

RASGOS GENERALES DE LOS SKARNS Y MINERALIZACIONES ASOCIADAS DEL SISTEMA CENTRAL ESPAÑOL

TORNOS ARROYO, F. *

CASQUET MARTIN, C. **

* Dir. Recursos Minerales. IGME. Rios Rosas, 23.28003 Madrid
** Dpto. Petrología. Fac. Ciencias Geológicas. 28040 Madrid



RESUMEN: La existencia en el Sistema Central Español de gran variedad de mineralizaciones ligadas a skarns permite discriminarlas en base al protolito, profundidad de emplazamiento y composición del granito asociado. Estas variables definen las condiciones fisicoquímicas de la alteración metasomática y por lo tanto, la paragénesis de la ganga y mineralización.

ABSTRACT: The occurrence in the Spanish Central System of a great variety of ore showings related to skarns allow to discriminate them in basis to the original rock petrology, deepness and composition of related granite. Those parameters characterize the physicochemical conditions of metasomatic alteration, gangue mineralogy and ore composition.

I.- INTRODUCCION

Los skarns son litologías frecuentes en las zonas estructuralmente más profundas del Sistema Central Español, donde abundan los mármoles dolomíticos y en menor proporción calcíticos, así como mas esporádicamente, rocas de silicatos calcicos. Estos mármoles y rocas de silicatos cálcicos forman parte de una sucesión de litologías fuertemente deformadas (son corrientes las estructuras de tipo milonítico) en las que coexisten con metagrauvascas, metapelitas, cuarcitas y porfiroides, afectadas todas ellas por un metamorfismo hercínico en el que se alcanzan condiciones metamórficas de alto grado. Este conjunto, designado corrientemente como Serie Fémica Heterogenea (NAVIDAD y PEINADO, 1977) se ha considerado hasta el momento como de edad Precámbrica (CAPOTE et al., 1977, BELLIDO et al., 1981).

Por su relación espaciotemporal con estas rocas hay que destacar la importancia volumétrica que adquiere en la parte central del Sistema Central Español el plutonismo granítico tardihercínico. Consiste básicamente en macizos tardí a postorogénicos de tendencia peraluminica, aunque en menor proporción se detectan pequeños cuerpos con características subaluminicas (granodioritas anfibólico-biotíticas). Las rocas más frecuentes son adamellitas biotíticas (\pm cordieríticas), granitos biotíticos y en menor proporción granitos de dos micas (BRANDEBOURGUER et al., 1983)

El objetivo de este trabajo es caracterizar tipológicamente los distintos skarns que se han reconocido en el contexto de un estudio general de los mismos en la Serie Félica del Sistema Central. Para clasificarlos se ha optado inicialmente por la tipología de EINAUDI et al. (1981), basada en el metal o metales que caracterizan la mineralización asociada, ya que estos skarns estan frecuentemente mineralizados. Se añade en cada caso, como criterio discriminatorio, la base cálcica o magnésica definida por la paragénesis de la ganga y del protolito sobre el que se instala el skarn (ZHARIKOV, 1970).

II.- TIPOS DE SKARNS

En base a los criterios expuestos anteriormente se han distinguido cuatro tipos de skarns cuya distribución geográfica se muestra en la fig.1. 1) (Mg)-W-Sn, 2) (Ca)-W, 3) (Ca)-W-Sn-Cu-Zn, y 4) (Ca)-Fe. Además se describe un quinto tipo, de Fe-Sn, cuya clasificación como skarn es dudosa, pese a lo cual hemos optado por incluirlo por el momento en este conjunto.

II.1.- Skarns de W-Sn

El unico ejemplo conocido hasta el momento de este tipo se localiza a techo del stock adamellítico-granítico de Rascafría-El Paular (APARICIO et al., 1973) en contacto con pequeñas masas apicales tardías de leucogranitos fuertemente peraluminicos (moscovita-andalucita-biotita). La actividad

hidrotermal ligada a la cristalización del pequeño cuerpo granítico se traduce en un conjunto de alteraciones metasomáticas en el propio granito y en el encajante (CASQUET y TORNOS, 1984) que hemos agrupado en cuatro tipos: 1) Pipas de episienitas sobre el granito, 2) Periskarn sobre leucogneises ortoderivados, 3) Exoskarn magnésico sobre los mármoles dolomíticos y 4) Skarn cálcico, minoritario, sobre las rocas de silicatos cálcicos.

Tanto la adamellita como las facies apicales de techo, en las cercanías del skarn, se encuentran cortadas por "pipas" de alteración hidrotermal de tipo episienítico (albititas con piritita y relleno arcilloso tardío). Un nivel de leucogneis próximo al granito ha sufrido también la alteración metasomática con desarrollo de una intensa albitización (albita-clorita-esfena-apatito) a la que se superpone un periskarn en venas y nódulos de evolución similar a la del skarn sobre mármoles y se supone sincrónico a este.

El exoskarn sobre los mármoles que forman el "roof pendant" del granito muestra una morfología irregular. Inicialmente se forma un skarn de tipo laminar consistente en la aparición de un haz de veñulas (0.5-2 mm. espesor) subparalelas entre sí, oblicuas a la estratificación y concordantes con una de las direcciones principales de fracturación. A su vez este skarn está cortado por otro, de mayor grosor (1-20 cm.) y dirección más errática. La paragénesis está compuesta por minerales característicos de los skarns magnésicos tales como diópsido ($\text{Di}_{97} \text{Hd}_3 \text{Jo}_0$), espinela, flogopita, condrodita, clintonita, fluoborita y grafito en las facies de alta y media temperatura, y tremolita, serpentina, flogopita, clinocloro, fluorita y calcita en el aposkarn. La mineralización aparece generalmente ligada a las facies de temperatura intermedia y está compuesta por minerales de Sn (casiterita, estannina), scheelita y sulfuros (pirrotina, esfalerita, arsenopiritita, calcopiritita y loellingita). En el skarn en venas se localizan, rellenando grietas de tensión, recurrencias cálcicas (EINAUDI et al., 1981) sincrónicas con el skarn intermedio y consistentes en rellenos de idocrasa, scheelita y esfalerita.

Finalmente, sobre las rocas de silicatos cálcicos se genera un skarn cálcico, muy similar a los del tipo II ((Ca)-W), y que se describe posteriormente.

La alteración metasomática en este skarn se caracteriza por una evolución continua desde temperaturas superiores a la "sólidus" del granito ($\approx 660^{\circ}\text{C}$) hasta los 200°C de las etapas tardías, siendo las presiones estimadas del orden de 2-2.5 kb, que corresponden a un skarn de tipo mesozonal. A su vez, este skarn evoluciona en condiciones de muy baja $f\text{O}_2$ ($\log f\text{O}_2 < -29$ bars) y $f\text{S}_2$ ($\log f\text{S}_2 = -8$ a -13 bars), alta $f\text{F}$ y $f\text{B}$, mientras que la a_{Fe} presenta un incremento gradual a lo largo del proceso, aunque se mantiene siempre en niveles mínimos.

II.2.- Skarns de W

Se han encontrado varios pequeños skarns de este grupo en la vertiente E del macizo de Peñalara. Se trata de reemplazamientos de pequeños lentejones de rocas de silicatos cálcicos intercalados entre metasedimentos y que consisten inicialmente en una asociación de alta temperatura compuesta por clinopiroxeno de tipo diópsido-salita (Hd_{0-30} Di_{70-100} Jo_{0-1}) y/o granate rico en grossularia, junto con un desarrollo local y tardío de Mg-idocrasa y scheelita. Frecuentemente sobre esta asociación de alta temperatura se observa el crecimiento irregular de un aposkarn de geometría irregular, con epidota, cuarzo, calcita, fluorita, tremolita, esfena, scheelita y sulfuros muy accesorios (calcopirita, pirita, pirrotina y arsenopirita). Ligada a este proceso aparece a veces una alteración hidrotermal de la roca encajante, consistente en una albitización y sericitización generalizadas.

Dada la sencillez mineralógica de las zonas de alta temperatura, así como las texturas en crecimientos gigantes de los minerales pensamos que estas rocas son efectivamente skarns s.s., precisión que se impone dado que por lo general no muestran relación espacial directa con los cuerpos graníticos.

No se tienen datos sobre las condiciones de formación de estos skarns, pero por su cercanía al tipo anterior, y por los minerales existentes se pueden considerar formados también a temperaturas entre 600 y 200 °C y presiones de 2-2.5 kb. En cuanto a los componentes volátiles, son skarns formados por la acción de un fluido mayoritariamente acuoso con valores relativamente bajos de fO_2 y fS_2 , frente a una alta fF_2 . El valor muy bajo de la fB_2 es rasgo discriminatorio con el tipo anterior.

II.3.- Skarns de W-Sn-Cu-Zn

Este tipo de skarn, de tipología muy particular, aparece desarrollado exclusivamente en el área N en afloramientos lenticulares ligados al reemplazamiento de mármoles dolomíticos y localmente afectados por fenómenos de cizallamiento ductil-frágil tardihercínico. Han sido explotados esporádicamente desde la época romana y en ellos se realizan actualmente campañas de investigación a cargo de compañías mineras.

El ejemplo más representativo de este tipo es el skarn del Cerro de Almadenes (TORNOS y CASQUET, 1984), donde la mineralización aparece ligada a un skarn cálcico adyacente a un granito adamellítico variablemente episienitizado. Ambos están en contacto mediante una banda de cizalla con componente de movimiento normal, de dirección NW-SE y buzamiento 45° al SW. La mineralización muestra una morfología lenticular con una potencia máxima de unos 80 mt. En los mármoles la alteración metasomática se inicia con anterioridad al juego de la cizalla y consiste en el desarrollo de un zonado metasomático de alta temperatura, marmol-granatita-clinopiroxenita, de tipo complejo. El granate y piroxeno evolucionan desde términos muy ricos en Fe (Ad₁₀₀ y Hd₈₈ Di₁ Jo₁₁ respectivamente) hacia términos que llegan a ser muy ricos en Al en el caso del granate (Ad₇ Gr₈₄ Sp₉) y muy ricos en Mg en el caso del piroxeno (Hd₅ Di₉₄ Jo₁). En las clinopiroxenitas intermedias aparece una tendencia hacia un fuerte enriquecimiento en molécula johansenítica (Hd₄₅₋₆₅ Di₁₆₋₆₀ Jo₁₅₋₃₆) ligado a la

mineralización (esfalerita pobre en Fe, principalmente), frente a las piroxenitas no mineralizadas que no presentan este incremento en Mn (Hd 29-56Di37-65 Jo5-9).

El skarn de baja temperatura se desarrolla por reemplazamiento del anterior y es en parte sincrónico con el juego de la falla. Este aposkarn muestra también una sucesión temporal de zonas con una geometría irregular muy condicionada por la tectónica. Consta inicialmente de una epidotita (epidota s.s. y ripidolita) localmente mineralizada (scheelita, esfalerita, calcopirita y pirita) a la que se superpone, a su vez, el skarn anfibólico y finalmente una cloritización. La mineralización mayoritaria va ligada a estas dos litologías y consiste en esfalerita, scheelita, calcopirita, casiterita, magnetita y sulfosales de Bi-Pb-Ag-Cu principalmente.

La roca anfibolítica, concordante en el tiempo con la etapa álgida del movimiento de la falla, está formada por tremolita-ferroactinolita, junto con cuarzo, ilvaita, epidota, fluorita, biotita verde y flogopita. Finalmente, las clorititas sustituyen tanto al skarn anteriormente formado como al granito tectonizado desarrollándose preferentemente a favor de los planos de máxima deformación. Estas rocas, casi exclusivamente compuestas por clorita (picnoclorita-ripidolita), cuarzo, epidota y sericita, serían equivalentes a las llamadas episienitas micáceas por CHEILLETZ y GIULLIANI (1982).

La alteración hidrotermal y tectónica sobre el granito es sincrónica con la evolución del aposkarn, y consta de una episienitización temprana (albititas) a la que se sobreimpone una deformación de tipo frágil (proto a ultracataclasitas foliadas), brechificación hidráulica, y fracturación tardía, a la que se asocia la cloritización.

En otros skarns de las mismas características tipológicas, pero sin relación directa con discontinuidades tectónicas el aposkarn está mucho menos desarrollado, y por ello las facies de alta temperatura se encuentran poco modificadas. Estas abarcan desde skarns piroxeníticos (Revenga) a granatitas

(Hondalizas), con la mineralogía de ambos tipos muy similar a la de Almadenes.

En cuanto a las condiciones físicas, estos skarns evolucionan desde temperaturas superiores a los 550°C para las granatitas (en base a datos de homogeneización de inclusiones fluidas) hasta condiciones epitermales de unos 200 °C (inclusiones fluidas y geotermometría de cloritas). Respecto a la presión se han constatado la existencia de diferencias significativas entre la P_F y la litostática (en el caso de Cerro de Almadenes). En base a la geobarometría de sericitas e inclusiones fluidas, P_F debió de fluctuar entre 0.5 y 1 Kb., mientras que P_{Lit} fué del orden de 1 Kb. Este comportamiento diferencial es debido al carácter epizonal de estos skarns y a la presencia de la falla, que juega un papel fundamental en el desarrollo de la evolución hidrotermal. En cuanto a los valores de fS_2 y fO_2 , estos son discriminatoriamente mayores en estos skarns que en los de W-Sn y W, apareciendo abundantes sulfuros y magnetita, junto con la scheelita y casiterita. La fuerte actividad de Fe, creciente a lo largo del aposkarn y la relativamente baja fF_2 y fB_2 son otras características distintivas.

II.4.- Skarns de Fe

El skarn férrico de El Caloco (NAVIDAD y VILLASECA, 1983, TORNOS y CASQUET, 1985) constituye un caso raro de mineralización dentro del Sistema Central. Este skarn sustituye casi totalmente a un cuerpo lenticular de mármoles, rocas básicas y rocas de silicatos cálcicos, rodeado de esquistos y gneises glandulares de la Serie Férmica Heterogénea y todo ello afectado fuertemente por una cizalla hercínica sin F_2 .

Este skarn muestra dos etapas evolutivas jalónadas por una fase de deformación. De la primera sólo se conservan restos de una granatita formada por granate (Ad 34-35 Gr 62-64 Sp 2-3) mayoritario junto con clinopiroxeno (Hd 28-36 Di 65-72 Jo 3-4) y desarrollada sobre un gabbroide, roca básica metasomatizada compuesta por clinopiroxeno (Hd 66-75 Di 22-30 Jo 3-5) y bytownita (An. 77-86). La segunda etapa en la evolución del

skarn es claramente postcinemática y tardihercínica. Consta de una facies de granatopiroxenita simple con Fe-idocrasa local, en la que se observa un constante incremento de la cantidad de Fe en el piroxeno ($Hd_{3-60} Di_{49-97} Jo_{0-2}$) y granate ($Ad_{18-89} Gr_{10-79} Sp_{0-3}$) a lo largo de la evolución del skarn. Seguidamente se genera un aposkarn compuesto mayoritariamente por cloroferropargasita y clorohastingsita mineralizado en magnetita y con calcopirita accesoría. Localmente aparecen epidota, clorita y cuarzo tardíos. Este aposkarn se instala preferentemente sobre las charnelas de los pliegues formados en la cizalla anterior, aunque la circulación de fluidos va ligada a estructuras frágiles (fallas tardihercínicas)

Respecto a las condiciones de formación, se poseen únicamente temperaturas mínimas para el skarn de alta temperatura ($>550^{\circ}C$, en base a inclusiones fluidas). Por correlación con otros skarns del mismo tipo, desarrollados sobre rocas básicas y con anfíboles pobres en sílice, la formación del skarn anfibólico se produjo a temperaturas superiores a los $400^{\circ}C$ (Van der MARCKE y VERKAEREN, 1985)

II.5.- Mineralizaciones de Fe-Sn

En la ladera S del Collado de Valdemartín (macizo de Cabezas de Hierro) y situados topográficamente sobre la zona de cúpula del granito biotítico de la Pedriza, aparecen dentro de la Serie Fémica Heterogénea lentejones de una roca cuya clasificación como skarn es problemática. Consiste en una asociación sencilla de grunerita y cuarzo, con abundante magnetita y casiterita, entre la que se conservan relictos de un granate grandítico correspondiente a una etapa de alta temperatura anterior.

III.- DISCUSION

La tipología y variedad de skarns esta condicionada fundamentalmente por la combinación de distintos factores entre los que destacan el ambiente geotectónico, la composición

del magma, la de la fase fluida en desequilibrio con el encajante y la mineralogía del protolito (EINAUDI et al., 1981, EINAUDI y BURT, 1982). Otros factores, como la tectónica local y el entorno litológico condicionan la morfología y distribución de la mineralización.

La situación geotectónica del Sistema Central, como cadena intracontinental de tipo hercínico y magmatismo fundamentalmente granítico peraluminico asociado a engrosamiento de corteza continental (CAPOTE et al., 1981) es común a todas las mineralizaciones del ambito (LOCUTURA et al., 1985). Tanto los criterios cartográficos como geoquímicos coinciden en relacionar parte, si no todas las mineralizaciones tardihercínicas del Sistema Central, los skarns entre ellas, con las últimas etapas del magmatismo (TORNOS y CASQUET, 1985, LOCUTURA et al., 1985), en concreto con los leucogranitos de dos micas y granitos biotíticos mas tardíos (288±5 m.a, VIALETTE et al., 1981). Ciertas intrusiones circunscritas de estos tipos presentan características similares a las descritas en otros conjuntos metalogénicos hercínicos para los granitos geoquímicamente especializados, tales como emplazamiento relativamente somero, caracter peraluminico, subsaturación en agua y fuerte enriquecimiento en W, Sn y metales base (CASQUET y TORNOS, 1984), y U (>14 ppm, BRANDEBOURGUER, 1984) así como una distorsión de los valores iniciales de la relación Rb-Sr-Ba por el autometasomatismo tardío (LOCUTURA et al., op.ct.)

En relación espacial casi constante con los skarns y dentro de los granito próximos, aparecen bandas episieníticas (albititas fundamentalmente, tipo II de CATHELINÉAU, 1985) de direcciones constantes (110-120°) y desarrollo irregular. Estas rocas representan una fuerte actividad hidrotermal en estado subsolidus del granito y una circulación de fluidos enriquecidos en metálicos (W-Sn-Cu-Zn(Bi-Ag-Pb)), explotados localmente. En los indicios minerales ligados a episienitas que aparecen a todo lo largo del Sistema Central, (IGME, 1984), las paragénesis de metálicos son muy similares a las de los skarns de W-Sn-Cu-Zn, por lo que parece razonable una relación

genética entre ambos tipos de mineralización.

Sin relación clara con el tipo de magmatismo existente y el ambiente geodinámico descrito aparecen las mineralizaciones ligadas a los tipos (Ca)-Fe y Fe-Sn. En el primero de ellos, como se ha expuesto anteriormente, parte de la alteración metasomática se ha desarrollado sobre un dioritoide variablemente skarnificado y milonitizado. La influencia de estas rocas ricas en Ca, Fe y Al, frente a los mármoles y rocas de silicatos cálcicos que son el protolito dominante en los otros casos podría ser el condicionante del carácter rico en Fe de este skarn. Skarns con magnetita desarrollados sobre rocas básicas han sido citados en distintos lugares (MEINERT, 1984) e incluso en dominios geotectónicos similares (skarns de Botallack, Van der MARCKE y VERKAEREN, 1985).

La existencia de una mineralogía fuertemente subcálcica en el collado de Valdemartín (grunerita, cuarzo) asociada a abundante magnetita, sugiere unos condicionamientos químicos muy específicos para estas rocas. Con los datos que se disponen pensamos que pueden corresponder a metasedimentos silíceos con enriquecimientos en hierro primario y carbonatos, similares a los descritos por BESSON (1973) en Pierrefitte (Pirineos). El enriquecimiento en Sn está probablemente relacionado con el granito biotítico próximo y sería un rasgo superpuesto al quimismo ferruginoso primario. Mineralizaciones de Sn filonianas e intrabatolíticas han sido citadas en granitos equivalentes cercanos (LOCUTURA et al., 1985)

Los otros tipos de skarn aparecen casi exclusivamente desarrollados sobre mármoles y rocas de silicatos cálcicos, sin que se observe un control de la composición del mármol (mayoritariamente dolomítico), sobre la mineralogía cálcica o magnésica del skarn, así como sobre el tipo de metal o metales enriquecidos. Sí se observa, sin embargo, un control preferente de las rocas de silicatos cálcicos sobre los skarns cálcicos con W. En todos los casos, la paragénesis original de los mármoles es muy similar y probablemente corresponden a un único horizonte de rocas metacarbonatadas, variablemente dolomíticas

y dentro de la Serie Fémica Heterogenea.

La distinción entre los diversos tipos hay que buscarla en la evolución de la fase fluida tardimagnética, su relación con el nivel de emplazamiento del granito mineralizador y la distancia al mismo.

En el caso de los skarns de W-Sn y W, éstos aparecen íntimamente ligados al granito de Rascafria-El Paular y sus manifestaciones aplíticas, mostrando una disposición irregularmente zonada alrededor del mismo. En la zona interna y adyacente al stock, se encuentra el skarn magnésico del Carro del Diablo (W-Sn) y alrededor de él, pero a distancia variable (0-2 Km), abundantes y pequeños skarns cálcicos con W sin relación espacial íntima con el granito.

En el caso de los skarns situados en el área N del Guadarrama (W-Sn-Cu-Zn) la situación es otra, pues ninguno de ellos se encuentra en relación espacial directa con los granitos tardíos. Este carácter distal de los skarns queda confirmado por el alto componente en molécula johansenítica y espessartítica de los términos intermedios de los piroxenos y granates respectivamente, que es característica típica y discriminatoria de los skarns distales de Zn (EINAUDI et al., 1981), a los que de una manera muy simplificada se pueden asimilar estas mineralizaciones; no habiéndose observado skarns proximales en el área.

Es de destacar la existencia en la zona de Otero de Herreros de un conjunto filoniano de cuarzo con W-(Sn-Cu-Bi), (VINDEL, 1981, IGME, 1984) situado en el endo y exocontacto de la cúpula de un stock circunscrito de granitos biotíticos porfídicos muy tardíos. Aunque separado por fallas de Cerro de Almadenes parece lógico suponer una conexión genética entre ambos.

La diferencia fundamental entre ambos tipos de skarns parece residir en la diferencia en la profundidad de emplazamiento de los granitos tardíos (2-2.5 Kb. en el primer

caso, granitos mesozonales, 1.5-2 Kb., granitos epizonales en el segundo) y en la de su composición (leucogranitos de dos micas y granitos porfídicos biotíticos respectivamente).

El papel de las cizallas tardihercínicas de dirección NW-SE (160°) es fundamental como mecanismo concentrador de la mineralización, al existir circulación de fluidos a lo largo de ellas. Esto se traduce en una intensa anomalía geoquímica (APARICIO y BELLIDO, 1978) y diseminación de metálicos (scheelita, calcopirita, esfalerita...) a lo largo de la cizalla. Allí donde ésta se imbrica con los mármoles (Almadenes y Mondalizas) se desarrolla un intenso aposkarn mineralizado. Únicamente se conserva el skarn de alta temperatura bien expuesto donde la cizalla o no existe o está pobremente desarrollada.

Finalmente, la inclusión de todas estas mineralizaciones dentro de la tipología propuesta por EINAUDI et al., (1981) es muy problemática. Por un lado, mientras que hay ciertas mineralizaciones (W-Sn-(Mg) y W-(Ca)) que encajan en la tipología propuesta, aparecen otras (W-Sn-Cu-Zn) que aunque paragenéticamente forman un tipo no propuesto, independiente y complejo, sus características mineralógicas y geoquímicas se ajustan al tipo Zn-Pb cálcico de estos autores. Los tipos restantes de mineralización (Fe y Fe-Sn), forman un conjunto anómalo y por lo tanto no muestran características comunes con ninguno de los tipos propuestos.

III.- CONCLUSIONES

El estudio comparativo de las distintas mineralizaciones relacionadas con skarns del Sistema Central Español (Cuadro I) lleva a definir una evolución independiente y característica de cada uno de los tipos propuestos. Esta se manifiesta íntimamente relacionada con la mineralogía de la ganga (anfíboles, piroxenos y granates, fig. 2 y 3) y en la paragénesis metálica. En el caso de los skarns desarrollados sobre mármoles y rocas de silicatos cálcicos, la composición de estos es determinada por la composición del granito y la del

protolito, así como la relación espacial con éste y su profundidad de emplazamiento. En los otros casos, (Fe-(Ca) y Fe-Sn), el condicionante fundamental parece ser casi exclusivamente una herencia de la litología huésped.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A., BELLIDO, F. (1978). - "Cambios texturales, mineralógicos y geoquímicos en rocas graníticas milonitizadas". Bol. Geol y Min., 89-6, 607-612
- APARICIO, A., BARRERA, J. L., CASQUET, C. (1973). - "Petrogénesis del stock granítico tardicinemático de Rascafria-El Paular". Est. Geol., 29, 479-487
- BELLIDO, F., CAPOTE, R., CASQUET, C., FUSTER, J. M., NAVIDAD, M., PEINADO, M., VILLASECA, C. (1981). - "Caracteres generales del cinturón hercínico en el Sector Oriental del Sistema Central Español". Cuad. Geol. Iber., 7, 15-21
- BESSON, M. (1973). - "Le formation ferrifere de Pierrefitte". Bull. BRGM, sect. II, 2, 89-114
- BRANDEBOURGUER, E. (1984). - "Les granitoides hercyniens tardifs de la Sierra de Guadarrama. Systeme Central, Espagne". These, Univ. Lorraine, 209 pp.
- BRANDEBOURGUER, E., CASQUET, C., DEBON, F., FUSTER, J. M., IBARROLA, E., ISNARD, P., LEFORT, P., NAVIDAD, M., PEINADO, M., STUSSI, J. M., VILLASECA, C. (1983). - "Nota previa sobre la petrología y geoquímica de los granitoides de la Sierra de Guadarrama" Studia. Geol., 18, 251-264
- CAPOTE, R., CASQUET, C., FDEZ. CASALS, M. J., MORENO, F., NAVIDAD, M., PEINADO M., VEGAS, R. (1977). - "The Precambrian in the Central Part of the Iberian Massif". Estud. Geol., 33, 343-355
- CAPOTE, R., FDEZ. CASALS, M. J., CASQUET, C. (1981). - "Los grandes complejos estructurales del Sistema Central Español". Rev. R. Acad. Cien. Fis. Ex. Nat., 76-2, 313-331
- CASQUET, C., TORNOS, F. (1984). - "El skarn de W-Sn del Carro del Diablo. Sistema Central Español". Bol. Geol. Min., 95-1, 58-79

- CATHELINÉAU, M. (1985). - "Episyenitisation ou dequartzification hydrothermale: une typologie basée sur les successions minérales et sur le comportement différentiel de Si, Na et Al". C.R. Acad. Sci. Paris, 300, II, 14, 677-686
- CHEILLETZ, A., GIULLIANI, G. (1982). - "Role de la déformation du granite dans le génèse des episyenites feldespatiques de massifs de Lovios-Geres et Zaer". Miner. Deposita, 17, 387-400
- EINAUDI, M.T., MEINERT, L.D., NEWBERRY, R.J. (1981). - "Skarn deposits". Econ. Geol., 75 An. Vol., 317-391
- EINAUDI, M.T., BURT, D. (1982). - "Introduction, terminology, classification and composition of skarn deposits". Econ. Geol., 77, 745-755
- IGME (1984). - "Mapa metalogénico de España escala 1/200000 38 y 45" Inedito.
- IGME (1985). - "Inventario nacional de los recursos de volframio 1985"
- LOCUTURA, J., TORNOS, F., SANCHEZ, A., SIGUENZA, J.M. (1985). - "Consideraciones sobre la metalogenia del Sector Central del Sistema Central Español". Col. evol. geol. Prealpina Sist. Central Español (in press.)
- MEINERT, L.D. (1984). - "Mineralogy and petrology of iron skarns in Western British Columbia, Canada". Econ. Geol., 79, 869-882
- NAVIDAD, M., PEINADO, M. (1977). - "Facies vulcanosedimentarias en el Guadarrama Central (Sistema Central Español)". Studia Geol., 12, 137-159
- NAVIDAD, M., VILLASECA, C. (1983). - "Sobre la mineralogía del skarn férrico de Arroyo Zancado". Rev. Mat. Proc. Geol., 1, 299-310
- TORNOS, F., CASQUET, C. (1984). - "La mineralización de W-Sn-Cu-Zn-(Ag) de Otero de Herreros (Segovia), un skarn con una zona de cizalla superpuesta". I Congr. Esp. Geol., II, 703-717
- TORNOS, F., CASQUET, C. (1985). - "General features of skarns and associated ores in the Spanish Central System". Sem. Met. St. Sigolene, pp 134-140
- Van der MARCKE, G., VERKAEREN, J. (1985). - "Mineralogical observations and genetic considerations relating to skarn formation at Bottallack, Cornwall, England". HHP

granites, 535-548

VINDEL, E. (1980). - "Estudio mineralógico y metalogénico de las mineralizaciones de la Sierra de Guadarrama". Tesis doctoral Univ. Compl. Madrid, 249 pp.

ZHARIKOV, V. A. (1970). - "Skarns". Int. Geol. Rev., 12-5, 554-559, 6, 619-674, 7, 760-775

PIES DE FIGURAS

Fig.1.- Encuadre geológico y situación de los skarns en el Sistema Central Español.

LITOLOGIAS. 1.-Gneises glandulares 2.-Serie Fémica Heterogénea 3.-Serie Superior
4.-Unidad cristalina de Toledo 5.-Tremadoc 6.-Arenig a Devónico inf.
7.-Granitoides estructurados 8.-Granitoides tardihercánicos
9.-Cobertura posthercánica

SKARNS. Mg(Sn-W): 1.-Carro del Diablo Ca(W): 2.-Artiñuelo 3.-Pájaros 4.-Cotos
Ca(W-Sn-Cu-Zn): 5.-Revenga 6.-Almadenes 7.-Hondalizas 8.-La Cabeza
Ca(Fe): 9.-El Caloco 10.-La Paradilla Fe-Sn: 11.-Valdemartín

Fig.2.- Composición de piroxenos en los distintos tipos de skarn del Sistema Central Español

Fig.3.- Composición de granates en los distintos tipos de skarn del Sistema Central Español

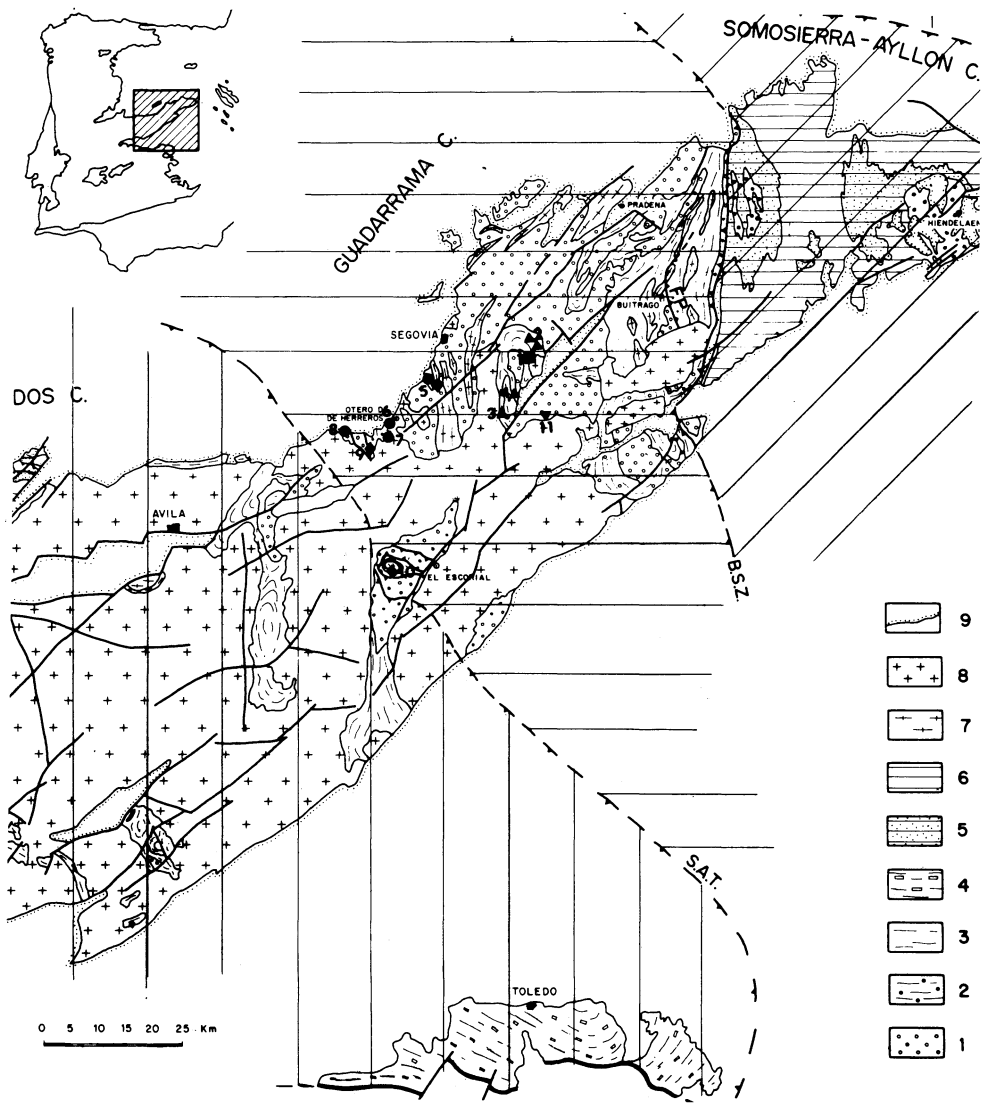
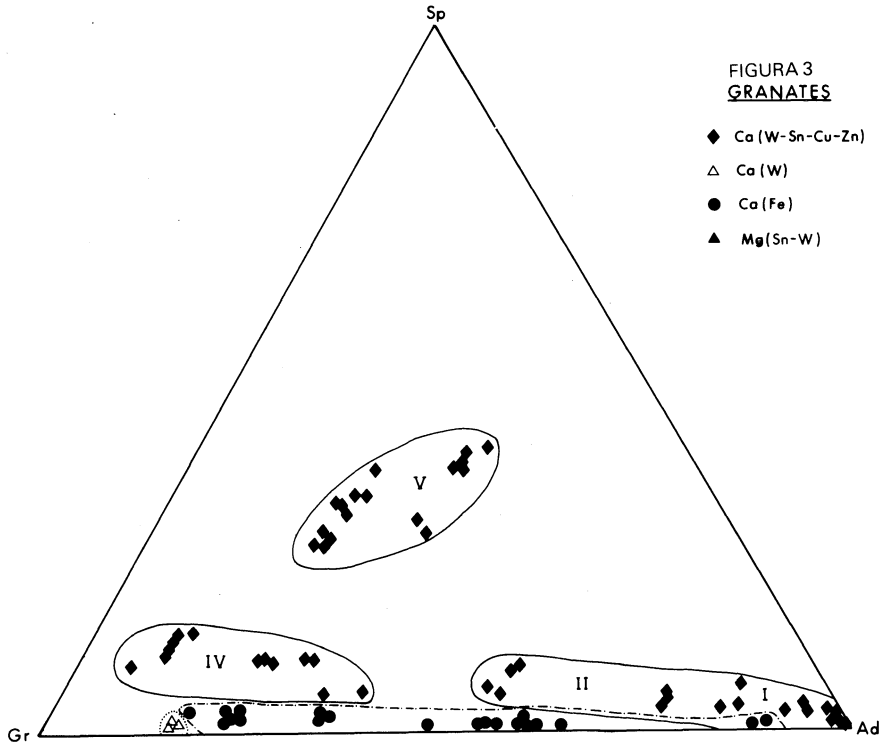
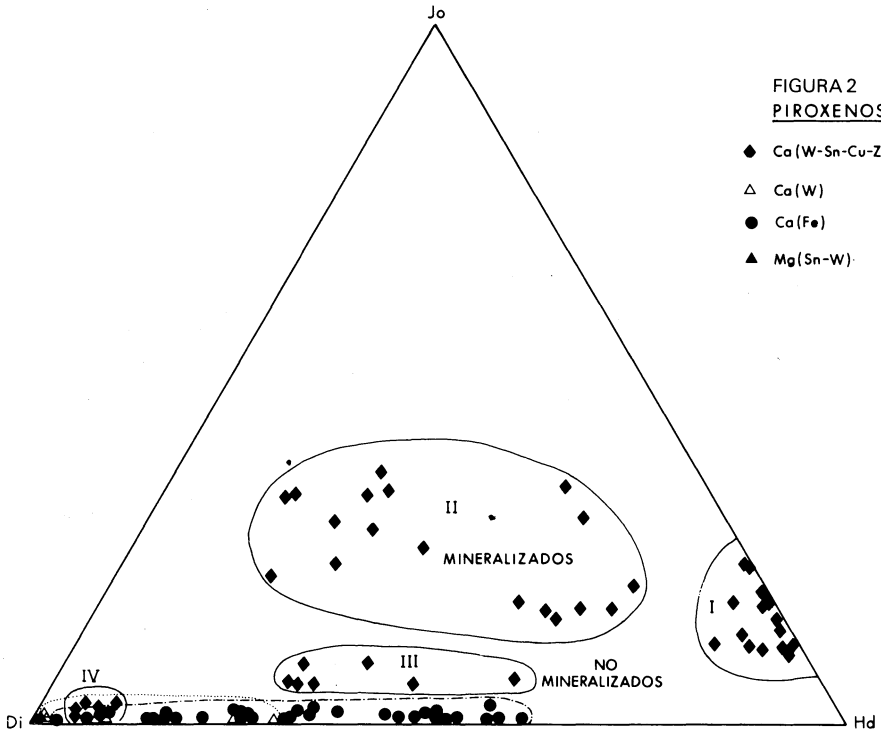


FIGURA 1



CUADRO I

TIPO DE SKARN	ROCA HUESPED	GRANITOS ASOCIADOS	FACIES ALTA T	FACIES BAJA T	METALICOS	P(Kb)	OTROS ASPECTOS FISICOQUIMICOS	MENAS Y LEYES
1) W-Sn(Mg)	Mármoles dolomíticos	Leucogranitos de de dos micas	di, condr, flog, cnto, fbo, sp, graf idoc, gros	trem, flog, cta serp, fluo, cc	sch, cs, sph st, po, apy, loe	2-2.5	F↑ B↑ fO ₂ ↓ fS ₂ ↓ ΔaFe↑	Sn-W 0.6-0.12%Sn 0.11-0.37%WO ₃
2) W(Ca)	Rocas de sil. cálcicos	Stock granítico + diques aplíticos	cpx(Hd ₀₋₃₀) gr(Ad ₀₋₁₅) Mg-idocr 600°-----350°-----200°	trem, Q, fluo ep	sch(apy, cpy, po, py)	2-2.5	F↑ fO ₂ ↓ fS ₂ ↔	W 0.3%WO ₃
3) W-Sn-Cu-Zn (Ca)	Mármoles dolomíticos R.S.C.	Adamellitas + diques aplíticos	cpx(Hd ₀₋₁₀₀ Jo ₀₋₃₅) gr(Ad ₅₋₁₀₀ Sp ₄₋₄₀) 550°-----350°-----200°	ilv, ep, Q, tr-Feact	sch, cs, sph, mt, cpy, sulfosales Bi-Pb-Cu-Ag	2 1-0.5	F↑ fO ₂ ↑ fS ₂ ↔ ΔaFe↑	Sn-W-Cu-Zn(Ag) 0.92%Cu 1.89%Zn 0.29%Sn 0.13%WO ₃
4) Fe(Ca)	Mármoles R.S.C. Dioritoides	?	cpx(Hd ₃₋₆₀) gr(Ad ₁₆₋₉₀) Fe-idocr 550°-----?	Cl-Fe hast Cl-parg, ep	mt(cpy)	?	Cl↑ fO ₂ ↑ fS ₂ ↔ ΔaFe↑	Fe 20-30% Fe
5) Sn-Fe	Yacimiento singenético	Granitos porfídicos	granítica	Q, grup	cs, mt	?	fO ₂ ↑ ΔaFe↑	Sn 0.3%Sn

?