabe destacar la alta frecuencia con la que se presenta la monacita y sobre todo la allanita.

En el otro extremo, minerales con una frecuencia de aparición por debajo de un 10%, se tiene al apatito, blenda, epidota, moscovita, oro, pirita, xenotimo y agregados micaceos. Evidentemente la presencia de un mineral en un concentrado de batea no esta relacionada exclusivamente con su abundancia natural, al estar afectada esta por otros factores tales como su inalterabilidad frente a procesos químicos, su resistencia física al trasporte así como su densidad.

Porcentaje de bateas	Minerales detectados
> 75%	Circón, Cuarzo, Granate, Ilmenita, Magnetita, Monacita, Allanita, Hornblenda
50-75%	Biotita, Hematites
25-50%	Cinabrio, Rutilo, Scheelita, Turmalina
10-25%	Andalucita
< 10%	Micas, Apatito, Blenda, Epidota, Moscovita, Oro, Pirita, Xenotimo

Minerales observados y su presencia porcentual en bateas

Entre estos dos grupos extremos se encuentran unos minerales que presentan unas frecuencias de aparición intermedias, así se tiene a la biotita y hematites entre 50-75%, el cinabrio, rutilo, scheelita y turnalina (25-50%); y por último la andalucita en el intervalo 10-25%.

El oro solamente se ha podido reconocer en seis bateas, mereciendo la pena contrastar este dato con el hecho de que en el análisis químico de los concentrados, su presencia por encima del límite de detección de 2 ppb se manifiesta en más del 40% de las ocasiones.

De estas seis bateas cuatro dan concentraciones destacables en el análisis químico llamando la atención que es justo la que da mayor cantidad de oro en el estudio mineralométrico una de las dos que prácticamente están en el límite de detección de 2 ppb en su análisis químico.

A la hora de realizar los cálculos de los parámetros estadísticos monominerales y de los coeficientes de correlación (tablas 8 y 9), se ha estimado oportuno seleccionar exclusivamente los minerales con frecuencias superiores a un 50%, no teniendo en cuenta además las muestras donde no estuvieran presentes. De esta manera lo que se establece en estos cálculos es la abundancia media de los minerales cuando aparecen, así como sus correlaciones bajo la misma condición.

	Parámetros estadísticos				
Mineral	nº de bateas	media aritm.	media geom.	m.aritm./ /m.geom.	
Biotita	72	1.3	0.2	6.5	
Circón	113	4.8	2.2	2.2	
Cuarzo	114	5.9	2.6	2.3	
Granate	106	7.5	2.3	3.3	
Hematite	68	2.2	0.6	3.7	
Ilmenita	115	36.3	15.0	2.4	
Magnetita	115	30.5	10.4	2.9	
Monacita	95	2.8	0.6	4.7	
Allanita	95	2.6	0.4	6.5	
Hornblenda	109	11.0	2.9	3.8	

Parámetros estadísticos básicos monominerales

Analizando el cuadro resumen de los parámetros estadísticos se ve como la media aritmética para cada uno de los minerales es normalmente 2 o 3 veces superior a la media geométrica, lo que denota poblaciones con una basta dispersión, siendo esto una de sus principales características.

Considerando en esta ocasión a la media aritmética como valor más representativo de la abundancia media, se tiene que la ilmenita y magnetita con valores superiores a los 30 gr por

10 litros de sedimento bateado, son los minerales más abundantes. Les sigue el grupo formado por la hornblenda, granate, cuarzo y circón, con valores entre 5 y 10 gr por concentrado; y con cantidades inferiores a los 5 gr aparecen la biotita, hematites, monacita y allanita.

El cuarzo y la hornblenda son los minerales que presentan un mayor coeficiente de correlación alcanzando el 0.9, le sigue a continuación el par hornblenda-ilmenita con un 0.8 (tabla 9'). Un numeroso grupo de minerales están intercorrelacionados con coeficientes de 0.7 de la manera que se representa en el siguiente esquema.



En definitiva se puede afirmar que los minerales más frecuentes en las bateas presentan unas correlaciones bastante elevadas entre sí. En concreto si nos fijamos en los minerales susceptibles de contener TR, se tiene que la monacita y la allanita además de estar intercorreladas presentan correlación destacable con la hornblenda, y la allanita además lo hace con la magnetita.

Distribuciones monominerales

En este apartado se han tenido en cuenta los minerales más importantes desde el punto de vista petrográfico así como desde el del interés económico. Las distribuciones de estos minerales están reflejadas en las figuras 35 a la 44.

Se puede apreciar en estas figuras como las distribuciones de los minerales más abundantes -magnetita e ilmenita-, son similares tanto en los valores de fondo como en lo que respecta a los más destacables. Son exactamente las mismas muestras las que presentan los valores anómalos para ambos minerales, al igual que son todas las muestras situadas sobre el CPBC las que presentan unos contenidos medios más elevados (figs. 35 y 36). La hornblenda, si bien tiene una distribución parecida a los anteriores, no presenta una coincidencia tan exacta en sus valores máximos (fig. 37).

En su conjunto, para todos los minerales estudiados, como cabria esperar debido a sus altos coeficientes de correlación, se tienen unas distribuciones hasta cierto punto similares, haciéndolas semejantes el hecho de que es justo en las muestras tomadas sobre el plutón de Burguillos donde aparecen los valores más destacables. Si bien cabe mencionar, que algunos minerales muestran dentro del plutón ciertas zonas preferenciales para manifestarse con mayor intensidad, como por ejemplo la biotita y el circón (figs. 38 y 39).

Un mineral de este tipo es la allanita (fig. 43). Como se puede apreciar por su

distribución, es justo al sur del plutón, en una zona de gabros, donde presenta sus contenidos máximos. Para la monacita sin embargo estos valores se manifiestan en la mitad occidental del plutón, si bien de una manera puntual y aislada. Tanto para la allanita como para la monacita, se tiene que estos valores anómalos no están necesariamente relacionados con alguna de las labores mineras existentes en el área.

Tan solo en seis concentrados de bateas se ha podido reconocer la presencia de oro, y en ninguno de los casos esta relacionado con concentraciones destacables de monacita ni de allanita, por lo que su correlación con las TR -como minerales portadores que son- se puede deducir que es bastante escasa. Además no ha habido reconocimiento de oro en ninguno de los arroyos que drenan las areas donde han existido labores mineras, por lo que se deduce de este estudio mineralométrico la ausencia de correlación con este tipo de mineralizaciones.

En tres ocasiones este mineral se ha encontrado relacionado con los materiales precámbricos de la Serie Negra, y más concretamente con sus niveles más cuarcíticos, como se pone de manifiesto tanto al NW como al SE del área estudiada (fig. 44). Es precisamente en la muestra de esta última zona, en la única donde la presencia de oro coincide con valores destacables en Tierras Raras, según los resultados del análisis químico de estos concentrados, como se verá más adelante. Es además en esta batea, situada en un arroyo de la ladera sur de la sierra de Don Ezequiel, en la única que se ha detectado la presencia de xenotimo.

La batea numero 67, situada en las pizarras y esquistos del Cámbrico inferior muy cerca del límite sur del plutón, presenta la singularidad de haberse detectado oro, y estar en una zona donde el cinabrio aparece de una manera constante en estos concentrados. Esta zona adquirirá una mayor importancia, al comprobar con los resultados generados en el análisis químico de estos concentrados, como la presencia de oro es muy significativa.

Análisis multivariante

De la misma manera que en el apartado anterior, se han considerado exclusivamente para el análisis multivariante a los minerales que al menos están presentes en más de un 50% de las bateas. El método utilizado ha sido el mismo que el empleado en el análisis multivariante de los sedimentos. El análisis se ha realizado sobre toda la población muestral, y en cuanto a las variables se han considerado las diez que cumplen el requisito antes enunciado.

El análisis se ha efectuado considerando los valores naturales de las variables, habiéndose extraído tres factores previa rotación de los ejes factoriales. En su conjunto, estos factores explican el 74% de la variabilidad del sistema, valor que se estima suficiente como resultado de este tipo de análisis.

En el cuadro siguiente queda expresado de manera resumida el resultado del análisis factorial para el estudio mineralométrico de las bateas.

FACTOR	Saturaciones Factoriales			
PACIOR	0.8	0.7		
Factor 1	Magnetita, Monacita	Ilmenita, Circón		
Factor 2		Biotita, Hematites		
Factor 3 (neg.)	Cuarzo, Hornblenda	Allanita		

Síntesis del Análisis Factorial para el estudio mineralométrico

Para una mejor compresión del significado real de estos factores se ha realizado la representación de su distribución en el área de estudio. Estas representaciones están basadas en el valor que adquiere cada uno de los factores extraídos para cada una de las muestras, esto es lo que se denomina factores "score". Para una mejor visualización de las distribuciones factoriales, se ha superpuesto a una malla de interpolación de los mismos sus valores puntuales, expresados en relación directa al tamaño de un símbolo (figs. 45 a 47).

El <u>Factor 1</u> que agrupa a los minerales magnetita y monacita, con saturación factorial de 0.8, y a la ilmenita y circón con 0.7, explica un 36% de la variabilidad del sistema. Los valores "score" más elevados corresponden a muestras con unos contenidos muy elevados en estos minerales, y como se puede observar en la figura que representa su distribución, estos valores se encuentran dentro del plutón (fig. 45). El hecho de que las poblaciones de los minerales presenten una dispersión extrema, como ya se ha comentado, provoca que la distribución de los factores también presente una característica similar. Así se puede ver como solo tres o cuatro muestras son las que destacan sobremanera del resto, las cuales estarán caracterizadas por presentar unas concentraciones tremendamente anómalas de estos minerales. Esto es fácilmente comprobable revisando las distribuciones monominerales que se trataron en el apartado anterior.

Estos máximos de tal intensidad también aparecen en la distribución del <u>Factor 2</u>, en esta ocasión son la biotita y los hematites los minerales que presentan mayores saturaciones factoriales, logrando explicar en su conjunto el 13% de la variabilidad del sistema. Como se puede ver en la figura 46, su distribución presenta una alta variabilidad dentro de las litologías del CPBC, donde se tiene por un lado algunos sectores definidos por máximos, y por otro, algunas muestras aisladas con mínimos inmediatamente al lado de estos. En los materiales del encajante se tienen unos valores intermedios.

Por el tipo de distribución que presentan tanto el Factor 1 como el Factor 2 es difícil asignarles a una determinada litología, estructura o a cierto fenómeno, pues a excepción de esos máximos, generalmente aislados, para el resto de la zona apenas se tienen contenidos diferenciadores. Esto no ocurre sin embargo, como se verá a continuación, para el Factor 3.

Este <u>Factor 3</u> tiene un carácter negativo, como denota el signo de sus mayores saturaciones factoriales, y agrupa al cuarzo, hornblenda y allanita, siendo el segundo factor en importancia tanto por el porcentaje de variabilidad explicada (25%), como por su valor propio. Atendiendo a su distribución, se aprecia de una manera clara como es en el CPBC donde además

de presentar esos máximos, ya característicos, da unos valores medios claramente superiores a las litologías del encajante (fig. 47). Esta distribución se asemeja a la del primer factor extraído en las muestras de sedimentos, factor que se ha definido como de un marcado carácter litológico relacionado con la asociación gabroica del CPBC.

Reconsiderando el objetivo de este trabajo, serán los factores 1 y 3, al tener un gran peso en ellos la monacita y la allanita respectivamente, los más útiles en la prospección geoquímica de Tierras Raras en este contexto geológico. Si bien no se puede olvidar que minerales que pueden ser significativos en este tipo de prospección no se pueden tener en cuenta en un análisis multivariante al detectarse exclusivamente en un reducido numero de bateas, habiéndolos de considerar por tanto de forma individualizada. Como ejemplo de esto se puede citar en este caso el xenotimo, detectado en una sola muestra situada en una zona con valores interesantes de Tierras Raras.

Formación de clases geoquímicas. Análisis Cluster

Teniendo por finalidad agrupar a las muestras que presentan cierto de grado de similitud en base a su contenido mineral, se ha realizado un análisis cluster sobre la población muestral mediante el método de clasificación ascendente jerárquica. Esta clasificación ha sido realizada en base a las puntuaciones factoriales de las muestras para los factores previamente extraídos en el análisis multivariante.

Una vez obtenido el dendrograma, se han realizado diferentes cortes para generar clasificaciones con distinto numero de clases, y así se ha podido comprobar que la clasificación más acorde a las características de la zona es aquella basada en la existencia de cuatro clases.

La pertenencia de una muestra a una clase dada, así como la distribución de estas clases queda reflejado en la figura 48. De la comparación de esta figura con las de las distribuciones factoriales (figs. 45 a 47), se puede deducir como las muestras pertenecientes a las clases 1, 2 y 3 se corresponde respectivamente con las muestras más significativas para cada uno de los tres factores. Estando la <u>Clase 4</u> formada por un gran numero de muestras, que se caracterizan por presentar unos valores digamos que "normales", esto es, sin ser extraordinariamente altos, para el conjunto de los factores. En definitiva, al igual que ocurría en el análisis factorial estos valores altamente singulares están condicionando de gran modo el resultado de estas técnicas de tratamiento estadístico.

Se puede afirmar por tanto, en base a la semejanza con los factores, que las muestras de la <u>Clase 1</u> contendrán gran cantidad de magnetita, monacita, ilmenita y circón; las de la <u>Clase 2</u> se caracterizarán por sus contenidos en biotita y hematites; y por último las 13 muestras de la <u>Clase 3</u> por sus valores para el cuarzo hornblenda y allanita.

Resultados de la exploración en base a los datos del análisis químico de los concnetrados de batea

A continuación se presentan los resultados de la exploración cuando se emplean los datos generados en el análisis químico de las bateas, estos datos analíticos quedan recogidos en el Anexo 2. Tanto el tratamiento como la presentación de los resultados será similar a lo realizado con las muestras de sedimentos. Este tratamiento se iniciará con el cálculo de los parámetros estadístico elementales, y la realización de la cartografía geoquímica monoelemental de las distintas poblaciones, así como de las muestras anómalas; a continuación y con carácter multivariante se realizará un análisis de componentes principales y una clasificación de las muestras para la formación de clases geoquímicas.

Análisis mono y bivariante

En la tabla 10 se recogen los parámetros estadísticos básicos para los elementos que han sido analizados en los concentrados de bateas. Considerando de igual modo, como se hizo con los sedimentos, que la media geométrica es el valor más representativo para caracterizar el fondo geoquímico; se puede ver como los contenidos medios para la mayoría de los elementos ha aumentado considerablemente en este tipo de muestra, consecuencia lógica de la preconcentración realizada en la obtención de la muestra.

En el siguiente cuadro queda reflejado el incremento en los contenidos medios del Au y las Tierras Raras cuando se emplea en la exploración concentrados de bateas.

Flomento	Conteni	dos medios	Relación
Elemento	Bateas	Sedimentos	Bateas/Sedimentos
Au (ppb)	17.1	4.3	3.97
La	105.9	36.4	2.91
Ce	208.0	71.0	2.93
Nd	83.4	30.4	2.74
Sm	16.1	6.2	2.60
Eu	3.1	1.8	1.72
Tb	1.6	1.0	1.60
Yb	9.4	3.6	2.61
Lu	1.5	0.5	3.00
Sc	28.3	18.5	1.53
Y	43.4	18.6	2.33

Comparación de contenidos en Au y TR entre bateas y sedimentos

De todos los elementos es el oro el que presenta un mayor incremento en los concentrados de bateas, ya que llega a cuadriplicarse su valor medio. Para la mayoría de las Tierras Raras se tienen factores de enriquecimiento comprendidos entre 2.5 y 3, salvo el Tb y Eu que se quedan

en solo 1.6 y 1.7 respectivamente.

No todos los elementos presentan este enriquecimiento en los concentrados de batea, así el Ba, Br, Cs, Na, Rb, Ni, Sr, Mg, Al y K, manifiestan precisamente un comportamiento opuesto, alcanzando sus mayores fondos geoquímicos en la fracción inferior a 80 mallas de los sedimentos. Otra serie de elementos como el Hg, Cu, Cd, Bi, Ca y P; aparecen en estos dos tipos de muestras con unos contenidos medios similares.

Una característica de las poblaciones del Au y las TR en estos concentrados de bateas es el incremento de la diferencia entre la media aritmética y la geométrica, debido a la existencia de un elevado numero de muestras con valores excepcionalmente altos para estos elementos, lo cual produce esa divergencia entre los dos tipos de medias. Así, como se puede ver en el cuadro adjunto, la relación para el oro entre la media aritmética y geométrica, pasa de un valor de 1.98 en sedimentos a 29.45 en bateas.

	Bateas			Sedimentos		
Elemento	media aritmética	media geométrica	m. aritm./ /m.geom.	media aritmética	media geométrica	m. aritm./ /m. geom.
Au (ppb)	503.6	17.1	29.45	8.5	4.3	1.98
La	192.7	105.9	1.82	37.2	36.4	1.02
Ce	338.1	208.0	1.63	72.5	71.0	1.02
Nd	129.4	83.4	1.55	31.1	30.4	1.02
Sm	23.2	16.1	1.44	6.3	6.2	1.02
Eu	3.9	3.1	1.26	1.8	1.8	1.00
Tb	2.8	1.6	1.75	1.0	1.0	1.00
Yb	11.9	9.4	1.27	3.6	3.6	1.00
Lu	2.0	1.5	1.33	0.6	0.5	1.20
Sc	31.0	28.3	1.09	19.9	18.5	1.07
Y	48.5	43.4	1.12	20.1	18.6	1.07

Diferencias de las poblaciones de Au y TR entre las muestras de sedimentos y bateas

Para las TR apenas se tienen diferencias entre la media aritmética y la geométrica en las muestras de sedimentos, como denota sus relaciones cercanas a 1; sin embargo, en los concentrados de bateas esta relación se incrementa para todas ellas. Por lo tanto se puede afirmar que para este tipo de muestra las poblaciones presentan una mayor dispersión.

Como se aprecia en el siguiente cuadro el Au mantiene sus correlaciones positivas más altas, además de con el conjunto de las TR, con el Ta, W, U y Th. Si bien hay que decir que no son correlaciones muy estrechas, pues para todos estos elementos los coeficientes de correlación se encuentran solo entre un 0.3-0.4. Para un mejor conocimiento de las relaciones del Au con estos elementos, se ha estimado oportuno realizar una serie de gráficos de nubes de puntos, en los que se puede apreciar de una manera más comprensible la correlación entre el Au y las TR -

a modo de ejemplo el La y Nd-, y los elementos Ta y W (fig. 49). En estas gráficas se pueden ver, sin la frialdad que conlleva el ajuste a una recta de esta nube de puntos, el carácter débil de estas correlaciones. De cualquier manera se estima que este dato es de interés para la exploración del Au posiblemente asociado a los skarns mineralizados en este contexto geológico.

Se observa también en el mismo cuadro el tipo de correlación para las Tierras Raras. De nuevo, al igual que para las muestras de sedimento, se pone de manifiesto la estrecha correlación existente entre todo el grupo, alcanzando coeficientes de hasta 0.9 entre los elementos pertenecientes bien al conjunto de las Tierras Raras Ligeras (TRL) o bien al de las Tierras Raras Pesadas (TRP).

Las TR más ligeras presentan correlaciones altas con el Th y el U, y las de mayor número atómico, dentro de este grupo, también lo hacen con el W. Las dos TR más pesadas (Yb y Lu), se caracterizan por su alta correlación con el Hf, además de con el Th y U, al igual que el resto de los elementos pertenecientes a este grupo.

Flomento		Coeficiente de correlación														
Elemento	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3									
Au						La, Ce, Nd	Sm,Eu,Yb, Lu,Ta,W,U ,Th									
La	Ce,Nd,Sm	Eu	Yb	Th,U,Tb,Lu,Y												
Ce	La.Nd.Sm	Eu	Yb	Th,U,W,Tb,Lu												
Nd	La,Ce,Sm,Eu		Yb,Y	Th,W												
Sm	La,Ce,Nd,Eu	Y	Yb	W,Lu												
Eu	Nd,Sm	La,Ce	Y	Tb,Yb,Lu												
Tb				La,Ce,Nd,Sm,Eu	Yb,Lu,Y											
Yb	Lu		Hf,La,Ce,Nd, Sm,Y	Th,U,Eu	As,Tb											
Lu	Yb		Hf,Th,U,Y	La,Ce,Nd,Sm,Eu												

Correlaciones más significativas para el Au y TR

En el estudio mineralométrico de las bateas, como ya se ha descrito, la primera operación que se realiza es la pesada del concentrado; se ha estudiado si el peso de este concentrado pudiera estar relacionado con la concentración de algunos elementos analizados, y se ha visto que efectivamente así es al menos para los elementos de mayor interés en este trabajo - las Tierras Raras-, y los que se correlacionan con este grupo. Como se puede apreciar en las gráficas de la figura 50, y tomando como ejemplo del grupo de las Tierras Raras al La y el Lu - la más ligera y la más pesada-, se puede ver la correlación negativa que existe entre la concentración de estos correlacionados con las TR, se ha representado el U, quedando de manifiesto también la existencia de esta correlación

negativa. Con respecto al Au, si bien los contenidos más altos se presentan en unos concentrados de escaso peso, no es tan clara esta relación.

Una primera explicación a este fenómeno pudiera ser la efectividad del proceso manual de bateado, así cuando el mismo es más eficaz, lógicamente los elementos asociados a las fases minerales más pesadas van viendo incrementarse su concentración en la fase residual a la vez que se va reduciendo el peso de la misma.

Cartografía geoquímica monoelemental

Se han mantenido para la realización de esta cartografía geoquímica monoelemental los mismos criterios y tipo de representación que los utilizados para las muestras de sedimentos. Se han considerado de una manera individual exclusivamente los elementos que son objeto de prospección en este estudio, el Au y las Tierras Raras.

La distribución del oro, como queda puesto de manifiesto en las figuras 51 y 52, presenta una zona de gran interés definida por la muestras número 67, 81 y 86 con 5160, 7390 y 4020 ppb respectivamente, acompañadas por otras secundarias pero también con concentraciones destacables, tales como las muestras 66, 68, 69 y 70, con contenidos situados entre 700 y 1400 ppb. Estas muestras se extienden por una superficie algo mayor de 1 km², estando la mayoría tomadas en pequeños arroyos tributarios de la ribera de los Frailes, en zonas donde no se conocen labores mineras, por lo que queda descartada cualquier asociación de estos valores con dicha actividad. Desde el punto de vista geológico esta zona presenta cierta diversidad. Así, la muestra que alcanza las 7390 ppb se ha tomado en un punto donde el cauce corta el contacto entre unos granitos albíticos y los materiales ígneos del Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro, la que le sigue en importancia con 5160 ppb, en un pequeño arroyo prácticamente afectado en su totalidad por las pizarras y esquistos del Cámbrico inferior, salvo un reducido afloramiento de materiales del CPBC. La última muestra más destacable, con sus 4020 ppb, tomada en un arroyo con una área de influencia aun menor que el anterior, coincide con las otras dos muestras al haber sido tomada a la altura del contacto de dos litologías, en este caso, las pizarras y grauvacas de la Serie Negra (PC) y los granitos albíticos, mereciendo la pena destacar también la existencia de un pequeño afloramiento del CPBC.

En definitiva esta zona se caracteriza por presentar agrupados altos valores de oro, en un área con diversas litologías en poco más de 1 km².

A unos 2 km al sur, situada también en un cauce tributario de la ribera de los Frailes, se tiene una muestra con 11300 ppb en Au, tomada a la altura de una discontinuidad estructural que afecta a los granitos albíticos, donde cabe destacar también la cercanía de las cuarcitas de la Serie Negra por su posible correlación con esta litología como se desprende del estudio mineralométrico. Otra muestra de interés, con 4010 ppb, se tiene a 2 km al SE, discurriendo el arroyo en la que se tomó por materiales detriticos de la Serie Negra, reforzando esta posible correlación.

En la parte noroccidental de la zona estudiada aparecen dos muestras aisladas con valores

en torno a las 5000 ppb, pero tanto por estar distantes entre si como por ser muestras de un cauce principal, con el consiguiente problema a la hora de definir la procedencia del oro, pierden interés. Cabe destacar por último en lo referente al oro, que estos valores significativos ya comentados corresponden a muestras situadas en zonas donde no se puede pensar en la existencia de contaminación debido a la ausencia de labores mineras.

Analizando los gráficos correspondientes a la distribución de las TR, y como cabria esperar conociendo los altos coeficientes de correlación existente entre ellas, se observa como presentan un paralelismo en cuanto a su presencia en la zona estudiada (figs. 53 a 60). Si bien esto es cierto, también se aprecia cierta evolución en el modo de manifestarse según se avanza en el grupo, esto es, según se pasa de las Tierras Raras Ligeras a las Pesadas. Así, para todas las Tierras Raras se observa como es al SW del área de estudio, concretamente en los arroyos que drenan hacia el sur los materiales de la Serie Negra que conforman la sierra de Don Ezequiel, en los que discurren al oeste de la misma, y en los arroyos tributarios de la ribera de los Frailes (donde el oro se manifiesta con mayor intensidad); donde se encuentran los valores más altos para las TR. Si bien cabe matizar que la importancia de estas concentraciones decrece cuando estamos hablando de las TR más pesadas.

Para estas últimas se tiene una zona en la que se incrementa su importancia según aumenta el número atómico de la TR considerada, es justo el valle situado al W de la sierra del Cordel, por donde discurre el arroyo de la Cañada, que drena por su margen derecha los materiales detríticos precámbricos y por la izquierda los ígneos del CPBC (figs. 58 a 60).

Se ha realizado también la cartografía geoquímica de los elementos Y y Sc, al ir generalmente asociados a las Tierras Raras. En esta ocasión esto es así para el Y pero no para el Sc, el primero presenta un paralelismo en su distribución con las TR (fig. 61), el segundo no lo hace, presentando un fondo geoquímico claramente diferenciador en la litologías del CPBC (fig. 62).

Salvo en un par de arroyos que discurren al E de la sierra de Don Ezequiel y que en su cabecera pudieran estar afectados por unas labores mineras, el resto de las zonas donde aparecen las concentraciones más altas de TR están exentas de este tipo de influencias.

Muestras anómalas

Del mismo modo que en el epígrafe anterior se han mantenido para la representación de las anomalías de Au y TR los criterios y tipos de gráficos utilizados con las muestras de sedimentos.

En la descripción realizada para el oro en el punto anterior, ya se han mencionado las muestras con valores más elevados, su situación y entorno geológico. Se recuerda, no obstante, la existencia de esa zona con una serie de muestras anómalas agrupadas en un área con diversas litologías en una superficie de algo más de 1 km², con su muestra más significativa superando las 7300 ppb. De igual modo se vuelve a mencionar esa muestra con el máximo contenido en oro, alcanzando las 11300 ppb, tomada en un arroyo que puede recoger tanto la influencia de los

materiales de la Serie Negra como del granito albítico, y que si bien es una muestra aislada, al ser la cuenca de recepción bastante pequeña permite tener muy localizada el área de procedencia del elemento.

Se ha estimado conveniente la representación de las muestras anómalas de los elementos que presentan las mayores correlaciones con el oro, además de las TR; tales como el W, Ta, U y Th (figs. 64 a 67). Analizando la distribución de sus muestras anómalas, se puede apreciar como en la muestra de 11300 ppb de oro se tienen valores excepcionalmente altos para Ta y W, con 2700 y 9700 ppm respectivamente, lo que le confiere a esta muestra numero 77 una gran notoriedad. De igual modo, se puede apreciar como valores claramente anómalos de W y U, y superiores al percentil 90 para el Th; acompañan al oro en las tres muestras tomadas en el arroyo donde aparece su valor de 7300 ppb.

Para todas las Tierras Raras Ligeras, y las Pesadas a excepción del Yb y Lu, son las muestras 99 y 100, situadas en sendos cauces en la ladera sur del cerro de El Guijo, en la sierra de Don Ezequiel; las que presentan los dos valores máximos para estos elementos (figs. 68 a 73). Valores por encima del percentil 90, para este conjunto de elementos, suelen aparecer en las muestras anómalas para oro mencionadas en el párrafo anterior. Lo que pone en evidencia cierta correlación del Au y las TR en este tipo de muestras, pudiéndose utilizar esto como ayuda en la exploración.

El Yb y de manera aun más clara el Lu, trasladan la presencia de sus valores máximos al arroyo de las Cañadas o algunos de sus tributarios, presentando su valor más destacable ambos elementos en un pequeño arroyo al SW de la Sierra del Cordel (muestra 11), que no parece estar afectado por la actividad extractiva de la Mina Monchi, al situarse estas labores en la ladera oriental de la sierra (figs. 74 y 75). Estos elementos están ausentes con valores significativos de la zona donde se agrupan varias muestras anómalas para oro.

A modo de síntesis se han realizado unos gráficos que reflejan la distribución del factor de enriquecimiento o concentración de las Tierras Raras y su correlación con la presencia de Au (figs. 76 y 77). Se han representado de manera independiente los factores de enriquecimiento de las TR Ligeras (fig.76) y de las TR Pesadas (fig. 77). De la observación de ambos gráficos se puede afirmar que factores de enriquecimiento superiores a 1, para ambos conjuntos, se encuentran básicamente en las litologías del encajante del CPBC. La distribución de estos factores es similar para las TR Ligeras y las Pesadas, presentando sus máximos al sur de la sierra de Don Ezequiel y al oeste del CPBC, adquiriendo mayor importancia esta zona para las TRP.

En estas gráficas también se pone de manifiesto una cierta relación del Au con las TR al encontrarse los valores más altos del elemento en las zonas con mayor factor de enriquecimiento para las TR o en sus proximidades.

Análisis multivariante

En la realización del análisis factorial se ha considerado toda la matriz de datos sin excluir ninguna variable ni muestra. Los cálculos se han realizado teniendo en cuenta el valor

logarítmico de las variables, y después de diversos ensayos en los que se ha extraído un diferente número de factores se ha podido comprobar que con cuatro quedan definidas las características geoquímicas de la zona de estudio. La extracción de estos cuatro factores se ha realizado previa rotación de los ejes factoriales para obtener la estructura factorial más sencilla y así facilitar la interpretación de los factores. En su conjunto estos factores explican el 55% de la varianza total del sistema. El resultado detallado del análisis queda recogido en la tabla 12, y de una manera resumida en el siguiente cuadro.

	Sa	Saturaciones Factoriales (peso de las variables en cada factor)														
FACTORES			positivas	3			negativas									
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	-0.6	-0.7	-0.8							
Factor 1	Sm,Nd,Ce	La,Y,Eu	Yb,Lu			Au										
Factor 2		Al,Na,K	Sr	<u></u>			Ta,Zn	Fe,Mn								
Factor 3				Ca,Sc				Pb,Sb	As,Mo							
Factor 4			Cr,V	Sc,P												

Síntesis del resultado del Análisis Factorial para bateas

Para facilitar la interpretación en la que se intenta dar un significado real a cada factor es necesario estudiar la distribución de las puntuaciones factoriales de las muestras para cada uno de los cuatro factores (figs. 78 a 81).

El <u>Factor 1</u>, con un valor propio de 9.7 y explicando un 20.3% de la variabilidad del sistema, viene definido como se puede ver en el cuadro anterior por las TR -con unas altas saturaciones factoriales- y por el Au. En cuanto a su distribución, se puede apreciar en la figura 78 que sus mayores puntuaciones factoriales las presentan las muestras con elevadas concentraciones en TR y/o Au. Se puede considerar por tanto a este factor como un indicador de las áreas más favorables para hallar zonas enriquecidas en estos elementos. Si se parte de la hipótesis que estos enriquecimientos podrían darse en los skarns mineralizados, este factor seria orientativo sobre la existencia de los mismos. Ahora bien , resulta que en zonas minadas, donde se ha reconocido por tanto la existencia de este tipo de mineralizaciones, este factor no da precisamente una señal singular, lo que hace dudar de su correlación con estas mineralizaciones.

Los valores más destacables para este factor se encuentran relacionados con las litologías de la Serie Negra en la zona sur de la sierra de Don Ezequiel, lugar donde no se ha reconocido ningún indicio minero (fig. 2). Como cabria esperar por su correlación con el Au, da una buena señal al sur del plutón, allí donde se agrupan en algo más de 1 km² diversas muestras con contenidos significativos en Au. Por último, otra zona de interés para este factor se da al oeste del CPBC donde presenta una serie de valores en disposición periplutónica en coincidencia con el límite del cuerpo igneo (fig. 78).

El Factor 2 viene definido con saturaciones factoriales positivas por el Al, Na, K y Sr; y

con negativas, por el Fe, Mn, Ta y Zn. Explica el 14.4% de la varianza del sistema, y en cuanto a su distribución de sus puntuaciones factoriales positivas -valores interpolados de la figura 79-, se le asocia a áreas aisladas dentro del plutón, así como a ciertas zonas de la Serie Negra. El carácter positivo de este factor parece tener una alta componente de factor litológico de zonas enriquecidas en álcalis y con escaso Fe y Mn. Para una mejor comprensión de la información que aporta este factor, se ha realizado también la distribución de sus puntuaciones factoriales negativas -valores concretos en la figura 79-, reflejándose las zonas donde las concentraciones de Fe, Mn, Ta y Zn son elevadas.

Para el <u>Factor 3</u> también se han representado sus distribuciones de distinto signo (fig. 80). Se puede considerar que es un factor negativo al tener este signo las saturaciones factoriales más intensas, correspondientes a los elementos As, Mo, Pb y Sb; estas se complementan con las de carácter positivo que presenta para el Ca y Sc, aunque si bien son de menor importancia. Considerando los elementos que definen el carácter negativo se estima que es un factor mineralización, presentando su señal más intensa en el valle del arroyo de las Cañadas, afectando al limite occidental del CPBC y los materiales detriticos de la Serie Negra (fig. 80).

Explicando un 8.5% de la variabilidad del sistema, se tiene al <u>Factor 4</u> con sus saturaciones factoriales más destacables para el Cr, V, Sc y P. Como se muestra en la figura 81, este factor se manifiesta más intensamente en la zona del interior del plutón, allí donde se han cartografiado los diferenciados más básicos (gabros). De igual modo, algún valor aislado aparece también en ciertos puntos dentro de los materiales detríticos precámbricos de la Serie Negra. Se puede considerar por tanto, que es un factor litológico fundamentalmente asociado a estos afloramientos de quimismo básico del plutón.

Formación de clases geoquímicas. Análisis Cluster

La formación de clases geoquímicas mediante el análisis cluster va a permitir agrupar la población muestral en varios conjuntos (clases) con ciertas características tanto en sus contenidos de elementos químicos así como en su distribución, lo que permitirá asignar a cada una de estas clases un significado real.

La clasificación se ha realizado en función de las puntuaciones factoriales de las muestras (factores "scores"), para los cuatro factores extraídos en el análisis factorial. Una vez establecido el dendrograma se han efectuado cortes a diferentes niveles de similaridad. La clasificación más acorde a los rasgos geoquímicos del área se logra con la definición de cuatro clases, estando sus distribuciones reflejadas en la figura 82.

Con objeto de caracterizar a las clases en base a los contenidos en elementos químicos, se procedió a calcular los parámetros estadísticos elementales para definir los fondos geoquímicos de cada una de las clases, así como sus coeficientes de correlación. Estos datos quedan recogidos en las tablas 13 a 20. Como síntesis de este conjunto de datos se tiene el siguiente cuadro.

CLASE		CONTEN	IDOS	
CLASE	Muy destacables	Destacables	Significativos	Relevantes
1	W	Th	Hf,Ta,V,Mn	La,Ce,Nd
2		V	Sc,P	
3	As,Mo,Sb,Pb,Tb	Cu,Ni	Yb,Lu,Ba,Be	Rb,Se
4		Na	Bi,Ca,Al,K	Sr

Contenidos químicos que caracterizan a cada clase

Muy destacables: triplican o más al de otras clases. Destacables: los duplican. Significativos: superiores entre un 30-100%. Relevantes: entre un 20-30% superior a otra clase.

La <u>Clase 1</u> agrupando a 52 muestras es la más numerosa, y se caracteriza por sus altos contenidos en W y Th varias veces superiores al de otras clases. Estos elementos van acompañados por contenidos significativos en Hf, Ta, U y Mn; así como por relevantes en Tierras Raras Ligeras (TRL). La mayoría de las muestras de esta clase se encuentran situadas fuera del plutón de Burguillos del Cerro, como se puede apreciar en la figura 82, pero no van asociadas a ningún tipo litológico en particular. Así pues esta clase, más que por su distribución, queda caracterizada por esos fondos geoquímicos destacables ya comentados.

Las 113 ppm de Th en los concentrados de bateas comparados con las 14 ppm como contenido más elevado en las muestras de sedimento, supone un factor de concentración superior a ocho. Para el W es aun más elevado al establecer el cociente entre las 122 ppm en bateas y las 2.5 ppm en sedimentos, alcanzando una cifra cercana a cincuenta.

Las correlaciones más altas del W se presentan con el grupo de las TRL, el Th sin embargo lo hace con las TRP, además de con el U que es con quien alcanza el máximo valor de 0.9. Los dos elementos (W y Th) están por tanto claramente diferenciados como lo confirma además su escaso coeficiente de correlación (0.23).

Las muestras que definen a la <u>Clase 2</u> están relacionadas espacialmente con las litologías de quimismo más básico que aparecen dentro del plutón de Burguillos del Cerro. Así la mayoría de las muestras están situadas en arroyos que drenan distintos afloramientos de gabros al sur del plutón. En cuanto a su caracterización química se puede ver como presenta contenidos significativos para el V acompañado de valores relevantes para P y Sc. Se singulariza también por dar unos valores mínimos destacables para el U, Th, Hf, As, Pb y TR.

La <u>Clase 3</u> destaca por el reducido número de muestras que la componen, estando las ocho situadas bien en el arroyo de la Cañada o en sus tributarios por su margen derecha, y parecen reflejar cierta singularidad de los materiales de la Serie Negra en esta zona. Esta singularidad se concreta en unos altísimos contenidos de As, Mo, Sb, Pb y Tb, quintuplicando o aun más al del resto de las clases. Valores nada despreciables se encuentran para el Cu y Ni, y de menor rango para el Yb, Lu, Ba y Be. Así pues nos encontramos con una clase formada por un reducido numero de muestras que están perfectamente agrupadas en una zona, y con unos

altos contenidos de elementos propios de una mineralización junto con concentraciones elevadas para el conjunto de las TRP.

Adquiere mayor importancia aún esta clase 3 al señalar que es junto con la clase 1 las que presentan los valores más elevados de Au, además de haberse encontrado oro en el estudio mineralométrico para dos de sus muestras. Son también estas dos clases las que presentan los mayores fondos geoquímicos, por encima del resto, para el conjunto de las TR.

En definitiva se puede considerar que esta clase 3 esta señalando un área potencialmente mineralizada en base a los indicios que se desprenden de su caracterización química.

Analizando la distribución de las 35 muestras de la <u>Clase 4</u> en la figura 82, se ve como básicamente estas se agrupan en la zona suroeste del plutón, coincidiendo con la zona donde son más numerosos los indicios mineros. Es el Na el elemento con una concentración más destacable, acompañandole el K, Ca, Al y Bi y en menor medida el Sr. En definitiva, parece que es una zona enriquecida en álcalis y alcalinoterreos así como en aluminio, y debe reflejar las características mineralógicas de los materiales ígneos del CPBC en este área.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS TRES METODOS DE EXPLORACION. CONCLUSIONES

El estudio comparativo entre los tres métodos de exploración lo basaremos exclusivamente en los resultados obtenidos de la distribución del Au y las TR para cada uno de los tipos de muestras empleadas y su relación con los "skarns" mineralizados.

Para el conjunto de elementos que componen el grupo de las Tierras Raras con objeto de evitar tratarlos individualmente, para una mayor simplicidad, se va a utilizar el "factor de concentración o enriquecimiento", definido como la media del sumatorio de los cocientes que resultan de dividir la concentración de cada TR entre su media geométrica, considerando este último valor como el más representativo de su fondo geoquímico.

En este estudio comparativo se analizará también la correlación existente entre el Au y la distribución de las TR para los diferentes tipos de muestras, considerando de manera independiente a las TR Ligeras y a las TR Pesadas al estudiar sus respectivos "factores de concentración o enriquecimiento".

Los tres gráficos de la figura 83 permiten analizar la relación del Au con los "skarns" mineralizados del área de Burguillos del Cerro para los tres tipos de muestras: análisis químico de sedimentos, análisis químico de bateas y estudio mineralométrico de bateas. Si se compara en primer lugar la distribución del Au en las muestras de sedimentos y bateas se puede apreciar la escasa coincidencia que presentan, ya que se definen diferentes zonas anómalas según el tipo de muestra que se considere. Si se tiene en cuenta ahora el resultado del estudio mineralométrico, se ve como solo cuatro muestras de las seis en las que se ha observado oro coinciden con valores destacables del análisis químico de los concentrados de bateas. Así pues, se puede concluir que

la presencia y distribución del oro en la zona de estudio depende fundamentalmente del tipo de muestra con la que se este trabajando, presentando generalmente una escasa coincidencia.

Por lo que respecta a la relación del Au con las labores mineras, y después de analizar las tres gráficas de la figura 83, no se puede afirmar que exista de una manera genérica para todas las mineralizaciones de la zona. Tan solo en el caso de las muestras de sedimentos se tiene una zona anómala que pudiera tener cierta relación con la Mina Monchi, aunque es difícil afirmarlo categóricamente. Para las muestras de bateas y del estudio mineralométrico las zonas con mayores contenidos en Au no se pueden correlacionar con mineralizaciones conocidas. En base a estos resultados se puede afirmar que las mayores concentraciones de Au no están relacionadas con los "skarns" mineralizados actualmente conocidos.

Merece la pena destacar los resultados tan diferentes que aporta un mismo tipo de muestra -concentrados de bateas- según se realice su estudio mineralométrico o su análisis químico. Así mientras el estudio mineralométrico solo señala unas pocas muestras de interés para Au y que además están dispersas, el análisis químico define zonas anómalas en base a los resultados de varias muestras, mostrándose como es lógico mucho más sensible que el análisis visual de estos concentrados mediante lupa binocular.

El estudio comparativo sobre la distribución de las Tierras Raras y su correlación con los "skarns" se puede realizar en base a las cuatro gráficas que están agrupadas en la figura 84. Para las muestras de sedimentos y bateas se representa en sus gráficas respectivas el valor que adquiere el factor de concentración en TR para cada muestra. El resultado del estudio mineralométrico queda reflejado por las dos gráficas en las que se representa la distribución de los dos minerales reconocidos con mayor contenido en Tierras Raras - monacita y allanita-.

Como se puede apreciar en los gráficos correspondientes a las muestras de sedimentos y bateas la distribución del factor de concentración para las TR es totalmente distinto para cada uno de los dos tipos de muestras. En estas gráficas se ha representado exclusivamente la distribución de este factor para valores superiores a uno, lo cual representa las zonas con enriquecimiento en TR superior a la media. Pues bien, se puede apreciar como estas zonas son complementarías según se consideren los resultados del muestreo de sedimentos o bateas. La zona con enriquecimiento superior a la media en muestras de sedimentos coincide plenamente con el Complejo Plutónico de Burguillos del Cerro, mientras que sin embargo en las bateas aparece básicamente en las litologías del encajante, sobre todo en los materiales Precámbricos de la Serie Negra, si bien aparece también en la zona más externa del borde occidental del CPBC.

En cualquiera de los dos casos no se tiene factores de concentración especialmente altos en las cercanías de los "skarns" mineralizados, por lo que parece evidente que no se puede correlacionar altos contenidos en TR con este tipo de mineralizaciones. Por otro lado, si se repasan los valores individualizados o en su conjunto para las TR en estos dos tipos de muestras, no aparecen valores altamente destacables, dando en general unos fondos geoquímicos muy normales dentro de unas poblaciones que presentan una dispersión bastante reducida, no existiendo por tanto valores manifiestamente anómalos que se pudiera asociar a algún tipo de mineralización. Además, tal como se presenta la distribución de este factor de concentración en Tierras Raras en las muestras de sedimentos y bateas, parece tener una mayor relación con la composición mineralógica de los diferentes tipos de litologías que con alguna mineralización o proceso mineralizador.

Los resultados del estudio mineralométrico, reflejados como la distribución de la monacita y allanita, se pueden considerar que coinciden con los de las muestras de sedimentos, al ser en el CPBC donde aparecen principalmente ambos minerales, justo donde aparecen las mayores concentraciones de TR para los sedimentos. Resulta extraño que no coincidan con los resultados del análisis químico de las bateas, como cabria esperar al concentrarse estos minerales pesados durante el proceso de bateado, cabe deducirse por tanto que o bien no se han reconocido estos minerales en los concentrados de las litologías del encajante o efectivamente los factores de concentración de TR superiores a 1 para las bateas no se corresponden con la abundancia de monacita ni allanita en la mismas.

Tampoco se correlacionan los mayores contenidos de monacita y allanita en bateas con las mineralizaciones del área de Burguillos del Cerro, limitándose a dar un fondo destacado sobre las litologías del CPBC.

Para una mejor comprensión de la distribución de las Tierras Raras conviene analizar los factores de concentración de las TR Ligeras y Pesadas, de manera independiente, para los dos tipos de muestras -sedimentos y bateas-, así como su correlación con el Au (figs. 85 y 86).

Para las TR Ligeras se puede apreciar en las gráficas de la figura 85 como su distribución es complementaria, así mientras la distribución del factor de concentración de las TR Ligeras en sedimentos se ajusta al CPBC, en las bateas lo hace básicamente a las litologías detríticas del encajante. En este sentido las TR Ligeras no se diferencian del conjunto total de las Tierras Raras. En cuanto a su correlación con el Au, parece ser mayor en las muestras de bateas, pero esto pudiera deberse tanto a causas naturales como al hecho de que los minerales que contiene altos contenidos en TR se suelen concentrar en las bateas al igual que el Au.

El mismo tipo de gráficas para las TR Pesadas (fig. 86) denotan un comportamiento similar en cuanto a la distribución de sus factores de concentración y su correlación con el Au.

Estableciendo la comparación de las TR Ligeras y Pesadas en las muestras de sedimentos, se advierte como las TR Pesadas se reparten más uniformemente por el CPBC, mientras que las Ligeras parecen concentrarse en la zona más interna, coincidente con la asociación gabroica de García Casquero (1995). Si la misma comparación se realiza con las muestras de bateas se pone de manifiesto una diferencia en cuanto a su distribución, al presentar las TR Pesadas unos factores de concentración mucho más altos que las Ligeras en la Serie Negra al oeste del plutón.

Como conclusión final cabe afirmar que la distribución de las TR en la zona esta condicionada exclusivamente por la composición mineralógica de las diferentes litologías, no apreciándose ninguna relación con los "skarn" de Fe tan frecuentes en los "roof pendant" situados intraperiplutonicamente y en disposición circundante en el borde externo del CPBC.

Para el Au cabe concluir, que de igual modo que para las Tierras Raras no se ha observado relación alguna con este tipo de mineralizaciones.

BIBLIOGRAFIA

ALIA, M. (1963). Rasgos estructurales de la Baja Extremadura. Boletin de la Real Sociedad Española de Historia Natural, G, 61. pp 247-262.

ARRIBAS, A. (1962). Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio: Burguillos del Cerro (Badajoz). Estudios Geológicos, vol. XVIII, pp. 173-192.

CUETO, A.; RUIZ, C.; AREVALO, P. (1971). Presencia de vonsenita en la mina "Monchi", Badajoz (España). Boletín Geológico y Minero, vol. 82-2, pp 186-190.

DALLMEYER, R.D.; GARCIA-CASQUERO, J.L., QUESADA, C. (1995). 40Ar/39Ar Mineral age constraints on the emplacement of the Burguillos del Cerro Igneous Complex (Ossa-Morena zone, SW Iberia). Boletín Geológico y Minero, vol. 106-3, 203-214.

FERNANDEZ CARRASCO, J.; COULLAUT SAENZ, J.L.; AGUILAR TOMAS, M.J. (1981). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, Hoja de Jerez de los Caballeros, num. 875, IGME.

GARCIA CASQUERO, J.L. (1995). Intrusión múltiple y cuerpos ígneos politípicos: El Complejo Igneo de Burguillos del Cerro, un "macizo diorítico zonado" en el Basamento Varisco de la Península Iberica. Boletín Geológico y Minero, vol. 106-4, 379-398.

GOUVEIA, M.A.; PRUDENCIO, M.I.; FIGUEIREDO, M.O.; PEREIRA, J.A.; WAERENBORGH, J.C.; MORGADO, I.; PENA, T.; LOPES, A. (1993). Behavior of REE and other trace and major elements during weathering of granitic rocks, Evora, Portugal. Chemical Geology, 107, 293-296.

HERNANDEZ PACHECO, F. (1922). Rasgos fundamentales de la constitución e historia geológica del solar ibérico. Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Madrid.

IGME (1968). Estudio metalogénico de la Hoja núm. 853, Burguillos del Cerro. Apendice II de la geología minera de dicha Hoja, del Programa Sectorial de Investigación de Minerales de Hierro en el subsector IV (Reserva del Suroeste).

JUNTA DE EXTREMADURA (1993). La Minería en Extremadura. Editado por la Consejería de Industria y Turismo.

HENDERSON, P. Ed (1984). Rare Earth Elements Geochemistry. Elsevier.

HEDRICK, J.B. (1985). Rare-earth elements and yttrium, in Minerals Facts and Problems (edition 1985), 647-664 pp. Bureau of Mines Bulletin 675.

LIPIN, B.R. and MCKAY, G.A. Eds. (1989). Geochemistry and mineralogy of Rare Earth Elements, in Reviews in Mineralogy, vol. 21, 348 pp.

LOTZE, F. (1945). Zur Gliederung der Variszeiden der Iberischen Messeta. Geotekt. Forsch. 6, pp 78-92.

McLENNAN, S.M.; NANCE, W.B.; TAYLOR, S.R. (1980). Rare earth element-thorium correlations sedimentary rocks, and the composition of the continental crust. Geochimca et Cosmochimica Acta, vol. 44, 1833-1839.

MUELAS PEÑA, A.; SOUBRIER GONZALEZ, J. (1977). Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, Hoja de Burguillos del Cerro, núm. 853, IGME.

PRUDENCIO, M.I.; BRAGA, M.A.S.; GOUVEIA, M.A. (1993). REE mobilization, fractionation and precipitation during weathering of baslts. Chemical Geology, 107, 251-254.

RUIZ GARCIA, C. (1976). Génesis de los depósitos de hierro del suroeste de la provincia de Badajoz: mina Monchi. Boletín Geológico Minero, vol. 87-1, pp 15-31.

<u>ANEXO 1</u>

Resultados del análisis químico de las muestras de sedimento

1

14 million - 16 million - 1

-

estra de la companya	1	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	((ppm)	(ppm)	(ppm	(pp	n i C	(ppm)	(ppm) Ta (ppm	(p	m	(ppm)	(000) As (pr	m	(ppm)	di se di	(mag
									1			. []			0.5									1
				_					1			Ī			0.5	Ĩ								
			╏╌┼╌┨┎╌┼						1		_				<u> </u>					4				
		-	┛┼╴┛╌┼							_	_		┛┈┼		1.8		-+-		_	4		_	ļ	
┝╌╋╌┽╕╴╹╜	 	╶┓┇╴┼╴┨	┠╌┼╌┨╏╌┼										+		0.5		-+	-		+			-	
┠╌╋╌┽			┱┼╴┫╴┼							-					0.5					+			 	
	┝╌┋╌┼╴		▛┼╶┫╌┼						1						dis					+	\vdash		t	
┝╌╉╌╪┧═┺┶╛									1	-						-		7						
									1												\vdash			
									1											1 7				
									1	_						ï							1	
									1															
									1							Ī								
									1															
																				1				
									1	_														
						1			1					_										
									1											1				
				_					1										-	1				
				_					1	_				_						-				
			▙┼─ <u></u> ┺─┼						1				-+		<u> </u>						L	.	<u> </u>	
}										_	_	<u> </u>		_		_9								
┝╌╕┟╌┽╕				╾┥╼╸					- <u>+</u>					-					-			_		
┝╾╸┇┝╌╴┽╻		-												_			+			+		-	ł,	
┝╾╻┝╌┽┦	╟╍╍					. [.]																		
┠╌┫╉╌┼╸			┠╼╁╍╉┹╼┽			-											-+							
		┉┓┓╌╴┼╌╴							-											1 -			1	
┝╍┫╌┼┛╺┨╋╴╹	┟╴╴┫┲┈┼╸								;				-+										+	
╞╌┋┖╍┿╴╸╸┟┾									-i -												\vdash			
		-	╏╌┤╌┫╏╌┼			1 1			i															
						1			1					-7-										
						1											\vdash							
										- í Ì.													T	
									ī															
									1						<u> </u>		\square							
							4		1						.↓		\square	Ţ.		1	\vdash	.		
	╟┈┛		┠╍┼╍┫╍┼	╾┫╸┼╌					1						┼╌┫╍			L				.	1.	
	╟╌┛└┼		┠╌┼╌┈<u>┛</u>┎╌┼		.	.			_1			_			+		\vdash	-				.	+	
									1						┼┓		\vdash	.				-	+	
	╟──┠╸		╉┼╌┫╌┼			╉┈┼		╉┼-							┼┻┈		┝╌┼━		┼──╋		┝╼┼╌		1	
	╟──╋──┼	-8	╉╌┼╌┫┫╌┼			- 		≝						-9-	-+	<u> </u>	\vdash	-	┝╌┫	+	-+-		+-	
		╶┫╌┼┈┨	╉╍┼╌╋┫╌┼	╾┫╴┼╍	▝▛┈┼╌╸	-	┛	╉╌┼╌							┿╍╋╴	<u> </u>		-			-+-	-	+	
	╇╼╋	╌┫╌┼╌╘	╉┼╶┲╴┼											-5-	┼╴┫╌				┝╼╼╋╋			╉	t -	
			▋┤╴┫╶┤	╾┫╾┼╾													\vdash	-				-8-	+-	
	┼╴┼╴	∽╉─┼╌┛	▙▏▇▎													┼──┨		5		+	++	-		
	┞╌╉─┼		▛┼╌╋╹╌┼						-						+		\vdash		┼╌┫╴					
	╟╴┫╌┼╸		▋┤▇┤			+-								- 3-				7				8-		
			╏╶┼╌┲╗╌┼		-				-1		┝╼╍┫╋			-5				1-				- 8		
							+											1		+				
			╏┈┼╌┫╴┼								╞╌┋					1 1		1						
														-5	1			Ł						
	╟╌┫╶┼															1				1				

Resultados de los análisis químico de sedimentos (área de Burguillos del Cerro)

.

muestra (COOR COOR	Au (ppb /	As (p	ppm) De	(nom IR	r (opm)	Co	ppm) Cr	(ppm) Ca	92	m) Fe (9	6) Hf	(ppm) Mo ((ppm)	Na (ppm	Rb (p	pm	Sb (p	7 m)	Sc (p	pun)	Ta (p		u (pp	mP	D (P	<u>xm)</u> Z	n (pp	<u>m) A</u>	8 (P)	an N	ii (ep	<u>w</u>)}}	<u>An (p</u>	pm)
	4246.54							ļ							1		I			L İ	_					-+	-			-+-			-	┢┼┾	_	┢╾╋╴		
		2													+		+		_				_	┝┤					-	-+-			-	┢┼╴	-	┢╺┿╴	-	
62								ļ					L.		+		∔			_				┣∔	_	+-	₽	-+	-0	4-	-	-		┢┼┼	_	⊢∔	- 1	
					i		_				-				-							-4			-	$ \rightarrow $	-		-		-8		- 6	⊢		┢╼╋╸		
											-		-	_	_										-			_	-		-		-	r-b		┢╋╴	- 6	
													-						_			- 1	_				-		-				_				-	
							_	1 .			-		L.				.						-										-	┢╼┾╸		┝─┼╴		H
										Ē.,					-		.					-						-+-		╘╌┟╴			-	┢╍┼╴		┢╍┼╸		
68	. 1	1					_								-		_								_		_		-	┍╾┼╸		_		┢╍┿		\vdash	_	
							_						L.															+	-		_	_		┢┼┥	_	┢╍┾╸		н
									· .														-				-							\vdash	_	┢╍┿	_	
							_			- I	_		4		_								-			$ \rightarrow $	_	-+-				-	_	\vdash			- 8	
													L.					-									-				_					┝╍┿		
																	1				_										_					┢╼┾	-	
																												Ļ.,	_	_	_	_		$ \rightarrow $	_	\vdash		
								1																		\square									_	\vdash	_	
			. 1								1										_													$ \rightarrow $		\vdash	_	
												ŧ																			_	_			_	\vdash		
																	1.													L- -	-	_		\vdash		\vdash	_	
79																	Цľ													\vdash		\rightarrow		\vdash		┢─┼	-	
											7			I.																\vdash	_	-		\vdash	_	⊢∔	_	
																				.						\vdash				\vdash				┣─┼		\vdash	_	
							_								\perp		1																-	┣-∔-		$ \rightarrow $		
												1					.													$ \rightarrow $	-	-	-	┢┷	_	⊢∔	_	
		l l										i.				1	1										_		_				_			$ \rightarrow $	_	
				~											_		1.										_		_				_			┢╍┿	_	
										<u> </u>						_		_										_					_			\vdash		
	-															1_	1		i								_										- 80	2
															_											-							-					
89															_											<u> </u>			_			_		$ \rightarrow $		┢─┼		
										1.1.			1		_												_							-+-			_	
													<u> </u>						i													\rightarrow				┢─┥		
															_	_															_						_	
							i i	÷																				Ц				н			_	┢─┥		
																	L				L						_	\rightarrow								┢╌┤	_	
		1											<u> </u>								L					-	_					+			_			
																1	1												_			4		\rightarrow			_	
											1								1													\vdash		▙▎		┍─┤		
																1			L							\square		Ц						┣┿			_	i-
																					L.,	I						\rightarrow						▙┥			_	i-
																1					1						_	$ \rightarrow $				$ \rightarrow $		▋─┤	_	▙┤	_	<u>.</u>
															1											L.		\rightarrow				\vdash		▙┥		▋─┘	54	41
																						.				\square		\rightarrow			_							
		1											1]					Ļ											_	
						T																																
																					1				ĻŢ													.
		1					T																			I	_											
					- 1-								T	T																								
																T														Ι						∟		
				1				+						T	1																							
						+									1	Ĩ																						
				-			╶┲╴				-1					1	1		1																			
		<u> </u>	-				-	+								1			1												4		0	₿				
								-+						T		1			1				1															
		H														1					1	Т					2	2			6		1.	.3				
	711 44 4246 9	<u> </u>						+	-+-					- 7		1					1								1									
	711 73 4747 9	2					-									1					1				1	.3	5	Ū į	1	9	4	5	0	4	4	11	Π	108
110	11.4.2 7477.0	<u>~</u>		-				.	-					-	-		-				-	_		_													-	

Resultados de los análisis químico de sedimentos (área de Burguillos del Cerro)

.

...

۰

Resultados de los análisis químico de sedimentos (área de Burguillos del Cerro)

[

ĺ

-

Ì

5.44 - 1.44

100 March 100

1

1

- /------

ĺ

-

ĺ

Resultados de los análisis químico de sedimentos (área de Burguillos del Cerro)

1

ĺ

ł

1



Página 4

_

Transmission of the second sec

ANEXO 2

-

Resultados del análisis químico de las bateas









-







lan una

<u>ANEXO3</u>

-

Т

Resultados del estudio mineralométrico de las bateas

......

Sec. 187

.

-





1 a comerci

.....

· • • • • • • •

-

-

.

E	AT	EA	EPI		GR		EH	HEM/	ATITE	SI	LM	ENIT	4 1	MAC	SNE	ΓΙΤΑ	MALA	MON	VACITA	MOSC	
⊢							_			-+											
							-+-		P—	+								 <u> </u>	.		
										+	-							 			· · · · ·
	┫						_		<u> </u>	+											
-	-				<u> </u>					+			+					 			
		l		1																	
													_								
┢		-			<u> </u>								+								
														_							
-											_	_	+					 			
-	_						+						┽								
									┏				+							· · ·	
_																		 			
_																		 			
-	-	-											+					 	_		-
L																					
	-						+						+								
\vdash							+						+								
-				.								.									
\vdash		-					+			+	-		╈					 			
				1																	
							_											I			
┢	-						+		-	+			-								
+	-									+			+					 			
	_			-			_			_			4								
						╺┓╸				+	_		+					 			
					-		+		-	-			+		Т						
_	-			-		_												 	_		
							+		-	+											
-							-			+	-							 			
		L		l	L																
\vdash	-						+			+			+								
-							+						╉	• • •				 <u> </u>	•		
E																-					
													_					ļ			
		<u> </u>					+			-									<u> </u>		
\vdash											-9		+				+				
															_			 	_		-

Página 3



1000 B 100



