

XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración  
de Hidrocarburos.  
Actas Tomo V (175-181)

1993-

---

EL GABRO ESTRATIFICADO DEL CERRO SAN LORENZO,  
DPTO. CALAMUCHITA, CORDOBA; SU INTERES ECONOMICO.

---

Luisa M. Villar \*\*  
Juan C. Candiani \*  
Roberto Miró \*  
Susana Segal \*

\* Dirección Nacional de Minería  
\*\* CONICET

EL GABRO ESTRATIFICADO DEL CERRO SAN LORENZO, DPTO. CALAMUCHITA,  
CORDOBA; SU INTERES ECONOMICO.

VILLAR, Luisa M. \*\*  
CANDIANI, Juan C. \*  
MIRO, Roberto C. \*  
SEGAL, Susana \*

\* Dirección Nacional de Minería  
\*\* CONICET

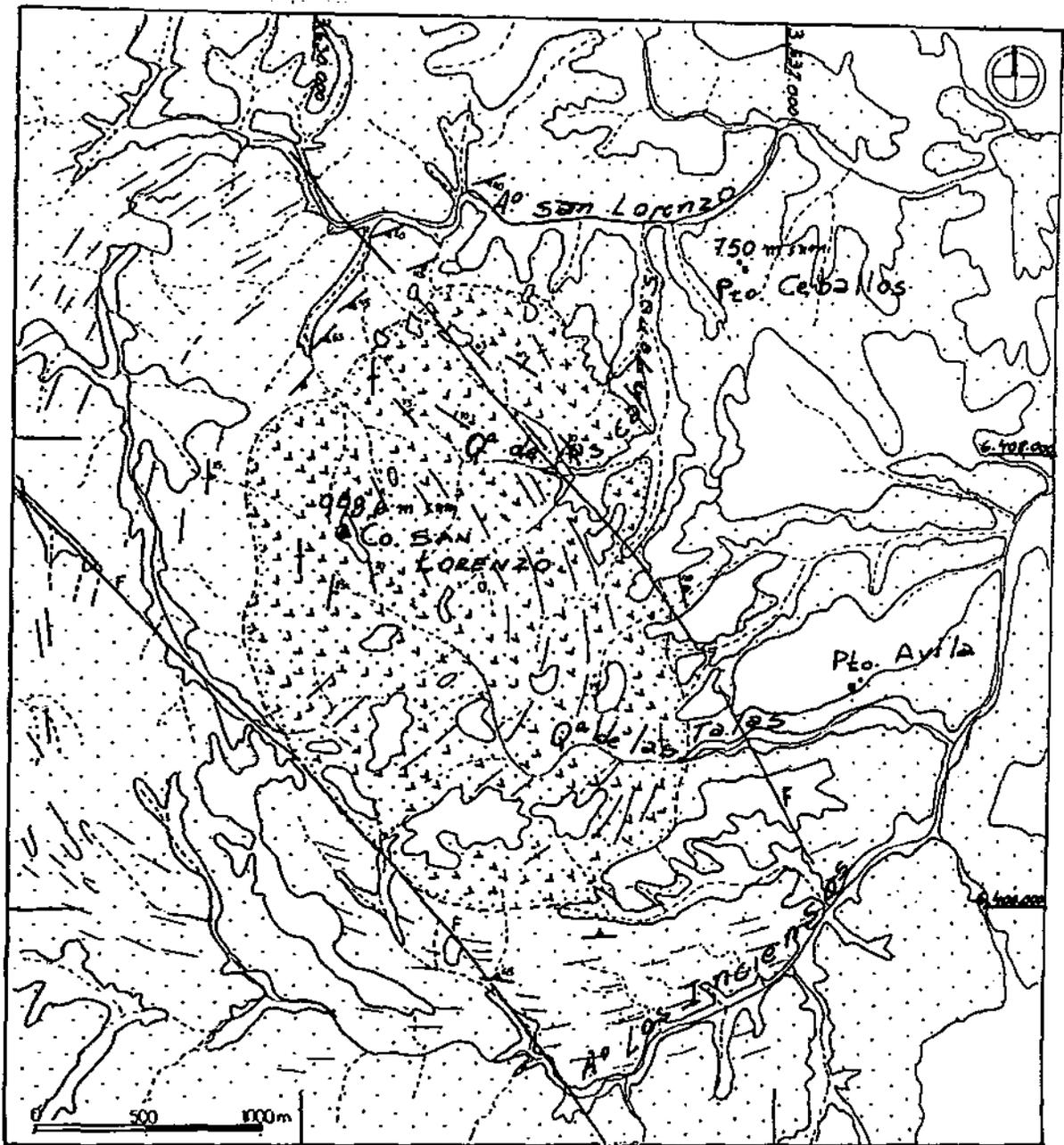
ABSTRACT

The Cerro San Lorenzo gabbro forms the more conspicuous element of the mafic-ultramafic central belt of The Sierra Grande de Córdoba. It is oval in shape, the main elongation having a N-S strike. The axes of the outcrop has 2.5 and 1.6 km. This orientation is subconformably with the regional metamorphic structure. The enclosing rocks are biotitic, quartz, feldspar gneisses and amphibolites. Preliminary studies realized by the Dirección Nacional de Minería, (Córdoba branch) orientated to the search of ore minerals, have made evident structural and compositional features. The main rock type is a coronitic olivine gabbro, plagioclase-olivine-clinopyroxene-orthopyroxene cumulate. The gabbro's internal structure (layering) shows a flexure in opposition with the regional metamorphic structure. The gabbro presents a sulphide association of first and second generation: pyrite, pyrrhotite, pentlandite, valleriite, mackinawite and coveline. The sulphides are present like intercumulates and disseminates. Gold and electrum are accessories. The main oxides are magnetite, ilmenite and chrome spinels. The geochemical data show that sediment Ni values increase westerly, in direction to basal layers, and point out an irregular dissemination along the layering.

INTRODUCCION

El cerro San Lorenzo constituye un resalto morfológico (998,5 m. s.n.m.) en el primer escalón del pie de sierra, al este de la Sierra de Comechingones. Las coordenadas geográficas de la cumbre son 32° 28' 06" de lat.S. y 64° 36' 57" de lat.O. Pese a su altura cabe señalar que ha sido cubierto en su mayor parte por depósitos pedemontanos con pendiente hacia el este provenientes del cordón principal. Estos depósitos han sido erosionados quedando actualmente retazos adosados a las laderas del cerro. El cerro posee una forma oval con su elongación principal orientada hacia el NO y sus ejes poseen una longitud de 2,5 y 1,6 Km respectivamente. La actitud estructural del cuerpo es pseudoconcordante con la estructura regional de la caja metamórfica pero su estructura interna es diferente del patrón estructural del basamento (fig. 1).

El cerro San Lorenzo fue descrito como un stock gábrico por Romberg en 1894. Posteriormente ha sido incluido en trabajos regionales y seminarios sin modificar su descripción. En 1977 Toselli et al. efectuaron un completo estudio de los tipos litológicos que lo componen y de las texturas coroníticas que se observan en casi todo el cuerpo, confirmado las relaciones de intrusividad.



**REFERENCIAS**

- |   |                                      |   |                       |
|---|--------------------------------------|---|-----------------------|
|  | Sedimentos modernos no diferenciados |  | Esquistosidad         |
|  | Gabro Cerro San Lorenzo              |  | Estratificación gabro |
|  | Metamorfitas                         |  | Fotolincamientos      |
|   |                                      |  | Falla                 |



Figura 1. Cerro San Lorenzo. Mapa geológico.

## GEOLOGIA

El cerro San Lorenzo constituye el cuerpo más sobresaliente de la faja máfica - ultramáfica central (Villar, 1975) de la Sierra Grande de Córdoba. Se encuentra ligeramente al oeste de la megatrayza principal de Cañada de Alvarez - Cerro Pelado (Bonalumi y Gigena, 1987) en la que se alojan los stocks gábricos de Suya Taco y Atum Pampa junto con cuerpos de peridotitas. Estudios de prospección de base en el área de San Lorenzo efectuados por la Delegación Córdoba (Direcc. Nacional de Minería) pusieron en evidencia rasgos estructurales y composicionales cuyos resultados preliminares son comunicados en el presente trabajo. La prospección se vio favorecida por la apertura de destapes efectuados para la explotación de rocas ornamentales en los que se pudo observar la estructura del gabro.

El entorno predominante del área está constituido por gneis biotítico, con cuarzo y feldespato con bandeamiento fino, bien marcado, al que se intercalan fajas de anfibolita de grano mediano a fino con esquistosidad poco marcada. Al este y al oeste del cerro se desarrollan cuerpos de calizas que forman corridas de varios kilómetros de extensión con rumbo N-S.

La estructura de las metamorfitas muestra dos áreas diferenciadas. La primera, situada al este de San Lorenzo, posee una disposición homoclinal con rumbo N 40° O e inclinación media de 60° NE. La segunda forma el entorno del resto del cerro mediante una flexura envolvente en la que la esquistosidad varía su rumbo de E-O al sur, a N 45° E al norte. El contacto entre el gabro y las rocas metamórficas es brusco y aparece generalmente cubierto por suelos o caliches.

## PETROGRAFIA Y MINERALES DE MENA

El tipo petrográfico predominante es el gabro olivínico coronítico, cumulado de plagioclasa - olivina - clinopiroxeno - ortopiroxeno. La olivina forma cristales cumulares anhedrales con inclusiones de ulvoespinelo. Presenta coronas de reacción formadas por una zona interna de ortopiroxeno y una externa simplectítica de hornblenda y espinelo. Se encuentran dos ortopiroxenos: el de las coronas de reacción y el primario que aparece en cristales de tipo cumular con una orientación que delimita una laminación ígnea. El clinopiroxeno (augita) presenta coronas de hornblenda. La plagioclasa, que varía entre andesina y labradorita, se orienta según la laminación ígnea. El gabro cumular pasa, por eliminación de componentes, a cumulatos de clinopiroxeno-plagioclasa, cumulatos de plagioclasa-clinopiroxeno-olivina y cumulatos de clinopiroxeno-andesina media-cuarzo intercumular, dando lugar a una estratificación composicional.

El gabro tiene una asociación de sulfuros de primera y segunda generación que son: pirita, calcopirita, pirrotina, pentlandita, valleriíta, mackinawita, "producto intermedio" y covelina. Esta última como producto de enriquecimiento secundario de valleriíta. Los sulfuros se presentan intercumulares o diseminados. Como accesorios se observa moderada presencia de chispas de oro nativo y electrum diseminadas entre los silicatos con un diámetro variable entre 8 y 15 micrones. Los óxidos predominantes son magnetita, ilmenita y espinelos cromíferos; todos los óxidos

muestran texturas mirmequiticas y transformación parcial de ilmenita a leucoxeno (Ramdohr, 1980).

#### ESTRUCTURA DEL GABRO

En los destapes de canteras, situadas al este del cerro, se puede observar la estratificación del gabro. Las capas varían desde láminas milimétricas hasta bancos de 1,5 m. El sector oriental muestra una estratificación muy marcada, arrítmica, que corresponde a una estratificación ígnea (layering) modal y composicional, dado por la alternancia de capas de cumulos de plagioclasa (predominante), olivina, ortopiroxeno y clinopiroxeno, de color gris claro, con capas muy finas verde oscuras donde predomina el clinopiroxeno uratizado (fig.2). Estas últimas se han formado por sedimentación gravitacional de los cristales y muestran en su base un contacto neto mientras hacia arriba se observa un pasaje gradual hacia las zonas más ricas en plagioclasa por disminución de la cantidad de primocristales. En otros casos se observan capas con techo neto y dispersión de primocristales hacia abajo (fig. 3).

Se interpreta que las capas oscuras se forman por sedimentación normal del flujo magmático en tanto que las segundas representan una convección de primocristales máficos hacia arriba o por un proceso de "flowage" (Wyllie, 1967), provocado por nuevos aportes de magma. En algunos casos la estratificación esta obliterada por removilización del magma en una etapa plástica del intrusivo. Aunque la investigación de la estratificación se encuentra en avance se puede interpretar que las sucesivas bandas, limitadas por bordes netos, pueden representar distintos pulsos magmáticos.

La estratificación del cuerpo muestra una flexura de concavidad hacia el oeste, en sentido inverso al de la caja metamórfica. En el extremo noroeste las capas poseen un rumbo de  $N40^{\circ}O$  e inclinación  $50^{\circ}E$ , enfrentando discordantemente al gneis que posee un rumbo de  $N30^{\circ}E$ . En el sector de las canteras el rumbo de la estratificación del gabro es  $N20^{\circ}O$  y la inclinación  $40^{\circ}E$ . En el extremo sur el rumbo es  $N10^{\circ}E$  y la inclinación  $50^{\circ}E$ . El afloramiento del cuerpo tiene por lo tanto una estructura ígnea catafilar, con la parte basal hacia el borde occidental. El espesor medido de este a oeste, considerando la inclinación de las capas, es de 750 metros.

El reconocimiento de la estratificación es dificultoso debido a la presencia de juegos de diaclasas subverticales en dos rumbos principales:  $N 80^{\circ}E$  y  $N 10^{\circ}O$ . A estas se agrega un dirección no menos importante de posición subhorizontal. De este modo la roca se parte en formas trapezoidales que impiden una observación rápida de la estratificación.

#### PROSPECCION GEOQUIMICA

Con el objeto de poder encontrar sectores con anomalías en la distribución de elementos metálicos se realizó un muestreo geoquímico orientativo de sedimentos de corriente y roca (Candiani et al., 1993). Las muestras se tomaron sobre una superficie de  $10 \text{ km}^2$ , cubriendo todos los afloramientos de rocas gábricas y sus contactos. Se efectuaron análisis por Cu, Ni y Co (sedimentos de corriente) y Cu, Ni, Co, Au y Cr (rocas). El tratamiento estadístico de los resultados analíticos, modificado



Fig. 2. Aspecto de la estratificación del gabro de San Lorenzo.



Fig. 3. Estratificación magmática producida por sedimentación de primocristales máficos.

del trabajo citado, puede observarse en las tablas 1 y 2.

Variable	Cu	Ni	Co
Número de muestras	65	65	65
Media aritmética	50,43	2558	47,65
Mediana	49	2570	48
Modo	50	2148	48
Varianza	250,24	655017	106
Desviación std.	15,82	809,33	10,29
Mínimo	11	26	16
Máximo	117	4900	77
Rango	106	4874	61
Cuartil inf.	43	1971	43
Cuartil sup.	55	2903	53
Rango intercuartil	12	932	10
Sesgo	1,61	0,11	-0,09

Tabla 1. Cerro San Lorenzo, Geoquímica de Sedimentos de corriente. Resumen estadístico.

Los datos de sedimentos de corriente se trataron aplicando la técnica estadística conocida como EDA (Exploratory Data Analysis), que da como resultado un gráfico de caja o "boxplot", el cual permite conocer las características más importantes de un juego de datos: localización, distribución, sesgo, largo de colas y valores extremos, (Kürzli, 1988). Los valores contenidos dentro de la caja (50 % de los datos) son considerados normales o de fondo geoquímico, la línea vertical marca la posición de la mediana ( $\delta$ ) e indica la simetría y el sesgo de la parte central de la distribución. La línea horizontal ("whisker") representa los datos periféricos que son interpretados como umbral geoquímico. Los valores extremos o anómalos se grafican individualmente como puntos (figura 4).

De acuerdo con el "boxplot" los datos pueden agruparse en las siguientes clases:

	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Fondo
geoquímico ( $<\delta$ )	43- 49	1971- 2570	43-48	
Fondo geoquímico ( $>\delta$ )	49- 55	2570- 2903	48-53	
Umbral	55- 68	2903- 4301	5 3 - 6 8	
Anomalías	68-120	4301- 5000	68-80	

Para la construcción del mapa geoquímico de sedimentos de corriente (figura 5) se utilizó como elemento de representación la cuenca de drenaje, ya que la zona de influencia no queda centrada alrededor de una muestra sino que corresponde al área de la cual ha derivado. Se ha representado la distribución de los valores de níquel según los tres intervalos de clase definidos por el "boxplot", que corresponden a: valores del fondo geoquímico mayores que la mediana (rayado abierto), umbral positivo (rayado denso) y anomalías (negro). Una fina línea de puntos marca el contacto aproximado de la roca máfica del Cerro San Lorenzo con las metamorfitas de caja.

Sobre las muestras tomadas para el estudio petrográfico se realizaron análisis geoquímicos. La tabla siguiente muestra un resumen estadístico de los datos.

Cationes	Cu	Ni	Co	Au	Cr
Tamaño del muestreo	12	12	12	12	12
Media aritmética	101,5	633,66	83,41	0,21	488,58

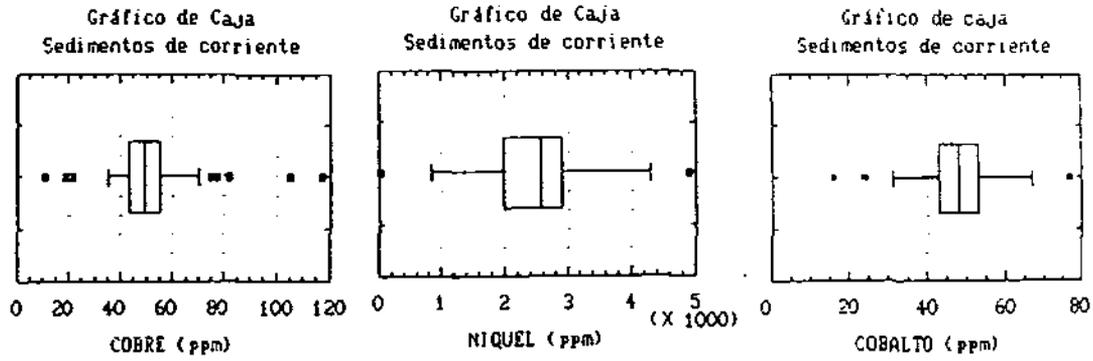


Figura 4. Boxplot que representa la distribución de valores de Cu, Ni y Co.

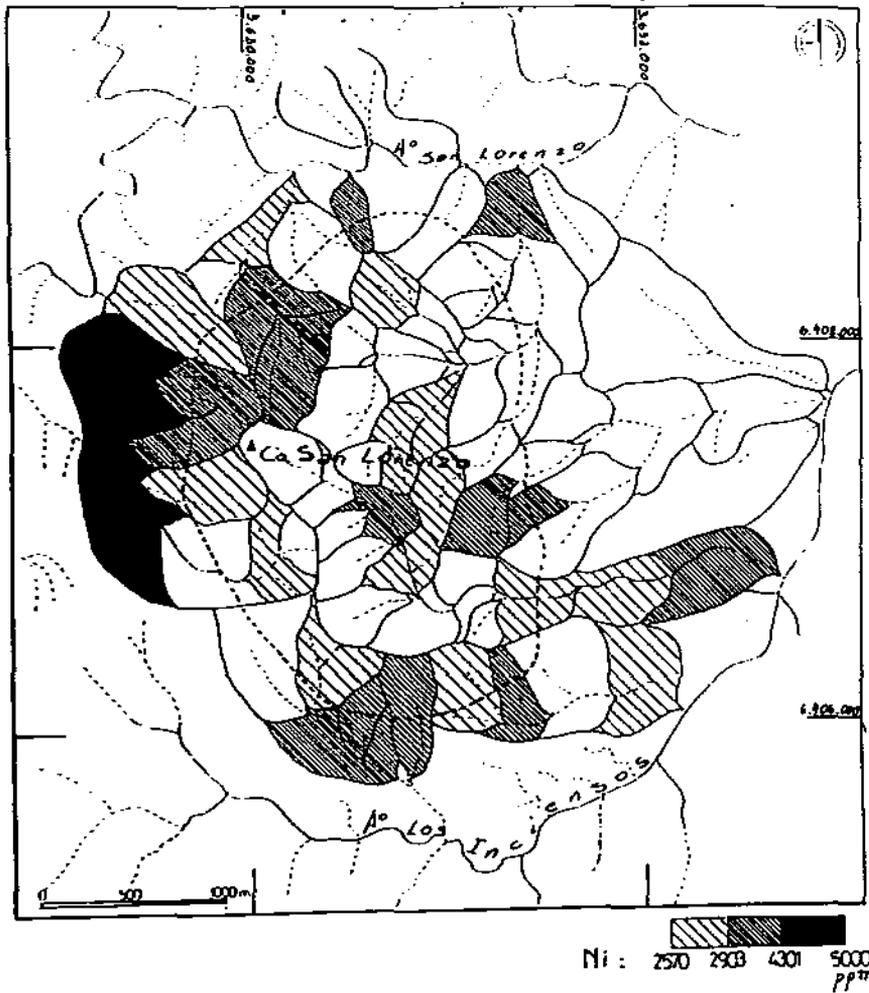


Figura 5. Distribución de los valores químicos de níquel en sedimentos de corriente.

Mediana	87	628	81,5	0,18	467
Desviación std.	47,25	160,08	20,57	0,14	264,51
Mínimo	42	409	54	0,08	3 0
Máximo	176	878	135	0,6	857

Tabla 2. Cerro San Lorenzo, Geoquímica de Rocas. Resumen estadístico.

Como resultado de la prospección geoquímica se puede establecer que el gabro de San Lorenzo posee valores altos de Ni, intermedios de Cr y Au y relativamente bajos de Cu y Co.

Por tal motivo las relaciones Ni/Co y Ni/Cr se encuentran por encima de los valores promedio para rocas básicas (1,95).

La relación Cu/Ni muestra una tendencia negativa que puede interpretarse como vinculada a una pobre diseminación de sulfuros.

La observación de la distribución de los valores de Ni en sedimentos indica un aumento de los mismos hacia el sector noroeste, en dirección de las capas basales del cuerpo. Es importante destacar que los picos mayores de 4000 ppm de Ni registrados en el sector occidental, fuera del cuerpo básico, se encuentran en cuencas con sedimentos finos que habrían colectado el drenaje de una amplia franja con anomalías intermedias.

Por otra parte la presencia de sectores anómalos en la franja media del cerro San Lorenzo indicaría que los sulfuros metálicos poseen una diseminación heterogénea a lo largo de la estratificación. Esta distribución coincide con lo observado en los estudios petrográficos y es similar a lo conocido en cuerpos estratificados de Sudáfrica (Wilson y otro, 1990) y EEUU (Page y otros, 1972).

#### INTERES ECONOMICO

Los gabros estratificados son portadores de los yacimientos de titanio, vanadio, cromo, hierro, cobalto, níquel, PGE (elementos del grupo del platino) y PGM (minerales del grupo del platino) más importantes del mundo (Stillwater; Güleman Elazig, Turquía del Este). Las primeras investigaciones realizadas sobre el gabro del Cerro San Lorenzo permiten afirmar que es necesario efectuar una exploración minera que complete el conocimiento de sus rasgos metalogénicos y la búsqueda de minerales característicos que constituyen menas de interés económico.

#### CONCLUSIONES

1 - Se ha identificado al stock del Cerro San Lorenzo como formado por gabros estratificados con diseminación de sulfuros y óxidos, constituyendo un blanco de interés para la prospección minera.

2 - En el campo se observa que parte de la estratificación esta formada por la intrusión de diferentes magmas y por procesos de diferenciación de los mismos.

3 - Las características composicionales y los rasgos morfológicos del cuerpo exigen para su prospección que se realice un reconocimiento por retícula o con perforaciones, de manera de poder establecer sus facies petrográficas y definir con mayor precisión el paisaje geoquímico.

3 - Los gabros del Cerro San Lorenzo, vinculados a una extensa faja tectónica, pertenecen a tipos como Stillwater, Bushveld (este último en corteza continental) o son parte del complejo estratificado de una ofiolita desmembrada (corteza oceánica).

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BONALUMI, A. A. y A. A. GIGENA, 1987. Relación entre las metamorfitas de alto grado y las rocas básicas y ultrabásicas en el departamento Calamuchita, Córdoba, Asociación Geológica Argentina Revista XLII (12), Bs. Aires.
- CANDIANI, J.C., H.A. PETRELLI y D.E. MARTOS, 1993. Prospección geoquímica del Cerro San Lorenzo. Pcia. de Córdoba. Dirección Nacional de Minería, Delegación Córdoba, (inf. inédito)..
- KÜRZL, H., 1988. Exploratory data analysis: recent advances for the interpretation of geochemical data. Journal of Geochemistry, 30- 309:322.
- PAGE, N., L.B. RILEY & J. HAFFTY 1972. Vertical and lateral variation of platinum, palladium and rhodium in the Stillwater Complex, Montana. Economic Geology, vol. 67, 915-923.
- RAMDOHR, P., 1980. The ore minerals and their intergrowths. Sec. Ed., Vol. 2. Pergamon Press.
- ROMBERG, J., 1894. Diorit, gabbro und amphibolitgesteinen aus dem gebiete der Argentinischen Republik. N.Jar. f. Mineralogie. Beilageband IX:321-326, Stuttgart.
- TOSELLI, A.J., J.N. ROSSI de TOSELLI y G.A. TOSELLI, 1977. El gabro coronítico del cerro San Lorenzo, Córdoba. Asociación Geológica Argentina Revista XXXII (3).
- VILLAR, L.M., 1975. Las fajas y otras manifestaciones ultrabásicas en la República Argentina y su significado metalogénico. III Congreso Iberoamericano de Geología Económica II: 135-154. Buenos Aires.
- WILSON, A.H. & M. TREDoux, 1990. "Lateral and vertical distribution of platinum group elements and petrogenetic controls on the sulfide mineralization in the P1 Pyroxenite Layer of the Darwendale Subchamber of The Great Dyke, Zimbabwe". Economic Geology, vol. 85, 556-584.
- WYLLIE, P., 1967. Ultramafic and related rocks. Wylley & Sons.

