

LAS MINERALIZACIONES DE Sn-Ti DEL BORDE OCCIDENTAL DE LA CUENCA DE CIUDAD RODRIGO.

R. Fort (\*) y F. Gonzalo (\*\*)

(\*) Departamento de Petrología. Univ. Complutense. Madrid.

(\*\*) Minera del Duero, S.A. Avd. Portugal, 106-5°. Salamanca.



Resumen

El borde Occidental de la Cuenca Terciaria de Ciudad Rodrigo presenta una serie de mineralizaciones de Sn y Ti, que han sido objeto de laboreo en varias ocasiones durante el presente siglo existiendo en la actualidad dos explotaciones de cierta importancia; una en Puebla de Azaba (Salamanca) y otra en Nave de Haver (Portugal).

Los materiales detríticos en los que se encuentran la casiterita y la ilmenita proceden de la denudación del batolito de Guarda, que presenta facies leucograníticas con contenidos de estaño superiores a 500 ppm, y del desmantelamiento de su cortejo filoniano.

Estas formaciones con contenidos de Sn muy irregulares, pero con valores generalmente inferiores a 200 ppm, son considerados como depósitos Deluviales.

Las minas activas benefician fundamentalmente los aluviones recientes, que alcanzan contenidos de hasta 800 ppm de estaño.

Abstract

Western borderland of the Ciudad Rodrigo Tertiary Basin bears a suite of Sn-Ti deposits that were mined for several times in this century. Nowadays, two relatively important mines occur in that zone: Puebla de Azaba (Salamanca) and Nave de Haver (Portugal).

Detrital sediments with casiterite and ilmenite come from denudation of Guarda batholith, which present leucogranite facies with Sn contents up to 500 ppm.

The detrital formation, with variable Sn contents, generally less than 200 ppm, is considered as a "Deluvial" facies.

Active mining focusses on recent alluvials whose Sn contents reach up 800 ppm.

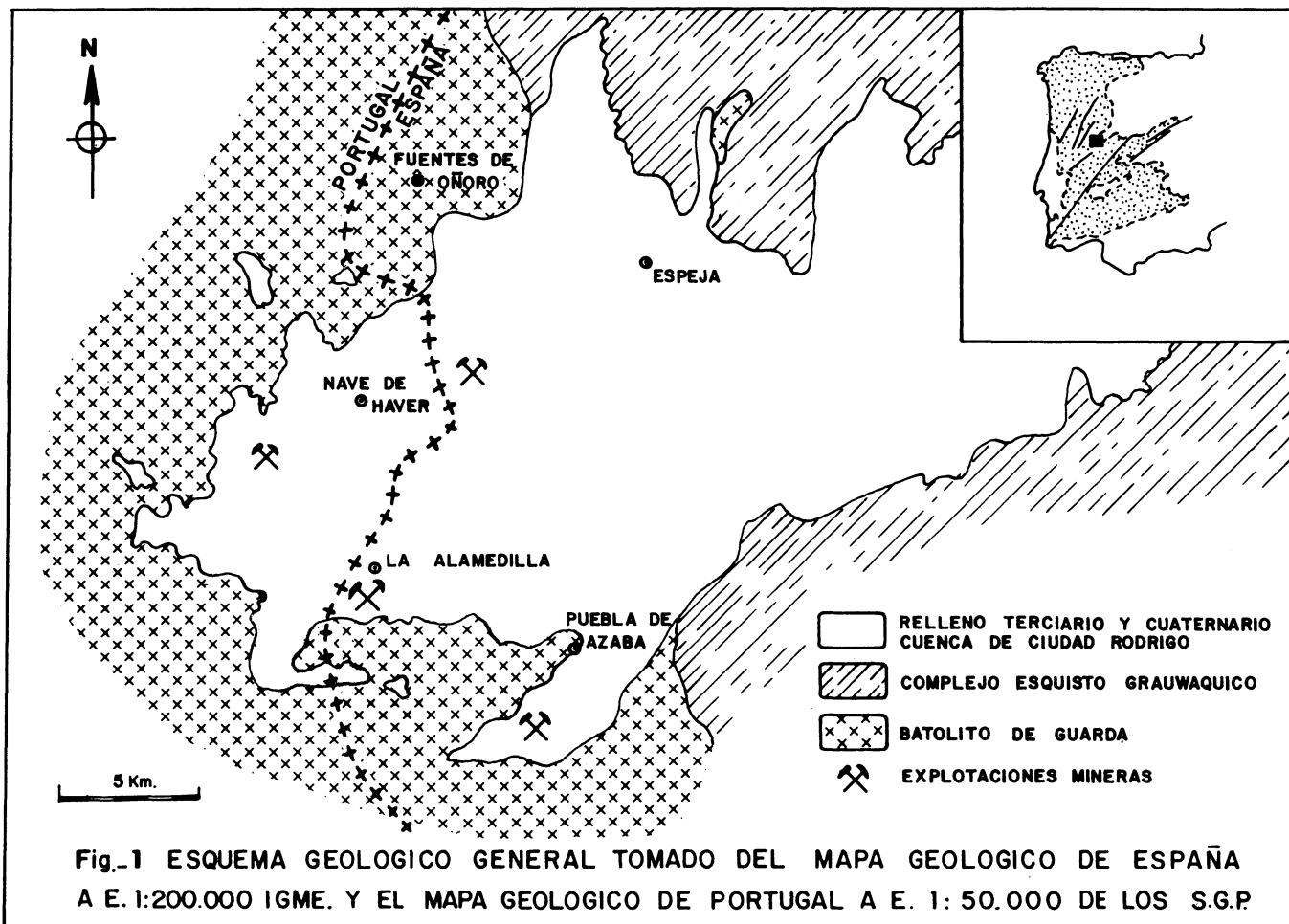
## 1 - INTRODUCCION

En el borde Oeste de la cuenca de Ciudad Rodrigo, estrecho surco de más de cien kilómetros de longitud y de 10 a 30 Km. de anchura, que se extiende en dirección NE-SO desde Salamanca al pueblo portugués de Nave de Haver, a unos diez kilómetros de la frontera, existen pequeñas labores que benefician la casiterita e ilmenita presentes en placeres aluviales, coluviales y deluviales, como son los de Nave de Haver, Fuentes de Oñoro, La Alamedilla, Puebla de Azaba, etc.

En la actualidad únicamente se encuentran en actividad dos explotaciones que son las de Puebla de Azaba, en España, y las de Nave de Haver, en Portugal ( Fig. 1 ). En ambas se explotan fundamentalmente los aluviones, pero también se lavan los niveles deluviales, sobre todo en las proximidades de los afloramientos graníticos.

Las leyes de estos materiales suele ser bajas, por lo que su potencial metalogénico no es grande, al ser sus depósitos de pequeña potencia y no muy extensos. Sin embargo, su rentabilidad es buena ya que su tratamiento es muy sencillo, con recuperación alta, y los estériles se utilizan como áridos para la construcción.

El objetivo principal del presente trabajo es determinar las características geológicas y metalogenéticas de las mineralizaciones, a fin de racionalizar su prospección y explotación, así como emitir una primera hipótesis sobre su origen y evolución.



## 2 - SINTESIS GEOLOGICA

El área estudiada corresponde a la parte occidental de la cuenca de Ciudad Rodrigo, extendiéndose desde Fuentes de Oñoro al Norte, hasta Puebla de Azaba y Alberqueria de Argañan al Sur y en dirección E-O, desde las proximidades de Espeja al pueblo portugués de Nave de Haver ( Fig. 1 ).

### 2.1 - Estratigrafía

En ésta región el zócalo está formado principalmente por granitos pertenecientes al batolito de Guarda, aunque hacia el este, fuera de nuestra zona de estudio, el basamento lo constituyen materiales metamórficos pertenecientes al Complejo Esquistograuwaquico. Su erosión es la que da lugar a las formaciones de cobertera y relleno de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, que son fundamentalmente de facies arcóscicas.

Las rocas graníticas, que constituyen el límite occidental de la cuenca terciaria de Ciudad Rodrigo, configuran la parte oriental del batolito de Guarda en su sector Fuentes de Oñoro-La Alberqueria de Argañan.

Aquí aparecen, fundamentalmente, granitos monzoníticos y granodioritas de carácter calcoalcalino, considerados como "younger" por SCHERMERHORN (1956), OEN (1970), etc, constituido principalmente por cuarzo, microclina, oligoclasa, biotita y moscovita. Presenta como minerales pesados: andalucita, apatito, cordierita, circón, rutilo, esfena e ilmenita (CORRETGE et al., 1977) Estos granitos presentan unos contenidos bajos de estaño inferiores a 15 ppm.

En este batolito existen una serie de afloramientos de leucogranitos albiticos que presentan mineralizaciones diseminadas de casiterita con contenidos próximos a 500 ppm. Se trata en general de leucogranitos aplopegmatíticos, frecuentemente de grano fino, con textura holocristalina y equigranular, totalmente leucocráticos (CORRETGE et al., 1977).

Igualmente, hay pequeñas manifestaciones filonianas mineralizadas en estaño y volframio, restos de un cortejo filoniano apical que en la actualidad se encuentra desmantelado. Localmente estos filones han sido objeto de laboreo en pequeñas explotaciones.

Sobre este zócalo granítico se encuentran arcosas terciarias, que constituyen el relleno de la fosa de Ciudad Rodrigo. El terciario está formado por samitas feldespáticas de tonos grisáceos y con intercalaciones de pudingas samíticas de cuarzo, y algún nivel de lutitas arcillosas con estratificación lenticular.

Estos materiales cuya datación cronoestratigráfica es difícil al ser azoicos, están dispuestos subhorizontalmente, y únicamente se aprecia una inclinación de unos 3° hacia el norte. TELLES ANTUNES (1964), determina para ellos una edad eocena y LOPEZ AZCONA et al. (1971), los atribuyen al eoceno medio y superior. La potencia del terciario oscila entre 50 y 100 metros en nuestra zona de estudio.

Sobre las arcosas se encuentran en disconformidad una superficie deluvial de poca potencia y de unas características litológicas muy similares a los niveles infrayacentes, lo que hace a veces difícil su diferenciación. Su edad es posiblemente pliocuaternaria, y constituyen los depósitos de Vilar Formoso definidos por GONCALVES (1966), como arcósicos arcillosos o "Casalheiras".

Por último, los sedimentos aluviales existentes en este borde son de escasa potencia dada la poca evolución de la red fluvial. Únicamente alcanzan espesores importantes en la Rivera del Sestil, Rivera de Nave de Haver, Rivera del Campo y de la Mimbres, y los Arroyos de La Alamedilla y el Fresno; siendo los demás arroyos de pequeña entidad, por lo que sus depósitos pueden ser considerados como fluvio-deluviales, presentando unas características litológicas distintas en función de los materiales infrayacentes sobre los que discurren.

## 2.2 - Tectónica

Durante la orogénia Hercínica se producen cuatro fases de deformación, siendo la primera la que da lugar a las estructuras más importantes en las proximidades del área estudiada, y teniendo lugar el emplazamiento de los granitos entre las fases 2 y 3 del mencionado plegamiento (CORRETGE et al. 1976).

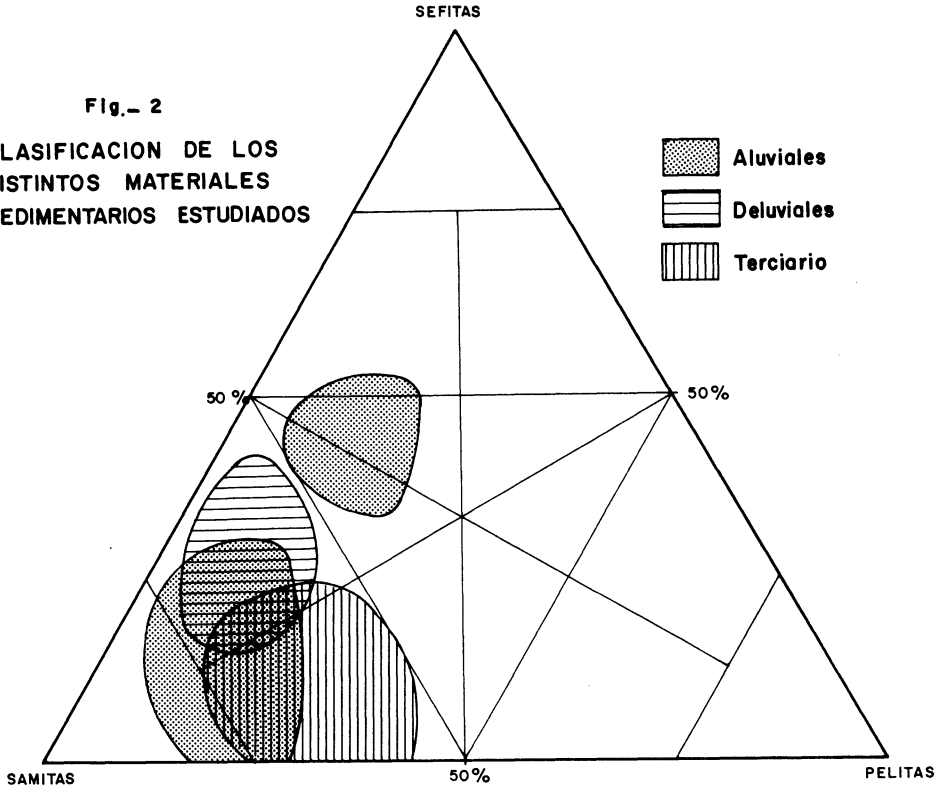
Se produce, durante la tercera fase de deformación, una fracturación importante, que se manifiesta en forma de fallas de desgarre dextrógiras de dirección N 55°E - N 67°E y otras de menor importancia, de dirección N 15°E a N 30°E, que puede ser conjugadas de las anteriores.

El plegamiento Alpino, seguramente en su fase Larámica, reactiva las líneas principales de fracturas, generando las fosas terciarias y entre ellas la de Ciudad Rodrigo. Esta orogénia produce una tectónica de bloques al ser estas fracturas interceptadas por el otro sistema de dirección N 15°E a N 30°E. Las cuencas así producidas son rellenadas durante el terciario con materiales arcóscicos procedentes del desmantelamiento de las formaciones graníticas, en un medio de sedimentación de abanicos aluviales (PORTERO et al., 1982).

El plegamiento Pirenaico, en su fase Sábrica, produce una reactivación de los bordes de la cuenca que da lugar a un nuevo aporte de materiales constituyendo los depósitos deluviales y generando pequeñas fracturas de dirección N 15°E, en la cobertura sedimentaria, como consecuencia de la reactivación de las fracturas del zócalo.

En fases posteriores se produce una inclinación de la cuenca hacia el Norte, propiciando que la red de desagüe de los arroyos tome esa dirección y provocando su consiguiente encajamiento.

Fig. 2  
 CLASIFICACION DE LOS  
 DISTINTOS MATERIALES  
 SEDIMENTARIOS ESTUDIADOS



### 3 - CARACTERISTICAS DE LA MINERALIZACION

Los depósitos detríticos que rellenan el borde occidental de ésta cuenca presentan unos contenidos de casiterita e ilmenita muy altos, aunque las características de estos minerales y su distribución varían en función de los materiales considerados.

#### 3.1 - Depósitos Terciarios

La composición textural de estos materiales es de sefitas

28.7 %, samitas 65.2 % y pelitas 6.1 % ( Fig. 2 ), con un tamaño medio próximo a 1 mm. Presentan un contenido en minerales pesados poco importante al estar dispersos dentro de los depósitos. La fracción pesada esta configurada por: 42 % turmalina, 32 % andalucita, ilmenita y casiterita inferior al 20 %, y en menor proporción, granate, circón, rutilo, biotita, etc.

Los análisis geoquímicos de estaño realizados sobre la fracción inferior a 1 mm., determinan unos contenidos que no sobrepasan las 10 ppm y únicamente en niveles de pudingas, pertenecientes a fondo de paleocanales, se pueden alcanzar contenidos próximos a 50 ppm.

### 3.2 - Depósitos Deluviales

Estan constituidos por samitas sefíticas, con una composición textural de 25.3 % de sefitas, 59.7 % de samitas y un 15 % de pelitas ( Fig.2 ). Estan pobremente seleccionadas y en ellos los cantos de cuarzo y alguno de granito, se encuentran englobados en una matriz arcillo arenosa. Los cantos presentan un tamaño medio próximo a los 8 cm. aunque varía en función de la zona estudiada ( Foto nº 1 ).

La potencia de estos materiales varía desde más de 3 mts. a escasos centímetros, disminuyendo hacia el interior de la cuenca, encontrandose mejor desarrollados en los alrededores de Nave de Haver y en Puebla de Azaba en que su potencia es próxima a los tres metros. Al norte de La Alamedilla, esta superficie aparece de forma más discontinua con un espesor aproximado de 1 metro. En cambio, en Fuentes de Oñoro es más continua pero de menor potencia.

Estas formaciones presentan una pendiente deposicional que va desde los 840 metros de altitud en el borde de la cuenca, cerca de Nave de Haver, hasta los 750 metros en las proximidades de La Alamedilla. Se localizan principalmente en las cotas más altas de la zona estudiada, encontrandose sobre los depósitos terciarios, aunque también yacen sobre el basamento granítico.





Foto n° 1 - Aspecto de los depósitos deluviales en las proximidades del área granítica.

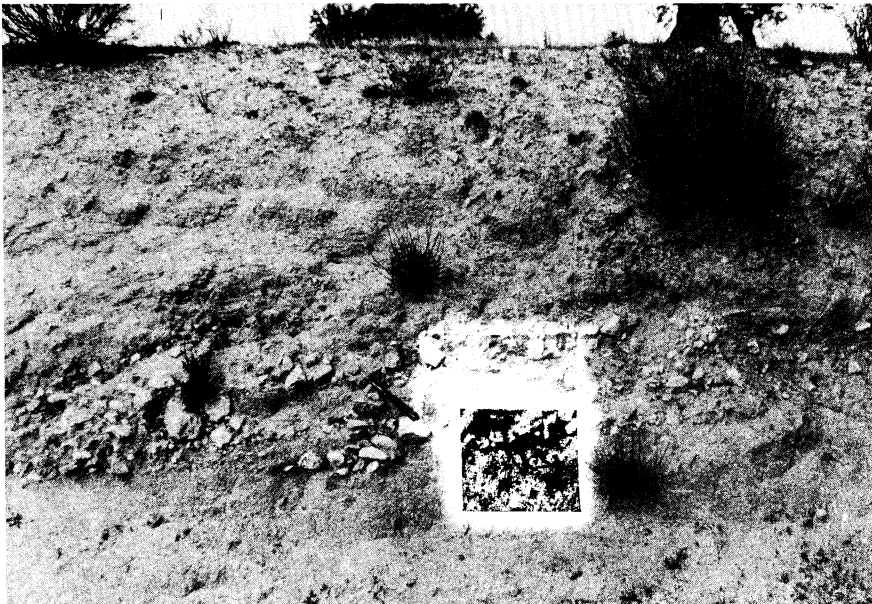


Foto n° 2 - Paleocanal en zonas distales de los depósitos deluviales en el que se observa la acumulación de minerales pesados en su fondo.

En zonas más distales, cerca de La Alamedilla, los materiales tienen una estructura interna más organizada, con estratificación cruzada y paleocanales, observándose la acumulación de minerales pesados en el "channel lag", así como en las láminas de la estratificación cruzada. ( Foto n° 2 ).

La composición de la fracción pesada en estos materiales es: ilmenita 58 %, casiterita 10 %, micas 11 %, andalucita 5 %, circon 5 %, turmalina, apatito, broquita, leucoxeno, anatasa, monacita, hematite, oro, etc.

La ilmenita es el mineral pesado más abundante, siendo de color negro y guardando su hábito típico de prisma tabular de base hexagonal. Presenta localmente una alteración a leucoxeno de tono blanco amarillento, que puede ser completa, conservando el hábito primitivo.

Los índices de redondez y de esfericidad de estos minerales son de 0.54 y 0.72, respectivamente, siguiendo la escala de KRUMBEIN et al. (1955), siendo por lo tanto subangulosos. Las características granométricas de la ilmenita vienen definidas por una distribución unimodal en el intervalo granométrico de 0.16 mm., con un tamaño medio de 0.22 mm. y un centil de 0.8 mm.

La casiterita presenta un color negro a marrón rojizo, siendo sus granos subangulosos, con unos índices de 0.45 para la redondez y 0.55 para la esfericidad. Su distribución es polimodal para los intervalos granométricos de 0.71, 0.16 y 0.08 mm. Su centil es de 0.72 mm. y su tamaño medio de 0.20 mm.

El contenido de estaño en la fracción inferior a un milímetro varía en función del área estudiada, oscilando entre 50 ppm al norte de La Alamedilla, ya en las zonas más alejadas del área granítica, y los 300-500 ppm de Puebla de Azaba, en sus proximidades, aunque la media suele estar comprendida entre 50 y 200 ppm. La ilmenita es muy abundante con contenidos próximos a los 2000-3000 gr/tm.

El depósito deluvial se alimenta del regolito o lem graní-

tico existente en las zonas más elevadas del batolito, constituido por arcillas arcillosas caoliníticas, producto de la hiperгенización del granito. Este leu, que constituye un eluvial, presenta un cortejo de minerales pesados muy similares a la superficie deluvial, siendo su riqueza en estaño función de la roca granítica infrayacente.

### 3.3 - Depósitos Aluviales

La composición textural de los aluviones esta caracterizada por dos conjuntos de materiales. Uno correspondiente a los aluviones de los cauces que discurren sobre el granito y sus proximidades, constituidos por sefitas samito pelíticas, compuestas por un 45 % de sefitas, 43 % de samitas y 12 % de pelitas. El otro conjunto, lo forman los materiales de los aluviones que se sitúan sobre las formaciones deluviales y terciarias, presentando una configuración textural similares a estas con una composición media de sefitas 14 %, samitas 71 % y pelitas 15 %. ( Fig. 2 ).

El contenido en minerales pesados de los aluviones varía enormemente en función de los materiales sobre los que discurre el cauce. Así, en la riveras en que existe una mayor hidrodinámica, como puede ser la del Sestil y La Alamedilla, y discurren sobre el terciario, el contenido en minerales pesados es muy bajo no sobrepasando los 700 gr/t. Estando constituidos por ilmenita 46 %, turmalina 35 %, andalucita 7 %, apatito 3 %, y casiterita 1.5 %. El análisis geoquímico de Sn en estos materiales de termina unos contenidos inferiores a 10 ppm en la fracción menor de 1 mm.

Por el contrario, en los aluviones de los arroyos menos evolucionados y sobre todo cuando estos discurren sobre los depósitos deluviales, se observa un enriquecimiento en la fracción pesada que puede sobrepasar, en algunos puntos, los 4000 gr/t, constituidos por 53 % de ilmenita, 15 % de casiterita, 10 % de turmalina; andalucita, circón, rutilo, apatito, brooquita, monacita, etc.

Tabla - I

Carácteres Morfométricos y Granométricos de la Ilmenita y Casiterita

=====

	<u>ILMENITA</u>		<u>CASITERITA</u>	
	<u>Deluvial</u>	<u>Aluvial</u>	<u>Deluvial</u>	<u>Aluvial</u>
Centil	0.80 mm	0.70 mm	0.72 mm	0.75 mm
Tamaño Medio	0.22 mm	0.22 mm	0.20 mm	0.22 mm
Redondez	0.54	0.57	0.45	0.65
Esfericidad	0.72	0.72	0.55	0.72

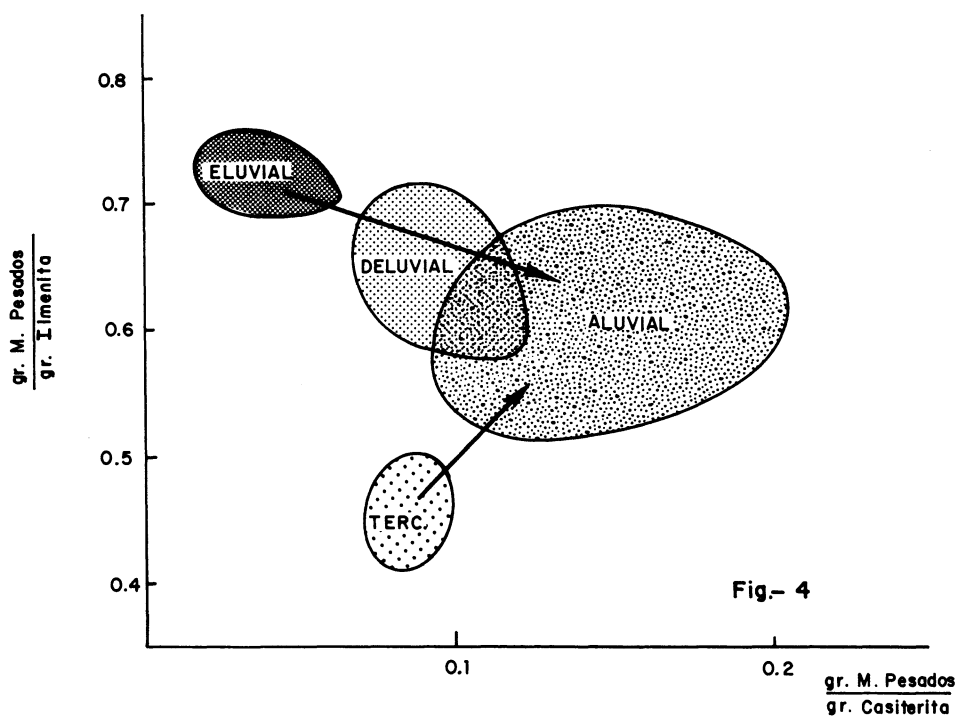
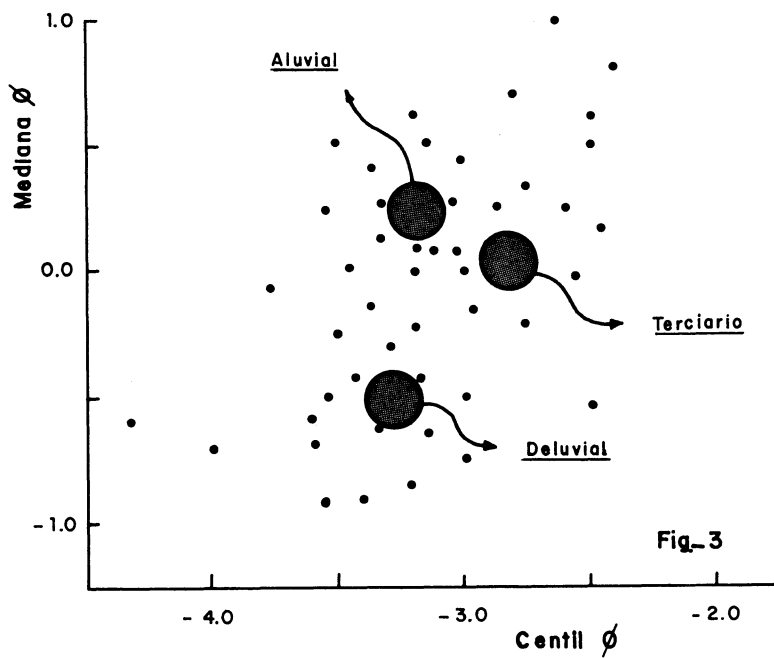
=====

Los parámetros granométricos de la ilmenita y casiterita existentes en estos sedimentos han sido estudiados recientemente por FORT et al. (1984), exhibiendo unas características muy similares a la de los deluviones. Únicamente se observa una disminución del centil en los minerales presentes en los aluviones.

El índice de redondez es para la ilmenita de 0.57, mayor que la que tienen los depósitos deluviales, la esfericidad permanece constante en 0.72. La casiterita de los aluviones aumenta considerablemente su redondez y su esfericidad, en comparación con la existente en los deluviales, ya que sus índices son 0.65 y 0.72 respectivamente (Tabla I).

#### 4 - DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Las características granométricas y morfométricas de los granos de casiterita e ilmenita diferencian los minerales procedentes de los depósitos deluviales, de granometría más gruesa y peor seleccionados que los procedentes de los aluviales.



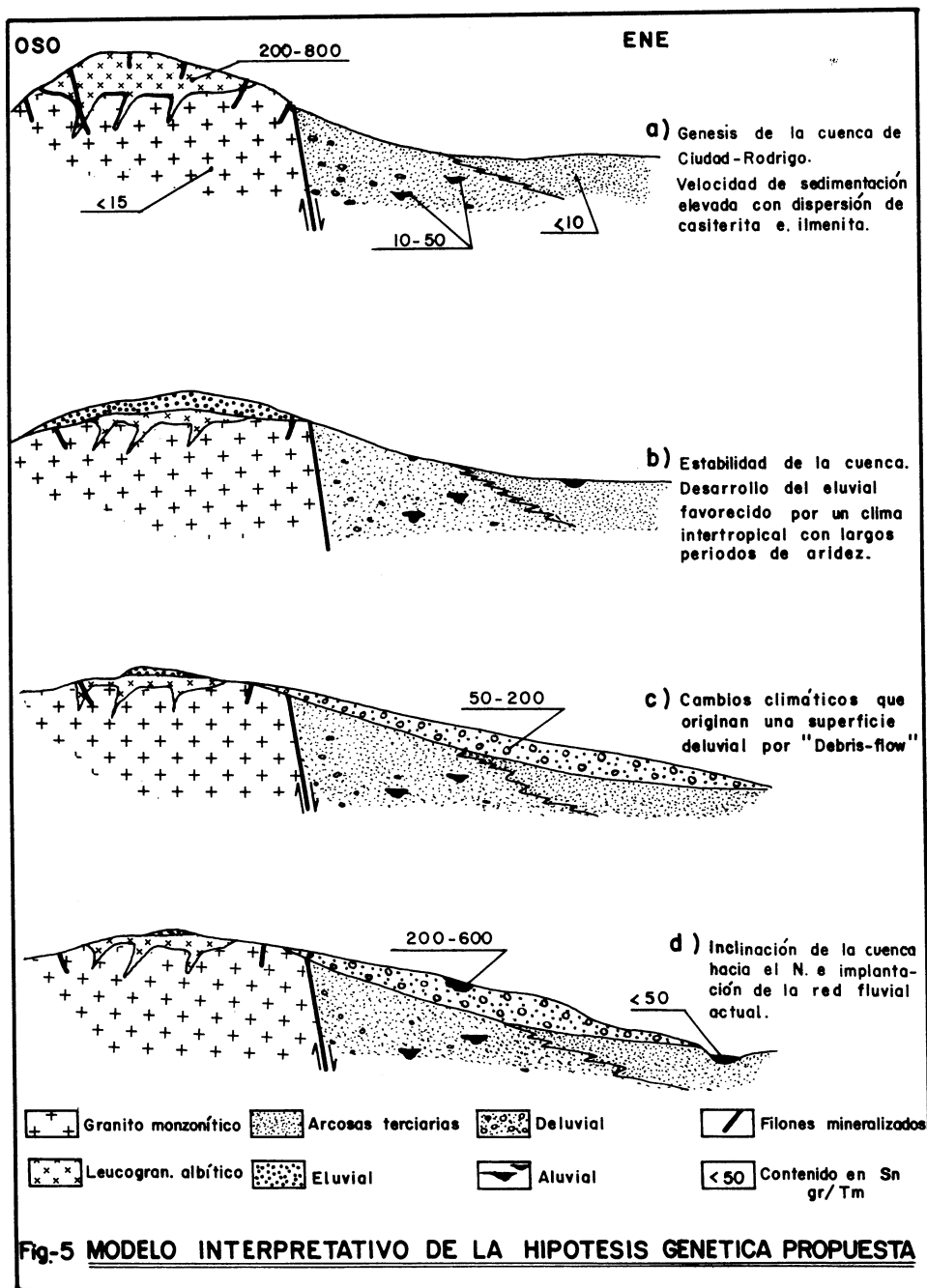
Anólogamente, la redondez y la esfericidad son más elevadas en los granos aluviales, lo que implica un mayor transporte, haciéndose este este carácter más patente para la casiterita aluvial debido a que su resistencia a la abrasión es menor que para la ilmenita.

Igualmente, la granometría de la fracción ligera de estos depósitos detríticos es distinta, así como su composición textural. Los aluviones presentan un tamaño de grano más fino que la existente en los deluviones, tal como se aprecia en la relación centil-mediana de dichos materiales ( Fig. 3 ).

Por otra parte, las relaciones entre el contenido de minerales pesados y el contenido de ilmenita y casiterita, nos permiten también diferenciar los distintos materiales detríticos existentes en este borde de la cuenca. Se observa una cierta evolución de contenidos desde el lema granítico, al depósito deluvial y los aluviales. Igualmente, estas relaciones muestran en los aluviales una cierta influencia de los materiales terciarios sobre los que discurren ( Fig. 4 ).

Este gráfico indica, así mismo, como existe una pérdida de ilmenita desde el deluvial hacia el aluvial, con incrementos del contenido de casiterita, al actuar los procesos selectivos de la hidrodinámica fluvial sobre este mineral; dispersando y transportando a mayor distancia la ilmenita, que es más ligera. Hecho que es comprobado al observar como disminuye en la horizontal la relación gramos de casiterita/ gramos de ilmenita, según nos alejamos del área madre.

En definitiva, a la hora de planificar una prospección de los placeres aluviales de la región, hay que seleccionar, en un principio, los arroyos que discurren sobre los depósitos deluviales, principalmente en las proximidades del área granítica, al estar en estas zonas más enriquecidos dichos depósitos, rechazando aquellos aluviales que tengan como bed-rock las cosas terciarias estériles.



**Fig-5 MODELO INTERPRETATIVO DE LA HIPOTESIS GENETICA PROPUESTA**

## 5 - HIPOTESIS GENETICA

Los yacimientos de Sn-Ti existentes en el borde occidental de la cuenca de Ciudad Rodrigo tienen un origen secundario a partir de los granitos que constituyen el batolito de Guarda y de su cortejo filoniano. Estas mineralizaciones, localizadas en materiales detríticos, constituyen depósitos tipo placer. Su génesis está muy relacionada con la tectónica tardihercínica, que junto a los agentes modeladores del relieve, la tendencia a la estabilidad permitiendo la hipergénización de la roca origen y la concentración de los minerales pesados en el medio de transporte, son los hechos que afectan a la formación de estos yacimientos.

La cuenca de Ciudad Rodrigo se generó como consecuencia de la reactivación durante la orogenia Alpina, de antiguas fracturas tardihercínicas, de dirección NE-SO. Esta orogenia originó una tectónica de bloques rejuveneciendo sus bordes y produciendo el relleno de la cuenca a partir del desmantelamiento del batolito granítico; relleno que se realiza en un espacio de tiempo corto haciendo difícil la selección de los minerales pesados procedentes del área madre. Todo el aporte de casiterita e ilmenita se dispersó dentro del material detrítico, existiendo un pequeño enriquecimiento, inferior a 50 gr/t, en los depósitos de fondo de canal de los abanicos aluviales ( Fig. 5a ).

Después de finalizar el relleno de la cuenca por materiales arcósicos del eoceno, existe un amplio espacio de tiempo en que el borde permanece estable y en un clima intertropical húmedo con periodos de aridez (PORTERO et al., 1982). Condiciones climatológicas y tectónicas que permiten la actuación de los procesos hipergénicos en el área madre granítica, generándose un regolito con la liberalización de la casiterita e ilmenita existentes en dichos materiales. Los placeres eluviales así constituidos tienen unos contenidos en Sn y Ti muy variables en función de la riqueza del granito sobre el que yacen (Fig. 5b ).

Por rejuvenecimiento del área madre, o por cambios climáti-



cos importantes, se produce un transporte del lem granítico hacia el interior de la cuenca, que se realiza posiblemente por corrientes tipo "debris flow" en la cabecera, canalizándose en abanicos aluviales en zonas más alejadas, constituyendo los depósitos o placeres deluviales, ( Fig. 5c ).

Posteriormente, en la fase Sálvica tiene lugar una inclinación, hacia el norte, de la cuenca y una reactivación de las fracturas del zócalo con la implantación de la red fluvial actual, que retrabaja el deluvial sobre el que discurre produciendo su aterrazamiento y profundizando su cauce hasta el terciario. Los aluviales que se generan sobre estos materiales terciarios no presentan mineralización (< 50 gr/t), por ser los mismos estériles. Por el contrario, los arroyos que discurren sobre el placer deluvial, presentan enriquecimientos en sus aluviones entre 300 y 800 gr/t de casiterita. ( Fig. 5d ).

En resumen, las mineralizaciones de Sn-Ti existentes en el borde occidental de la cuenca de Ciudad Rodrigo, constituyen un placer deluvial procedente del regolito del batolito granítico que lo bordea, y la red fluvial actual produce su aterrazamiento y un enriquecimiento importante en sus aluviones.

#### - AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los propietarios de las explotaciones y concesiones mineras existentes en el area estudiada, MIDUESA, PORSTIN y D. Emilio de Lozar, las facilidades dadas para la realización de este trabajo.

- BIBLIOGRAFIA

- CORRETGE, L.G y LOPEZ-PLAZA, M. (1976)- Geología del área granítica y metamórfica al Oeste de Ciudad Rodrigo (Salamanca): I- El complejo esquivo-grauwaquico: estratigrafía, metamorfismo y deformación. *Studia Geologica*, XI; 122-149
- CORRETGE, L.G y LOPEZ-PLAZA, M. (1977)- Geología del área granítica y metamórfica al Oeste de Ciudad Rodrigo (Salamanca): II- Las rocas Graníticas. *Studia Geologica*, XII; 47-73.
- FORT, R. y ORDÓÑEZ, S. (1984)- Los aluviones de casiterita-ilmenita de Fuentes de Oñoro (Salamanca): Estudio previo. I Congreso Español de Geología, II; 467-478
- GONÇALVES, F. (1966)- Carta geológica de Portugal. Noticia explicativa de Folha 18-D: Nave de Haver. *Serv. Geol. Portugal. Lisboa.*
- KRUMBEIN, W.C y SLOSS, L. (1955)- Stratigraphy and sedimentation. Ed. Freeman. San Francisco. 497 pág.
- LOPEZ de AZCONA, M.C; MINGARRO, E y MINGARRO, F. (1971)- Mapa geológico de España , 1:50.000. Hoja nº550, Fuenteguinaldo. I.G.M.E.
- OENING SOEN (1970)- Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal. *Bol. Geol. Min.*, 81; 271-298
- PORTERO, J.M.; del OLMO, P.; RAMIREZ, J. y VARGAS (1982)- Síntesis del Terciario continental de la Cuenca del Duero. 1ª Reunión sobre la geología de la cuenca del Duero. Salamanca. I.G.M.E.; 11-37
- SCHERMERHORN, L.J.C. (1956)- Igneous, metamorphic and ore geology of Castro Daire-Sao Pedro do Sul-Satao region (Northern Portugal). *Com. Serv. Geol. Portugal*, T-37