



## Mineralizaciones (Sn, W, Au) y control estructural en el Oeste de Salamanca y Zamora

## Mineralizations (Sn, W, Au) and structural control in the West of Salamanca and Zamora

BURKHARDT, R.; GARCIA SANCHEZ, A.; GRACIA PLAZA, A. S.

Se analizan los controles estructurales en la ubicación de yacimientos de Sn, W y Au en la zona de trabajo.

Se han realizado estudios con técnicas de sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes de satélite) y métodos tradicionales de campo y gabinete (cartografía geológico-minera, reconocimiento de indicios mineros y análisis estructural), comprobándose la gran utilidad de las primeras para la selección rápida y económica de áreas con mineralizaciones de oro y potencial económico.

**Palabras clave:** estaño, wolframio, oro, sensores remotos, mineralización.

Structural controls were analyzed in the area of work for location of Sn, W and Au deposits.

Studies have been realized with techniques of remote sensing (Aerial Photographs and Satellite Imagery) and traditional field and office methods (geological-mining mapping, recognition of mining occurrences and structural analysis). With these methods, specially with the help of remote sensing, the use of quick and economic selection of areas with gold mineralization and economic potential was proofed.

**Key words:** Tin, tungsten, gold, remote sensing, mineralization.

BURKHARDT, R.; GRACIA PLAZA, A. S.

(Consultores. Plaza Mayor, 9-2.º C. Salamanca)

GARCIA SANCHEZ, A.

(Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, C. S. I. C., Apartado 257. Salamanca)

## INTRODUCCION

Es un hecho reconocido desde antiguo que el control estructural es decisivo en la ubicación de zonas de interés minero (especialmente para algunos tipos de yacimientos), tanto a escala local como regional. En este sentido, la intersección de diferentes «lineaciones» (estructuras tectónicas y grandes fallas sobre todo), definen frecuentemente los lugares más probables de localización de yacimientos y, por consiguiente, su estudio puede proporcionar una herramienta de prospección útil.

La estructura estudiada aquí se encuadra dentro del sistema de fracturación tardihercínico que afectó al Macizo Ibérico, en el que se aprecian dos grandes grupos de lineaciones con dirección NNE-SSW y NW-SE respectivamente, siendo dominante el primero (BISCHOFF, 1975; IGME, 1980; TAMAINE, 1975, etc.).

El interés metalogénico, y consecuentemente en prospección de yacimientos, de estas lineaciones, se ha puesto de manifiesto repetidas veces por diversos autores como CARBALHO (1977), BLANCHARD, J. P. *et al.* (1979). Asimismo GOUANVIC *et al.* (1981), destacan que la mayoría de los yacimientos e indicios filonianos del NO de la Península Ibérica se agrupan en alineaciones según determinadas estructuras, bien paralelas a las estructuras de la cadena Hercínica (N o NO), o bien transversalmente a éstas, correspondiéndose las primeras con zonas de cizallas regionales relacionadas con la segunda fase de deformación (IGLESIAS y CHOUKROUNE, 1980).

La zona estudiada en este trabajo comprende principalmente el NO de la provincia de Salamanca y zonas circundantes de Zamora y Portugal. Son abundantes en ella los indicios filonianos de Sn, W, As y Au, clasificadas por GONZALEZ y LOPEZ PLAZA (1983) en el grupo definido como «filones resultantes de mecanismos tensionales concordantes con un sistema de diaclasas A-C de tensión, consecuencia de la Fase II».

En cuanto a la edad de esta fracturación, según el Mapa Tectónico de España (IGME, 1980) aquellas estructuras ligadas a procesos de distensión se desarrollaron en tres épocas: Estefaniense-Pérmico; Jurásico Superior-Cretácico Inferior y Mioceno Superior-Plioceno-Cuaternario. Según GUTIERREZ CLAVEROL *et al.* (en prensa), las fallas se han originado, probablemente, a finales del Carbonífero, rejugando con posterioridad en diversas ocasiones; las mineralizaciones asociadas pueden estar vinculadas con la etapa distensiva pérmica, coincidente con la formación de un rift continental.

### Caracteres geológicos y estructurales del área estudiada

Durante los trabajos de exploración minera realizados a lo largo de los últimos años por los autores en el NO de la provincia de Salamanca, cuya síntesis geológica está representada en la Fig. 1, se observaron mineralizaciones de oro ligadas a filones de cuarzo que tienen generalmente un mismo rumbo, coincidente, además, con la dirección de otras estructuras geológicas principales.

En el presente trabajo se ha intentado por diversos métodos: estadísticos, cartografía de campo y teledetección, clarificar la relación entre las mineralizaciones con oro y las diferentes estructuras principales de la zona, incluidas las de rango regional.

Como ejemplos más representativos de mineralizaciones existentes con paragénesis: scheelita, arsenopirita y oro, se han elegido tres yacimientos de los mejor conocidos del área estudiada. Más detalles sobre los mismos pueden encontrarse en la publicación de BURKHARDT y GARCIA SANCHEZ (1985).

El primero de estos ejemplos corresponde a la mina «El Bollo» (Encinasola), con filones de cuarzo encajados en materiales del Complejo Esquistograuváquico (CEG), y buzamiento fuerte hacia el E, como puede

observarse en la pared sur del pozo principal de la antigua explotación, donde se interrumpen al chocar con un dique granítico preexistente (Fig. 2, superior).

El segundo ejemplo corresponde a la mina «Marta» (Saucelle), cuyos contenidos en Au son los más altos en toda la zona (hasta 200 g/Tm). Aquí los filones de cuarzo con rumbo N-S y buzamiento fuerte hacia el E, alcanzan potencias superiores al metro. Se observan en las salbanadas zonas de alteración con moscovita y sulfuros disseminados en estado de oxidación. El segundo filón por la izquierda de la Fig. 2 (centro), con rumbo NW-SE, contiene moscovita y feldespatos y pertenece a otro sistema, a veces mineralizado con casiterita, y en ocasiones plegado indicando una edad superior a la de los que llevan el oro.

El tercer ejemplo (Fig. 2, inferior) muestra una sección típica de la mina «Saturno» (Valderodrigo). Se observan filones lenticulares de cuarzo con pirita y rumbo NE-SW. Un sistema de fallas dextrales y dirección NNW-SSE con fuertes alteraciones hidrotermales y lentejones de aplitas y cuarzo los cortan y modifican su dirección. Dichas alteraciones hidrotermales de la zona de fallas, que ha sido interpretada por GONZALO y LOPEZ PLAZA (1983) como una «cizalla dúctil», consiste en una moscovitización y disseminación de pirita y arsenopirita con oro y scheelita.

Es de destacar que en los ejemplos citados las direcciones y paragénesis de los filones de cuarzo son similares.

La representación de direcciones de todas las mineralizaciones filonianas de tipo Sn-W, con y sin Au, incluidas en la Fig. 1 puede verse en la Fig. 3. La mayoría presenta una dirección principal entre N-S y NE-SW.

En el segundo diagrama se observa un máximo de rumbo NNE-SSW con buzamiento fuerte hacia el ESE. Otras direcciones de las representadas, como las WNW-ESE y WSW-ENE, corresponden a mineralizaciones de Sn sin Au.

La dirección NNW-SSE (mineralizada con Au) coincide con el rumbo de la «cizalla dúctil») de la mina «Saturno».

Dentro de la zona de estudio y en tres áreas seleccionadas por contener indicios de oro, se ha efectuado una cartografía geológica de campo y también una interpretación de direcciones con base en la foto aérea escala 1:18.000. Las tres áreas seleccionadas están situadas en los contactos del granito de Barruecopardo con materiales del CEG.

En el área de Bermellar (Fig. 4), en el contacto sur del granito de Barruecopardo, se encuentran filones de cuarzo de poca potencia, con la paragénesis scheelita, arsenopirita, wolframita y oro, dentro y fuera del granito, y algunos diques de pegmatitas mineralizados con casiterita. Las lineaciones observables en foto aérea tienen un rumbo principal NNE-SSW coincidiendo con el de los filones mineralizados con oro. Se pueden, asimismo, identificar direcciones secundarias como las correspondientes a diques de rocas intrusivas de rumbo WNW-ESE y a contactos granito-esquistos, o las de rumbo ENE-WSW que pueden interpretarse como fallas, visibles especialmente a lo largo de los contactos.

En el área de la mina «Marta» (E de Saucelle, Fig. 5), situada en el borde oeste del granito de Barruecopardo, se encuentra la mayor densidad de filones de cuarzo mineralizados con oro. Sin embargo las direcciones principales observables en la foto aérea son lineaciones de rumbo E-W, coincidiendo con alguna falla a lo largo del contacto granito-esquistos. El rumbo de filones mineralizados (N-S), así como NNE-SSW de los diques de cuarzo («Sierros») tienen, sorprendentemente, escasa representación en el diagrama.

En el área de Masueco (Fig. 6), en el borde norte del granito de Barruecopardo, hay también varios filones, de rumbo generalmente N-S, con la paragénesis scheelita, arsenopirita y oro, a ambos lados del contacto. En los esquistos también se encuentran

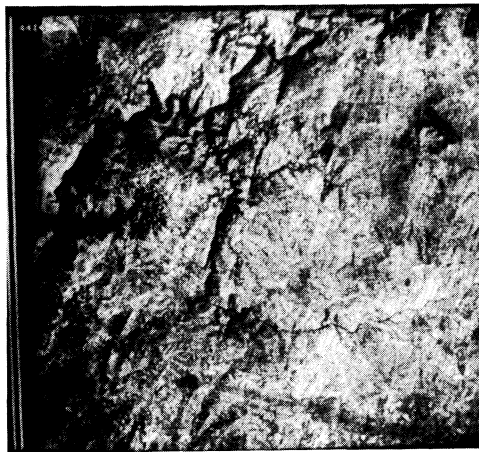
numerosos diques de pegmatitas e intrusiones graníticas de tamaño variable.

El diagrama de direcciones de lineamientos a partir de la fotografía muestra un rumbo principal E-W, coincidiendo con el de muchos de los diques de pegmatitas, mientras la dirección secundaria NNE-SSW, principal dirección de los filones mineralizados con oro, coincide con la reflejada por contactos mecánicos, fallas y «Sierros».

Como resumen de la interpretación de fotografía aérea se concluye que la dirección NNE-SSW de los filones que por los datos de campo se sabe están mineralizados con oro, está representada, coincidiendo con estructuras de tipo contactos y fallas, pero no siempre como dirección dominante, mientras la dirección E-W de diques y fallas, se manifiesta como dirección principal.

#### Interpretación de Imágenes Landsat

Sobre un área más amplia, la interpretación de imágenes Landsat 5 a una escala 1:200.000 (Sensor TM, bandas 4, 5 y 6), ofrece la posibilidad de detectar, por agrupamiento, estructuras de tamaño mayor que las observadas en las fotografías aéreas (Foto 1).

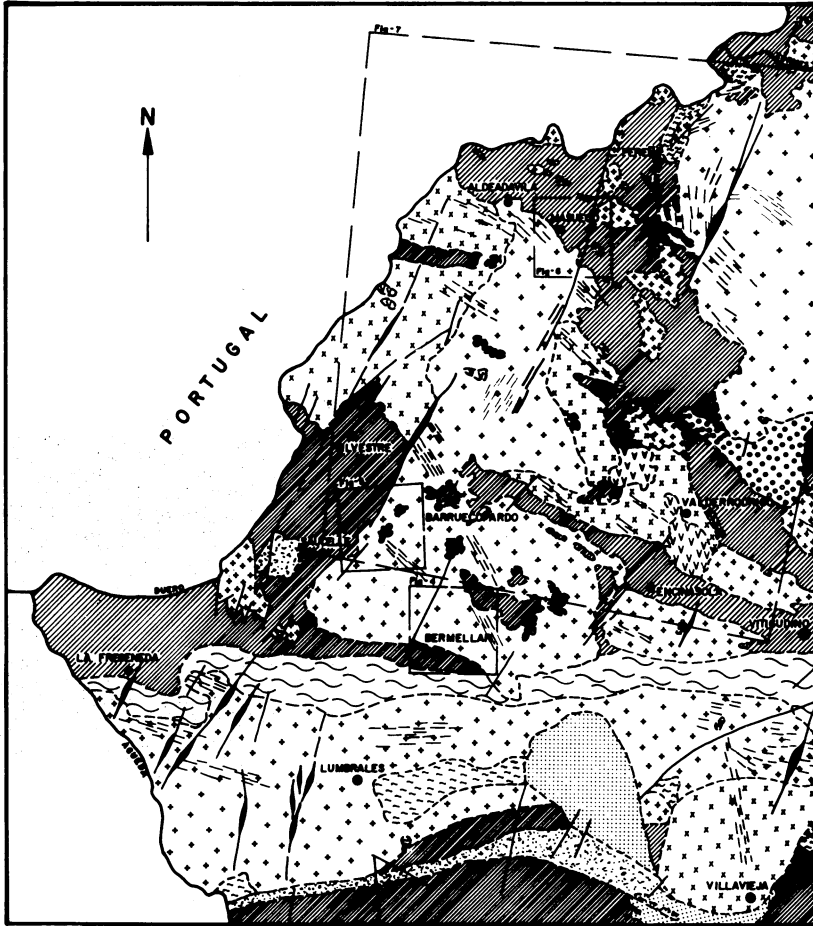


La interpretación de lineaciones de estas imágenes (Fig. 7) muestra la coincidencia de aquellas con contactos litológicos, fallas, diques de cuarzo («Sierros») y estructuras internas, al compararlas con el mapa geológico de la Fig. 1 de aproximadamente la misma escala. El diagrama derivado tiene un máximo principal de rumbo NNE-SSW, que coincide perfectamente con el de los filones mineralizados con oro. Pero, además, esta escala de trabajo permite observar que las direcciones de este rumbo están acumuladas en una zona A-A' de unos 15 Km de anchura, que incluye la mayoría de los indicios de oro (áreas de Barruecopardo, Saucelle y Masueco); que el resto, como las minas «El Bollo» y «Saturno» se encuentran en una estructura paralela B-B' de menor anchura; y que también se detecta una zona C-C' coincidiendo con la cizalla dúctil de la mina «Saturno».

Una interpretación estructural de imágenes Landsat 2 de escala 1:500.000 (Sensor MSS, bandas 4, 5 y 7) confirma la continuación de la estructura detectada en la fase anterior (Fig. 8). Esta estructura A-A' con acumulación de lineaciones de rumbo NNE-SSW se extiende sobre una longitud de al menos 170 Km y una anchura de 25 Km, disminuyendo esta última hasta unos 15 Km hacia el norte. Las mineralizaciones del tipo Sn, W y a veces Pb, Sb y Cu, se encuentran dentro y al lado de esta estructura, mientras todas la de Au conocidas hasta ahora están situadas exclusivamente dentro de ella. Al igual que la anchura de la zona mineralizada, la abundancia de indicios disminuye hacia el N. Hay que añadir que el río Duero utiliza asimismo esta estructura para el trazado de su cauce.

La estructura puede interpretarse como una zona de debilidad profunda, que se manifiesta a escala pequeña como fracturas y rellenos de cuarzo, frecuentemente mineralizados con oro, y a escala mayor como diques, fallas y contactos litológicos.

**SINTESIS GEOLOGICA**  
 SEGUN DEPARTAMENTO DE PETROLOGIA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA (1983)



**LEYENDA**

- |  |  |     |   |
|--|--|-----|---|
|  | PALEOGENO  |     | GRANITOIDES ALCALINOS                       |
|  | ORDOVICIO Y SILURICO                                   |     | GRANITOIDES CALCOALCALINOS                  |
|  | COMPLEJO ESQUISTOS-GRANULICO INDEFINICIONADO           |     | ROCAS BASICAS E INTERMEDIAS                 |
|  | MISMATTAS  | --- | CONTACTOS NORMALES                          |
|  | MESES GRANULARES                                       | —   | FALLAS                                      |
|  | COMPLEJO LAMINAR DEL ALAMO                             | —   | DIQUES DE CUARZO                            |
|  | AREAS ESTUDIADAS POR IMAGENES DE FOTO AEREA Y SATELITE | --- | ORIENTACION INTERNA DE LAS ROCAS PLUTONICAS |

0 1 2 3 4 5 10 Km

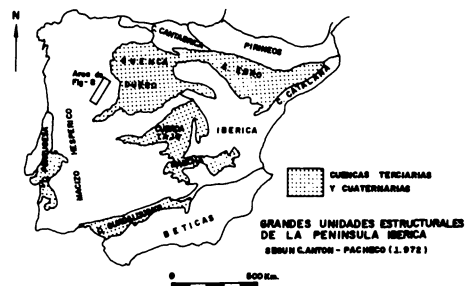


Fig-1

### CORTE GEOLOGICO EN LA MINA "EL BOLLO"

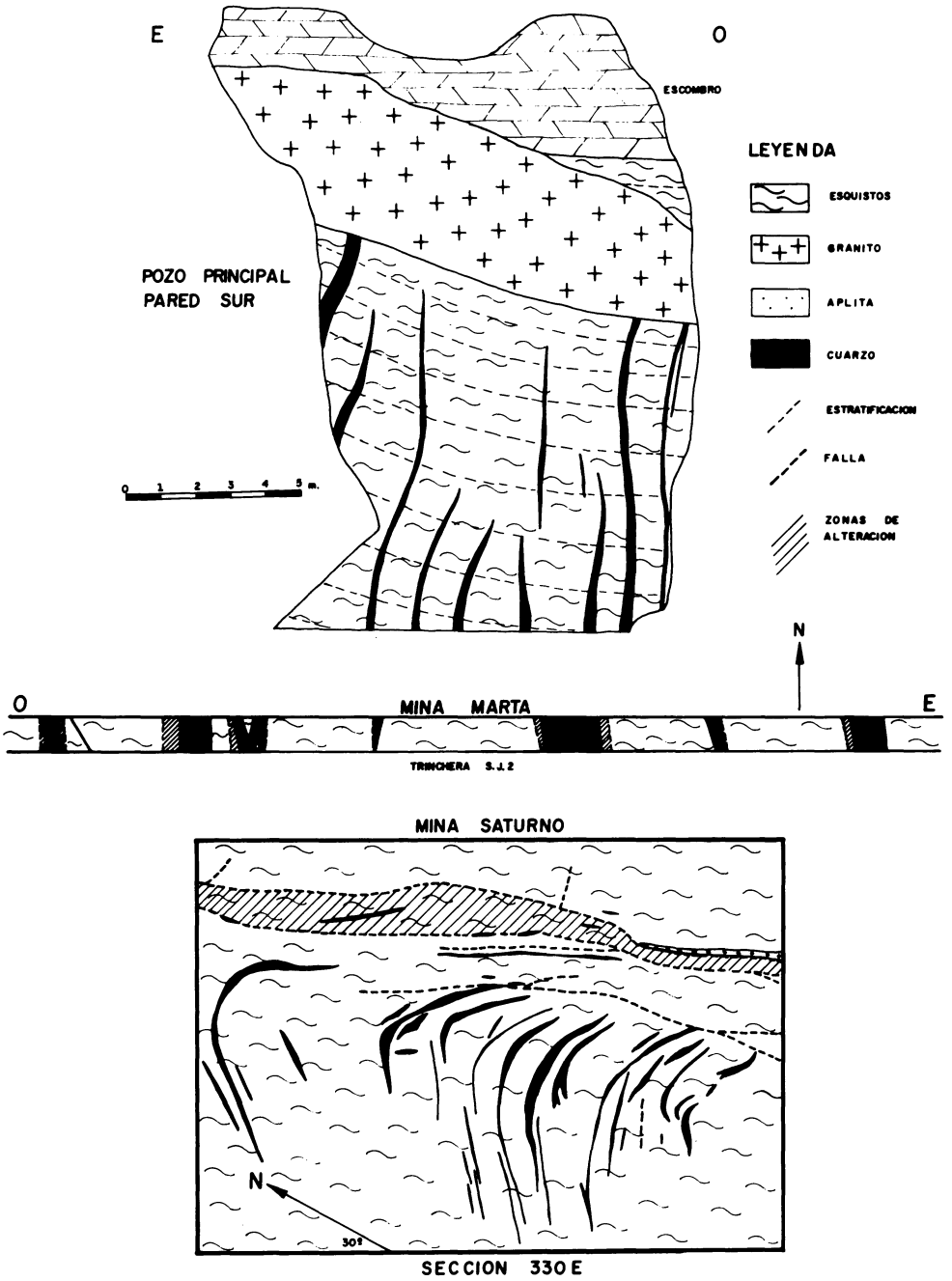
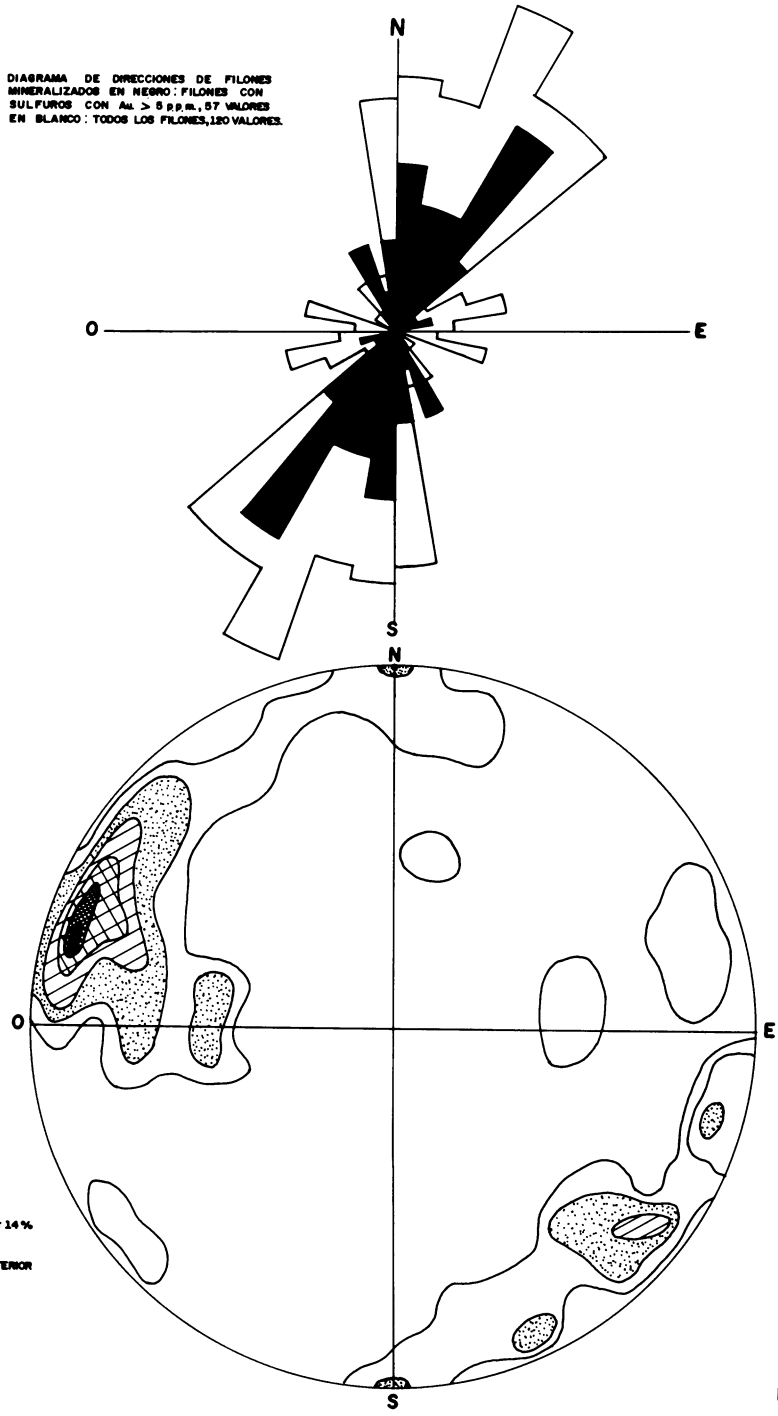
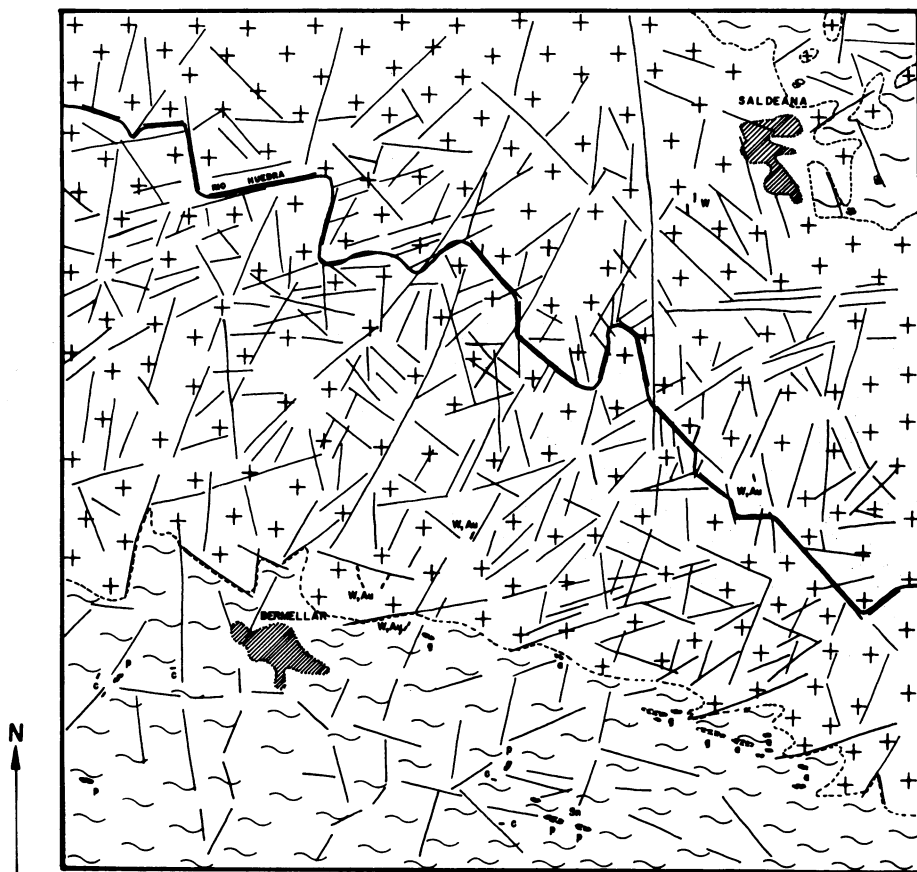


Fig-2

NOROESTE DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA








AREA DE BERMELLAR

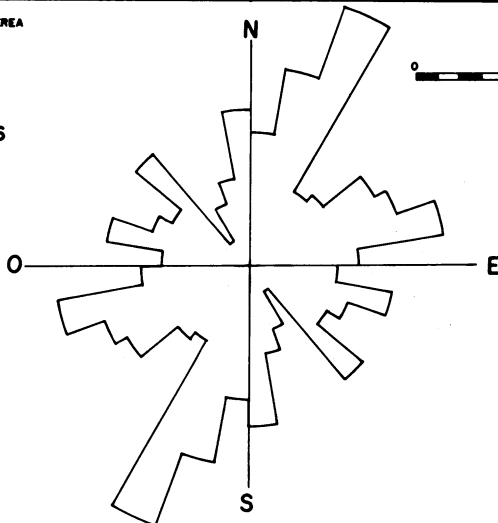


LINEAMENTOS DE FOTO AEREA  
VUELO 449 G Nº 11

0 0.5 1.0 Km.

LEYENDA Fig-4,5,6

-  ESQUISTOS
-  GRANITO
-  APLITA
-  PEGMATITA
-  CUARZO





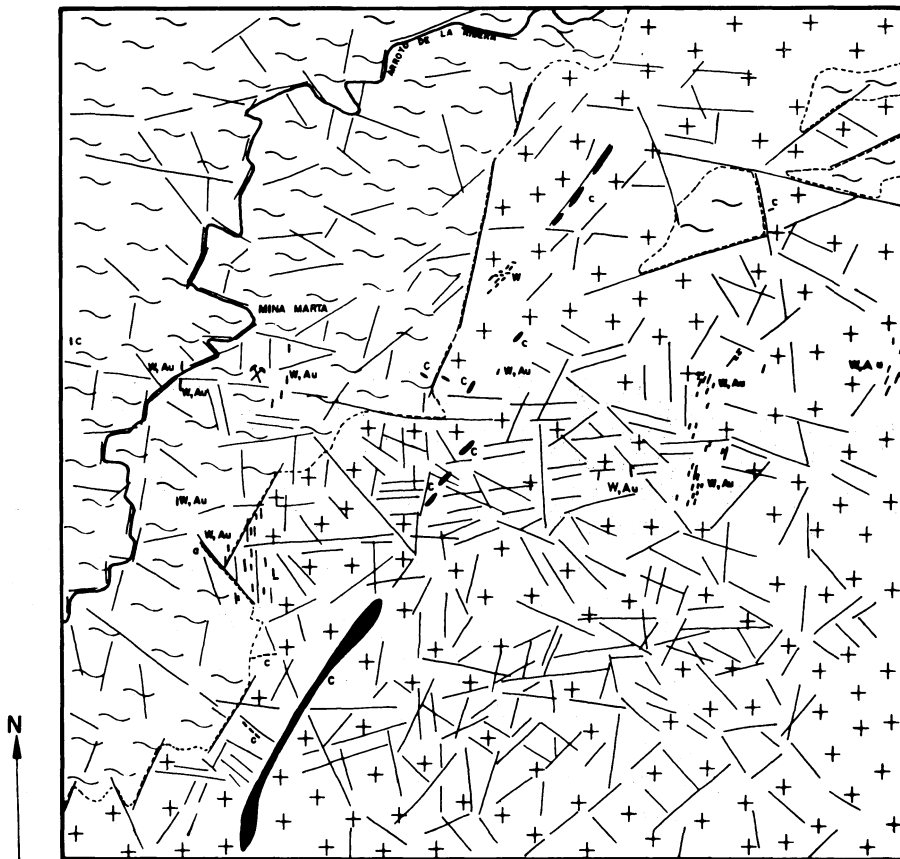
-  FOTOLINEACIONES
-  LIMITES LITOLÓGICOS
-  MINAS ANTIGUAS CON MINERALIZACION
-  W TUNGSTENO
-  Sn ESTAÑO
-  Au ORO

Fig-4



AREA DE LA MINA MARTA



LINEAMIENTOS DE FOTO AEREA  
VUELO 449 E N° 7

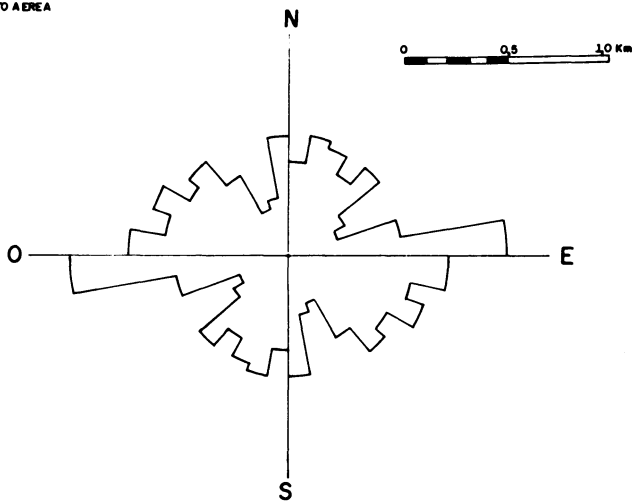
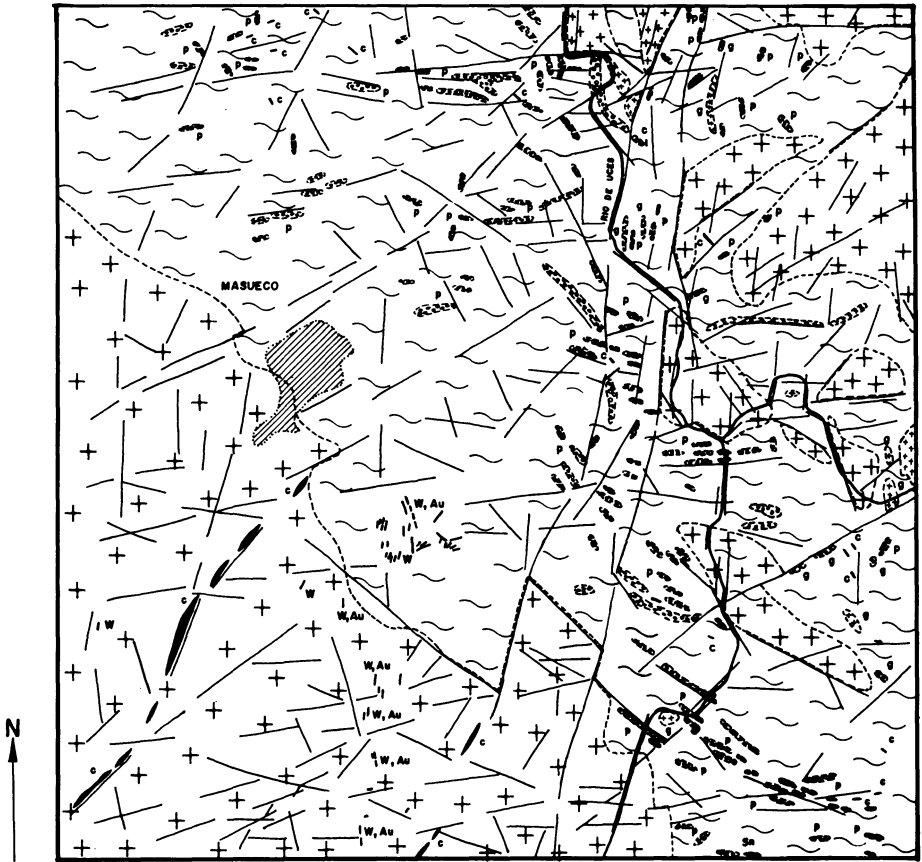


Fig-5

AREA DE MASUECO



LINEAMIENTOS DE FOTO AEREA  
VUELO 422 F N°9

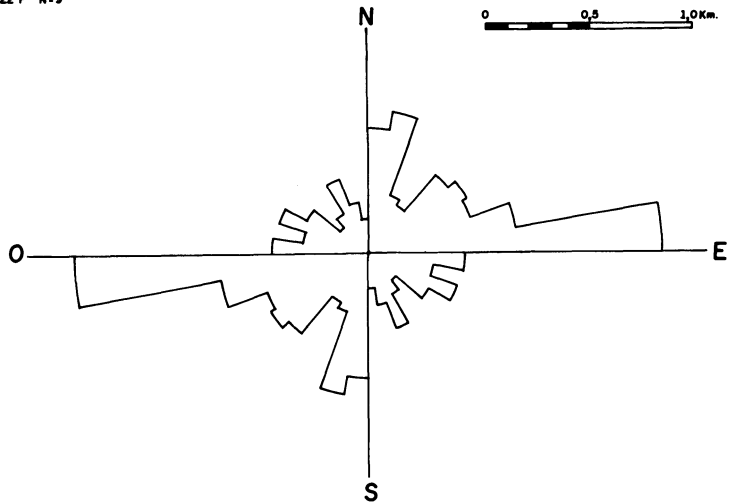


Fig-6

FOTOLINEACIONES DE IMAGENES DE LANDSAT 5 EN EL AREA NOROESTE DE LA PROVINCIA DE SALAMANCA Y ZONA FRONTERIZA DE PORTUGAL. (BANDAS 4,5,6)

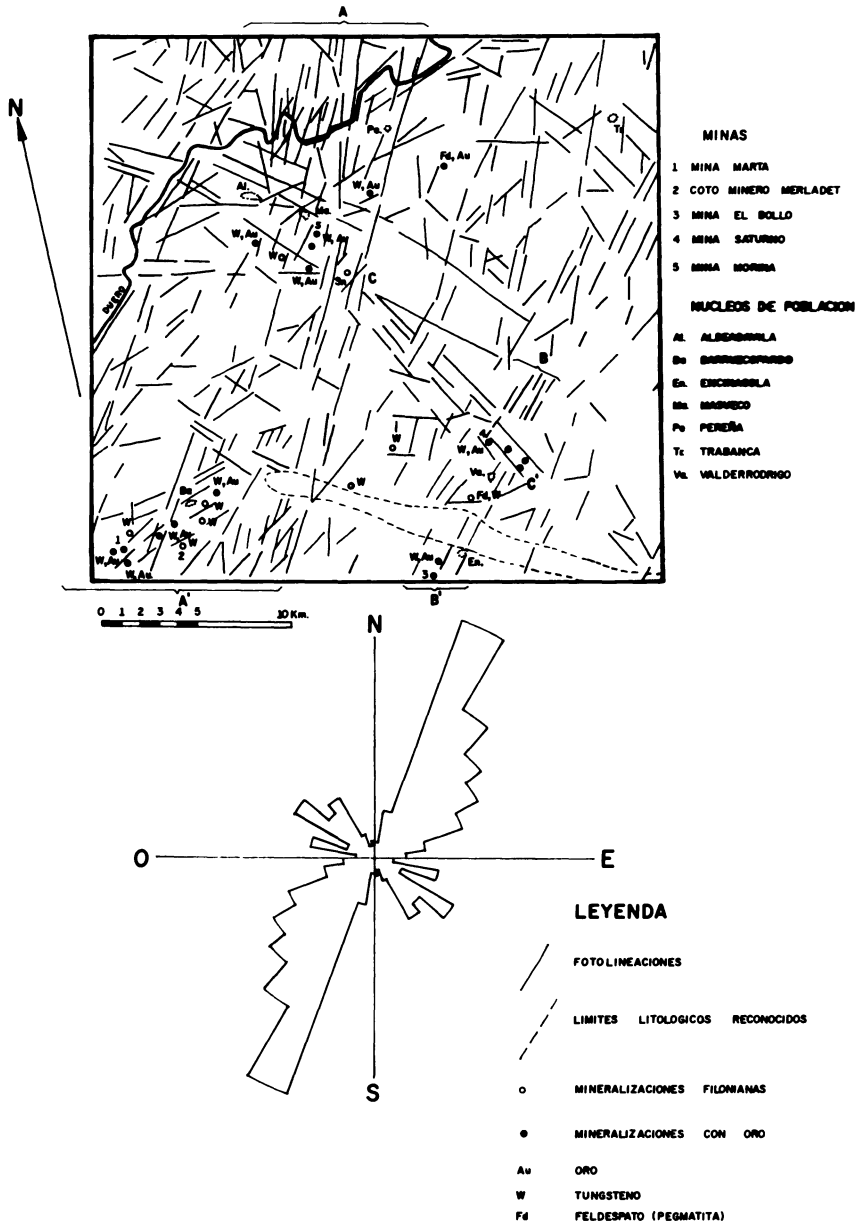


Fig - 7

FOTOLINEACIONES DE IMAGENES LANDSAT 2 EN EL  
AREA DEL OESTE DE LAS PROVINCIAS DE SALAMANCA Y  
ZAMORA Y ZONA FRONTERIZA DE PORTUGAL. (BANDAS 4,5,7)

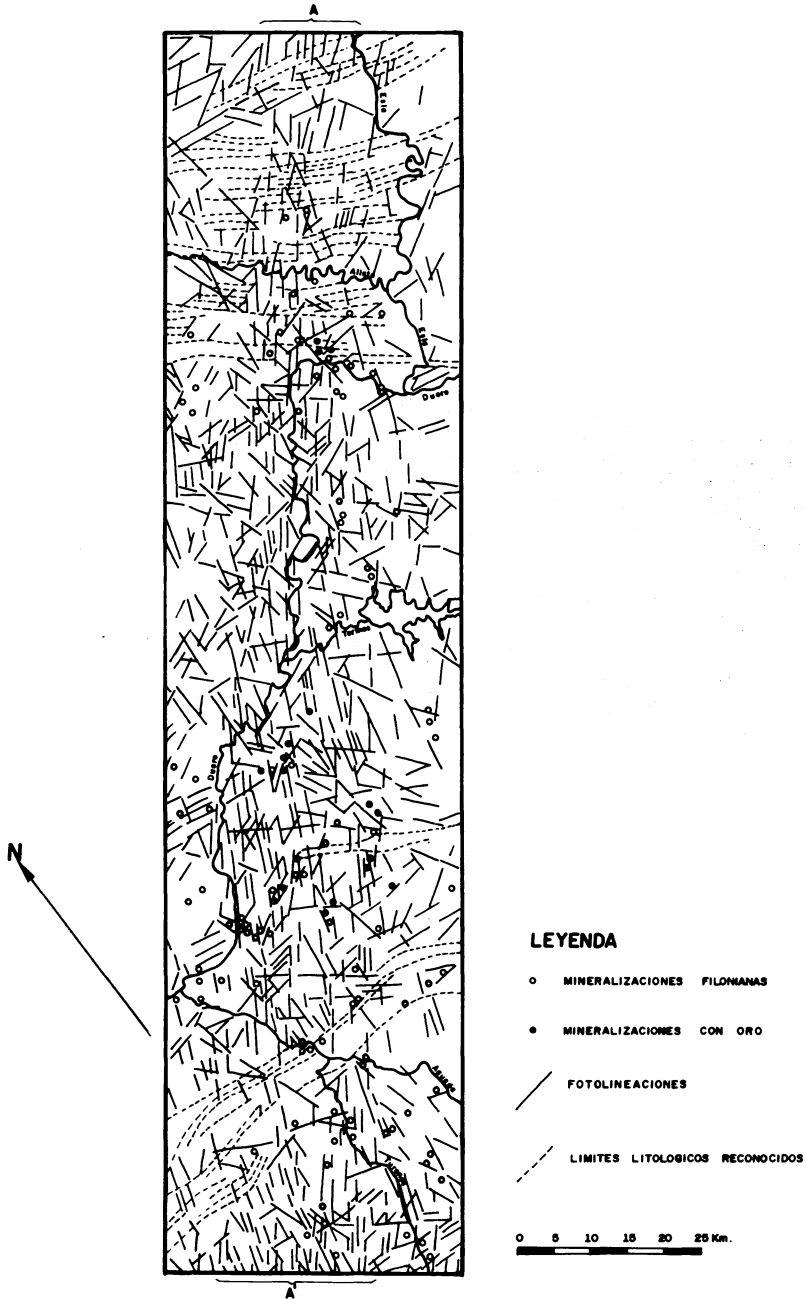


Fig-8

## CONCLUSIONES

La experiencia sintetizada en el presente trabajo pone de manifiesto la indudable utilidad de los sensores remotos como herramienta prospectiva, especialmente por su bajo costo, rapidez y relativa sencillez de uso, pero asimismo la necesidad de contraste entre diferentes técnicas para obtener fiabilidad en los resultados y, sobre todo, la comparación con las evidencias de campo para evitar interpretaciones apresuradas.

En nuestro caso se comprueba, por la combinación de ambos tipos de técnicas, la existencia de una zona de aproximadamente 15 Km de anchura y 170 Km de longitud con dirección NNE-SSW, favorable para la ubicación de yacimientos (Sn, W, Au) y caracterizada por la abundancia de estructuras

endógenas que se manifiestan como lineaciones.

Cabe destacar, también, que las intersecciones de fracturas de la gran lineación citada, con otras de dirección E-W son especialmente favorables para la localización de indicios de Au, independientemente de la litología afectada (E de Saucelle, Masueco, Bermellar, Encinasola, Pino, etc.).

El control estructural descrito es, no obstante, condición necesaria pero no suficiente para la detección de yacimientos de interés económico, para cuya definición y evaluación será necesario aplicar las técnicas habituales de prospección en zonas delimitadas a través de criterios como los expuestos.

*Recibido, 20-IV-88*

*Admitido, 25-V-88*

## BIBLIOGRAFIA

- BISCHOFF, L. (1975). Das Störungsmuster Zentralspaniens nach Auswertungen von ERTS-1-Aufnahmen. *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, 36, 69-79.
- BLANCHARD, J. P.; COTTARD, F. (1979). Etude de la distribution de gites métallifères par l'interprétation photosatellite associée à l'autocorrélation optique. Application aux gisements de Sn-W du NW de la Péninsule Ibérique. 7.<sup>a</sup> R. A. S. T., Lyon, S. G. G., 58.
- BURKHARDT, R. y GARCIA SANCHEZ, A. (1985). Distribución de Au y Ag en filones de cuarzo mineralizados (W, Sn, Sulfuros) del Oeste de España. *Cuadernos Lab. Xeol. Laxe*, V. 10, 285-310.
- CARBALHO, D. (1977). Lineament patterns and hypogene mineralization in Portugal. Estudios, notas e trabalhos do S. F. M., V. XXIII, 91-106.
- GONZALO, F. J. y LOPEZ PLAZA, M. (1983). Tipificación estructural de los filones estaño-wolframíferos más representativos de la penillanura salmantino-zamorana. *Stud. Geol. Salmant.*, XVIII, 159-169.
- GOUANVIC, Y., COURRIOUX, G. et OVEJERO, G. (1981). Contrôle structural de la repartition des indices d'or filoniens du nord-ouest de la Peninsule Iberique. *Cuadernos Geol. Iber.*, V. 7, 353-367.
- GUTIERREZ CLAVEROL, M., LUQUE, C. y SUAREZ, V. (en prensa): El lineamiento tectónico Nazaré (W de Portugal)-Luarca (NW de España) y su implicación metalogenética (Macizo Hespérico).
- IGME (1980). Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. *Serv. Publ. M.º Industria*. Madrid.
- TAMAIN, G. (1975). Mégatectonique, linéaments et fracturation profonde dans la Meseta Ibérique. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*. V. XVII-4, 375-392.