

ISSN 1514 - 4836
ISSN 1668 - 3242 en línea

**INSTITUTO SUPERIOR DE CORRELACIÓN GEOLÓGICA
(INSUGEO)**

Miscelánea 21

MANUAL DE GEOLOGÍA

Ricardo VARELA
*Universidad Nacional de La Plata - CONICET
Centro de Investigaciones Geológicas
Calle 1 N° 644 - CP. 1900
La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina*

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo
Universidad Nacional de Tucumán
San Miguel de Tucumán

2014

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Universidad Nacional de Tucumán

Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO)

Director: Dr. Florencio G. Aceñolaza

Director alterno: Dr. Alejandro J. Toselli

Editor: Dr. Florencio Gilberto Aceñolaza

Coordinador editorial: Dr. Carlos A. Cónsole Gonella

Consejo Editor:

Dr. Alejandro J. Toselli (INSUGEO), Dr. Alfredo Tineo (INSUGEO), Dr. Víctor Ramos (Buenos Aires), Dr. Rafael Herbst (INSUGEO), Dra. Juana N. Rossi de Toselli (INSUGEO), Dra. Susana B. Esteban (INSUGEO), Dr. Guillermo F. Aceñolaza (INSUGEO), Dr. M. Franco Tortello (Univ. La Plata), Dr. Carlos Cingolani (Univ. La Plata), Dr. Roberto R. Lech (CENPAT-Trelew), Dr. Ricardo Alonso (Univ. Salta), Dra. Beatriz Coira (Univ. Jujuy), Dr. Juan Carlos Gutiérrez-Marco (CSIC-España), Dra. Isabel Rábano (IGME-España), Dr. Julio Saavedra Alonso (CSIC-España), Dr. Hübner Miller (Univ. München-Alemania), Dr. Alcides N. Sial (Univ. Pernambuco-Brasil), Dra. Valderez Ferreira (Univ. Pernambuco-Brasil), Dra. Renata Guimaraes Netto (UNISINOS-Brasil), Dr. Claudio Gaucher (Univ. Montevideo-Uruguay).

Dirección: Instituto Superior de Correlación Geológica. Miguel Lillo 205. CP 4000 San Miguel de Tucumán. Argentina.
E-mail: insugeo@csnat.unt.edu.ar - Página web: www.insugeo.org.ar

Esta Serie es editada por el INSUGEO con el objeto de dar a conocer información de interés geológico y del medio ambiente, siendo los trabajos allí publicados representativos y puntuales. Ella incluye guías de campo, resúmenes de reuniones científicas y monografías vinculadas al objetivo principal. Se requiere que los manuscritos sean remitidos en apoyo informático y papel; las ilustraciones de igual manera en caja 13x20 cm y con buen contraste. Todos los trabajos tienen revisores y también son puestos en consideración del Consejo Editor. Gran parte de este material puede consultarse gratuitamente y obtener en la página Web del INSUGEO: www.insugeo.org.ar. Esta colección está referenciada en Latindex, EBSCO, Ulrich International Periodical Directory, Thomson Reuters ISI, Zoological Record, Gale Cengage Learning y Georef, Directory of Open Access Journals DOAJ. Integra el Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentina.

Miscelánea Insugeo n° 1: Colección de Paleontología Lillo. Catálogo de fósiles publicados 1970-1993.

Miscelánea Insugeo n° 2: Lower Paleozoic of Tarija Región, Southern Bolivia (agotado).

Miscelánea Insugeo n° 3: Actividad desarrollada durante los años 1991-1993 (agotado).

Miscelánea Insugeo n° 4: The Jurassic and Cretaceous terrestrial beds from Southern Neuquén Basin, Argentina.

Miscelánea Insugeo n° 5: Cuadro general de la ciudad de Paraná.

Miscelánea Insugeo n° 6: Cambrian from the Southern Edge.

Miscelánea Insugeo n° 7: The Ordovician of Mendoza.

Miscelánea Insugeo n° 8: Ordovician / Silurian sections in the Precordillera, western Argentina.

Miscelánea Insugeo n° 9: Cambro / Ordovician sections in NW Argentina.

Miscelánea Insugeo n° 10: Ordovician and Silurian of the Precordillera, San Juan Providence, Argentina.

Miscelánea Insugeo n° 11: Ordovician and Silurian of the Cordillera Oriental and Sierras Subandinas, NW Argentina.

Miscelánea Insugeo n° 12: Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino I.

Miscelánea Insugeo n° 13: Simposio Bodenbender.

Miscelánea Insugeo n° 14: Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino II

Miscelánea Insugeo n° 15: Textura y estructura de las Rocas Igneas.

Miscelánea Insugeo n° 16: Historia de la Geología Argentina.

Miscelánea Insugeo n° 17 (1): Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino III.

Miscelánea Insugeo n° 17 (2): Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino III.

Miscelánea Insugeo n° 18: Elementos Básicos de Petrología Ignea.

Miscelánea Insugeo n° 19: Catálogo de graptolitos estudiados en la División Geología del Museo de La Plata (1965-2011).

Miscelánea Insugeo n° 20: Farallón Negro: Epopeya de un sueño minero.

Instituto Superior de Correlación Geológica

Miguel Lillo 205 – San Miguel de Tucumán – República Argentina

Tapa: Vista al Norte del Cerro Ventana, Buenos Aires, mostrando el plegamiento de las sedimentitas paleozoicas. Al fondo se ve la “ventana” y al centro en primer plano un típico anticlinal asimétrico volcado al naciente. Fotografía de Max Lützelner

ÍNDICE

Prólogo.	Pág 9.
Nota del autor.	Pág10.
Abstract-Resumen.	Pág11.
Agradecimientos.	Pág12.
Capítulo 1. Introducción. Definición. La Tierra. El interior terrestre. Continentes y océanos. Sial y Sima. Relieve. Objetivo.	Pág 13.
Capítulo 2. Tectónica global. Litósfera y astenósfera. Placas litosféricas. Corrientes convectivas. Límites divergentes, dorsales oceánicas. Límites convergentes, arcos islándicos y magmáticos. Orogénesis. Colisión de continentes. Límites conservativos. La base de las placas litosféricas. Las fuerzas actuantes. Tipos corticales.	Pág 23.
Capítulo 3. Mineralogía. Análisis químico de rocas. Minerales. Propiedades físicas de los minerales. Cristalografía y sistemas cristalinos. Clasificación mineralógica. Mineraloides.	Pág 37.
Capítulo 4. Petrología. Rocas ígneas. Rocas ígneas plutónicas. Rocas ígneas volcánicas. Rocas sedimentarias. Rocas sedimentarias clásticas. Rocas sedimentarias calcáreas. Rocas sedimentarias químicas. Rocas metamórficas. Metamorfismo regional. Metamorfismo de contacto. Metamorfismo dinámico.	Pág 45.
Capítulo 5. Deformación de las rocas. Deformación elástica y plástica. Esfuerzos principales y elipsoide de deformación. Estructuras tectónicas. Pliegues. Diaclasas. Fallas.	Pág 65.
Capítulo 6. Estratigrafía. Principios de superposición, relaciones de corte, inclusión y sucesión de faunas. Paleontología. Correlación. Tiempo geológico. Cronología relativa. Cronología absoluta.	Pág 87.
Capítulo 7. Geología Histórica. Precámbrico; Escudos o cratones; Proterozoico y Arcaico. Fanerozoico. Paleozoico. Mesozoico. Cenozoico.	Pág 99.
Capítulo 8. Mapa geológico. Cuerpos de rocas ígneas plutónicas. Cuerpos ígneos globosos. Cuerpos ígneos laminares. Cuerpos de rocas sedimentarias. Cuencas continentales. Cuencas marinas. Base topográfica y escala. Unidades litoestratigráficas.	Pág 109.

Capítulo 9. Geología regional sudamericana. Unidades geotectónicas mayores. Cratones y ciclos orogénicos. Orógenos activos y orógenos fósiles. Provincias geológicas. Provincias geológicas argentinas. Llanura Oriental (Tandilia, Ventania, Mesopotamia, Cuencas sedimentarias). Noroeste (Cordillera Oriental, Puna, Sierras Subandinas). Región Central (Sierras Pampeanas y Sistema de Famatina, Precordillera, Cordillera Frontal, Cordillera Principal, Provincia Sanrafaelino-Pampeana). Patagonia (Macizo Norpatagónico, Macizo del Deseado, Precordillera Patagónica, Cordillera Patagónica, Cordillera Fueguina, Islas Malvinas, Sector Antártico Argentino, Cuenca del Golfo de San Jorge, Cuenca Austral o Magallánica, Cuenca de Ñirihuau.Pág 121.

Capítulo 10. Campo de aplicación de la Geología: recursos naturales geológicos; medio ambiente. Suelos. Aguas subterráneas. Geología aplicada. Recursos naturales geológicos. Geología de yacimientos. Geología del petróleo. Geología ambiental; geología urbana.Pág 145.

Bibliografía.....Pág.157.

Prólogo

En mis primeras actividades docentes ejercí como profesor en el Liceo “Víctor Mercante”, secundario dependiente de la Universidad Nacional de La Plata, donde me tocó enseñar una materia denominada ‘Mineralogía y Geología’. Esta comenzaba con una fuerte influencia de las formas cristalinas, lo cual fui tratando de modificar en el poco tiempo que estuve en esta tarea, hacia los aspectos regionales como por ejemplo la evolución del continente de Gondwana o el origen de las montañas. Así pude observar que eran temas que a los alumnos les interesaban y si bien contábamos con textos adecuados en nuestro idioma, no eran accesibles fácilmente. Por ello en la retrospectiva, creo que el Manual de Geología presentado por el Dr. Ricardo Varela, conforma un texto didáctico y ameno que cubre esa amplia necesidad para quienes desean conocer más sobre la temática de nuestro Planeta Tierra y su fascinante evolución, contando ahora con el avance del conocimiento plasmado en el nuevo paradigma de la tectónica de placas. La experiencia científica y docente de Varela, dada por un largo camino que hemos recorrido juntos desde la década de 1960, le ha permitido volcar sus conocimientos en forma sencilla, transfiriendo a la comunidad un aporte valioso que servirá para el lector interesado y también para la enseñanza esencialmente en los niveles pre-universitarios y terciarios.

Está preparado el texto en diez capítulos que recorren todos los temas importantes sobre nuestro Planeta, con gráficos y fotografías de su propia producción o adaptadas como complemento. El texto sigue una línea coherente, que va introduciendo al lector en los temas más relevantes de la Geología tanto en los aspectos endógenos como exógenos. Transcribe así Varela los caminos de un geólogo inquieto que ofrece con toda la generosidad de su amplia experiencia de campo y gabinete, para que sirva a la enseñanza y el estudio tratando también de generar inquietudes en los lectores y quizás hasta despertar vocaciones. Los cambios paradigmáticos ocurridos en la comprensión de la dinámica de la Tierra los ha planteado Varela con sencillez en un Manual que recomiendo para aquellos que son curiosos de lo que ocurre a nuestro alrededor, comprender como está conformado geológicamente el territorio argentino con sus sistemas montañosos, la actividad volcánica y los riesgos naturales. Estimo que la enseñanza de la Geología: ‘rama de las Ciencias Naturales que se ocupa del estudio de la Tierra’, debería tomar un fuerte impulso en los niveles educativos mencionados para complementar y actualizar permanentemente sus contenidos, por lo que doy la bienvenida al Manual que nos ofrece el autor.

Dr. Carlos Alberto Cingolani

Profesor Titular UNLP-Investigador CONICET

Jefe División Geología del Museo de La Plata

Nota del autor

Me sitúo en la mitad del siglo pasado, cursando el bachillerato en el Colegio Nacional de la Universidad Nacional de La Plata. Recuerdo los oportunos comentarios de algunos profesores y un cuadernillo de orientación de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, que llamaba a cursar el primer año en común de las licenciaturas en biología y geología. La asignatura Geología General desplegó con simpleza el total de los temas; luego en los años sucesivos la ampliación correspondiente.

En el arranque tuve acceso a libros de autores extranjeros traducidos al español, como Principios de Geología Física de Arthur Holmes y Principios de Geomorfología de William Thornbury, junto al libro tipo manual titulado Elementos de Geología Aplicada de los profesores argentinos Cristian S. Petersen y Armando F. Leanza.

Tempranamente el Profesor Angel V. Borrello me invitó a participar en las tareas de investigación de la División Geología del Museo de La Plata y Departamento Geología de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC). En ese medio se completó mi licenciatura y luego el doctorado, con la agradable y beneficiosa compañía de los Profesores A.V. Borrello, A.J. Cuerda, O.C. Schauer, J. Venier, U.J. Zucolillo y los entonces jóvenes geólogos C. Devizia, R. Scanavino, M. Guichón, E. Méndez y C.A. Cingolani. Tuve la suerte de participar en las distintas escalas que involucran en gabinete y campo a la Geología Histórica, con los recursos de la Estratigrafía/Bioestratigrafía y el mapeo geológico, y también en las pioneras actividades de laboratorio para medir el tiempo geológico, iniciadas en la CIC, luego continuadas en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) y en el Centro de Investigaciones Geológicas (CIG). La investigación me fue patrocinada inicialmente por la CIC y desde 1973 hasta 2010 por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Desde 1980 estuve rodeado de investigadores, doctorandos y personal técnico y administrativo del CIG, que constituyeron un sólido soporte para mis tareas. De los investigadores fundadores hago un sentido recuerdo de los Doctores Mario Adrián Iñiguez Rodríguez y Mario Martín Mazzoni. La docencia la pude realizar principalmente en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, en los sucesivos cargos de Jefe de Prácticos en Geología Histórica, Profesor Adjunto y Profesor Asociado en Fundamentos de Geología y Profesor Titular en Geología Argentina.

Actualmente hay profusa información geológica que procede de libros, revistas y actas de congresos y reuniones, sean en papel o vía electrónica. También el desarrollo de los más diversos temas se obtienen instantáneamente en las enciclopedias de internet. No obstante, la experiencia me revela que un escrito tipo manual puede ser de utilidad para los que quieren introducirse en la geología, sea porque tienen proyectado o ya iniciaron estudios en alguna de nuestras universidades, sea porque son profesionales o estudiosos de otras áreas, o porque tienen que enseñar en la función de maestros/profesores de los niveles secundario y terciario. Es el pretendido destino del escrito y la razón para considerarlo un Manual.

Ricardo Varela

ricardovarela47@yahoo.com.ar varela@cig.museo.unlp.edu.ar

Abstract

This handbook contains in first place few essential data about the Earth, which is the study object of Geology. This includes its dimensions, internal organization determined by geophysical studies, characteristics and significance of continents and oceans on its surface, surface relief and movements that tend to balance continental heights and oceanic depths. Then comes the fundamental basis on which the theory of Global Tectonics is supported to explain the evolution of the planet.

Successive chapters deal with the materials making up the Earth, such as minerals (Mineralogy) and rocks (Petrology), as well as the structures acquired by the rocks as a response to stresses originated in geodynamic processes in the Earth (Tectonics). They also consider the systematic ordering of rock units in relation to Stratigraphy and Geochronology, which allows the succession of events to be revealed (Historical Geology). Geological maps are described as a final product of field mapping, where rock units and their structures are represented at different scales. The identification of Geological Provinces in our country receives special attention. Lastly, short descriptions are added on the application of geology to areas and issues of economic interest, such as soil, groundwater, minerals, hydrocarbon, large engineering projects, geological risk and environmental geology.

Resumen

El Manual contiene en primer lugar algunos datos esenciales sobre el objeto de estudio de la Geología, la Tierra, incluyendo dimensiones, la organización del interior determinada por estudios geofísicos, la existencia en superficie y significado geológico de continentes y océanos, el relieve y movimientos que tienden a equilibrar las alturas continentales y profundidades oceánicas. A continuación brinda los elementos básicos en que se funda la Tectónica Global, teoría que explica el funcionamiento del planeta acorde con el conocimiento actual.

En sucesivos capítulos se ocupa luego de los materiales componentes de la Tierra, minerales (Mineralogía), rocas (Petrología) y las estructuras que adquieren ante los esfuerzos aplicados por la dinámica del planeta (Tectónica). Trata también el ordenamiento de los cuerpos que definen las rocas, la Estratigrafía y Cronología, que posibilita un seguimiento de los eventos ocurridos o Geología Histórica. El Mapa Geológico es descripto como el resultado de la tarea de campo y la representación a escala adecuada de unidades rocosas y sus estructuras, con énfasis en la identificación de Provincias Geológicas en territorio argentino. Finalmente incluye una breve descripción de la aplicación de la geología en asuntos de interés económico, como suelos, aguas subterráneas, minerales, hidrocarburos, grandes obras de ingeniería, riesgo geológico y geología ambiental.

Agradecimientos

Escribir el manual y preparar el material gráfico fue una tarea que me insumió todo el año 2012, por lo que primero cabe que agradezca el aguante por parte de la familia cercana (hijas Mónica, Silvana, Rosana y Guadalupe) y compañera Claudia P. Pereyra.

Norberto J. Uriz me proveyó generosamente de estrategias para la gráfica mediante corel-draw. En la etapa de pulido Ana María Sato leyó el escrito y sugirió acertadas correcciones y cambios en la estructura. También trasladó el Resumen al idioma inglés. Guadalupe Varela fue la encargada de la delicada tarea de diagramar el escrito para su entrada en edición, tarea que realizó con el asesoramiento de Carlos Cónsole Gonella.

Expreso también el reconocimiento por la franca actitud de apertura y aliento que recibí de las autoridades y personal del Instituto Superior de Correlación Geológica, de la mano de su Director el colega Florencio G. Aceñolaza.