

# Comparación de los Complejos Intrusivos de Jörn y Viterliden en el distrito minero de Skellefte, norte de Suecia

## *Comparison of the Intrusive Complexes of the Jörn and the Viterliden in the Skellefte mining district, northern Sweden*

M.J. González Roldán <sup>(1)</sup>, E. Pascual <sup>(1)</sup>, T. Donaire <sup>(1)</sup> y R.L. Allen <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Huelva, Facultad de Ciencias Experimentales, Av. Tres de Marzo s/n CP-21071 Huelva, España.

<sup>(2)</sup> Luleå University of Technology, Division of Ore Geology and Applied Geophysics SE-971 87 Luleå, Sweden.

### ABSTRACT

The Skellefte Mining District is located in the northern Sweden, in an early Proterozoic (1.90-1.87 Ga) volcanic arc province in the Baltic Shield. It is composed by a complex submarine volcanosedimentary succession named Skellefte Group overlain by shallow- to deep-marine sedimentary rocks and mafic volcanics named the Vargfors Group, at the top occurs a subaerial felsic volcanic succession named the Arvidsjaur Group (Allen et al., 1996). Among the intrusions in the area, the Jörn Granitoid Complex (JGC) and the Viterliden Intrusive Complex (VIC) are the most significant and crops out in the central and westernmost area of the Skellefte district respectively. Both complexes emplaced at similar ages and igneous rocks are similar in bulk composition. Also, they show similar relationships with the Skellefte volcanics, as in both cases early plutonic phases are coeval with volcanics whereas late plutonism postdates the Skellefte group. In contrast, JGC and VIC markedly differ in deformation and metamorphic style. We show that the metamorphism in the JGC is mainly static, whereas the VIC is related to regional deformation producing intense ductile deformation. Also, a number of mineral phases, including amphiboles, distinctly differ in composition from the Jörn to the VIC area. We conclude that metamorphism in the VIC and the JGC occurred in contrasting tectonic settings.

\*for a full English version please send an e-mail to: manuel.gonzalez@dgeo.uhu.es

**Key words:** Jörn and Viterliden Granitoids, Skellefte district, Precambrian intrusions, metamorphism.

Geogaceta, 43 (2007), 15-18

ISSN: 0213683X

### Introducción

El Distrito Minero de Skellefte forma parte del Escudo Báltico, ocupa un área de 120x30 km en el norte de Suecia y contiene alrededor de 85 depósitos de sulfuros masivos con Zn-Cu-Au-Ag. Los trabajos sobre los yacimientos minerales y los materiales vulcanosedimentarios que los soportan del distrito de Skellefte son numerosos, debido a su interés económico. En cambio, los estudios referentes a las intrusiones existentes en el distrito son más escasos y aún no ofrecen una visión generalizada y comparativa de los intrusivos.

Los complejos intrusivos más relevantes en cuanto a superficie y cercanía a las mineralizaciones en el distrito de Skellefte son el Complejo de Granitoides de Jörn (JGC) y el Complejo Intrusivo de Viterliden (VIC), que a su vez muestran también mineralizaciones al menos en algunos puntos, tales como el pórfido cuprífero de Tallberg, al S del JGC. A pesar de que la deformación hace difíciles las observaciones, estos complejos

intrusivos aparecen en relación espaciotemporal con la potente serie volcánica calcoalcalina del Grupo de Skellefte, con el que también se han señalado notables analogías geoquímicas (Weiher, 1992). Las dataciones radiométricas disponibles no son especialmente fiables debido a su error analítico, que resulta en errores de edad de hasta  $\pm 20$  Ma.

Ambos complejos intrusivos se caracterizan por ser polifásicos en cuanto que están formados por rocas de diversa naturaleza, variando desde gabros hasta granitos en JGC y estando formado VIC por tonalitas y trondhjemitas fundamentalmente. En los dos casos las fases intrusivas más precoces son las que parecen estar asociadas a las rocas volcánicas del distrito, aunque dichas relaciones son todavía mal comprendidas.

### Geología Regional

Es en la serie de rocas del Grupo Skellefte, con una edad de  $1882 \pm 8$  Ma (Welin et al., 1987), donde se encuentra

la mayor parte de los yacimientos. Este grupo forma la base de la secuencia de rocas del distrito minero, y está formado por una serie de secuencias vulcanosedimentarias submarinas, principalmente de carácter andesítico a riolítico. Su potencia máxima es superior a los 3 km y no se conoce su basamento.

Sobre el Grupo Skellefte se desarrolla un complejo sedimentario con intercalaciones de rocas volcánicas, de potencia mayor de 4 km, denominado Grupo Vargfors en cuya base se encuentran algunos yacimientos de sulfuro masivo (Allen et al., 1996). El grupo Vargfors muestra deformación similar a la del Grupo Skellefte (Weiher, 1992), que a su vez muestra a techo una gradación hacia gneises de alto grado y migmatitas del Grupo Botnia. En la zona norte del Distrito de Skellefte se localizan las rocas volcánicas subaéreas, félsicas a intermedias, del Grupo Arvidsjaur, que constituyen el techo de la serie estratigráfica regional.

El Complejo de Granitoides de Jörn (JGC) está constituido por seis fases

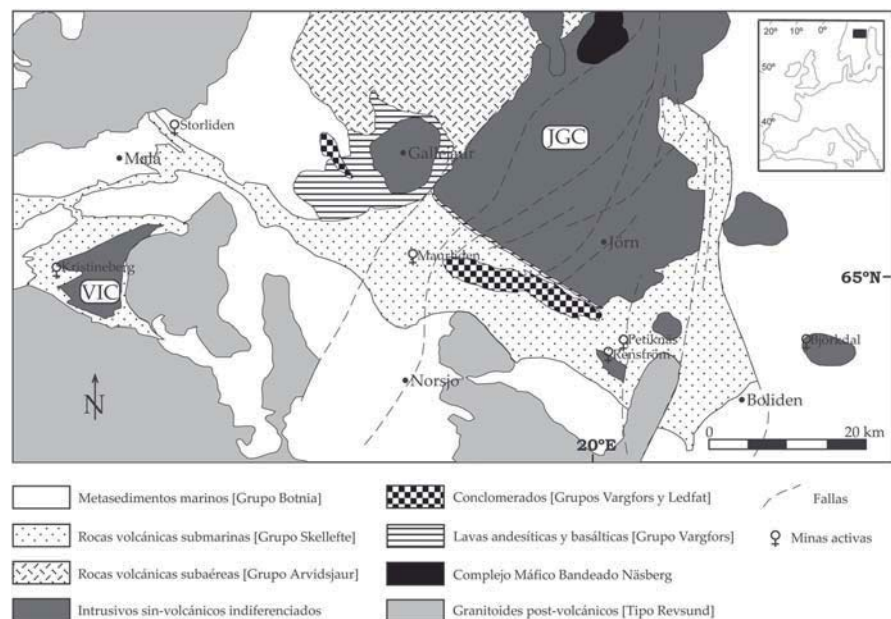


Fig. 1.- Esquema regional del distrito minero de Skellefte.

Fig. 1.- Regional map of the Skellefte mining district.

intrusivas bien diferenciadas, con al menos cinco fases intrusivas que van de GI a GIV (Wilson *et al.*, 1987) y gabros posteriores. La fase GI, con una edad U-Pb de  $1898 \pm 11$  Ma (Kathol *et al.*, 2002) se caracteriza por su variabilidad textural, aunque composicionalmente es relativamente homogéneo, generalmente de composición tonalítica y sólo localmente trondhjemitico. La fase GII se subdivide en GIIa, formada por granodioritas hombléndicas con enclaves microgranulares y en GIIb, constituido por qz-monzodioritas con piroxeno de grano medio a fino. Esta fase muestra una edad U-Pb de  $1874 \pm 48/-26$  Ma (Wilson *et al.*, 1987).

La fase GIII ocupa la mitad de la superficie del complejo y se caracteriza por su gran homogeneidad. Está compuesta por leuco-monzogranitos de grano medio. En su parte central aflora un pequeño cuerpo de unos 4 km<sup>2</sup> de superficie que se corresponde con un monzogranito de grano fino denominado GIV. Los gabros y dioritas son muy comunes en el JGC, sobre todo en sus zonas sur, este y norte. El afloramiento más importante de estas rocas básicas constituye el complejo bandeado de Näsberg, que aflora al N del JGC.

A pesar de tener menor tamaño que el JGC, el VIC muestra también gran complejidad en cuanto al número de fases intrusivas y sus relaciones con el encajante. Su edad obtenida mediante U-Pb, muy similar a la de JGC y a la de las rocas del Grupo Skellefte, es de  $1907 \pm 12$  Ma (Bergstrom *et al.*, 1999). Las rocas

más abundantes del VIC son tonalitas hombléndicas, que ocupan su zona central y SE formando el núcleo del complejo. En la zona central aflora además una banda fuertemente deformada constituida por tonalitas y trondhjemitas. Finalmente en las zonas de borde W y SE afloran trondhjemitas porfídicas, que en las zonas mineralizadas se conocen como pórfidos de mina.

**Deformación en los complejos intrusivos**

Aunque el JGC se describe generalmente como afectado por la deformación regional (Weihed, 1992), ésta sólo es patente en las muestras de la fase GI, en tanto que no hay evidencias de deformación en ninguna de las fases posteriores. Las zonas deformadas se asocian comúnmente al límite sur de JGC donde se define una foliación poco penetrativa con orientaciones NW-SE. De un modo general la deformación se refleja en una cataclisis de tipo frágil sin orientación preferencial de los minerales deformados. Asociado a las bandas de deformación se desarrollan minerales secundarios (cuarzo, sericita, carbonatos, sulfuros,...) los cuales se disponen orientados según la foliación incipiente. La deformación es equivalente en edad a la que experimentan a los materiales vulcanosedimentarios del Grupo Skellefte en la zona occidental del complejo y a la que refleja VIC.

A escala regional, los efectos de la intensa deformación dúctil en esta zona son

patentes por el desarrollo de dos grandes pliegues anticlinales vergentes hacia el oeste afectando tanto a intrusivo como a encajante. En la charnela del anticlinal del norte se encuentra la mineralización de Kristineberg. A escala de afloramiento la deformación se caracteriza por el desarrollo de pliegues tipo chevron y una intensa crenulación del bandeado. Además del plegamiento, en numerosas áreas se desarrolla una foliación penetrativa con orientación aproximada EW.

**Alteración hidrotermal**

Aunque las características de la alteración no son exactamente idénticas, tanto el JGC como el VIC muestran rasgos muy similares, en ambos casos relacionados con la génesis de mineralizaciones a escala regional.

En JGC la alteración se caracteriza fundamentalmente por una alteración de biotita y homblenda a dorita y Fe-actinolita respectivamente. Los feldespatos también se alteran, produciéndose una movilización de Ca de las plagioclasas con posterior generación de epidota secundaria. En algunas zonas se produce además una intensa silicificación. El aspecto más relevante es que la alteración se encuentra restringida exclusivamente a la fase GI, en tanto que el resto de fases, GII a GIV, posdatan dicha alteración.

En VIC la alteración sigue un esquema espaciotemporal semejante: los efectos de la alteración quedan reflejados en una intensa cloritización en las zonas más cercanas a la mineralización, la cual únicamente afecta a las tonalitas, en tanto que las trondhjemitas porfídicas carecen

	JGC predef.	JGC posdef.	VIC trondhj.	Skellefte dacita
SiO <sub>2</sub>	70,53	68,91	69,60	75,64
TiO <sub>2</sub>	0,33	0,35	0,34	0,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,95	15,89	14,80	12,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,37	3,34	3,2	4,06
MnO	0,06	0,04	3,2	0,05
MgO	1,23	1,03	1,02	0,59
CaO	3,24	3,43	2,77	1,48
Na <sub>2</sub> O	3,85	4,31	4,20	3,37
K <sub>2</sub> O	1,36	1,77	0,98	4,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,12	0,15	0,07
Total	100,03	100,00	100,24	99,94
Zr	143	120	110	100
Y	24	8	13	31
Nb	6	6	7	5

Tabla I.- Datos geoquímicos de muestras de JGC pre- y posdeformación, trondhjemitita de VIC y dacita de Grupo Skellefte.

Table I.- Geochemical data from samples of the pre- and postdeformation JGC, VIC trondhjemitite and dacite from Skellefte Group.

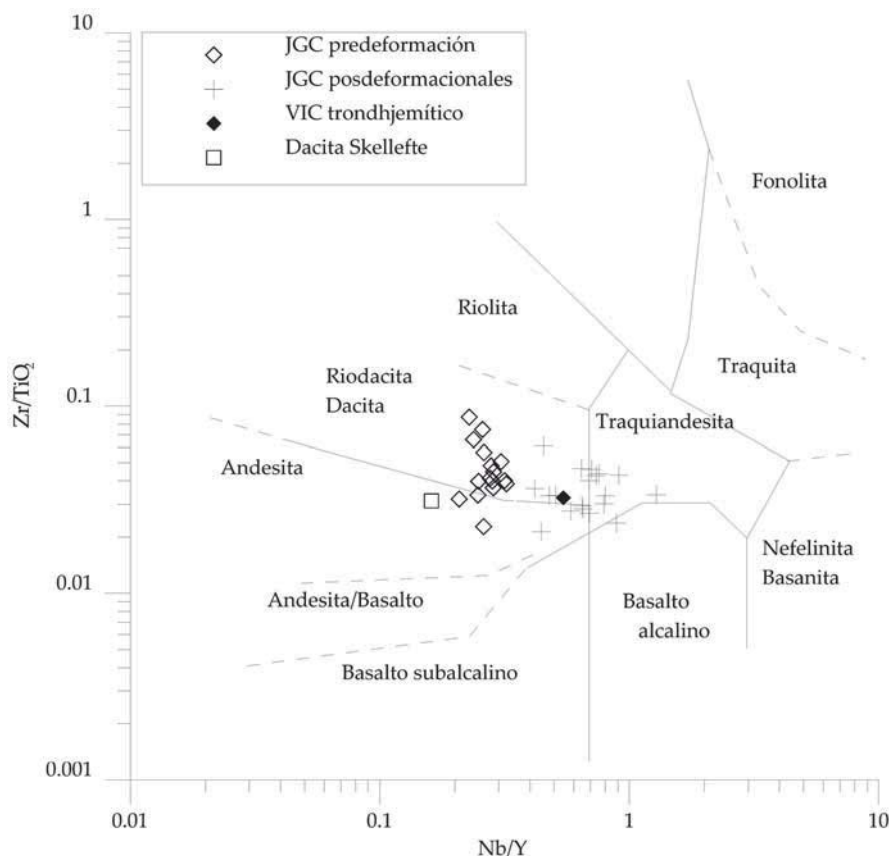


Fig. 2.- Diagrama de Winchester and Floyd (1977) para rocas de JGC pre- y posdeformación, trondhjemitita de VIC y dacita de Grupo Skellefte.

Fig. 2.- Winchester and Floyd (1977) diagram for samples of the JGC pre- and postdeformation, VIC trondhjemitite and dacite from Skellefte Group.

de alteración y, por tanto, postdatan dicho proceso.

Correlación entre secuencia de emplazamiento y evolución geoquímica en JGC y VIC.

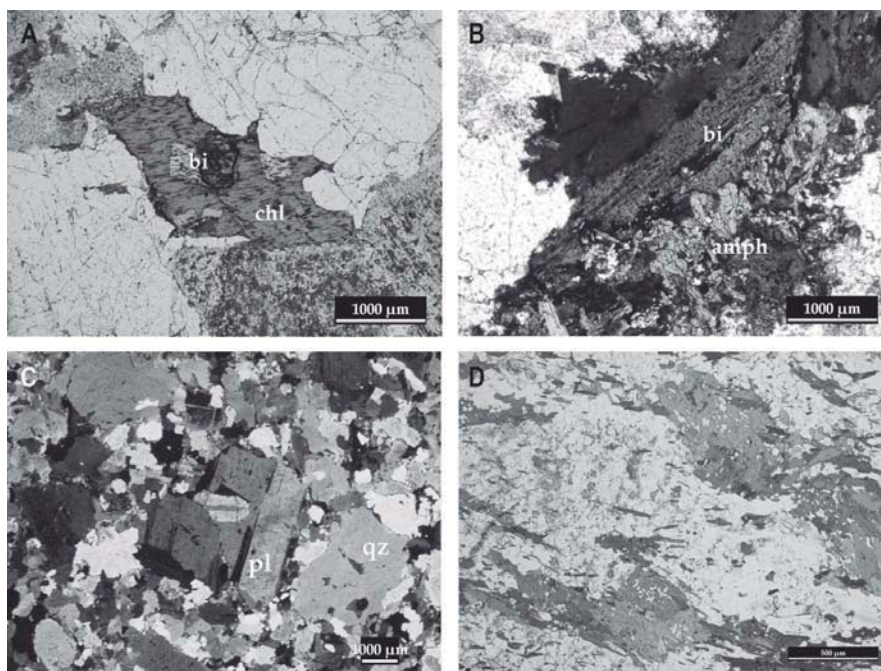
Dada la similitud entre los materiales vulcanosedimentarios del Grupo Skellefte, el JGC y el VIC a escala regional, las incertidumbres que subsisten en las dataciones radiométricas y el carácter

calcoalcino general tanto de JGC y VIC como de las rocas volcánicas del Grupo Skellefte (Allen *et al.*, 1996), y teniendo en cuenta además el cambio en el quimismo original de las rocas afectadas por la alteración hidrotermal tanto en el JGC como en el VIC, se ha recurrido al diagrama de elementos inmóviles propuesto por Winchester y Floyd (1977) para comprobar si la secuencia temporal deducida en estos complejos se refleja de alguna manera en cambios geoquímicos significativos.

En el JGC hay un marcado contraste geoquímico entre las muestras previas a la deformación, fundamentalmente GI (Fig. 2), con respecto a las fases no deformadas que se corresponden con las intrusiones más tardías, desde GII a GIV. Además se ha proyectado en el diagrama una muestra representativa de las trondhjemitas de VIC, que se agrupa con las fases no deformadas del JGC. En cambio, una dacita representativa del grupo Skellefte se proyecta con la fase GI del JGC. Aunque es necesario aún más trabajo geoquímico, estos datos preliminares sugieren que la secuencia de emplazamiento en ambos complejos puede correlacionarse tanto con las secuencias volcánicas como con cambios en la naturaleza de los magmas emplazados. Así, una explicación viable para la información que se aporta es que la pila volcánica representada por el Grupo Skellefte podría ser coetánea (y de similar composición) con las fases precoces de JGC y VIC, en tanto que el resto de las fases intrusivas de JGC y VIC parecen postdatar el vulcanismo y marcarían un

Fig. 3.- Microfotografías de texturas de muestras de JGC y VIC. A, textura de biotita posdatando clorita deformada en fase GI de JGC. B, anfíbol metamórfico posdatando biotita y anfíbol ígneos, intrusión satélite a S de JGC. C, textura general de trondhjemitita de VIC. D, bandas asociadas a deformación sinmetamórfica en tonalita hornbléndica (qz-anfibolita) de VIC.

Fig. 3.- Microphotographs of textures from samples of JGC and VIC. A, secondary biotite postdating deformed chlorite in the GI of the JGC. B, metamorphic amphibole postdating igneous biotite and amphibole, satellite intrusion S of the JGC. C, general texture of the VIC trondhjemitite. D, layering associated to syn-metamorphic deformation in hornblende tonalite (qz-amphibolite) of VIC.



cambio regional, no muy drástico pero sí significativo, en la composición de los magmas emplazados.

### Metamorfismo

A pesar de la estrecha correlación de secuencia de emplazamiento y las analogías geoquímicas expuestas, los procesos de metamorfismo en el JGC y en el VIC son marcadamente distintos. Así en el JGC el metamorfismo, que al igual que la alteración hidrotermal afecta exclusivamente a GI, es exclusivamente de carácter estático (González-Roldán *et al.*, 2006), con crecimiento de fases metamórficas, especialmente de biotita, que postdatan la cristalización de clorita, epidota y otros minerales hidrotermales (Fig. 3 A). En algunos puntos, especialmente al S del JGC, un anfíbol metamórfico de tipo hastingsítico cristaliza en vez de biotita, en función de las variaciones locales en la composición del protolito (Fig.3 B). El carácter general (y no de mero metamorfismo de contacto) de este metamorfismo es evidente por sus efectos en las rocas volcánicas del Grupo Skellefte, como recristalización estática (arcos poligonales, etc.) de biotita y anfíbol posterior a la deformación de las rocas.

En el VIC las rocas afectadas por el metamorfismo son también las tonalitas precoces, en tanto que las trondjemitas no lo reflejan, al igual que sucede en el JGC con los intrusivos de GII a GIV. En este caso, sin embargo, el metamorfismo no es estático, y las rocas metamorfizadas muestran un bandeo con zonas alternantes ricas en biotita o anfíbol y otras ricas en plagioclasa, que podrían describirse mejor como anfíbolitas con cuarzo. Las rocas muestran además deformación dúctil sinmetamórfica, que se puede correlacionar con la que muestra el Grupo Skellefte en el área.

En Spear (1993) se ha descrito un tipo de metamorfismo denominado de contacto regional. Éste se produce en los casos en que en un entorno estático a escala regional se produce un incremento notable de la temperatura generándose facies de metamorfismo de contacto. Entre las causas posibles se encuentra la generación masiva de magma que funciona como el

mecanismo térmico que produce un incremento significativo de la temperatura a escala regional en una región de la corteza, también puede generarse ese importante incremento del gradiente térmico por el ascenso de la astenosfera asociado a algún proceso tectónico regional.

### Conclusiones

Sugerimos que existe una relación entre la fase GI de JGC con la tonalita hornbléndica de VIC, en tanto que son similares en carácter geoquímico, ambas fases han experimentado procesos de alteración y deformación (aunque de intensidad muy diferente) relacionados con la generación de yacimientos, además de mostrar edades similares. A su vez, ambos complejos presentan fases que postdatan la alteración hidrotermal como son las fases GII a GIV de JGC y las trondjemitas porfídicas de VIC.

Nuestros datos ponen de manifiesto que las muestras de trondjemitas de VIC se correlacionan geoquímicamente con el grupo de muestras de JGC compuesto por GII a GIV que se diferencia claramente de aquellas muestras de la fase GI de JGC. Del mismo modo, la dacita de Skellefte muestra valores muy similares a GI. Todo parece indicar que se produce un cambio importante en el carácter geoquímico de los magmas que se emplazan entre las fases tempranas de JGC, VIC y Grupo Skellefte, frente a las fases tardías de JGC y VIC. Con estos datos preliminares, sugerimos que es posible que ese cambio en el carácter químico marque el paso de vulcanismo submarino de Grupo Skellefte al vulcanismo subaéreo del Grupo Arvidsjaur.

A pesar que las fases afectadas por el metamorfismo en JGC y VIC son ambas las más precoces, éstas muestran características completamente diferentes. El metamorfismo en la zona de JGC es de carácter estático (metamorfismo de contacto regional) con una aparente mayor intensidad hacia el S. En cambio, el metamorfismo que se refleja en las rocas de VIC muestra características de metamorfismo regional asociado a intensa deformación dúctil, al igual que las muestras del Grupo Skellefte en esa área. Una posibilidad que indicamos es que

ambos eventos metamórficos tengan un mismo origen en un evento térmico a escala regional, y que las diferencias entre JGC y VIC sean exclusivamente debidas a que la parte más oriental no fue afectada por procesos de deformación por depositarse sobre un basamento estable.

### Agradecimientos

Trabajo financiado por el Proyecto 89124 «Characterisation of the ore horizons and alteration systems of the Skellefte district, northern Sweden» dirigido por Dr. Rodney Allen. Este trabajo se integra en el Proyecto IGCP 502 «Global comparison of volcanic-hosted massive sulphides districts» dirigido por los Dres. R. Allen, F. Tornos, J. Peter y N. Çagatay.

### Referencias

- Allen, R.L., Weihed, P. y Svenson, S-Å. (1997). *Economic Geology*, 91, 1022-1053.
- Bergström, U., Billström, K. y Sträng, T. (1999). En: *Radiometric dating results 4* (S. Bergman, Ed.). Research Paper, C 831, 7-19.
- Kathol, B., Bergman, S. y Persson P.O. (2002). *Early Svecokarelian deformation and metamorphism in the Skellefte district and surrounding areas, northern Sweden*. SGU-report 2002, 29, 10-110.
- González-Roldán, M.J., Allen, R.L., Do-naire, T. y Pascual, E. (2006). *Geogaceta*, 40, 315-318.
- Spear, F.S. (1993). *Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths*. Mineralogical Society of America, 2nd Ed. 779 p.
- Weihed, P. (1992). *Geology and genesis of the early Proterozoic Tallberg porphyry-type deposit, Skellefte District, northern Sweden*. Tesis Doctoral, Univ. de Goteborg, 147 p.
- Welin, E. (1987). *Precambrian Research*, 35, 95-113.
- Wilson, M. R., Sehlstedt, S., Claesson, L-Å., Smellie, J. A. T., Aftalion, M., Hamilton, P. J., y Fallick, A.E. (1987). *Precambrian Research*, 36, 201-225.
- Winchester, J.A. y Floyd, P.A. (1977). *Chemical Geology*, 20, 325-343.