

DISTRIBUCION DE Au y Ag en FILONES DE CUARZO MINERALIZADOS (W, Sn, SULFUROS) DEL OESTE DE ESPA~A.

BURKHARDT, R. (x); GARCIA SANCHEZ, A. (xx)

(x) C/ Tormes, 8. El Encinar, Salamanca.

(xx) C.S.I.C. Apartado 257. Salamanca.



RESUMEN. Se presentan los resultados de un programa de exploraci6n de Au y Ag en yacimientos filonianos mineralizados con W, As o Sn en 17 provincias del oeste de Espa~a. Se han muestreado 250 filones de cuarzo conteniendo sulfuros.

Los resultados anal6ticos demuestran la existencia de tres 6reas de inter6s (altos contenidos en metales preciosos) desconocidas hasta ahora:

1) N.O. de Salamanca; con varias zonas filonianas, an6malas en Au y Ag, en torno al granito de Barruecopardo (los valores m6s altos de Au se localizan al este de Saucelle).

2) N. de Madrid; zona an6mala en Ag, prolongaci6n hacia el SW de otra previamente conocida.

3) S.W. de Galicia; con altos contenidos en Au y/o Ag.

SUMMARY. In this western Spain Au-Ag reconnaissance program 250 samples of sulfide-bearing quartz veins were taken in 17 provinces. Results indicated three areas with previously unknown, high precious metal values:

1) N.W. Salamanca, several clusters of prospects distributed around the perimeter of the Barruecopardo granite yielded very significant gold and silver values.

2) N. Madrid, a known silver district was extended southward and

3) S.W. Galicia, a series of similar prospects showed high gold and/or silver values.

INTRODUCCION

El planteamiento de este trabajo de prospección a escala regional, se fundamenta en dos hechos principales. Por un lado la escasez de datos al respecto, y por otro, las elevadas posibilidades teóricas que para estos metales preciosos ofrece el Macizo Hespérico, donde existen numerosos indicios y diversos tipos de yacimientos de ambos elementos, conocidos y explotados algunos desde antiguo. Además de los extensos yacimientos de origen sedimentario (León) y de numerosos y pequeños aluviones, en el N.O. de la Península Ibérica son muy abundantes los indicios y pequeños yacimientos agrupados en una serie de alineaciones en determinadas estructuras regionales que parecen determinantes o favorables para su formación, y que son más reveladoras para Au que para otros elementos típicos de las mineralizaciones del N.O. de la Península, como W y Sn; (GOUANVIC, et als. 1981); dichos indicios, o bien se presentan paralelos a las estructuras principales (N, ó N.O.) de la Cadena Hercínica (Alcañices, Bayo, Jales, Monteneme, Puente deume, Fonsagrada, Salas, Narcea, aunque estos tres últimos con ciertas dudas) ó bien, se sitúan transversalmente a estas direcciones (N.E.) (Carballino y Vilaverde). Entre los primeros (conformes a las direcciones de la Cadena Hercínica) son admitidos en general, como zonas de cizallas regionales relacionadas con la segunda fase hercínica, (IGLESIAS y CHOURKROUNE, 1980).

Comunmente, en ambos casos, se trata de filones de cuarzo (Au, Ag) con arsenopirita, como sulfuro principal, y pirita, pirrotina, calcopirita, bismuto, etc., como accesorios. También es bastante general la asociación con mineralización de W (Scheelita, wolframita). Aunque BRINK (1960) ya apuntaba que no hay conexión entre las dos mineralizaciones, bastantes separadas, al parecer, temporalmente. En fin, las edades de este tipo de mineralizaciones no están bien determinadas en el momento actual, como tampoco su relación genética con las diversas series graníticas espacialmente relacionadas.

Por otro lado, dada la asociación frecuente Au-Sulfuros, conviene destacar algunos hechos sobre la distribución del Au en estos minerales.

Su concentración en los sulfuros depende más de las condiciones fisico-químicas de la deposición que de la naturaleza del mineral en sí (por ejemplo, piritas y arsenopiritas de filones de cuarzo auríferos tienen mayores concentraciones de Au que aquellas de depósitos no auríferos. Las diferentes estructuras de distintos sulfuros no ejercen una influencia importante en el reparto del Au entre ellos, así su solubilidad en la red de estos minerales (alguna forma de sustitución isomórfica, $Au + Sb = As + Fe$, etc.) debe ser pequeña; más comunes son aquellas inclusiones submicroscópicas de Au nativo en microfracturas, interfases, etc. Algunos datos de referencia tomados de BOYLE (1979) en los sulfuros más comunes asociados al Au son: en arsenopiritas las concentraciones varían entre 0,5 y 200 ppm Au; en piritas entre $< 0,01$ y 200 ppm.

Parece ser que la formación de Au nativo en partículas de varias micras (a veces más de 100 micras) en estos minerales se deben a fenómenos de exolución de oro submicroscópico depositado primariamente a más altas temperaturas (350-450°C). Esta difusión o redistribución del Au en los sulfuros ocurriría en posteriores estadios hidrotermales, acompañados generalmente de microfracturación, a más bajas temperaturas ($< 300^{\circ}C$).

En otro orden, ha sido común considerar las rocas ígneas como la fuente del Au en sus yacimientos asociados, dada la relación espacial evidente en muchos casos. Sin embargo los datos de TILLING et als. (1973), sobre la distribución del Au en series plutónicas, demuestran que los términos más básicos son más ricos en Au que los más ácidos (desde 1 ppb a 0,5 ppb), siendo aquellos minerales que cristalizan primero (silicatos máficos, óxidos de Ti y Fe, etc.) los que presentan mayores concentraciones (de 5 a 10 ppb) y los últimos (cuarzo y feldespatos) menores (< 1 ppb). Esto sugiere que el Au no se concentra en los fundidos residuales durante la diferenciación (a diferencia del

Sn por ejemplo). Además su factor de enriquecimiento en los filones mineralizados (con aproximadamente 10 ppm Au) sobre 1 ppb en los granitoides es > 10.000 . Estas observaciones y otras más, hacen que sean poco probables los mecanismos de diferenciación magmática como fuente de acumulación del Au; de esta opinión es también BOYLE (1979).

Por el contrario, cada vez son más los autores que piensan en el metamorfismo regional como proceso fundamental en la formación de determinados depósitos auríferos filonianos (FYFE y KERRICH, 1982; LEWIS, 1982, etc.). Hacia esta conclusión conducen varios hechos. Por un lado los balances geoquímicos en la formación de un yacimiento filoniano de Au que implican tanto una efectiva lixiviación del Au de grandes volúmenes de rocas fuente con niveles de concentración de ppb de este elemento, como mecanismos capaces de concentración con factores del orden de $\geq 10^4$ y precipitación en hidrofracturas. Por otro, los datos sobre isótopos ($\delta^{18}O$) y los caracteres físico-químicos de los fluidos que originaron estos yacimientos de Au. En síntesis, los factores más comunes en la génesis de estos yacimientos son temperaturas comprendidas entre 320 y 450°C, significativa cantidad de CO_2 , salinidad $< 2\%$ y $K \approx Na$ en los fluidos hidrotermales. Otro factor fundamental es el potencial redox del sistema durante los mecanismos de extracción, transporte y precipitación del Au de sus probables complejos con Cl^- , Br^- , SH^- , S^{2-} , CO, COS, incluso con As como tioarseniuros que son más estables que los complejos con sulfuros. Así es favorable durante la extracción y transporte un ambiente oxidante y en el momento de la precipitación la presencia de algún agente reductor.

FILONES ESTUDIADOS

Para este trabajo se han utilizado los resultados de un programa de exploración geoquímica realizado durante 1983 y 1984 por St. Joe Minera de España, cuyo objetivo era la localización de áreas o depósitos de Sn y/o W, As con anomalías en metales preciosos.

Dicho programa de exploración se realizó en 17 provincias del Oeste de España a través de todo el Macizo Hespérico desde Galicia hasta Sierra Morena.

La base de muestreo fueron todos los depósitos de Sn, W, Au o As de tipo filoniano conocidos. En total se han estudiado 335 yacimientos y se han tomado 249 muestras. Estas se tomaron principalmente en los propios filones de cuarzo y esporádicamente en pegmatitas, impregnaciones de rocas encajantes y zonas de cizallas. En todas ellas se han analizado Au, Ag, Sn, W, Ta y As.

De forma esquemática los caracteres generales de las principales zonas estudiadas son:

En el N.O. de la provincia de Salamanca la paragénesis general de los filones de cuarzo mineralizados es arsenopirita, pirita, scheelita, wolframita y escorodita. Son de dirección N10 ± 10 E, con buzamiento 75° E y se presentan en forma de haces (SWARMS); con potencias que varían entre 10 cm. y 1,5 m. Son especialmente abundantes en los bordes del "granito de Barruecopardo".

En la Fig. 1 puede apreciarse con detalle su disposición en la zona de Masueco y en la Fig. 2 en la zona comprendida entre Saucelle y Barruecopardo. Las estructuras locales y de los filones mineralizados pueden verse en las Figs. 3 y 4.

Son bastante homogéneos en sus caracteres en toda esta zona de Salamanca; cortan tanto a los granitos como a los esquistos encajantes y llevan siempre la misma paragénesis descrita.

En la provincia de Orense, concretamente en el área de Carballino los filones o haces de filones de cuarzo mineralizados llevan direcciones entre E-W a NE-SW, son subverticales y cortan a las estructuras regionales. La paragénesis comprende arsenopirita, wolframita, scheelita y raras veces molibdenita y fluorita.

En La Coruña, en el área de Santa Comba, la orientación de los filones es NNE-SSW, son subverticales y la paragénesis inclu

ye arsenopirita, escorodita, pirita, wolframita, calcopirita y trazas de molibdenita.

En el norte de la provincia de Madrid los filones de cuarzo estudiados se encajan en neises, llevan direcciones NE-SW, con buzamiento al SE y la mineralización es de arsenopirita, pirita, calcopirita, galena, esfalerita, casiterita y wolframita.

RESULTADOS ANALITICOS

El resumen de los resultados analíticos (Au y Ag) para la provincia de Salamanca puede verse en forma de histogramas en la Fig. 5.

Es de destacar que el rango de valores de Au alcanza hasta las 200 ppm de Au (hay cuatro muestras con más de 100 ppm). El tipo de distribución es lognormal-bimodal; los filones no mineralizados presentan una clase modal entre 0,1 y 1 ppm; en los filones mineralizados la clase modal está entre 20 y 50 ppm. Otros caracteres de la distribución del Au pueden verse con mayor exactitud en la Fig. 6, sobre papel Gauss-logarítmico; ambas rectas de dicha figura corresponden a las dos poblaciones de muestras (mineralizada o anómala y no mineralizada). En ésta la media geométrica es de 0,25 ppm. Au y el umbral de anomalía (considerando 2 veces la desviación standard) es de 7,4 ppm. En la población anómala la media geométrica es de 24 ppm.

Volviendo a la Fig. 5 puede verse que la clase de mezcla entre en las dos poblaciones es de 5 a 10 ppm Au. Así este nivel de anomalía desde un punto de vista geoquímico estadístico se corresponde con el nivel de mineralizado desde un punto de vista de geología económica considerando este tipo de mineralización como en otras partes del mundo: haces de filones, con potencias entre 20 cm. y 1,5 m. encajante esquistos y granitos, distribución del Au muy fino del orden de 10 micras o menos, explotación a cielo abierto, cotización actual del Au, etc.

La distribución de Ag (Fig. 5) tiene un rango que alcanza hasta más de 200 ppm. El tipo de distribución es semejante al del Au; con una clase modal anómala entre 30 y 50 ppm Ag y un

umbral de anomalías del orden de 20 ppm.

La Fig. 7 que corresponde a Galicia, puede verse que tanto la Ag como el Au presentan unas distribuciones con unos caracteres generales semejantes a las de Salamanca.

Y finalmente, en la Fig. 8, a modo de síntesis, se consideran todas las muestras estudiadas de toda España. Los resultados son similares a lo ya visto:

umbral de anomalía entre 5 y 10 ppm Au

moda en población mineralizada entre 20 y 50 ppm.

moda en población no mineralizada entre 0,1 y 1 ppm.

Globalmente, no hay correlación entre los elementos analizados (Au, Ag, Sn, W, Ta, As); solamente cabe destacar que en algunos casos (dos de la provincia de Orense y en el norte de la de Madrid) la Ag va asociada al Sn.

Sobre la distribución geográfica de los resultados de Au expuestos se presentan, a modo de resumen orientativo, en las Figs. 9, 10 y 12. Se puede destacar en la Fig. 9 (Orense y parte de Pontevedra) que los valores más altos de Au se sitúan en la zona de Carballino y un punto en Barreiro. En Orense los valores más altos de Ag (no están incluidos en la Fig.) se sitúan en la mina La Sultana, en Barreiro y en Minas de Beariz. En la provincia de la Coruña destacan los valores más altos (Au) en la zona de Santa Comba-Corcoesto (Fig. 10).

En el N.O. de la provincia de Salamanca es de destacar que las zonas anómalas o mineralizadas con Au, se encuentran en torno al granito de Barruecopardo (Fig. 11). Son las zonas de Saucelle (E.), Masueco, Bermellar, Encinasola y Valderrodrigo. En las Figs. 12 y 1, puede apreciarse con mayor detalle la situación de anomalías entre Saucelle y Barruecopardo, Bermellar-Saldenana y Masueco.

En el N. de la provincia de Madrid destacan algunas anomalías importantes de Ag y desconocidas hasta ahora entre Guadalix y Colmenar Viejo (Fig. 13).

DISTRIBUCION MINERALOGICA DEL Au

Se han estudiado al microscopio de luz reflejada más de 20 secciones pulidas correspondientes a diversas muestras de los filones de Cuarzo mineralizados reseñados.

Siempre se ha observado Oro nativo, que se presenta como granos equidimensionales así como granos alargados asociados a o incluidos en arsenopirita, escorodita, y más raramente goetita. Cuando está asociado a arsenopirita el oro aparece como finísimas inclusiones solo o como intercrecimientos con bismuto nativo y también intersticial entre granos de arsenopirita. Las inclusiones raramente exceden 3 a 4 micras, mientras que los granos intersticiales son significativamente más grandes, a veces hasta 100 micras. Una importante cantidad de Au se presenta como un halo de dispersión muy fino en torno a la arsenopirita alterada a escorodita y goetita. Queda la duda si parte del Au está en forma submicroscópica o como constituyente reticular en la Arsenopirita. Los análisis con microsonda demuestran que el Au en este mineral (aparte de las inclusiones) está en concentraciones inferiores al límite de detección de esta técnica.

En resumen, el tamaño de grano del Au varia bastante entre 0,5 y 100 micras. Sin embargo la mayoría de los granos observados están en el rango 0,5-10 micras, y se acumula en la escorodita.

De estas observaciones se puede pensar que el Au precipitó en los filones en un primer estadio (quizá de T superior) dise-
minándose muy finamente junto con el bismuto dentro de la arsenopirita. En un segundo estadio (más baja T) que ocasiona cataclásis en la arsenopirita, produce una exolución y acumulación de Au en granos mayores intersticiales y en los productos de alteración como escorodita.

CONCLUSION

El resultado práctico más importante de este programa de exploración es la localización de algunas áreas con contenidos interesantes en metales preciosos y desconocidas hasta ahora,

Fig. 14 (N.O. Salamanca, S.O. Galicia, N. de Madrid y algunos puntos en Extremadura, Zamora y Córdoba).

En el N.O. de Salamanca principalmente en el entorno del granito de Barruecopardo.

En Galicia, en las áreas al N. de Laza, La Gudiña, Barreiro (Ag), La Sultana (Ag).

En el N. de Madrid, entre Guadalix y Colmenar Viejo.

En la zona más interesante, N.O. de la provincia de Salamanca, los filones de cuarzo mineralizados (Au) N 10 E, corresponden en la tipificación de GONZALO y LOPEZ-PLAZA (1983) a "filones resultantes de mecanismos tensionales", serían concordantes con un sistema de diaclases a-c de tensión, consecuencia de la fase II"; el granito de Barruecopardo espacialmente asociado sería sin fase II, precoz. También pertenecen a este grupo estructural, según estos autores, los filones con casiterita de Mina Feli en la Fregeneda que están plegados, LOPEZ-PLAZA et. als. (1982), según ellos por presión magmática. Semejantes a estos filones plegados con casiterita, aparecen otros en Mina Marta (E. de Saucelle) pero que son cortados por los que llevan el Au. Además, éstos atraviesan el contacto granito-esquistos NNE-SSW equivalente a los "Sierros" de Cuarzo (muy tardíos según opinión general), por consiguiente, no está clara la relación de estos filones con la citada tipificación, pudiendo considerarse más tardíos.

Las estructuras mineralizadas (W, As) con o sin Au cortan tanto a los granitos como a los esquistos encajantes en toda el área; los que llevan Au se sitúan en los bordes del granito únicamente. El granito estaba ya consolidado durante la mineralización y es poco probable que los fluidos hidrotermales que la causaron procedan del propio granito de Barruecopardo (granito de tendencia alcalina, de dos micas, grupo II de F. MARTINEZ, 1974).

La génesis de la mineralización (Au) no está clara aún con los datos disponibles. Probablemente hay que descartar al grani

to de Barruecopardo como fuente del Au, por lo anteriormente expuesto.

En consecuencia como hipótesis genética puede pensarse en otra fuente para el Au. Probablemente en el complejo esquistograuváquico, o en otra en profundidad; siendo el metamorfismo regional o los granitos como focos térmicos los causantes de los sistemas hidrotermales capaces de depositar el Au en los filones de cuarzo. Es posible que la situación selectiva de las haces de filones mineralizadas (Au) en los bordes del granito tenga alguna explicación puramente estructural.

Agradecimiento. Los autores agradecen a St. Joe Minera de España las facilidades dadas para la publicación de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BOYLE, R.W. (1979): The geochemistry of gold and its deposits. Geological Survey of Canada. Bulletin 280. 584 pp.
- FYFE, W.S. and KERRICH, R. (1982): Gold natural concentration processes. Proceeding of the Symposium gold'82. R.P. Forter ed. Geol. Soc. of Zimbabwe. 99-127.
- GONZALO, F.J. y LOPEZ-PLAZA, M. (1983): Tipificación estructural de los filones estanno-wolframíferos más representativos de la penillanura salmantino-zamorana. Stud. Geol. Salmant., XVIII, 159-169.
- GOUANVIC, Y., COURRIOUX, G. et OVEJERO, G. (1981). Controle Structural de la repartition des indices d'or filoniens du nord-ouest de la Peninsula Iberique, Cuadernos Geol. Iber., Vol. 7, 353-367.
- IGLESIAS, M.I. and CHOUKROUNE, P. (1980): Shear zones in the Iberian arc. Journal Struct. Geol., Vol. 2, Nº 1-2, 63-68.
- LEWIS, A. (1982): Gold geochemistry. E. and M.J. December, 56-60.

- LOPEZ-PLAZA, M., CARNICERO, A. y GONZALO, J.C. (1982): Estudio Geológico del campo filoniano de La Fregeneda (Salamanca). Stud. Geol. Salmant., XVII, 89-98.
- MARTINEZ, F.J. (1974): Estudio del área metamórfica y granítica de los Arribes del Duero (prov. de Salamanca y Zamora). Tesis Doctoral. Univ. de Salamanca 286 pp.
- TILLING, R.I., GOTTFRIED, D. and ROWE, J.J. (1973): Gold abundance in igneous rocks: bearing on gold mineralization. Econ. Geol., V. 68, 168-186.

LEYENDAS DE LAS FIGURAS

- Fig. 1. Disposición de los filones mineralizados en la zona norte del granito de Barruecopardo y anomalías de Au observadas (mismos símbolos que en la Fig. 9).
- Fig. 2. Esquema geológico y situación de los filones de cuarzo mineralizados en la zona del contacto granito-esquistos entre Saucelle y Barruecopardo. Q: "Sierros" de cuarzo; al: aluviones. Esta zona se corresponde con el recuadro nº 1 de la figura 11.
- Fig. 3. Polos de los filones mineralizados (P_1) y de otras estructuras no mineralizadas en Mina Marta (Este de Saucelle).
- Fig. 4. Estructuras observadas con fotografía aérea en la zona al este de Saucelle.
- Fig. 5. Histogramas de distribución de Au y Ag con filones de cuarzo (provincia de Salamanca).
- Fig. 6. Distribución de Au (rectas de Henry) para las muestras de la provincia de Salamanca.
- Fig. 7. Histogramas de distribución de Au y Ag en las muestras estudiadas de Galicia.
- Fig. 8. Histogramas de distribución de Au y Ag considerando todas las muestras estudiadas en toda España.
- Fig. 9. Situación de anomalías de Au en la provincia de Orense y parte de Pontevedra.
- Fig. 10. Situación de anomalías de Au en la provincia de La Coruña, (mismos símbolos que la Fig. anterior).
- Fig. 11. Zonas anómalas en Au en torno al granito de Barruecopardo (N.O. de Salamanca).
- Fig. 12. Situación de anomalías de Au en la parte S.O. del granito de Barruecopardo.
- Fig. 13. Situación de anomalías de Ag en la Zona N. de Madrid.
- Fig. 14. Areas con anomalías de metales preciosos inéditas.

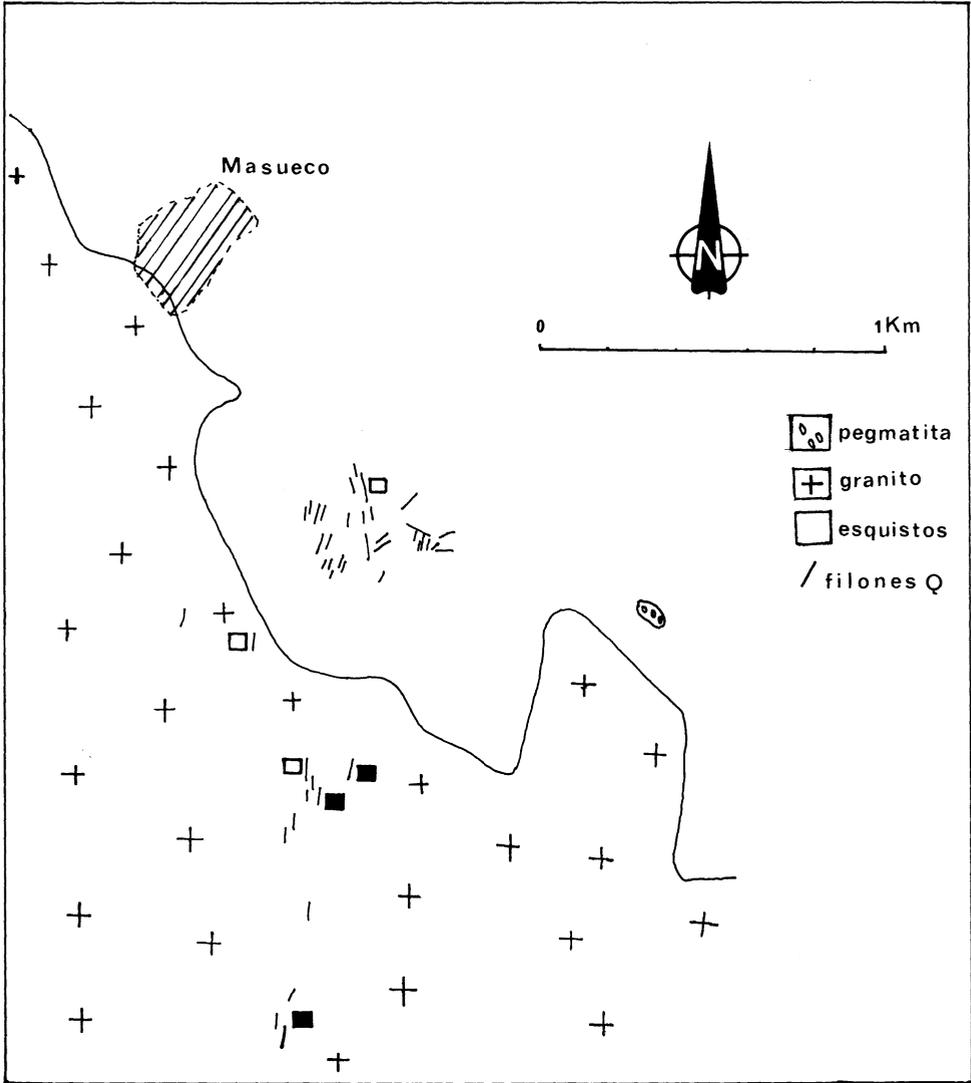


Fig.1

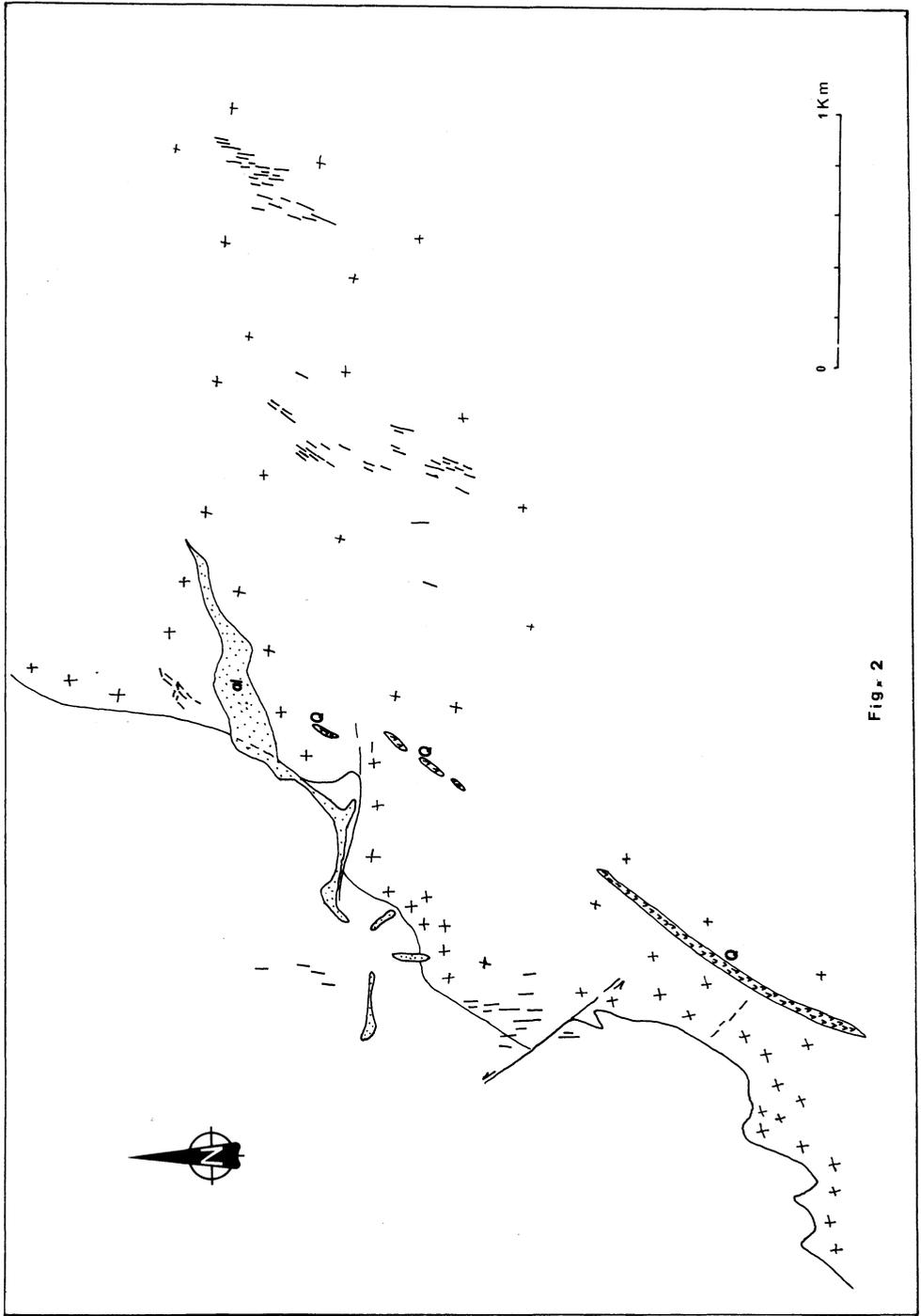
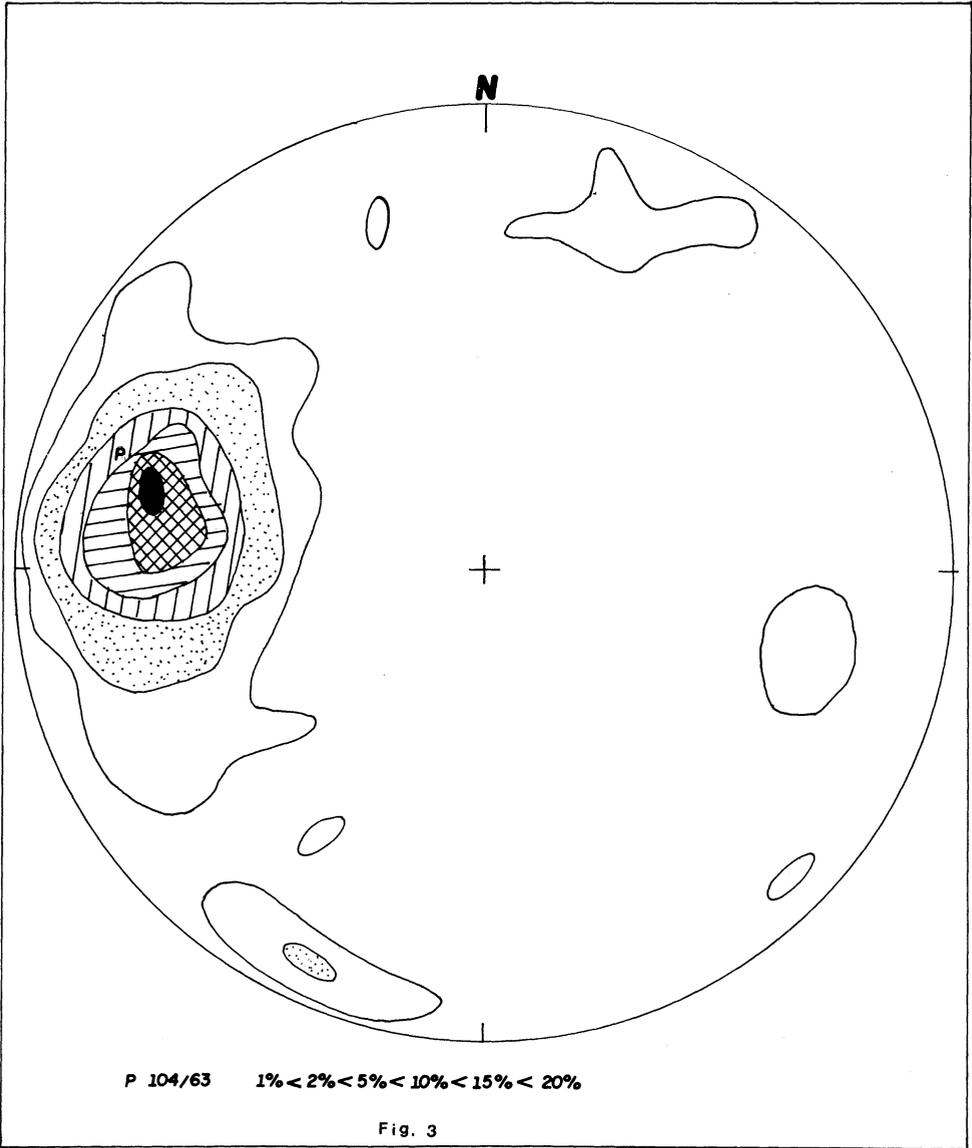


Fig. 2



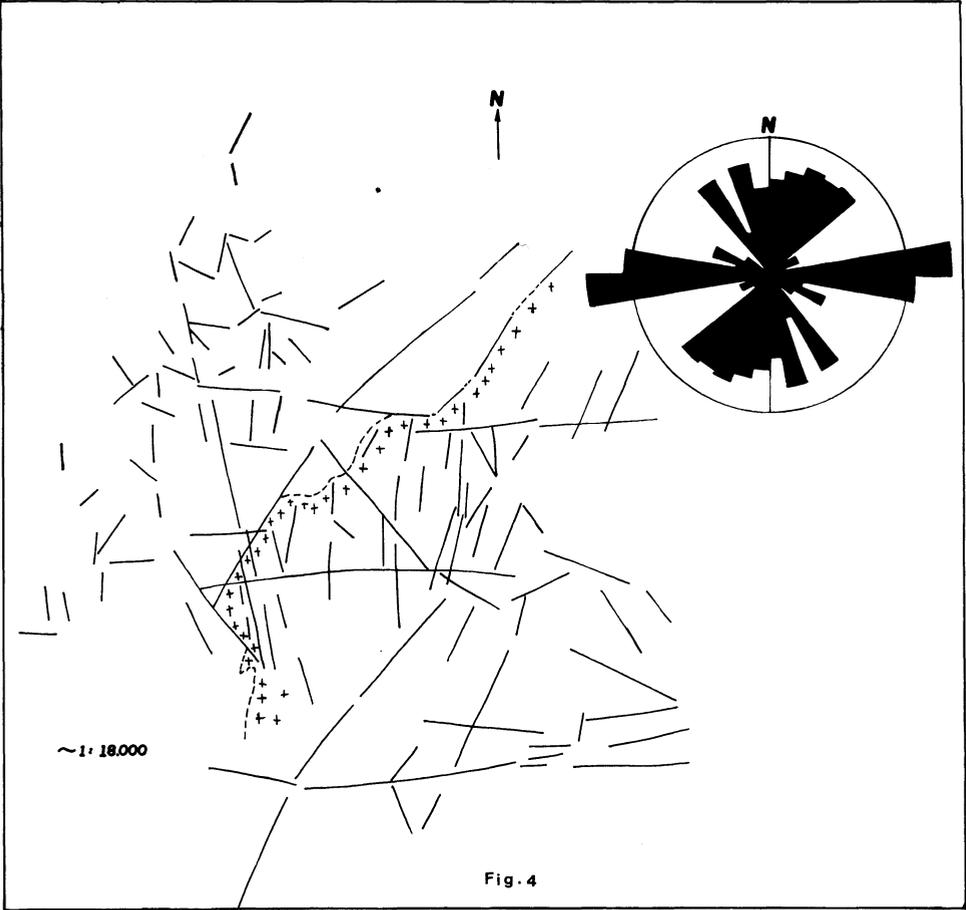


Fig. 4

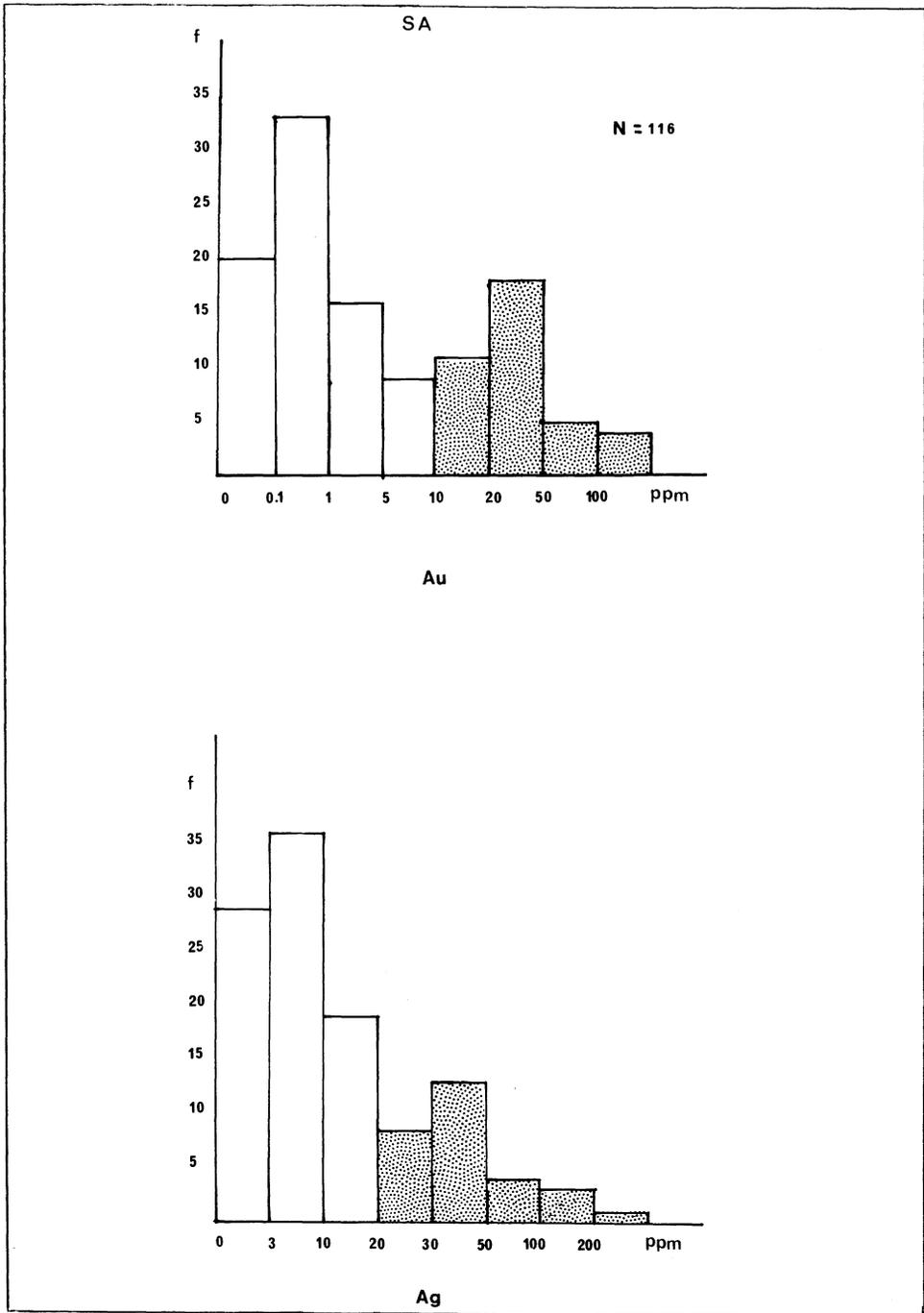


Fig. 5

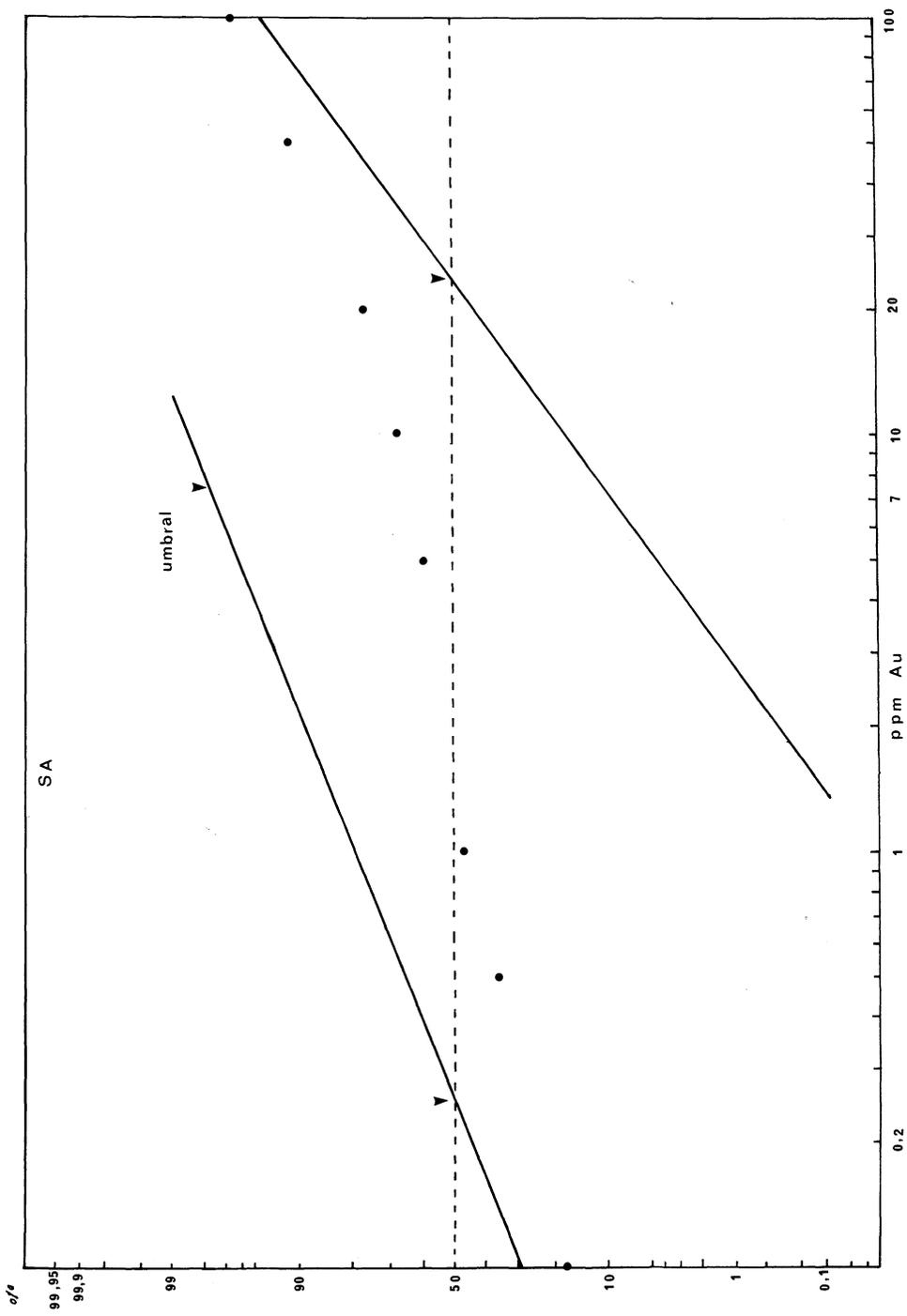


Fig. 6

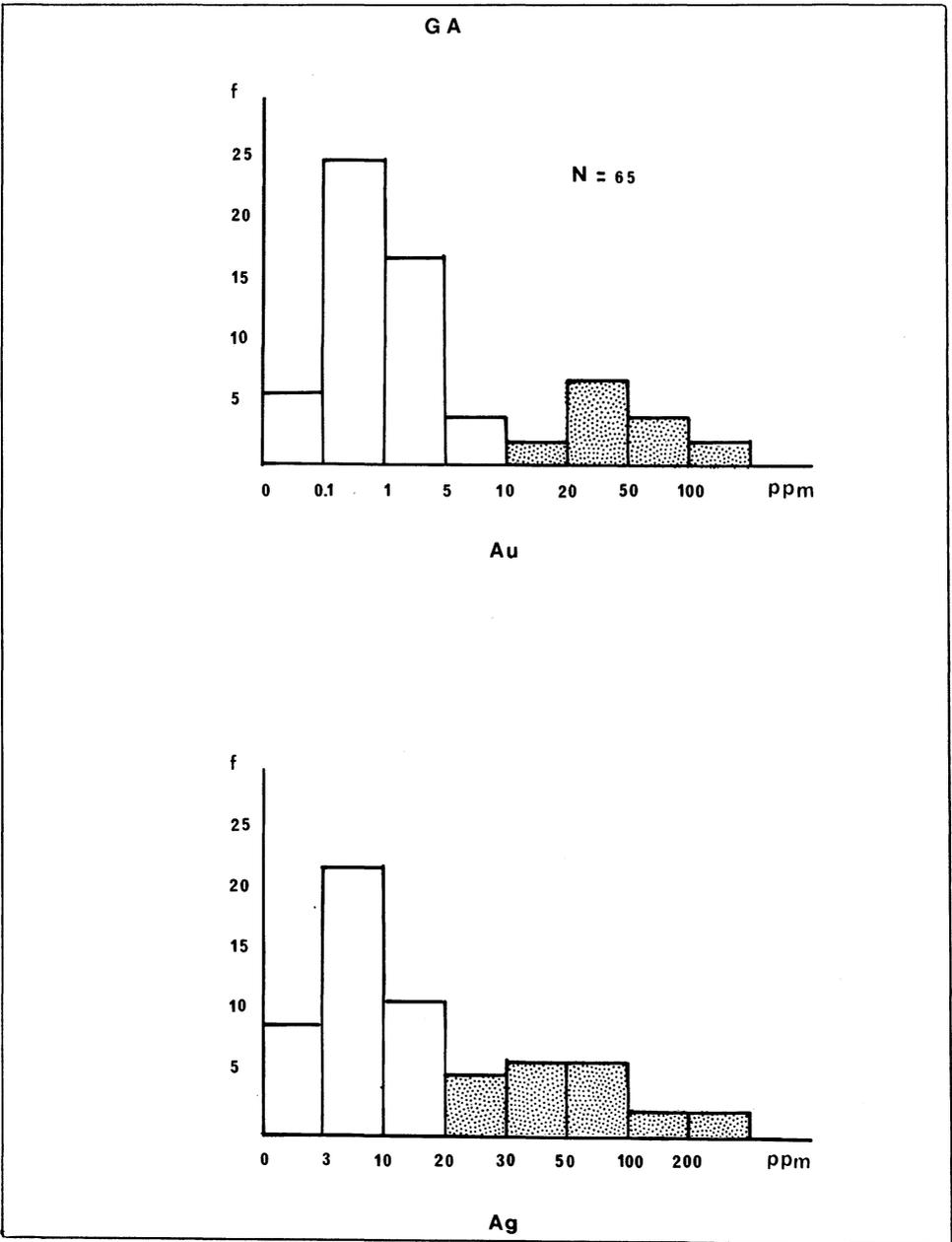


Fig. 7

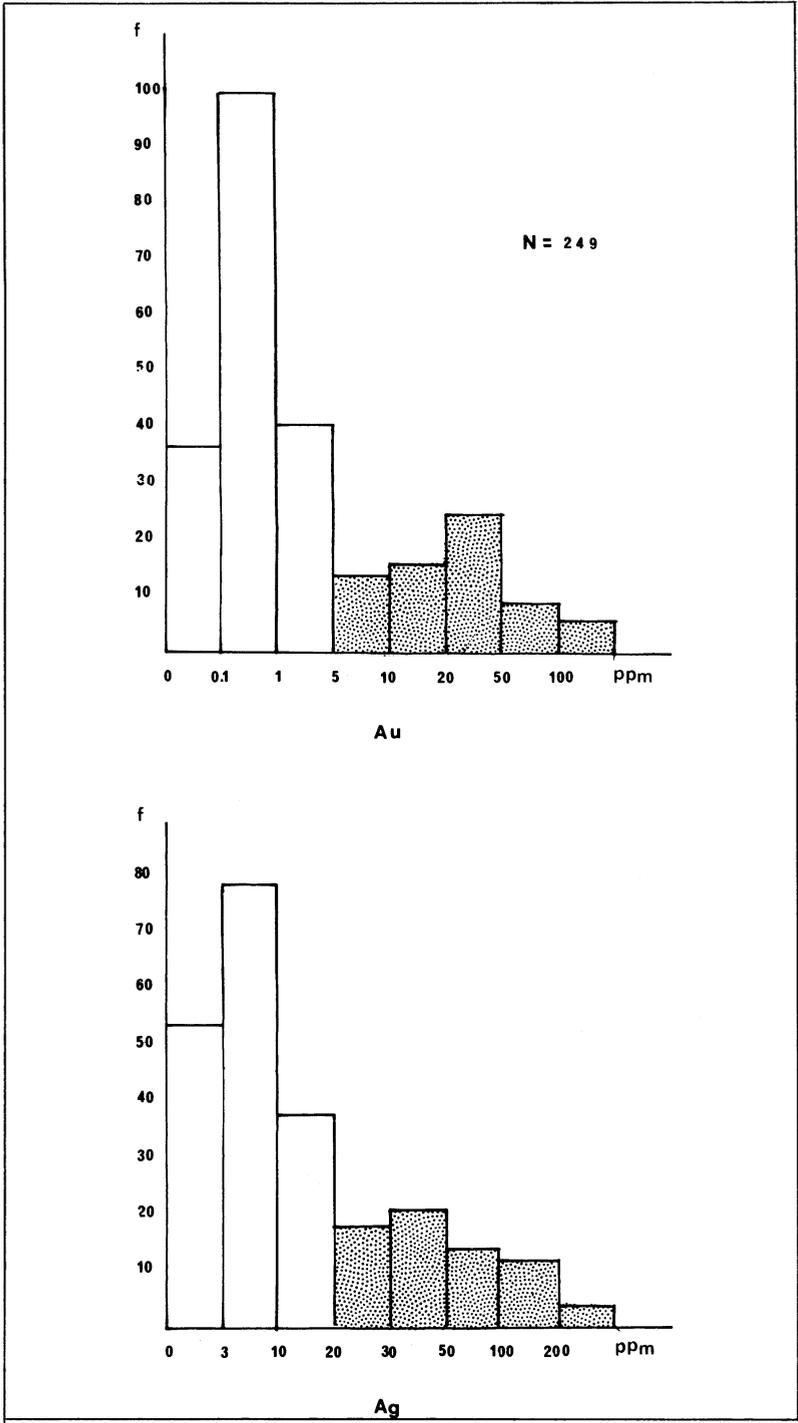


Fig. 8

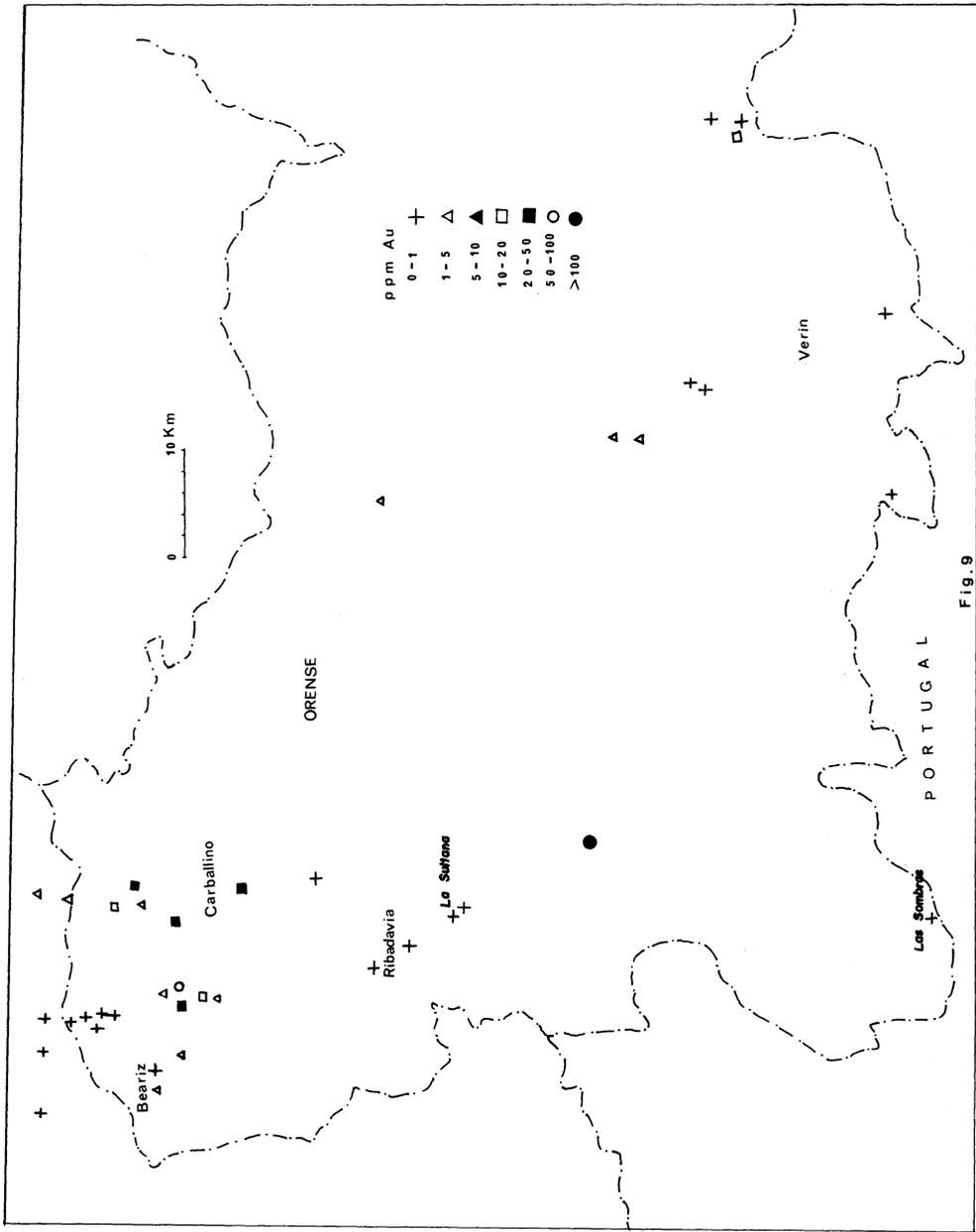


Fig.9

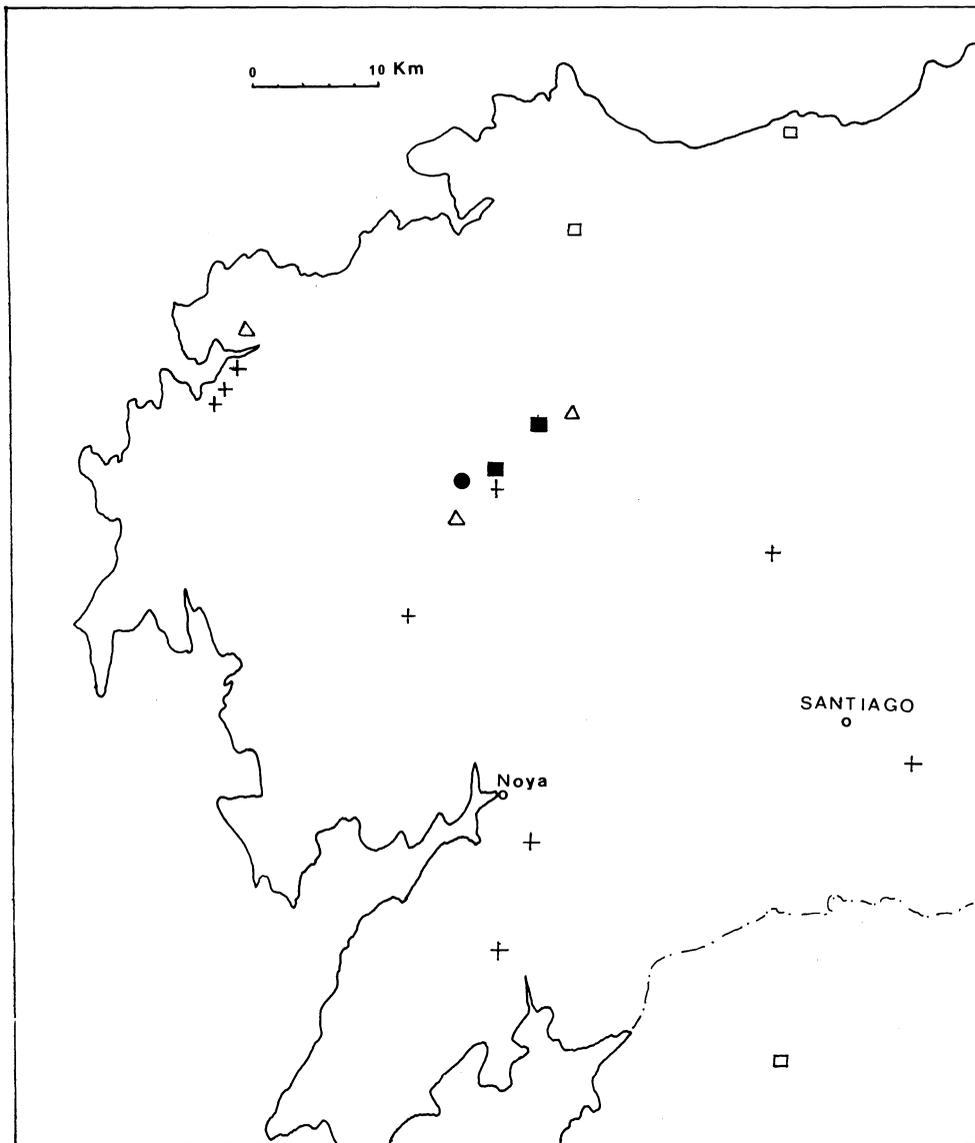


Fig.10

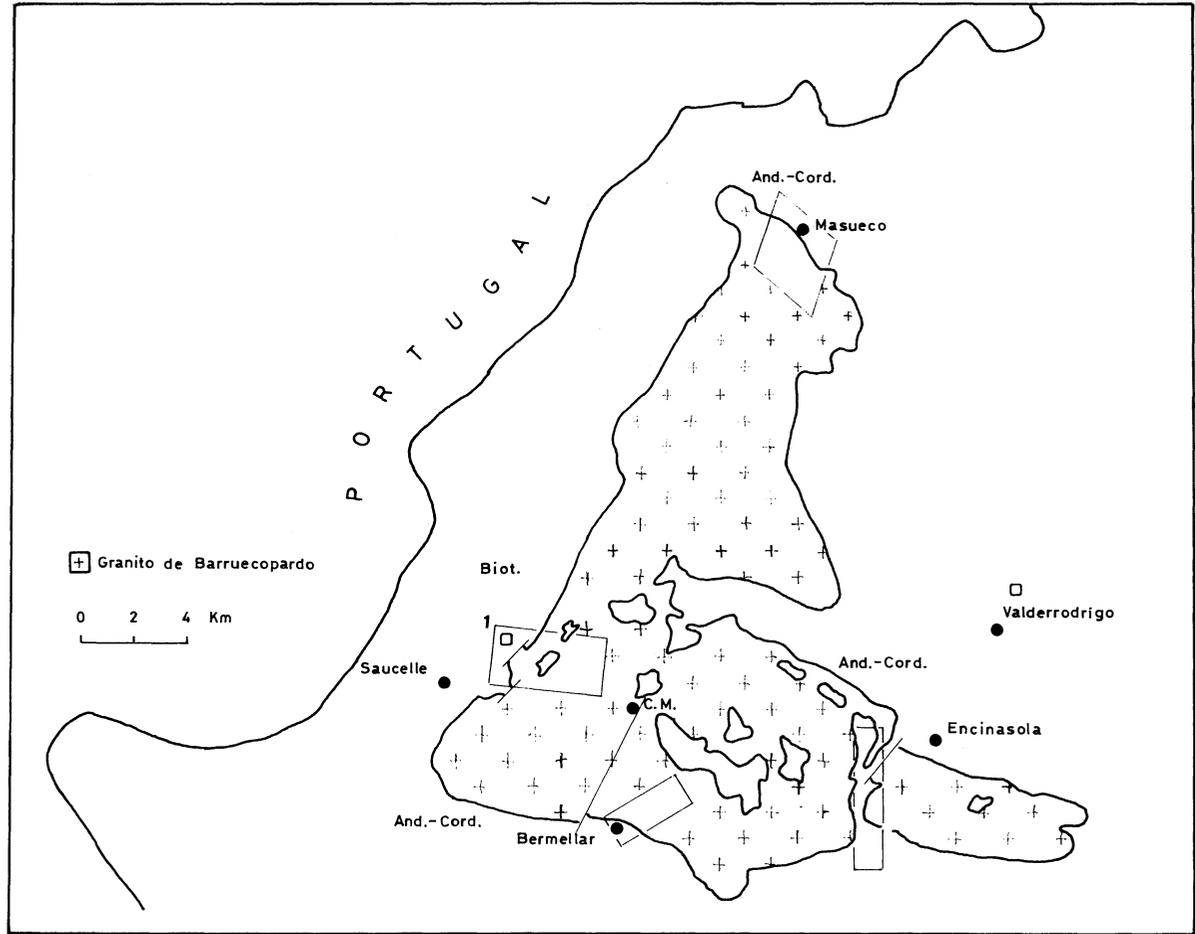


Fig. 11

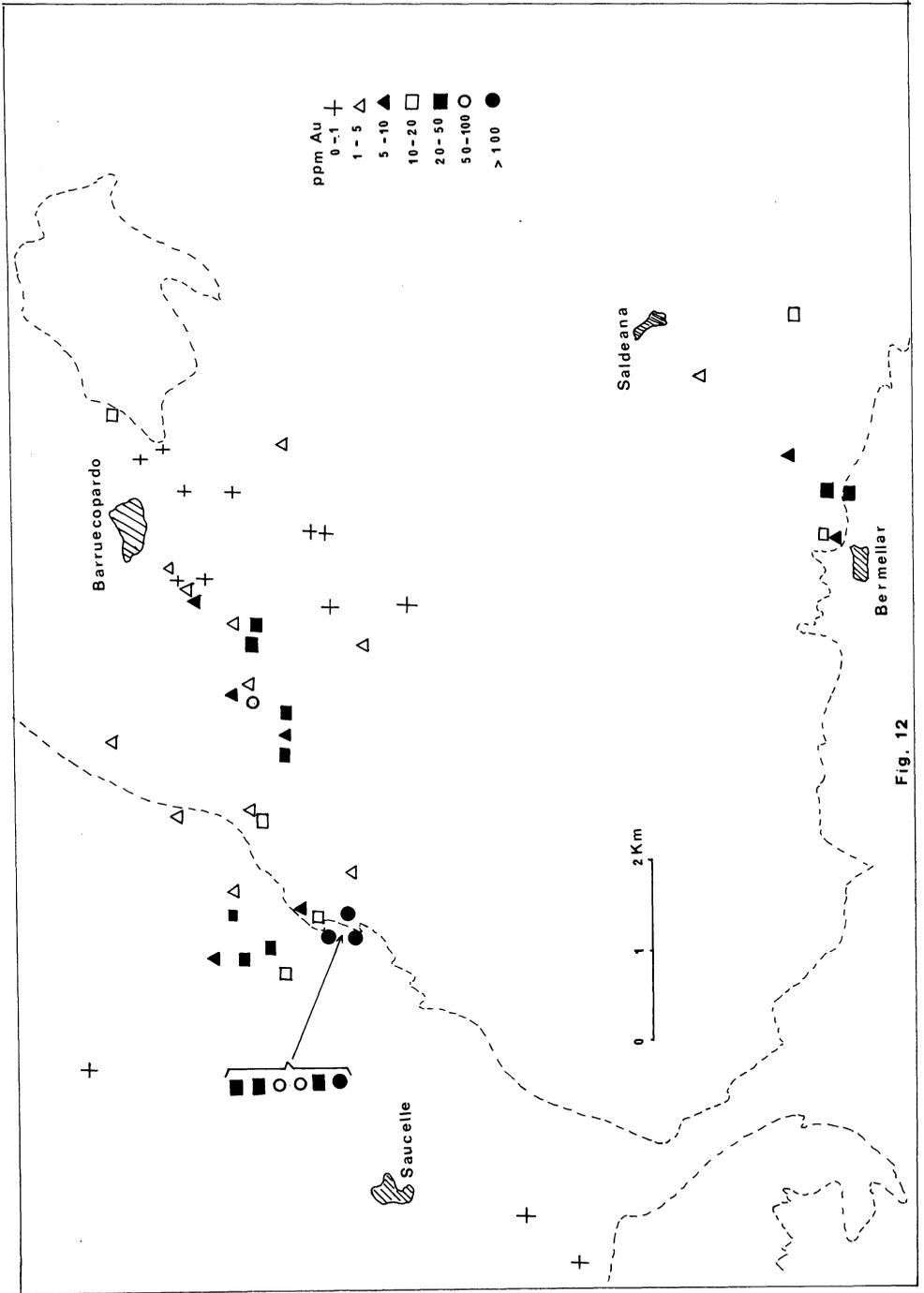


Fig. 12

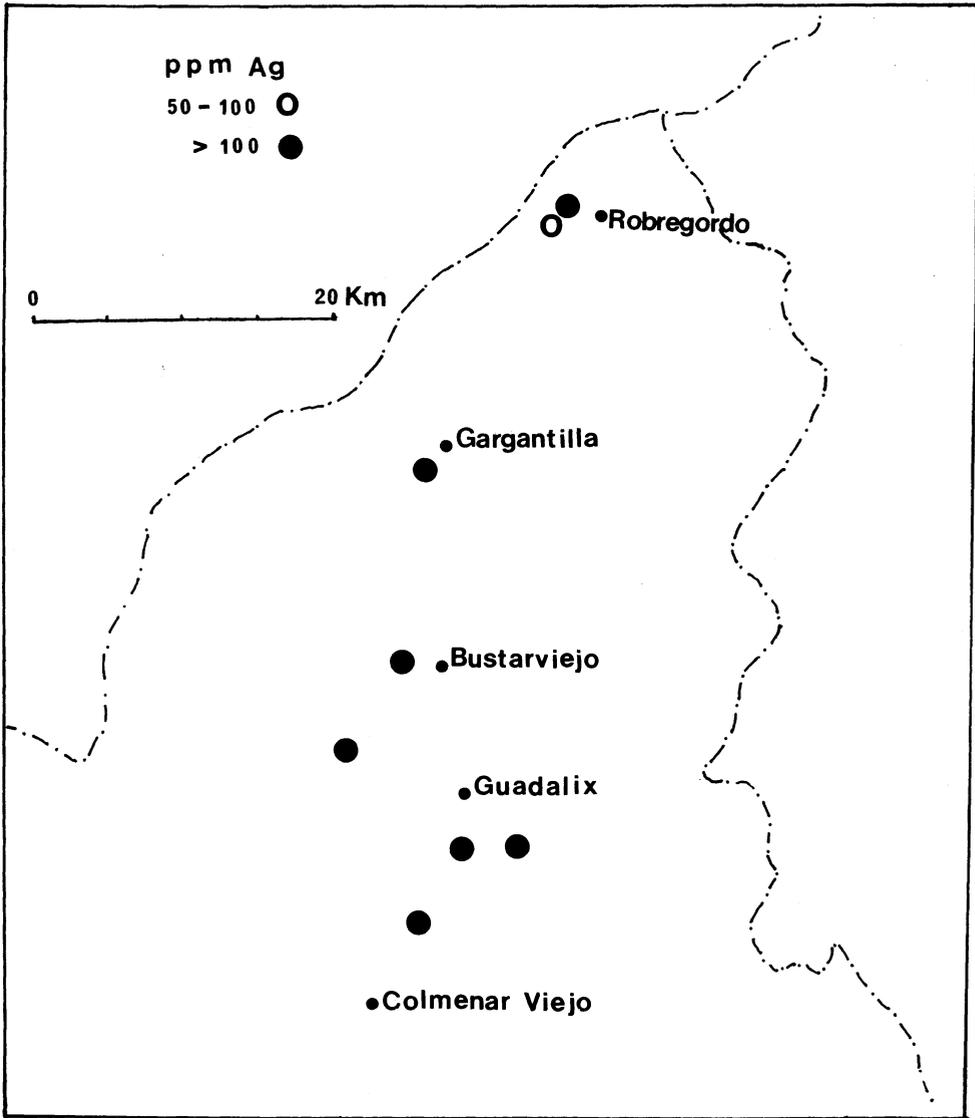


Fig. 13

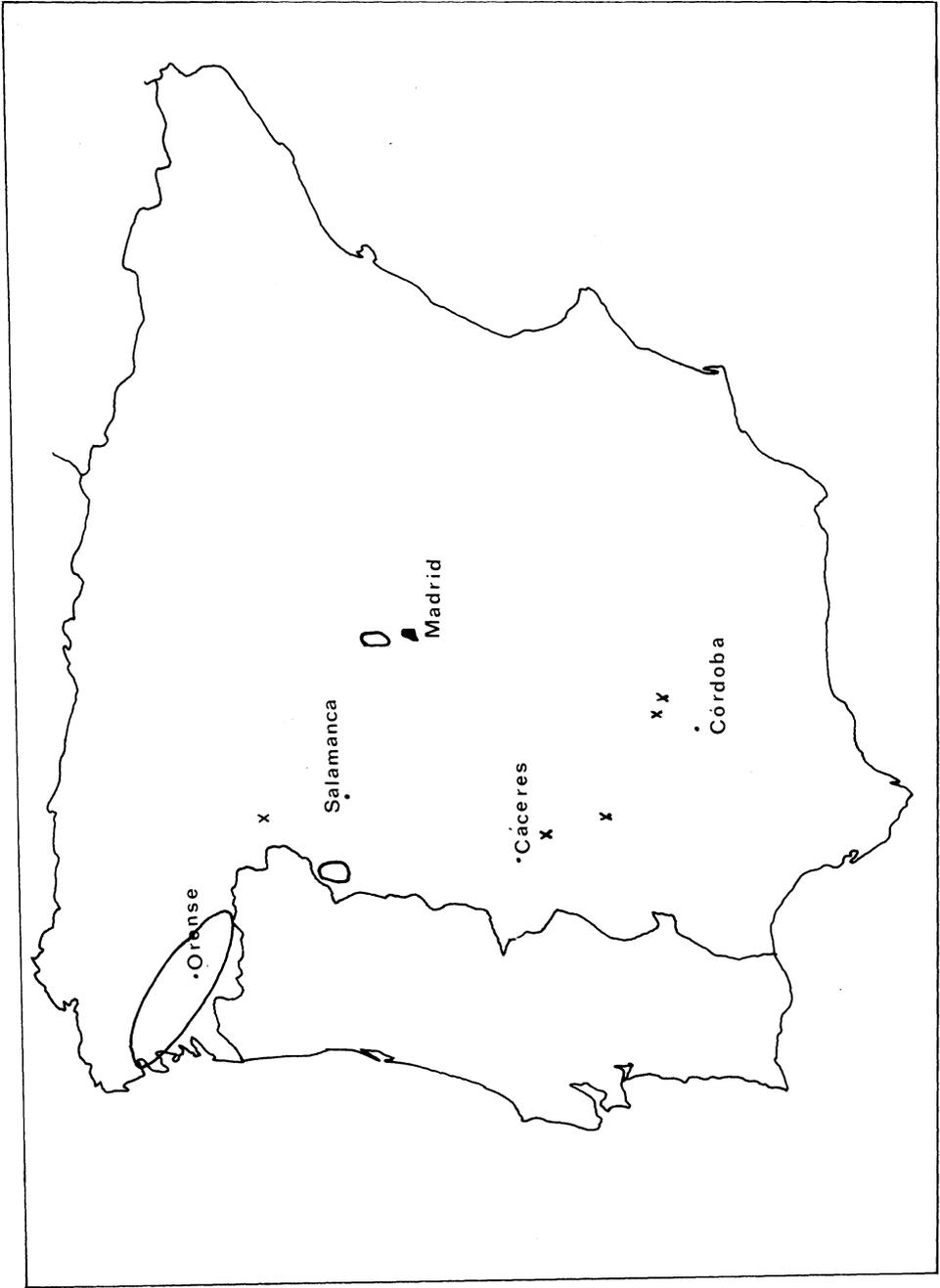


Fig.14