

## ORIGEN DE LA CASITERITA DETRITICA EN LOS ALUVIONES RECIENTES DE TIRADOS DE LA VEGA-GOLPEJAS (SALAMANCA)

R. Fort González (\*)

### RESUMEN

En el sector Tirados de la Vega-Golpejas han sido detectadas dos anomalías de casiterita en la aluviones del Regato de los Lentiscos y en otros existentes al sur de Tirados de la Vega. El estudio granométrico y morfométrico de éstas casiteritas, contrastado con el de la casiterita procedente del granito de Golpejas, permite asegurar que la anomalía del Regato de los Lentiscos se debe a la dispersión de la casiterita de aquel granito, mientras que la de Tirados de la Vega procede de filones estanníferos.

La aplicación del análisis factorial corrobora este hecho y permite diferenciar las casiteritas que proceden de rocas graníticas de aquellas que vienen de filones estanníferos. Según esto se puede indicar que la capacidad de migración de la casiterita desde el yacimiento estannífero de Golpejas es de unos 3 Kms.

**Palabras clave:** *Procedencias, casiterita, tantalita, granometría, morfometría, análisis factorial.*

### ABSTRACT

Two cassiterite anomalies have been detected in the Regato de los Lentiscos and Tirados de la Vega alluviums, in the Golpejas area (Salamanca). The granometric and morphometric parameters of these cassiterites have been compared with those shown by the cassiterite crystal occurring in the Golpejas granite. The comparison between the two groups of data allow us to conclude that the anomaly observed in the Regato de los Lentiscos has been originated by the dispersion of the cassiterite from the primary deposit of Golpejas. On the contrary, the anomaly occurring in the alluviums to the south of Tirados de la Vega shows a different origin, and is coming from stanniferous veins.

The factor analysis corroborates the differentiation mentioned above, and indicates a migration capacity of about 3 Kms. from the stanniferous deposits of Golpejas for the alluvial cassiterite.

**Key words:** *Provenance, cassiterite, tantalite, granometric and morphometric parameters, factor analysis.*

### Introducción

En los aluviones próximos al yacimiento estannífero de Golpejas existen unas concentraciones importantes de casiterita que pueden alcanzar contenidos superiores a los 2.000 gr/m<sup>3</sup> (Fort, 1985 a; Fort y Gonzalo, 1987). Estas anomalías, que están localizadas en dos sectores, Regato de los Lentiscos y aluviones cercanos a Tirados de la Vega, procederían posiblemente del halo de dispersión secundaria del yacimiento primario de

Golpejas. Sin embargo, el hecho de que los aluviones más alejados del yacimiento, los que están situados al sur de Tirados de la Vega, sean los que presentan los contenidos más elevados, correspondiendo a una anomalía de primer grado (Fort, 1985 a), hace suponer que ésta anomalía pueda ser debida al aporte de casiterita desde una roca origen distinta a la del yacimiento estannífero de Golpejas.

Para comprobar esta hipótesis se ha realizado un estudio granométrico y morfométrico de las

(\*) Instituto de Geología Económica. C.S.I.C. 28040 Madrid.

distintas casiteritas existentes en este área, desde Golpejas a Tirados de la Vega, contrastando los resultados con los parámetros obtenidos para las casiteritas del yacimiento granítico. Desde un punto de vista teórico se puede establecer que la distribución granométrica de la casiterita existente en una roca origen va a delimitar los parámetros granométricos del mineral que procede de dicha roca. Igualmente, puede considerarse a priori que los parámetros morfométricos de las casiteritas deben sufrir una disminución de la redondez y de la esfericidad con el transporte desde la roca origen hasta la zona de sedimentación (Fort, 1985 b).

Distintos autores han establecido la capacidad de migración de la casiterita desde la roca origen. Emery y Noakes (1968) establecen como distancia máxima del transporte de este mineral los 8 Km., mientras que Luaces y Azcarate (1971), definen a partir de estudios de prospección mineralométrica realizados en varias zonas de España, unas distancias máximas de 3 Km., para la detección de la casiterita. Desde nuestro punto de vista, sin embargo, esta capacidad de migración va a depender directamente del tamaño del mineral en la roca origen y de las condiciones de transporte, puesto que a mayor centil en la roca origen mayor va a ser su dispersión desde ésta.

El objetivo de este trabajo es demostrar la existencia de casiterita de una procedencia distinta a la del yacimiento granítico de Golpejas, en los aluviones al sur de Tirados de la Vega. Para ello nos basaremos en los diferentes caracteres granométricos y morfométricos de las casiteritas existentes en la región. Conjuntamente con ello, se definirá la dispersión de la casiterita desde el yacimiento primario de Golpejas mediante la utilización del análisis factorial, y se indicará la capacidad de migración de aquel mineral a partir del yacimiento primario. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para desarrollar la metodología de prospección mineralométrica en esta región.

### Síntesis geológica

Los aluviones estudiados se encuentran al NNE del yacimiento primario de Golpejas, estando todos ellos ubicados en arroyos que tienen su cabecera en las proximidades de este yacimiento y que son tributarios de la Rivera de la Valmuza. De esta forma, los aluviones heredan las características textuales y mineralógicas del leucogranito albitico en que se encuentra el yacimiento, así como del sustrato sobre el que discurren los arroyos; dicho sustrato está constituido por la Formación Aldeatejada, Formación Golpejas y Formación Villarmayor (Fig. 1).

La Formación Aldeatejada (Diez Balda, 1980) pertenece al Complejo Esquisto-Grauváquico, constituido por una alternancia de grauvacas, cuarcitas y pizarras en bancos de pequeña potencia. Discordante sobre ella aparece una alternancia de cuarcita

en bancos de hasta un metro de potencia y pizarras de tonos rojizos que constituyen la formación Golpejas (Arribas et al., 1982). De acuerdo con Jiménez (1981) dicha formación pertenece al Ordovícico inferior. Por último, encima de esta serie metamórfica se encuentran pizarras negras ampelíticas con algunas intercalaciones de cuarcita que pertenecen a la Formación Villarmayor, datada como Silúrico (Jiménez et al., 1971).

Intruido en estas series metamórficas se encuentra el granito albitico de Golpejas. Este granito de neto carácter leucocrático, aflora en forma de láminas de 20-30 metros de anchura configurando, en conjunto, una estructura cupuliforme. El afloramiento está afectado por una falla de dirección ENE-OSO que separa los afloramientos septentrionales, donde se presentan las principales mineralizaciones de casiterita y tantalita, de los afloramientos meridionales de menor interés minero. Los afloramientos graníticos primeramente citados se encajan dentro de la serie supra-Arening, mientras que los segundos se encuentran en el Complejo Esquisto-Grauváquico.

El granito albitico de Golpejas está compuesto principalmente de albita, moscovita y cuarzo. El feldespato potásico, en su forma de microclina, aparece en pequeñas cantidades, aumentando su contenido hacia el sur. Este leucogranito tiene, como minerales accesorios, apatito, turmalina, circon, berilo, topacio y rutilo, así como casiterita, tantalita y tapiolita que son explotadas en el yacimiento de Golpejas (Arribas et al., 1982). Este granito albitico tiene tres niveles muy caolinizados en los que se encuentran importantes mineralizaciones de casiterita y tantalita.

Tanto el granito como las series metamórficas están recubiertas de forma local por sedimentos terciarios pertenecientes al Paleógeno y al Mioceno; los sedimentos paleógenos consisten en arcosas y subarcosas con algunas intercalaciones pelíticas, mientras que los sedimentos miocenos están formados por una alternancia de conglomerados y niveles samítico-pelíticos. Los aluviones pertenecientes al cuaternario son de escasa extensión y potencia si excluimos los de la Rivera de la Valmuza. Están constituidos principalmente por gravas y arenas.

### Metodología

Para poder alcanzar los objetivos más arriba mencionados, se han determinado los caracteres granométricos y morfométricos de las casiteritas obtenidas a partir de 87 concentrados de batea procedentes del lecho vivo de los arroyos de esta región.

Los minerales pesados en estos concentrados han sido extraídos mediante técnicas de separación densimétrica, empleando bromoformo (2.89 gr/cc) e ioduro de metileno (3.33 gr/cc.) en etapas sucesivas. Con ello se obtiene una fracción densimétrica en la que se encuentra la casiterita que es separada del resto de las especies minerales utilizando un separador magnético Franz Isodynamic, en las condiciones de 20° de inclinación longitudinal y 15° de inclinación lateral. De este modo, la casiterita se concentra en la fracción diamagnética que es posteriormente purificada de forma manual.

Los concentrados de casiterita fueron tamizados a escala 1/2Ø para determinar su distribución granométrica, así como los parámetros de centil, mediana, tamaño medio, selección y sesgo, utilizando los percentiles propuestos por Inman (1952). Este estudio únicamente se ha realizado en las muestras con contenidos del 90-95% en volumen de casiterita dentro de la fracción diamagnética. En lo que respecta a la tantalita todo el proceso de tratamiento efectuado es similar al de la casiterita, con la salvedad que la fracción electromagnética en la que se ha obtenido la concentración de ésta especie mineral es la comprendida entre 0.3 y 0.4 amperios de intensidad magnética.

El estudio de los caracteres morfométricos se ha realizado exclusivamente para los concentrados en que el contenido de casiterita y tantalita es apreciable (>80% del conjunto de las fracciones electromagnéticas correspondientes). Para ello, las fracciones granométricas 0.5Ø, 1.5Ø, 2.5Ø y 3.5Ø, de los concentrados monominerales fueron emplastecidos por medio de resinas sintéticas, analizándose la redondez y esfericidad de un centenar de

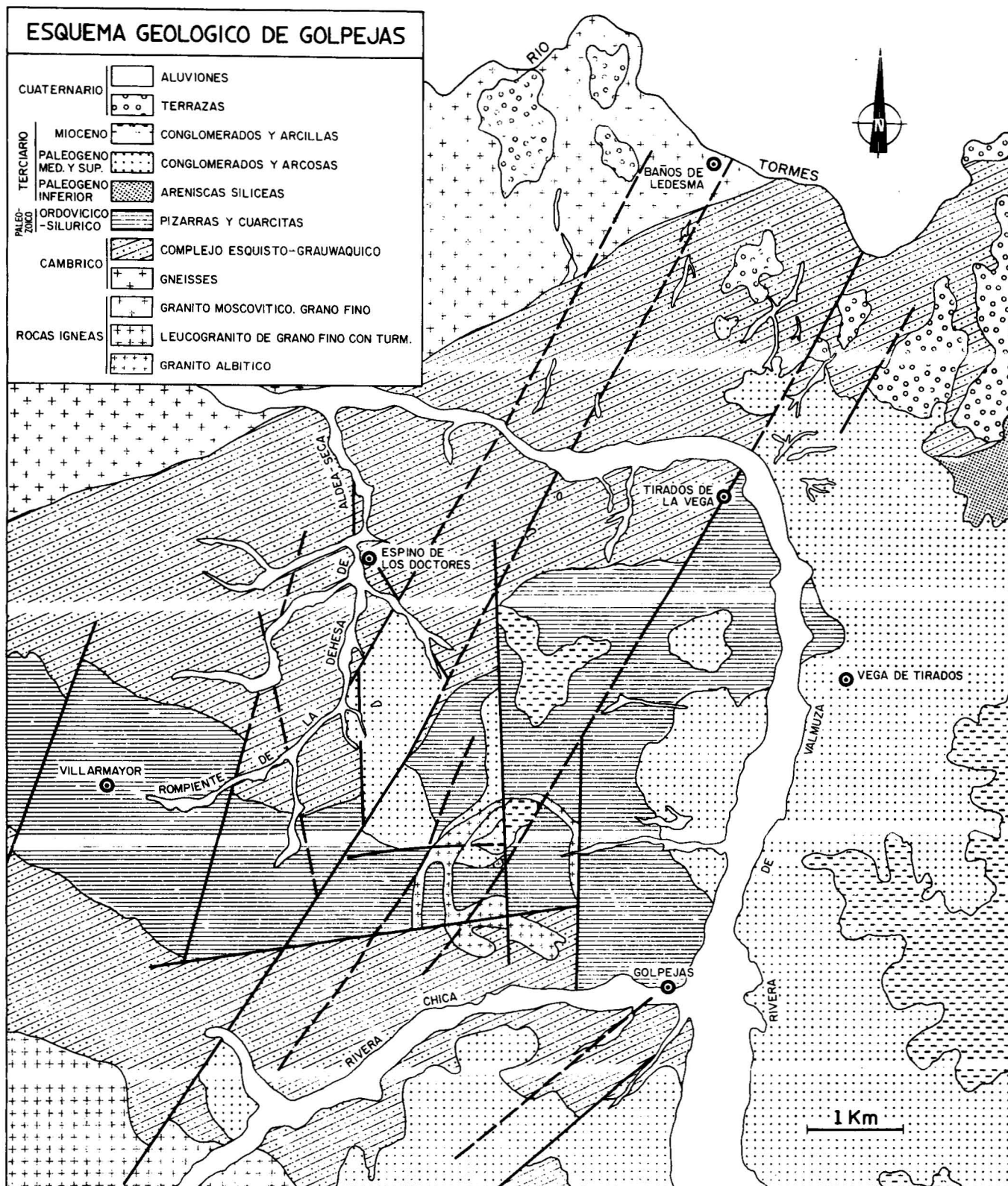


Fig. 1.—Síntesis geológica de los alrededores de Golpejas (Tomado de Arribas et al., 1982; Cantano, 1982 y López Plaza, 1980).

granos de cada una de estas fracciones. La definición de la redondez y la esfericidad se llevo a cabo mediante estudio comparativo de cada grano mineral con los diagramas de siluetas de Krumbein y Sloss (1955).

Otro parámetro de interés para tabular la morfología de los granos es la relación de diámetro/espesor ( $d/e$ ). Para la determinación de esta medida se procedió a la cuantificación directa del eje máximo del centenar de granos seleccionados en el estudio de los otros factores considerados. Anteriormente se realizó un corte perpendicular a dicho eje máximo para hacer visible y cuantificable el espesor del grano medido.

Por otra parte, para conocer los parámetros granométricos de la fracción ligera, que acompañaba a los minerales pesados, se ha procedido a realizar un muestreo del conjunto de los aluviones, con un peso unitario de muestra de 2 kgr., que fue posteriormente tamizado a escala  $1/2\phi$ . Con ello se puede determinar la composición textural de los distintos aluviones de la zona, así como su distribución granométrica.

### Características texturales y mineralógicas de los depósitos aluviales

La composición textural de los aluviones estudiados presentan ciertas variaciones (Fig. 2), pudiendo definirse al menos dos áreas. La primera corresponde a los aluviones al sur de Tirados de la Vega, los cuales muestran una composición textural homogénea, con valores medios del 17% de pelitas, 37% de samitas y 46% de sefitas. La segunda área abarca al resto de los aluviones de la región, que presentan una composición más heterogénea. Generalizando, la composición textural de estos aluviones es de 45% de pelitas, 29% de samitas y 26% de sefitas. Queda patente así la diferente composición textural de estos dos grupos de aluviones, presentando los más próximos al yacimiento de Golpejas un alto contenido

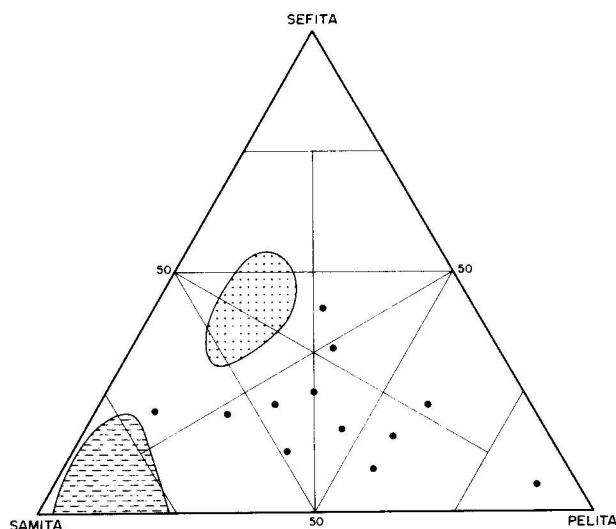


Fig. 2.—Composición textural de los depósitos detríticos próximos a Golpejas. RAYAS: Terciario Samítico. PUNTOS: Aluviones próximos a Tirados de la Vega. CIRCULOS NEGROS: Resto de aluviones.

de fracción pelítica, y los existentes al sur de Tirados de la Vega un porcentaje elevado de fracción sefítica y samítica en comparación con la pelítica.

Las distribuciones y parámetros granométricos de estos aluviones es también distinta, estableciéndose marcadas diferencias entre los aluviones próximos a Tirados de la Vega, los aluviones cercanos al yacimiento de Golpejas (Regato de los Lentiscos) y el resto de los aluviones de la zona. Así, los aluviones anómalos con un alto contenido en casiterita tienen un centil y un tamaño de grano mayor al existente en los aluviones próximos al yacimiento primario de Golpejas (Tabla 1). Igualmente, estos materiales están pobremente seleccionados ( $\sigma\phi=1,90$ ), mientras que los aluviones anómalos están mal seleccionados ( $\sigma\phi=2,26$ ).

Tabla 1.—Parámetros granométricos de los aluviones de Golpejas.

Aluvion	C	Md	$\bar{X}$	$\sigma$	$\alpha$
A	-5.66	-0.36	-0.51	1.90	-0.11
B	-6.55	-1.25	-1.34	2.26	-0.01
C	-5.21	-0.69	-0.66	2.10	0.03

C, Md,  $\bar{X}$  expresados en unidades  $\phi$

- A- Aluviones con aporte del yacimiento 1.º.
- B- Aluviones al sur de Tirados de la Vega.
- C- Otros aluviones.

El contenido de minerales pesados en la aluviones es muy variable. Dicho contenido es de 1.736  $\text{gr/m}^3$  en el Regato de los Lentiscos, mientras que los aluviones al sur de Tirados de la Vega el contenido aumenta a 3.099  $\text{gr/m}^3$ . Igualmente, el porcentaje de las distintas especies minerales varía para ambas zonas. En los aluviones cercanos al yacimiento primario la composición de los concentrados es; alteritas (hematites, goethita y limonita) 66%, micas 9%, turmalina 5%, ilmenita 4%, casiterita 2,5%, circón 1%, distena, granates, tantalita, andalucita, epidota, etc. Por el contrario, en los aluviones próximos a Tirados de la Vega la composición es; alteritas 46%, casiterita 19%, micas 14%, ilmenita 9%, turmalina 3%, circón, granates, distena, andalucita, epidota y oro ( $<0,01 \text{ gr/m}^3$ ), etc. Resalta, a partir de la comparación de estos datos, el alto contenido de alterita y bajo porcentaje de casiterita que presentan los aluviones más próximos al yacimiento primario. En estos aluviones aparece tantalita en contenidos que no suelen sobrepasar los 10  $\text{gr/m}^3$ ,



y que precederían, como es de esperar, de estos afloramientos graníticos. En los aluviones más alejados, próximos al pueblo de Tirados de la Vega, la tantalita se encuentra más puntualmente y en forma de trazas, mientras que el contenido de casiterita alcanza valores del orden de 2.600 gr/m<sup>3</sup>. En estos aluviones aparecen, junto a la casiterita, pequeños contenidos de oro, no observados en los aluviones anteriores. Todo ello sugiere la posible existencia de una roca origen distinta para los aluviones cercanos a Tirados de la Vega. Con objeto de testificar esta hipótesis se compararon los caracteres granométricos y morfométricos de las casiteritas detríticas de ambos aluviones con los de la casiterita del yacimiento primario de Golpejas.

### Caracteres granométricos de la casiterita y tantalita

#### Distribución granométrica en el yacimiento primario de Golpejas

Para conocer la distribución de tamaños de la casiterita en el granito albítico de Golpejas se procedió al muestreo de 3 niveles de granito caolinitizado en él existente. Dadas las características de estos materiales, el bateado de las muestras fue viable ya que la descomposición del granito es muy elevada, permitiendo la liberación de sus

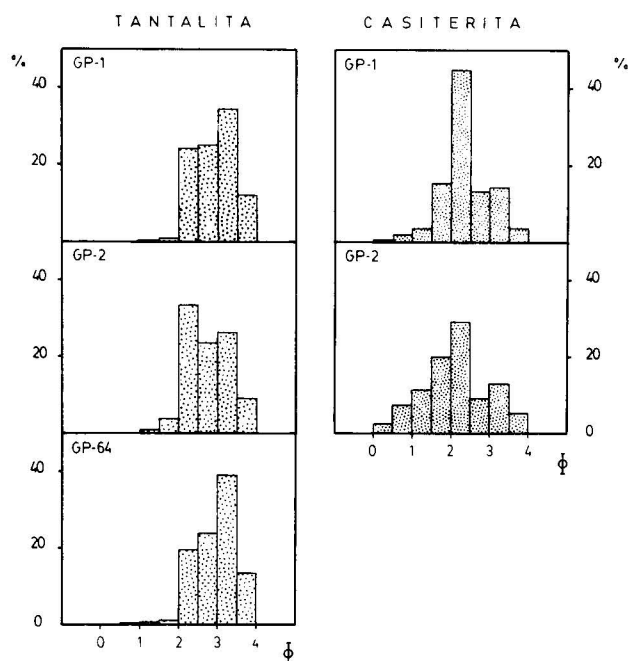


Fig. 3.—Distribución granométrica de la tantalita y casiterita en el yacimiento primario de Golpejas.

componentes mineralógicos. Los concentrados obtenidos fueron tratados según la metodología ya reseñada.

La tantalita del yacimiento de Golpejas presenta un hábito prismático corto típico, con unos caracteres granométricos definidos por la existencia de una moda en el intervalo 3-3,5  $\phi$ , que constituyen el 40% de la distribución (Fig. 3). El centil de este mineral es 1,86  $\phi$  (0,27 mm.) y el tamaño medio es 2,96  $\phi$  (0,13 mm.). La selección es de 0,53, indicando que se encuentra moderadamente bien seleccionada, no presentando un sesgo aparente.

La casiterita presenta un hábito bipiramidal con distribución bimodal en los intervalos 2-2,5  $\phi$  y 3-3,5  $\phi$  (Fig. 3). El centil es de 0,35  $\phi$  (0,78 mm.) y su tamaño medio de 3,31  $\phi$  (0,20 mm.). Su selección es menor que la que presenta la tantalita, estando moderadamente seleccionada ( $\sigma\phi=0,76$ ).

#### Distribución granométrica de la casiterita en los aluviones

El estudio granométrico en los aluviones queda restringido a la casiterita, puesto que la tantalita aparece en los aluviones únicamente en trazas, no pudiéndose cuantificar sus parámetros granométricos de forma fiable.

La distribución granométrica de la casiterita es distinta según los aluviones considerados (Fig. 4). Así, tanto la casiterita existente en el Regato de los Lentiscos, como la obtenida en la cabecera de los arroyos que parten del yacimiento de Golpejas, presentan unas distribuciones granométricas polimodales en los intervalos 0-0,5  $\phi$  y 1,5-2  $\phi$ , siendo muy marcada la existente en este último intervalo que puede superar el 50% del total. La

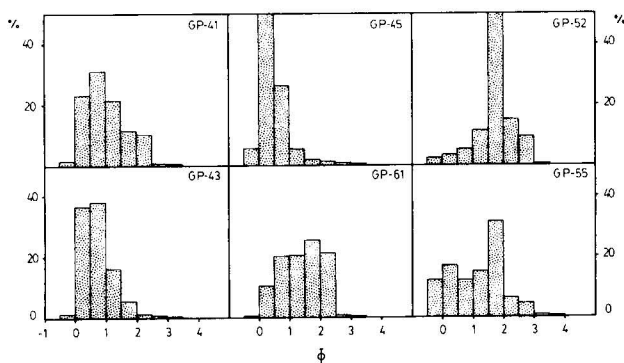


Fig. 4.—Distribución granométrica de las casiteritas existentes en los aluviones. Regato de los Lentiscos (GP-52 y 55). Arroyos al sur de Tirados de la Vega (GP-41, 43, 45 61).

distribución de la casiterita en estos depósitos se puede considerar moderadamente bien seleccionada. El centil es de  $0.6 \text{ } \emptyset$  (0.61 mm.) y su tamaño medio de  $1.37 \text{ } \emptyset$  (0.38 mm.).

Por el contrario, los granos de casiterita existentes en los aluviones en los aluviones próximos a Tirados de la Vega presentan distribuciones unimodal, principalmente en el intervalo  $0.5-1 \text{ } \emptyset$ . Las distribuciones son simétricas, con un centil de  $-0.08 \text{ } \emptyset$  (1.05 mm.) y un tamaño medio de  $0.92 \text{ } \emptyset$  (0.52 mm.).

Contrastando estos caracteres granométricos con los obtenidos en las casiteritas primarias se puede observar cómo las casiteritas existentes en las proximidades del yacimiento, así como a largo de todo el Regato de los Lentiscos, tienen un centil inferior al existente en el granito albítico (Tabla 2). En estos aluviones por lo tanto, se observa una disminución del centil de la casiterita durante el transporte desde la roca origen, coincidiendo con lo indicado por Fort (1985 b). Por el contrario, en zonas más alejadas del yacimiento, al sur de Tirados de la Vega, el centil de las casiteritas detríticas es de 1,05 mm., esto es, muy superior al existente en el granito albítico del yacimiento, que es de 0,78 mm. Este hecho nos lleva a indicar que tales casiteritas deben de tener una procedencia distinta al del yacimiento. Esta roca origen debería presentar una granometría de la casiterita primaria superior a 1,05 mm.

Tabla 2.—Granometría de las casiteritas de Golpejas.

	C	Md
Yacimiento Primario	0.78 mm	0.20 mm
Aluvial de R <sup>o</sup> Lentiscos	0.61 mm	0.38 mm
Aluvial de Tirados de la Vega	1.05 mm	0.52 mm

### Caracteres morfométricos de la casiterita-tantalita

Los parámetros morfométricos de las casiteritas que se encuentran en los aluviones próximos al yacimiento de Golpejas disminuyen sus valores cuanto más pequeña es su granometría. Así, la redondez es de 0.73 para la fracción  $0.5 \text{ } \emptyset$  y disminuye a 0.56 para la fracción  $3.5 \text{ } \emptyset$ . Igual ocurre con la esfericidad, al variar de 0.70 a 0.60 para las mismas fracciones reseñadas.

La redondez, la esfericidad y la relación  $d/e$  en las casiteritas que se encuentran en la fracción pesada de los aluviones al sur de Tirados de la Vega

presentan variaciones sustanciales respecto a la indicadas para los aluviones anteriores. Por una parte, no se observa una disminución de la redondez con la disminución de la granometría, variando entre 0.54 y 0.63. Por otra, la esfericidad presenta un comportamiento similar, aunque si consideramos los intervalos más finos, puede apreciarse una ligera disminución de su índice. Por último, la relación  $d/e$  tiene una distribución unimodal en el intervalo  $2-2.5 \text{ } \emptyset$ , con un índice de 2.71.

Estos parámetros determinados en las casiteritas detríticas existentes en los aluviones próximos a Tirados de la Vega nos pueden indicar que dicho mineral ha sufrido un transporte ligero, a lo largo del cual los efectos abrasivos han sido escasos. La casiterita de estos aluviones presenta una distribución de los parámetros morfométricos similares a los existentes en la roca origen de las que proceden.

El estudio comparativo entre la morfometría de la casiterita en el yacimiento de Golpejas, los aluviones procedentes de dicho yacimiento y los aluviones anómalos indicados se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3.—Morfometría de las casiteritas de Golpejas.

	Redondez	Esfericidad	$d/e$
Yacimiento Primario	0.10	0.60-0.80	—
Aluvial del Regato de los Lentiscos	0.64	0.65	2.05
Aluvial de Tirados de la Vega	0.47	0.58	2.41

La redondez y la esfericidad de la casiterita primaria granítica viene marcada por un índice para la redondez de 0.1 y de 0.6 a 0.8 para la esfericidad. Las casiteritas existentes en los aluviones que se alimentan del yacimiento granítico muestran una redondez de 0.64 y su esfericidad es de 0.65, siendo la relación  $d/e$  de 2.05. Por el contrario los parámetros morfométricos de las casiteritas en los aluviones de Tirados de la Vega son distintos a los anteriores, con unos índices para la redondez de 0.47 y para la esfericidad de 0.58, siendo la relación  $d/e$  de 2.41.

Estos resultados, al igual que los obtenidos con el análisis granométrico, nos indican que las casiteritas existentes en la zona anómala al sur de Tirados de la Vega deben de proceder de una roca origen diferente al del granito albítico de Golpejas. Si procediesen de éste, la redondez de los

granos de casiterita tendría que aumentar progresivamente según nos alejamos de sus afloramientos (Fort 1985 b). Esto, sin embargo, no ocurre sino que el aumento de la redondez se observa únicamente aguas abajo del Regato de los Lentiscos, nunca en los aluviones de Tirados de la Vega. Además, esta constatación queda apoyado por el hecho apuntado anteriormente de que la casiterita en los aluviones anómalos había sufrido un transporte ligero, mientras que la casiterita de los aluviones próximos al yacimiento primario muestran un grado de abrasión más intenso, indicativo de un transporte más continuado.

En conclusión, la morfometría de la casiterita que se encuentra en los aluviones al sur de Tirados de la Vega es distinta a la existente en los aluviones procedentes del yacimiento de Golpejas, confirmando la hipótesis de una procedencia distinta de estas casiteritas detríticas. La casiterita del Regato de los Lentiscos procedería del aporte del granito albítico mientras que la casiterita de los aluviones de Tirados de la Vega tendría su aporte a partir de filones estanníferos (Fort y Gonzalo, 1987).

La tantalita presenta en la roca granítica del yacimiento primario un índice de redondez de 0.1 y de esfericidad de 0.2. En los aluviones de la región únicamente se ha detectado este mineral en el Regato de los Lentiscos, presentando una redondez de 0.3 y una esfericidad de 0.2. Este mineral ha sufrido poco transporte y, a grandes rasgos, conserva su hábito primitivo, hecho al que contribuye, la resistencia que presenta este mineral a redondearse (Macdonald, 1983). Los datos aportados nos indican que la tantalita de estos aluviones proceden del granito albítico de Golpejas.

### Análisis factorial

La aplicación del análisis factorial a los resultados obtenidos durante la prospección mineralométrica nos ha permitido conocer cuál es la dispersión de la casiterita en los aluviones desde las áreas fuente. Las variables utilizadas han sido las siguientes: minerales magnéticos, alteritas, casiteritas, ilmenita, granate, turmalina, distena, circón rutilo, micas, tantalita y oro.

Este análisis nos permite sintetizar estas variables en otras nuevas denominadas factores, que explican el conjunto de las interrelaciones binarias y el máximo porcentaje de variabilidad de los datos analíticos. Se ha utilizado el método de los componentes principales con rotación Varimax según el criterio de Kaiser.

El análisis factorial realizado pone de relieve la existencia de cinco factores que explican el 72,25% del valor de la varianza (Tabla 4). En la Tabla 5 se encuentra la matriz factorial con los pesos que determinan la influencia de las variables elementales sobre los factores, no habiendo sido representadas aquellas variables con un peso entre  $-0.25$  y  $+0.25$ , dada su escasa representabilidad dentro del conjunto. El factor I viene representado por rutilo, distena y circón, así como por turmalina y granates. El Factor II, por casiterita y minerales magnéticos fundamentalmente, y en menor grado por micas y alteritas. El Factor III relaciona principalmente las alteritas y micas con la tantalita, y de forma negativa por los granates. El Factor IV es representado casi exclusivamente por la ilmenita. El Factor V está representado por oro y de forma negativa por la turmalina y granates.

Dado que el Factor I reúne algunos minerales característicos de procedencia metamórfica puede ser considerado como un factor litológico producido por el sustrato de los aluviones. Dicho sus-

Tabla 4.—Análisis Factorial

Factor	Valor propio	%	% Acumulado
I	3.16	24.36	24.36
II	2.43	18.72	43.08
III	1.55	11.95	55.03
IV	1.16	8.97	64.00
V	1.07	8.25	72.25

Tabla 5.—Matriz Factorial Rotada

	Factores				
	I	II	III	IV	V
Magnéticos	0.000	0.860	0.334	0.000	0.000
Alteritas	0.000	0.377	0.654	0.000	0.000
Casiterita	0.000	0.900	0.000	0.000	0.000
Ilmenita	0.000	0.000	0.000	0.909	0.000
Granate	0.386	0.000	-0.382	0.250	-0.552
Turmalina	0.364	0.000	0.000	0.261	-0.577
Distena	0.938	0.000	0.000	0.000	0.000
Circon	0.908	0.000	0.000	0.000	0.000
Rutilo	0.945	0.000	0.000	0.000	0.000
Micas	0.000	0.265	0.666	0.000	0.000
Tantalita	0.000	0.000	0.652	0.000	0.000
Oro	0.000	0.000	0.000	0.000	0.743

Peso de los factores inferior a  $\pm 0.25$  se hacen 0.000.

trato está constituido por una parte por rocas metamórficas, pertenecientes al Complejo Esquisto-Grauváquico y a las formaciones Golpejas y Villarmayor; así mismo está formado por rocas detríticas del Terciario.

El Factor II definiría aquellos aluviones que tienen un enriquecimiento en casiterita procedente de filones estanníferos encajados en rocas de naturaleza metamórfica. El Factor III correspondería, por el contrario, a aquellos aluviones que tienen sus aportes principalmente del granito albítico de Golpejas, caracterizado por la presencia de tantalita. Este factor pertenece, por lo tanto, a la mineralización de origen granítico.

Los Factores IV y V son de menor interés al ser su peso pequeño dentro del conjunto. El primero de estos factores nos indicaría el aporte de ilmenita desde los materiales terciarios, que a su vez han sido heredados del Complejo Esquisto-Grauváquico (Fort y Gonzalo, 1987). El Factor V está representado por el oro y estaría relacionado con el aporte de los filones estanníferos.

La representación gráfica del valor del Factor III en los aluviones de la región de Golpejas nos

muestra la dispersión de la casiterita desde el yacimiento primario. Se puede apreciar una gradación de dicho factor (Fig. 5), teniendo los valores más alto, superiores a +1, en las proximidades del yacimiento; a su vez este factor disminuye progresivamente hasta obtener valores cercanos a cero incluso negativos en las cercanías de Tirados de la Vega. Igualmente, la disminución progresiva de este factor queda patente desde la cabecera del Regato de los Lentiscos hasta su desembocadura en la Rivera de la Valmuza. Esto nos delimita el halo de dispersión de la casiterita desde el yacimiento primario, que es del orden de los 3 Km.

La representación del Factor II, perteneciente a la mineralización filoniana, nos indica los aluviones que tienen aporte de casiterita de ese origen. En la Fig. 6 se puede observar cómo es en la zona sur de Tirados de la Vega donde se encuentran los valores más altos de este factor, siempre superiores a +1, coincidiendo con la zona anómala de casiterita detectada por Fort y Gonzalo (1987). En las proximidades del yacimiento primario de Golpejas el valor del Factor II es infe-

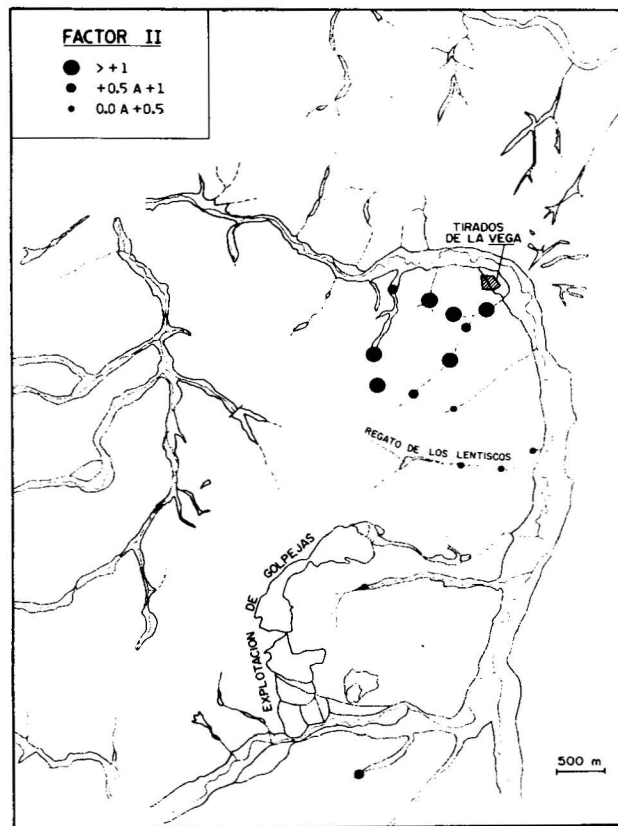


Fig. 5.—Distribución del Factor III, indicando la dispersión de la casiterita procedente del yacimiento primario.

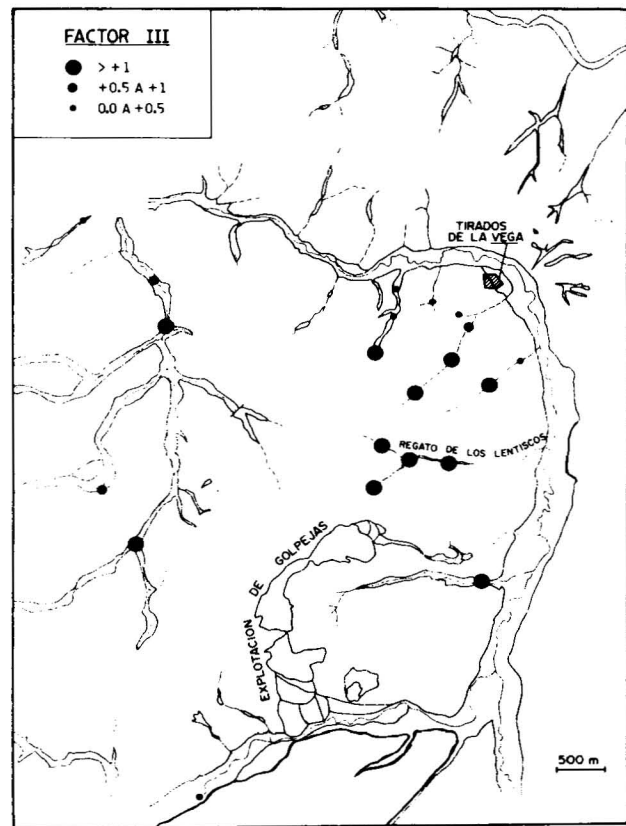


Fig. 6.—Distribución del Factor II, indicando los aluviones con casiterita de origen filoniano.



rior al determinado en los aluviones anómalos de procedencia filoniana, pero en cualquier caso superior a 0. Dichos valores sugieren que puede existir algún filón que contamine de casiterita estos aluviones con clara influencia del granito albítico de Golpejas, tal como indicaban las características granométricas y morfométricas de este mineral.

### Conclusiones

El hecho de que las casiteritas de los aluviones al sur de Tirados de la Vega presenten una granometría superior a la existente en el yacimiento primario de Golpejas nos permite asegurar que esta mineralización secundaria estannífera procede de una roca origen diferente a la del granito albítico donde se encuentra el yacimiento primario. La granometría de la casiterita, que alcanza un centil de 1.05 mm. en estos aluviones es muy superior a la existente en el granito. Este hecho junto con la presencia de oro, nos indica la posibilidad que la roca origen sea de tipo filoniano.

Por lo tanto, las mineralizaciones de casiterita detrítica en los aluviones recientes del sector de Tirados de la Vega-Golpejas tienen un doble origen. Las casiteritas próximas al yacimiento primario tienen su procedencia a partir del halo de dispersión de éste, mientras que los altos contenidos de casiteritas en los aluviones de Tirados de la Vega son debidos al aporte a partir de filones estanníferos emplazados principalmente en las formaciones metamórficas.

La aplicación del análisis factorial permite diferenciar aquellos aluviones que han tenido un mayor aporte de casiterita de origen filoniano o granítico. De esta forma, queda bien definido la dispersión de las casiteritas desde el yacimiento primario de Golpejas, puesto que el factor característico (Factor III) disminuye progresivamente de peso según nos alejamos de dicha área fuente. Como hecho asociado se puede indicar que la casiterita de origen granítico no se dispersa más allá del río Tormes, puesto que el valor de este Factor III es próximo a cero e incluso de signo negativo en la zona de Tirados de la Vega. Como resultado de todo ello se obtiene que la capacidad de migración de éste mineral desde el área granítica es del orden de 3 Km., coincidiendo así con los datos apuntados de forma general por Luaces y Azcarate (1971). Esto puede marcar la pauta de prospección dentro de este área, puesto que toda concentración de casiterita en depósitos detríticos que sea superior en distancia a ésta capacidad de migración debe de proceder de otra roca origen distinta a la del yacimiento primario de Golpejas.

Igualmente, el estudio granométrico y morfométrico de las casiteritas nos permite diferenciar estas rocas orígenes y localizarlas dentro del área prospectada. De esta forma, la determinación de la granometría de la casiterita en los depósitos detríticos nos permite definir zonas anómalas cuando el centil de los granos es superior al existente en el área fuente probable, pudiendo localizar otra roca origen que pudiera tener un interés minero.

### AGRADECIMIENTOS

A Minera del Duero S.A., propietaria de la explotación estannífera de Golpejas, y de manera especial a Francisco Gonzalo, geólogo de ésta empresa, las facilidades dadas para la realización de éste trabajo. Así mismo quiero expresar mi agradecimiento al Dr. J.P. Calvo Sorando por la lectura del manuscrito y las sugerencias aportadas.

### Referencias

- Arribas, A; Gonzalo, F. Iglesias, M. (1982). Génesis de una mineralización asociada a una cúpula granítica: El yacimiento de estaño de Golpejas (Salamanca). *Cuadernos Lab. Xeol. de Laxe.*, 3, 563-592.
- Cantano Martín, M. (1982). *Estudio morfoestructural del área de Golpejas (Provincia de Salamanca)*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Salamanca. Inédita. 59 pág.
- Díez Balda, M.A. (1980). La sucesión estratigráfica del Complejo Esquistoso-Grauwauquico al sur de Salamanca. *Est. Geol.*, 36, 131-138.
- Emery, K.O. y Noakes, L.J. (1968). Economic placer deposits of continental shelf. *E.C.A.F.E. Technical Bull.*, 1. Bangkok.
- Fort, T. (1985 a). *Prospección de placeres estanníferos en las áreas de Fuentes de Oñoro y Golpejas (Provincia de Salamanca)*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 493 págs.
- Fort, R. (1985 b). Evolución granométrica y morfométrica de los minerales pesados con el transporte: Sector oeste de la Rivera de La Mimbres (Salamanca). *Estudios Geol.* 41, 263-269.
- Fort, R. y Gonzalo, F. (1987). Prospección a la batea en los alrededores del yacimiento estannífero de Golpejas (Salamanca). *Rev. Mat. y Proc. Geol.* Vol. 5.
- Inman, D.L. (1952). Measures for describing the sizes distribution of sediments. *Sed. Petrol.*, 22, 125-145.
- Jiménez, E. (1981). Graptolites ordovícicos de la Provincia de Salamanca. *Cuadernos Lab. Xeol. de Laxe.*, 1.
- Jiménez, E. y Saavedra, J. (1971). Contribución al conocimiento del Silúrico de la Sierra de Tamames (Salamanca). *Studia Geológica*, 2, 7-14.
- Krumbein, W.C. y Sloss, L. (1955). *Stratigraphy and sedimentation*. Ed. Freeman. San Fernando. 497 págs.
- López Plaza, M. (1980). Comportamiento reológico, fuerza ascensional y deformación en el material granítico: aplicación al Plutón de Ledesma (Salamanca). *Bol. Geol. y Min.* 91, 37-48.
- Luaces, C. y Azcarate, E. (1971). Ensayo metodológico sobre la prospección mineralométrica y su aplicabilidad a la Península Ibérica. *I Cong. Hispano-Luso-Americano de Geol. Econ.*, Secc. IV, 1.
- MacDonald, E. H. (1983). *Alluvial Mining: The geology, technology and economic of placer*. Ed. Chapman & Hall. New York 508 págs.

Recibido el 16 de Junio de 1986  
Aceptado el 13 de Abril de 1987