



CICTERRÁNEA

- Revista de Divulgación en Ciencias de la Tierra -



Mármoles
Rocas con mucha historia

Del cometa a tu vaso
El largo camino del agua

La Tierra cambiante
Un viaje hacia el tiempo profundo

Hoy con gran orgullo y esfuerzo compartido presentamos esta revista que intenta ser un puente de comunicación entre la comunidad científica y su entorno social.

Para entender los motivos de esta iniciativa y su contexto queremos hacer una breve reseña.

Crecimos y nos formamos en una sociedad con grandes vaivenes. En nuestros primeros años como graduadas de la Universidad Nacional de Córdoba vivimos en un país con un sistema científico desmantelado. Hubo muchas frustraciones, colegas que tuvieron que abandonar sus carreras y otros que se fueron.

Luego, en años recientes, vivimos un contexto de políticas públicas que propiciaron la recuperación y valorización de la educación y del conocimiento científico y tecnológico. Estos aspectos ocuparon el centro de la escena como elementos vitales para el desarrollo de un país soberano.

En Ciencia y Técnica los avances fueron muchos y ampliamente reconocidos por la sociedad. En esa etapa se pusieron en marcha laboratorios y se crearon numerosos centros de investigación, pero fundamentalmente se desarrolló una política de formación de recursos humanos que contempló un amplio espectro de disciplinas de los diferentes campos del saber.

Fue así, que en esos años, el CICTERRA, un centro de investigación del CONICET y de la Universidad Nacional de Córdoba forjó sus bases y creció incorporando becarios, investigadores y profesionales de apoyo en diversas áreas de las Ciencias de la Tierra.

Esta revista es el fruto del conocimiento generado por quienes hacemos ciencia en el país. Hoy más que nunca, en tiempos de reducción de presupuesto y ajustes, con serias limitaciones para que jóvenes investigadores continúen su carrera científica, queremos compartir con la sociedad cómo se genera ese conocimiento y nuestra visión de por qué la ciencia, por su capacidad transformadora, es fundamental para el progreso económico y social. Como señaló Bernardo Houssay, premio Nobel en medicina (1947) y fundador del CONICET: *Los países ricos lo son porque dedican dinero al desarrollo científico-tecnológico, y los países pobres lo siguen siendo porque no lo hacen. La ciencia no es cara, cara es la ignorancia.* Por eso, queremos invitar a todos, y particularmente a la sociedad cordobesa (ya que el CICTERRA tiene tonada cordobesa), a conocer quiénes somos y qué hacemos desde este Centro.

Para hacer esta revista en el año 2016 iniciamos una aventura en equipo. Cada uno de los integrantes trabajó mucho, y lo hizo porque entendió que en el actual tejido social había una brecha que necesitaba un nuevo entramado, un entramado con arraigo. Y... aquí estamos, esperando contagiar el entusiasmo de nuestros colegas quienes con satisfacción comparten aquí los resultados de años de investigación, transitados con gran esfuerzo y pasión.

¿De qué se trata?

Nuestro planeta es un sistema dinámico sorprendente. Desentrañar su pasado, entender los procesos actuales y predecir qué podría suceder en el futuro son algunos de los grandes desafíos de las Ciencias de la Tierra. Numerosos fenómenos que ocurren en el planeta tienen una influencia directa en nuestra vida cotidiana. Hoy la sociedad es testigo de controvertidos debates acerca de los cuales las Ciencias de la Tierra tienen mucho que decir. Es nuestra intención ofrecer al lector elementos que contribuyan a reflexionar y forjar una opinión sobre estos temas. Además, comprender cómo funciona este complejo planeta es, simplemente, un placer que esperamos poder transmitir a través de estas páginas.

Con este primer número de Cicterránea abrimos las puertas de nuestro Centro a todos ustedes, y los invitamos a descubrir los diferentes campos de investigación que aquí se desarrollan. ¡Celebramos el comienzo de este proyecto!

Sandra Gordillo y Beatriz G. Waisfeld

Publicación semestral Año 1
Número 1 – Julio de 2017
ISSN En trámite

COMITÉ EDITORIAL

Editoras responsables

Dra. Beatriz G. Waisfeld y
Dra. Sandra Gordillo

Equipo editorial

Biól. Flavia J. Boidi
Lic. H. Santiago Druetta
Lic. Fernando J. Lavié
Dra. Cecilia E. Mlewski
Biól. Gisela Morán
Geól. Natalia Oviedo
Dra. Emilia Sferco
Lic. Raquel J. Villegas

Difusión

Dr. Diego F. Muñoz

Corrección de estilo

Lic. Mariela López Cordero

Diagramación, edición digital y diseño de tapa

Paula Benedetto

Imagen de tapa: Fotomontaje digital de la cantera de mármol blanco de la zona de Bosque Alegre y el Paseo de La Cañada, ícono cordobés que atraviesa la ciudad de suroeste a norte.

Esta revista de formato digital se publica de manera desinteresada con la finalidad de difundir la actividad e investigación del CICTERRA. Los artículos y opiniones firmadas son exclusiva responsabilidad de los autores o editores. Lo expresado por ellos no refleja necesariamente la visión o posición de la Institución.

Contacto: cicterranea@gmail.com

[www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/
revista-cicterranea/](http://www.cicterra.conicet.unc.edu.ar/revista-cicterranea/)

Seguinos en:



Universidad
Nacional
de Córdoba

C I C T E R R A

Director: Dr. Edgardo Baldo

Vicedirector: Dr. Emilio Vaccari

Contacto:

secretariacicterra@fcefyn.unc.edu.ar

Av. Vélez Sarsfield 1699,

X5016GCB Córdoba, Argentina

Teléfono: +54 351 535-3800 ext. 30200

www.cicterra.conicet.unc.edu.ar

MÁRMOL

**rocas con mucha
historia**



Evidencias de antiguos mares en las Sierras de Córdoba, relatos de colonizadores y emprendedores comerciales, polémicas obras civiles, monumentos y obras de arte, todos ellos conectadas por una roca particular: el mármol.



Edgardo Baldo

Doctor en Ciencias Geológicas
Investigador independiente del
CONICET

Docente de la Escuela de Geología,
FCEFyN, Universidad Nacional de
Córdoba

Las Sierras de Córdoba forman parte de una unidad geológica mayor conocida como Sierras Pampeanas de Argentina (Figura 1). En su conjunto representan los contrafuertes de la Cordillera de los Andes y están formadas por rocas antiguas, algunas de más de 1000 millones de años y otras, un poco más jóvenes, de 530, 470 y 300 millones. Al igual que en las Sierras Pampeanas, en la Sierras de Córdoba (Figura 1) tenemos rocas relativamente antiguas, las que se clasifican como ígneas y metamórficas, pero también existen rocas más modernas de tipo sedimentario y volcánicas. Es a través de las investigaciones que se realizan sobre estas rocas cómo los geólogos desciframos la historia geológica de una región, y además, determinamos sus propiedades y potenciales usos.

Historias de mares tropicales en los mármoles de Córdoba

A escasos 12 km del centro de la ciudad de Córdoba se encuentra la localidad de La Calera, denominada así porque allí se ubicaron los primeros hornos para la fabricación de óxido de calcio (CaO), más comúnmente conocido como cal. Ésta se produce a partir de la calcinación del carbonato de calcio (CaCO_3) y constituye un material sumamente utilizado en la construcción. Pero además de los hornos, muy próximo a dicha localidad, se encuentra también la materia prima que se utilizaba para la fabrica-

El mármol es una roca metamórfica y representa la transformación de una roca sedimentaria, de origen marino, denominada caliza

ción de cal, esto es, una roca de color blanco y muy tenaz denominada mármol. Las huellas de las explotaciones de mármol están aún muy visibles en esta zona, caracterizada por la presencia de numerosas canteras abandonadas (Foto de tapa). El mármol es una roca relativamente frecuente en Córdoba y se lo encuentra tanto en la Sierra Chica

como en la Sierra Grande (Figura 1). Otras localidades serranas como Dumesnil, Yocsina, Río Ceballos, Alta Gracia, Valle Hermoso, Pampa de Olaen, Characato, Los Gigantes, San Agustín, Bosque Alegre, Quilpo, etc., son

Podríamos decir que en el pasado geológico, hace unos 600–580 millones de años atrás teníamos, muy cerquita de la ciudad de Córdoba, un placentero mar de aguas cálidas

lugares donde la explotación del mármol para sus diferentes usos ha dejado su imborrable impronta.

El mármol es una roca metamórfica y representa la transformación (metamorfismo) de una roca originalmente sedimentaria denominada caliza. Hoy en día, en las Sierras de Córdoba no encontramos calizas pero si los productos de su transformación, los mármoles. Esto significa que en algún momento del pasado geológico había verdaderas calizas de origen sedimentario que fueron sometidas a altas temperaturas y grandes esfuerzos en el interior de la corteza, transformándolas en lo que conocemos como mármoles (Figura 2a-c).

Entre las preguntas que se pretenden responder al investigar estas rocas se pueden mencionar, por ejemplo, ¿En qué eras geológicas se depositaron las calizas y por lo tanto qué antigüedad tienen? ¿Cuándo fueron transformadas en mármoles? ¿A qué profundidades y temperaturas fueron sometidas estas rocas en el tiempo geológico? Los investigadores del CICTERRA hemos avanzado en algunas respuestas a estas preguntas y hoy podemos decir que hace unos 580 millones de años se depositaron calizas de origen marino las que luego, unos 60 millones de años más tarde, fueron soterradas a profundidades de entre 20 a 25 km y sometidas a temperaturas de entre 500 a 700 °C y 5 a 9 Kb de presión y allí transformadas en mármoles, es decir metamorfozadas.

Las calizas sedimentarias, las más comunes de las rocas

Figura 1



Figura 2a

Evidencias de la deformación plástica del mármol durante la etapa de transformación metamórfica de alta temperatura.



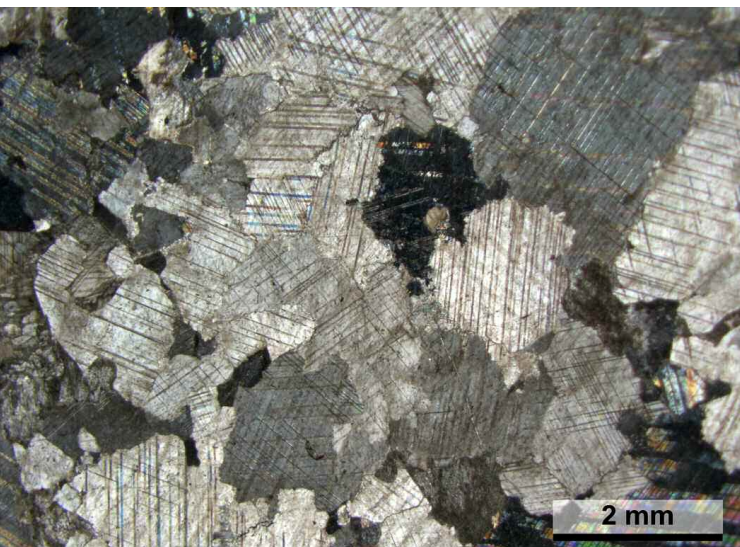
Figura 2b

Variedad de mármol rosado, característico de la región de Pampa de Olaén y Valle Hermoso.



Figura 2c

Textura de un mármol visto al microscopio petrográfico. Agregado poligonal de cristales de calcita con maclas de alta temperatura.



carbonáticas, son rocas un tanto especiales porque se forman en ambientes muy específicos y particulares. La mayoría de las calizas son rocas de origen marino, formadas por la precipitación química o bioquímica del carbonato de calcio en mares poco profundos de regiones cálidas (tropicales a subtropicales). En la actualidad rocas similares a éstas se están formando en los mares que rodean a las islas Bahamas. Por lo tanto, podríamos decir que en el pasado geológico, hace unos 600–580 millones de años atrás (Período Ediacariano) teníamos, muy cerquita de la ciudad de Córdoba, un placentero mar de aguas cálidas. Hay que aclarar que la comparación con el entorno paradisíaco de

las Bahamas es sólo parcial dado que para esa época, en la superficie de la Tierra no había árboles ni animales. Además, en los mares aún no habían aparecido los peces y éstos estaban poblados por colonias de cianobacterias, algas, gusanos, organismos similares a medusas y otros seres ya extintos, muy diferentes a los que hoy habitan los mares, conocidos como la fauna de Ediacara.

Historias grabadas a martillo y cincel

En el acta de la fundación de Córdoba, del 6 de Julio de 1573, Don Jerónimo Luis de Cabrera expresa que “...*en la tierra existe gran cantidad de leña, piedra cal y de que en su sierras y cordilleras se han hallado todo género de metales...*”. Esta es, quizás, la primera cita de que en las Sierras de Córdoba había mármoles (piedra cal). Tan sólo trece años después, en 1586, ya se extraían mármoles para la fabricación de cal de la zona de Malagueño, Yocsina, La Calera y Río Ceballos. A partir del año 1606, los mármoles, junto con otros cantos rodados, fueron también utilizados por los Jesuitas para construir sus estancias e iglesias mediante la técnica del calicanto. Según los libros de la Compañía de Jesús, ya en el año 1613 se proveía de cal a las obras del Colegio Mayor desde unos hornos ubicados en La Calera.

Definamos adecuadamente cada cosa...

Óxido de calcio: comúnmente conocido como cal, es un compuesto químico formado por la unión del oxígeno y el calcio (CaO). Su fabricación en grandes volúmenes requiere de un horno para generar altas temperaturas (aprox. 900°C) y la materia prima a calcinar, que normalmente es una roca rica en carbonato de calcio.

Carbonato de calcio: es otro compuesto químico (CaCO₃), muy común en estado natural. Las especies minerales que lo contienen se denominan Calcita y Aragonita.

Rocas carbonáticas: término utilizado para referirnos a un conjunto de rocas sedimentarias caracterizadas por la presencia de minerales carbonáticos como calcita, dolomita, aragonita, ankerita, etcétera. Estas rocas se forman en ambientes marinos o lacustres y en su formación intervienen procesos de precipitación química o bioquímicos.

Caliza: es una de las variedades de rocas carbonáticas donde la Calcita es el mineral principal. Las calizas también pueden contener Dolomita (CaMg (CO₃)₂) y si este mineral es el predominante la roca se denomina Dolomía. La caliza se forma por la precipitación química o bioquí-

mica del carbonato de calcio existente en el agua del mar o por acumulación de fragmentos de organismos marinos con caparazones carbonáticos.

Mármol: término utilizado para referirnos a una roca metamórfica derivada de una roca carbonática, como la Caliza o la Dolomía. El metamorfismo es un proceso mediante el cual una roca se transforma en otra al cambiar las condiciones de presión y temperatura. Los mármoles se diferencian de las calizas básicamente por su textura dado que ambas tienen como mineral principal Calcita o Dolomita (Figura 2c)

Aclaración! En un sentido comercial y en la industria de las rocas ornamentales, la palabra mármol se utiliza para referirse a cualquier roca susceptible de ser aserrada en placas y pulida. Los mármoles se diferencian de los granitos por estar compuestos de minerales de menor dureza relativa.

En 1771 se lo explotaba de manera sistemática a consecuencia de la construcción del Calicanto de La Cañada (Foto de tapa), realizado con cales y bloques de mármoles provenientes de la Calera y Río Ceballos y en 1876 ya existía un emprendimiento privado para la fabricación de cales mediante hornos ubicados en los barrios de Alta Córdoba y Ferreyra de la ciudad de Córdoba. De ahí en adelante la explotación de este recurso tuvo una importancia muy relevante en la economía provincial. En 1885 la localidad de

La producción industrial del cemento tipo portland, dio comienzo a una intensa explotación de mármoles y a la fundación de nuevos asentamientos: Los Pueblos Blancos de Córdoba

Malagueño se transformó en un centro de explotación de caliza llegando a producir en 9 años 1.500.000 toneladas de cal. El Dr. Biale Massé construyó en la localidad del mismo nombre un gran horno con una capacidad de 2000 kg diarios de cal para abastecer la obra de murallón del Dique San Roque.

La cal hidráulica fabricada con mármoles proveniente de las Sierras de Córdoba tuvo un rol protagónico y muy polémico en la construcción, primero, del Dique La Calera-Mal Paso (de 1884 a 1886), y luego, del primer paredón del Dique San Roque (de 1886 a 1890). El murallón

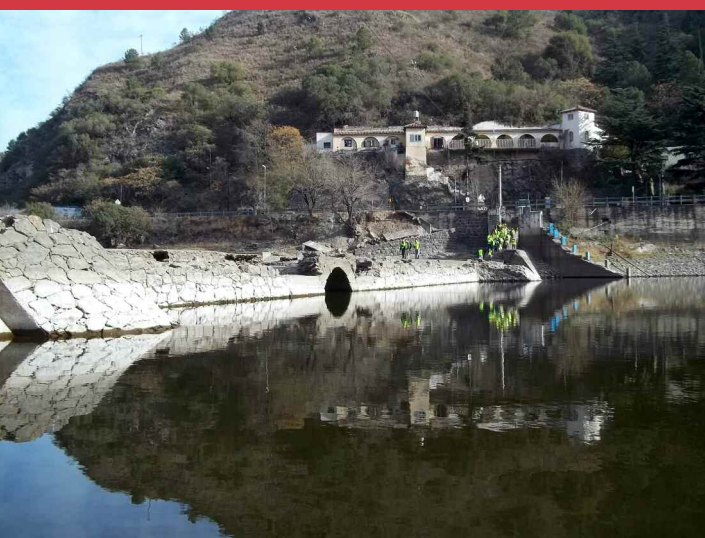
del dique San Roque tenía 115 metros de longitud y 37 metros de altura, era el mayor embalse artificial del mundo de esa época y fue construido por Biale Massé según el proyecto de los ingenieros Cassaffousth y Dumesnil. Conocida es la historia del enjuiciamiento y encarcelamiento de los dos primeros por utilizar la cal hidráulica como aglutinante para la obra de este dique, la misma fue considerada como no adecuada y como solución alternativa se recomendaba construir un nuevo muro, utilizando, en lugar de cal hidráulica, cemento portland importado de Inglaterra. Estudios técnicos más objetivos, un juez honesto y el tiempo hicieron verdadera justicia y finalmente dieron la razón a los constructores, a los diseñadores y a las bondades de la cal hidráulica de Córdoba. El antiguo paredón construido con cales de los mármoles de Córdoba aún está en pie y se lo puede observar cuando el lago está en cotas bajas (Figura 3).

La posterior producción industrial del cemento tipo portland, como la iniciada en 1930 por la empresa Minetti y Cía. en la localidad de Dumesnil, dio comienzo a una intensa explotación de mármoles y a la fundación de nuevos asentamientos: Los Pueblos Blancos de Córdoba, que crecen y se desarrollan a la par de estas industrias las que por su actividad tiñen con un manto blanco su entorno.

Otro aspecto en la explotación de este importante recurso de la provincia de Córdoba se vincula con la produc-

Figura 3

Primer paredón del Dique San Roque, visible en períodos de cotas bajas del lago.



ción de piedra pulida para usos ornamentales. El comienzo de esta actividad se remonta a los inicios del año 1900. Ya en 1939 se tuvo en plena actividad una de las explotaciones más intensas y activas de Córdoba, ubicada en la zona Los Gigantes (Dpto. Cruz del Eje). De esta región y de otras como Valle Hermoso-Pampa de Olaén, Characto-Candelaria, San Agustín, Quilpo-La Fronda, se comenzaron a extraer bloques de mármol que llamaron la atención por sus óptimas cualidades físicas y estéticas para uso como roca ornamental. La gran variedad de colores y texturas de estos mármoles hicieron que rápidamente se instalaran como un producto codiciado en el mercado nacional utilizándolo para el revestimiento externo e interno de edificios (Figura 2b), para mesadas, dinteles de escaleras, baños, etc. Como prueba de su atractivo cabe mencionar los mármoles provenientes de la localidad de La Calera que hoy se observan en el edificio de estilo ecléctico grecorromano del

La gran variedad de colores y texturas de los mármoles cordobeses hicieron que rápidamente se instalaran como un producto codiciado en el mercado nacional

Congreso de La Nación. En la actualidad los mármoles, tanto cálcicos como dolomíticos, siguen siendo un recurso de interés y motivo de intensa explotación. Se los explota para la producción de cal y cementos, para la producción de piedra ornamental, como piedra partida para hormigón-

nes y para la industria del mosaico. La dolomita, que es la variedad magnésiana del mármol, se la explota y muele a granulometrías específicas para la industria de las pinturas (normales y asfálticas), para la industria del plástico, del vidrio, del caucho, de los alimentos balanceados, para el agro, industria farmacéutica, del papel, etc.

Para no olvidar

La piedra blanca de Córdoba, el mármol, tiene una larga historia que comienza con la formación de calizas en antiguos mares tropicales del Período Ediacariano, (entre 600–580 millones años), para continuar con períodos de formación de montañas que producen cambios importan-

Cuando visitemos las Sierras de Córdoba y nos topemos con esta antigua piedra blanca en alguna cantera abandonada o cuando caminemos por el Paseo de La Cañada de la ciudad, tengamos conciencia que estamos ante una roca que resume más de 580 millones de años de historia cordobesa

tes en su estructura y propiedades físicas. La historia más reciente lo vincula con los fundadores de Córdoba que advirtieron acertadamente que este recurso era importante para la región, como quedó demostrado más tarde por el uso que hicieron los Jesuitas y sus sucesores en la utilización del mármol y la cal fabricada a partir del mismo, para la construcción de importantes edificios y obras civiles como el Colegio Mayor, la Compañía de Jesús, el Calicanto de la Cañada, entre otros ejemplos. Su presencia en las Sierras de Córdoba fue motivo de grandes emprendimientos empresariales para la producción de cal, como el de Biale Massé, y permitió la construcción de obras civiles de renombre mundial, como el Dique San Roque. Más tarde, la producción masiva de cemento tipo portland, dio lugar a nuevos emprendimientos como los de la empresa Minetti que permitió la fundación de nuevos asentamientos: los llamados “Pueblos Blancos de Córdoba”, como Dumesnil, Malageño, Quilpo y tantos otros. El mármol vuelve a ser protagonista, pero ahora en la explotación de

El Arco de Córdoba ubicado en la Avenida Sabattini en el acceso suroeste de la ciudad. Sus torreones están contruidos mayormente con bloques de mármoles de la zona de La Calera.

Figura 4

bloques para la industria de la piedra ornamental, renovándose la creación de nuevos y significativos emprendimientos comerciales que inundan el mercado nacional con sus variados productos, instalando a la provincia de Córdoba como una de las más importantes en este rubro a nivel nacional.

Cuando visitemos las Sierras de Córdoba y nos topeemos con esta antigua piedra blanca en alguna cantera abandonada, cuando caminemos por el Paseo de La Cañada de la ciudad de Córdoba, cuando nos detengamos a observar las partes blancas dibujadas en las baldosas de la Manzana Jesuítica sobre la peatonal, o los torreones del famoso “Arco de Córdoba”



sobre la avenida Amadeo Sabattini (Figura 4), la estatua del Dante en la rotonda del Parque Sarmiento, la desdichada estatua del famoso “Oso Antártico” frente al museo Caraffa (Figura 5), o incluso, fuera de nuestra provincia, cuando veamos los abigarrados mármoles de nuestro Congreso Nacional, tengamos conciencia y sepamos apreciar que estamos ante una roca que resume más de 580 millones de años de historia cordobesa. Y podemos estar seguros, no caben dudas, de que ésta es una roca con mucha, ¡pero mucha historia!

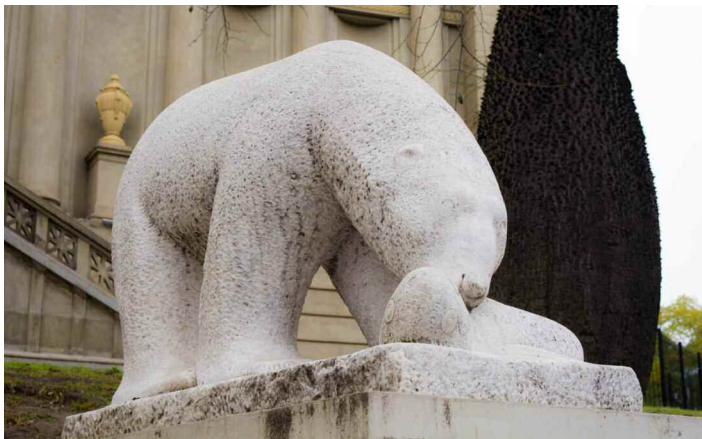


Figura 5

La estatua del “Oso Polar” frente al Museo Caraffa, esculpido en mármol del yacimiento de los Gigantes.

RB

Referencias bibliográficas/lecturas sugeridas

- Baldo E.G., Rapela C.W., Pankhurst R.J., Galindo C., Casquet C., Verdecchia S.O. y Murra J. 2014. Geocronología de las Sierras de Córdoba: revisión y comentarios. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Editores Roberto Martino y Alina Guerreschi: 845–870.
- Dirección de Geología de la Provincia de Córdoba, 2016. Atlas de rocas ornamentales de la Provincia de Córdoba.
- Guerreschi A. y Martino R. 2014. Las migmatitas de La Sierras de Córdoba. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Editores Roberto Martino y Alina Guerreschi: 67–94.
- Marfil S., Sfragulla J., Caballé M., Bonalumi A. 2016. Panorama histórico sobre las rocas de aplicación en las provincias de Buenos Aires y Córdoba 1880-1950. Diccionario Histórico de las Ciencias de la Tierra en Argentina. 399 p.
- Murra J., Casquet C., Locati F., Galindo C., Baldo E.G., Pankhurst R.J. y Rapela C.W. 2016. Isotope (Sr, C) and U-Pb SHRIMP zircon geochronology of marble-bearing sedimentary series in the Eastern Sierras Pampeanas (Argentina). Constraining the SW Gondwana margin evolution in Ediacaran to Early Cambrian times. Precambrian Research 281: 602–617.
- Zolezzi R.E. 2004. Historia de la Minería Argentina. Córdoba. Anales 40, tomo 2. Servicio Geológico Minero Argentino: 103–129.