



Departamento de Ciencias Geológicas
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA

Asignatura: Mineralogía Avanzada

Carrera: Licenciatura en Ciencias Geológicas

Carácter: Optativa

Año: -

Cuatrimestre: 2C

Frecuencia de dictado: Cada 2 años

Profesor

Pablo Leal (leal@gl.fcen.uba.ar)

MINERALOGIA AVANZADA

PROGRAMA ANALÍTICO GENERAL

El contenido de la materia se divide en 16 clases que se agrupan en dos partes. En las primeras tres clases se repasan y profundizan los temas de mineralogía general. Las once clases siguientes se estudian distintas técnicas de análisis. La anteúltima clase cada alumno expone un tema y se hace un repaso general de la cursada. Las clase 16 se destina a la evaluación.

Clase	Unidad	Tópicos	T.P.	Día
1a	La mineralogía en el tiempo	Teoría de Evolución Mineralógica: causas y consecuencias. Variación de los procesos formadores de minerales en el espacio y tiempo. El uso de los minerales a través del tiempo (ciencia, historia y arte). La Arqueomineralogía como disciplina independiente: principios, herramientas y competencia del geólogo. Historia de la mineralogía a partir del año 300 a.C.: evolución del conocimiento, los principales protagonistas y estado actual del arte.	---	Lunes 29
1b	Repaso: sistemática mineralógica	Repaso de la sistemática mineralógica: principios y criterios distintos. La clasificación de Dana y Strunz. Repaso de las características principales de los grupos minerales más importantes.	---	
2a	De los procesos formadores de minerales a las propiedades químicas de los mismos.	Repaso: Procesos formadores de minerales y su asociación con la abundancia de los grupos de minerales y la evolución mineralógica. Las especies más abundantes y las paragénesis frecuentes en los distintos ambientes geológicos. Nucleación y el crecimiento de los cristales (repaso y complemento). Potenciales termodinámicos involucrados y las variables involucradas. Tipos de nucleación y crecimiento. Características químicas de minerales ideales y cristales reales: elementos químicos: categorías, distribución, abundancia relativa y estados. Tipos y distribución de uniones químicas en las estructuras minerales. Número de coordinación.	---	Miércoles 31
2b	Conceptos de cristalografía	Repaso: Principios generales de cristalografía, elementos de simetría, operaciones de simetría, grupos puntuales, redes de traslación y grupos espaciales. Teorema de restricción cristalográfica. Ley de la constancia de los ángulos (Steno), ley de racionalidad de los índices (Haüy). Cálculo de parámetros de una cara e índices de Miller. Complementos: Conceptos básicos de cuasicristales. Definición, antecedentes, ordenamientos aperiódicos (teselados) en distintas dimensiones, sus simetrías, su periodicidad y sus propiedades.	---	
2c	Estructura y Morfología Cristalina	Morfología externa de los cristales: Tipos de formas cristalográficas y su distribución en cada sistema cristalino (repaso y complemento). Teorema de los Poliedros de Euler. Sólidos regulares o Platónicos. Factores que determinan la morfología externa de los cristales: ley de Bravais, principio de Donnay-Harker, energía libre de superficie de Gibbs, teoría de Hartman y Perdok, velocidad de crecimiento y demás variables que gobiernan el desarrollo de las formas cristalográficas. Goniometría: tipos de ángulos interfaciales en relación a las distintas formas y su utilidad. Tipos de goniómetros, adquisición medidas interfaciales y proyección estereográfica.	TP (1)	
3	Paragénesis y Secuencias	Paragénesis, secuencias paragenéticas y zonación (procesos, estadios, eventos, pulsos, ciclos, facies y zonas). Tipos de representaciones gráficas. Dimensiones y representatividad de la muestra.	---	Viernes 2
3	Hábitos y Texturas	Definiciones y clasificaciones de hábitos y texturas a distintas escalas. Implicancias genéticas de cada una. Usos y limitaciones. Análisis paragenético secuencial: principios y metodología.	TP (2)	
3	Las propiedades físicas y la preparación de muestras para estudios mineralógicos	Las propiedades físicas para la concentración de especies: Preparación de las muestras, molienda, cuarteo, tamizado, etc. Principales métodos de concentración de minerales por contraste de densidades y propiedades magnéticas. Síntesis de otras técnicas. Realización de cortes orientados: corte, pulido y facetado de cristales.	TP (3)	
4	Técnicas para el estudio de minerales y sus condiciones de formación	Introducción: Clasificación y principio de las distintas técnicas para el estudio de los minerales. Técnicas que estudian los efectos que provocan las propiedades físicas (óptica, magnetismo etc), técnicas de interacción	---	Lune s 5

		(espectrometría, difracción y microscopía electrónica), técnicas independientes (Microtermometría) y otras. Síntesis de los modelos de estructura atómica y las relaciones entre masa, energía y longitud de onda. Procesos de interacción entre materia y radiación electromagnética o entre la materia y las partículas cargadas.		
4	Propiedades Magnéticas y Técnicas de estudio	Introducción de propiedades magnéticas en minerales. Caracterización de la mineralogía magnética de las rocas (tipo y proporción de minerales ferromagnéticos con respecto a los minerales paramagnéticos y diamagnéticos) a través de ciclos de histéresis, curvas de magnetismo remanente isotérmico y curvas termomagnéticas. Ejemplos.	---	
4	Técnicas térmicas	Análisis térmico diferencial (ATD) y Análisis térmico Gravimétrico (ATG y DTG). Principios, cálculos, información que suministran y empleo en mineralogía (ventajas y desventajas). Ejemplos.	---	
5	Microscopía óptica de refracción: Dispersión	Repaso de conceptos básicos: Características y propiedades del espectro electromagnético de luz blanca, isotropía y anisotropía, indicatrices, relación entre las indicatrices y los sistemas cristalinos. Dispersión: Definición y propiedades. Identificación de cristales biáxicos de acuerdo a su dispersión. Relación entre el ángulo 2V, el plano axial y la longitud de onda. Cristales ortorrómbicos; dispersión de los ejes ópticos (dispersión normal y dispersión cruzada del plano axial). Cristales monoclinicos: dispersión de los ejes ópticos y dispersión de las indicatrices (dispersión inclinada, dispersión horizontal y dispersión cruzada). Observación al microscopio. Cristales triclinicos. Importancia y aplicación.	TP (4)	Miércoles 7
6	Refractometría	Repaso de los métodos de estimación: Relieve, Línea de Becke e Iluminación oblicua. Métodos de cálculo: Método de Chaulness, refractómetro del prisma, refractómetro de Jelley y refractómetro Abbe. Líquidos de inmersión. Curvas de dispersión del índice de refracción en sólidos y líquidos. Gráfico de Hartmann. Método de variación simple y método de variación doble. Medidas del índice de sólidos: Métodos según la ley de Brewster y refractómetros gemológicos. Interferometría. Aplicaciones, principios, ventajas y desventajas de cada instrumento.	TP (5)	Viernes 9
7	Compensadores y platinas	Complementos para el microscopio de polarización: Compensadores (cuña de cuarzo, compensador de Berek), Ocular Micrométrico, Platina de Aguja y Platina Universal (Tipos de platinas, principios, metodología, orientaciones, medidas, etc). La proyección estereográfica para cálculos de mineralogía óptica (proyección de indicatrices, relaciones axiales, rasgos morfológicos y determinaciones angulares). Aplicación.	TP (6)	miércoles 14
8	Microscopía óptica de reflexión	Principios de óptica en medios opacos: absorción (coeficiente e índice), relación con los índices de refracción, indicatrices de medios isótropos y anisótropos (uniáxicos y biáxicos). Reflexión de luz natural (Reflectividad) y reflexión con luz polarizada (Birreflexión). Rotaciones, anisotropía, figuras conoscópicas y dispersión. Síntesis de las propiedades ópticas de minerales opacos más importantes. Aplicaciones en mineralogía.	---	
8	Microscopía de infrarrojo y ultravioleta	Iluminación infrarroja aplicada a microscopía óptica de refracción para estudios de inclusiones fluidas.	---	Viernes 16
8	Microscopía Electrónica	Principios de microscopía: aumento vs resolución, poder resolutivo, ecuación de Abbe, apertura numérica, etc. Tipos de microscopía y rango de detección de cada uno. Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM y HREM) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Otras técnicas de microscopía menos empleadas en mineralogía (AFM, etc). Principios, información que suministran y empleo en mineralogía de cada una (ventajas y desventajas). Ejemplos.	---	

9	Difractometría	Principios de Difracción (repaso): diseños de difracción, celda recíproca y difracción sobre estructuras cristalinas (Ley de Laue y Ley de Bragg). Difracción de rayos X convencionales (XRD): Método de Polvo (Debye Scherrer y Difractogramas), Método de Monocristal Estacionario (Laue) y Método de Monocristal Rotatorio Difracción mediante rayos X duros (Sincrotrón - SR). Principios de Conceptos básicos sobre la Difracción de electrones (ED) y la Difracción de Neutrones (ND) . Empleo, ventajas y desventajas de cada técnica.	TP (7)	Lunes 19
10	Espectrometría	Introducción. Los tipos de radiación del espectro electromagnético, conceptos básicos y características. Espectrómetros. Clasificación de los distintos tipos de espectrometría según el tipo de interacción o el principio que las gobierna.	---	
10	Espectrometría Óptica, espectrometría de Llama y técnicas asociadas	Espectrometría Óptica de absorción ultravioleta-visible y Espectrometría Óptica de Emisión ultravioleta-visible (Luminiscencia: catodoluminiscencia, fotoluminiscencia, radioluminiscencia, luminiscencia química y triboluminiscencia. Espectrometría de Llama (Espectrometría de Absorción Atómica (AAS) y Espectrometría de Emisión Atómica (AES)) y Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Inducido (ICP). Principios, información que suministran y empleo en mineralogía de cada una (ventajas y desventajas). Ejemplos. Espectrometría de Masa (MS) y Espectrometría de masa por plasma inducido (ICP-MS). Ablación láser aplicada a la espectrometría ICP-MS.	---	Miércoles 21
11	Espectrometría Nuclear	Espectrometría de Iones Retrodispersados (ISS y RBS), Resonancia Magnética Nuclear (NMR) y Espectrometría Mossbauer (MS), Principios, información que suministran y empleo en mineralogía de cada una (ventajas y desventajas). Ejemplos.	---	
11	Espectrometría de Electrones	Espectrometría de Electrones Auger (AES), Espectrometría de Fotoelectrones de Rayos X (XPS) y Espectrometría de resonancia de electrones (ESR - EPR). Principios, información que suministran y empleo en mineralogía (ventajas y desventajas). Ejemplos.	---	Lunes 26
11	Espectrometría de Infrarrojo y Raman	Espectrometría de infrarrojo (IR) y Espectrometría Raman (RS): Principios, información que suministran y empleo en mineralogía (ventajas y desventajas). Ejemplos.	---	
12	Espectrometría de Rayos X	Espectrometría de Absorción de Rayos-X (XAS), Espectrometría de Emisión de Rayos X (XES), Espectrometrías de Fluorescencia de Rayos-X (XFS - XRF - EDXS/EDAX/EDX y WDXS/WDX). Microsonda Electrónica (EPMA). Emisión de Rayos-X inducidos por Partículas (PIXE). Principios, información que suministran y empleo en mineralogía (ventajas y desventajas). Ejemplos.	TP (8)	Miércoles 28
13	Inclusiones Fluidas I	Petrografía de IF: Definición. Procesos y tipos de inclusiones a partir de su morfología y distribución. Reconocimiento de procesos de deformación. Técnicas de estudio de las inclusiones fluidas. Técnicas destructivas y no destructivas. Platinas de calentamiento y enfriamiento para el análisis de inclusiones fluidas. Microtermometría I: Definiciones. Principios fisicoquímicos. Clasificación. Evolución de los sistemas más sencillos: monario (CO ₂) y monario (H ₂ O).	TP (9a)	Viernes 2
14	Inclusiones Fluidas II Microtermometría	Microtermometría II: Principios y evolución de sistemas binarios (H ₂ O+NaCl; H ₂ O+CO ₂ ; etc). Evolución de sistemas ternarios (H ₂ O+NaCl+KCl, etc). Descripción de sistemas complejos. Evolución de los cambios de fase, determinación y cálculos de diversos parámetros fisicoquímicos según lo permite cada sistema. Ejemplos.	TP (9b)	Lunes 5
15	Exposiciones	Exposición que describa la aplicación de una técnica para resolver un problema mineralógico específico.		Miércoles 7
15	Repaso y consultas generales			
16	Parcial		---	Viernes 9

BILIOGRAFÍA RECOMENDADA POR TEMA

Contexto Histórico del conocimiento en Mineralogía

- Rapp G., 2009. Archeomineralogy. 348 Pp.
- Sureda R.J., 2008. Historia de la Mineralogía. Instituto Superior de Correlación Geológica. Serie Correlación Geológica 23. Editor F.G. Aceñolaza. Pp189.
- Klein C. y Hurlbut C.S., 1996. Manual de Mineralogía basado en la obra de J.D. Dana. Cuarta edición. Edit. Reverté. 1: 368Pp.
- Oslacher J., 1946. Breve historia de la mineralogía. En Introducción a la Cristalografía. 7-19.

Evolución Mineral

- Hazen R.M. 2010. Evolution of Minerals. Scientific American. 58-65.
- Hazen R.M., Papineau D., Bleekern W., Downs R.T., Ferry J.M., McCoy T.J., Sverjensky D.A. y Yang H., 2008. Review Paper: Mineral Evolution. American Mineralogist. 93:1693-1720.
- Minik T.R. 2008. On the evolution of Minerals. Nature. 46(27):456-458.
- Rankama K. y Sahama Th.G., 1955. Geochemistry. 911 Pp.

Conceptos básicos de Mineralogía

- Klein C. y Hurlbut C.S. 1997. Manual de Mineralogía basado en la obra de Dana J.D., Cuarta edición. Pp 679.
- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Dennen W. 1960. Principles of Mineralogy. Pp 453.
- Klockmann, F. y Randohr, P. 1961. Tratado de Mineralogía.

Conceptos de Cristalografía

- Hammond C. 2009. The Basics of Crystallography and Diffraction: Third Edition. International Union of Crystallography, Texts on Crystallography. 432pp
- Phillips F.C., 1978. Introducción a la cristalografía. 404 Pp.
- Klein C. y Hurlbut C.S. 1997. Manual de Mineralogía basado en la obra de Dana J.D., Cuarta edición. Pp 679.
- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Flint E., 1977. Principios de Cristalografía. 248Pp.
- Rath R., 1972- Cristalografía. 207 Pp.
- Sunagawa I., 2005. Crystals, growth, morphology and perfection. Cambridge University. 29? Pp.
- Shechtman D y Blech I, 1984. Metallic Phase with long-range orientational order and no translational symmetry. Physical Review Letters, 53(20):1951-1954.
- Bindi L., Steinhardt P.J., Yao N. y Lu P.J., 2009. Natural Quasicrystals. Science, 5(324):1306-1309.

Texturas y Paragénesis

- Malvicini L. y Saulnier M.E. 1979. Texturas de depósitos minerales.
- Ramdohr P., 1969. The ore textures. In The ore minerals and their intergrowths. Pp 1174.
- Guilbert J.M. and Park Ch. F., 1986. Deposition of the ores. In The Geology of ore deposits. Pp 947.

Propiedades Físicas

- Manuel Prieto Rubio, 2003. Minerales y materiales de interés tecnológico. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. Pp: 351-399.

Concentración y Preparación de Muestras

- Rasul M.G., Rudolph V. y Wang F.Y., 2000. Particles separation using fluidization techniques. International Journal of Mineral Processes. 60:163-179.
- Brarda S., 1970. Concentración de Minerales. Dirección Nacional de Geología y Minería. Revista septiembre-diciembre. 21-50.
- Zussman J., 1967. Mineral Separation. Capítulo 1 en Physical Methods in Determinative Mineralogy. Pp 514.

Técnicas para el estudio de minerales

- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in Advanced Mineralogy, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.
- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. Pp: 325-349.
- Ware N.G., 2005. Mineral Analysis. In Analytical Methods. 107-118.
- Zussman J., 1967. Physical Methods in Determinative Mineralogy. Pp 514.

Propiedades Magnéticas y Técnicas de Estudio

- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Dunlop D.J. y Zdemir O., Magnetizations in Rocks and Minerals. University of Toronto, Toronto, ON, Canada.

Técnicas Térmicas

- Todor D.N., 1976. Thermal Analysis of Minerals. Abacus Press. Pp.256.
- Zussman J., 1967. Thermal Techniques. Capítulo 9 en Physical Methods in Determinative Mineralogy. Pp 514.
- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. Pp: 325-349.

Microscopía Óptica de Refracción - Introducción

- Nesse W.D., 2004. Introduction to Optical Mineralogy. Oxford university Press, New Cork. Pp. 347
- Gribble C.D. y Hall A.J., 1985. Optical Mineralogy: Principles and Practice.

Microscopía Óptica de Refracción - Dispersión

- Bonorino G.F., 1976. Mineralogía Óptica. Pp 343.
- Bloss, D., 1970. Introducción a los métodos de Cristalografía Óptica. Omega.
- Nesse W.D., 2004. Introduction to Optical Mineralogy. Oxford university Press, New Cork. Pp. 347
- Phillips R.W., 1971. Mineral Optics: Principles and Techniques. Pp. 249.

Microscopía Óptica de Refracción - Refractometría

- Bonorino G.F., 1976. Mineralogía Óptica. Pp 343.
- Kerr P.F., 1965. Mineralogía Óptica. Pp. 433.
- Zussman J., 1967. Physical Methods in Determinative Mineralogy. Pp 514.
- Bloss, D., 1970. Introducción a los métodos de Cristalografía Óptica. Omega.
- Nesse W.D., 2004. Introduction to Optical Mineralogy. Oxford university Press, New Cork. Pp. 347
- Phillips R.W., 1971. Mineral Optics: Principles and Techniques. Pp. 249.

Microscopía Óptica de Refracción - Compensadores

- Bonorino G.F., 1976. Mineralogía Óptica. Pp 343.

Microscopía Óptica de Refracción - Platina de Aguja

- Ray E.W., 1959. Universal stage accessory for direct determination of three principal indices of refraction. American Mineralogist. 44:1064-1067.
- Bloss F.D., 1981. The Spindle Stage: principles and practice. Cambridge University Press. New York. 340pp.
- Medenbach, O., 1985. A new microrefractometer spingle-stage and its aplicaciones. Fortschritte der Mineralogie, 63:111-133.

Microscopía Óptica de Refracción - Platina Universal

- Bonorino G.F., 1976. Mineralogía Óptica. Pp 343.
- Kerr P.F., 1965. Mineralogía Óptica. Pp. 433.
- Phillips R.W., 1971. Mineral Optics: Principles and Techniques. Pp. 249.
- Zussman J., 1967. Physical Methods in Determinative Mineralogy. Pp 514.
- Winchell A.N., 1931. Elements of Optical Mineralogy. Tomo 1: 248Pp.

- Holness M.B., Cheadle M.J. y McKenzie D., 2005. On the Use of Changes in Dihedral Angle to Decode Late-stage Textural Evolution in Cumulates. *Journal of Petrology*. 46(8):1565-1583.
- Hallimond A.F., 1972. *The polarizing microscope*: Vickers Ltd., Vickers Instruments, York, England, 302 p.
- Wahlstrom E.E., 1979. *Optical crystallography*, 5th edition: John Wiley and Sons, New York, 488 Pp.

Microscopía Óptica de Reflexión

- Bonorino G.F., 1976. *Mineralogía Óptica*. Pp 343.
- Nesse W.D., 2004. *Introduction to Optical Mineralogy*. Oxford university Press, New Cork. Pp. 347
- Gribble C.D. y Hall A.J., 1985. *Optical Mineralogy: Principles And Practice*.
- Zussman J., 1967. *Physical Methods in Determinative Mineralogy*. Pp 514.
- López Soler A. y Bosch Figueroa J.M., 1971. Medida de la reflectancia de una superficie pulida: estudio microscópico de minerales opacos. *Acta Geológica Hispánica*, 6(3):3-6.

Microscopía Electrónica (TEM y SEM)

- Williams D.B. y Carter C.B., 2009. *Transmission Electron Microscopy. A textbook for materials Science*. 760pp.
- McLaren A.C., 2005. *Transmission electron microscopy of minerals and rocks*. Putnis A. y Liebermann R.C. Editors. 387pp.
- Spence J.C.H. 2003. *High-Resolution Electron Microscopy. Third Edition (Monographs on the Physics and Chemistry of Materials 60)*. 401pp.
- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in *Advanced Mineralogy*, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.
- Putnis A., 1992. *Introduction to Mineral Sciences*. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Amelinckx S., 1995. High resolution Electron Microscopic techniques in the study of defects. Chapter 6, in *Advanced Mineralogy*, vol:1, Marfunin (Ed.) Pp 550.
- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En *Mineralogía Aplicada*, Editor: Galán Huertos Emilio. 325-349.
- Zussman J., 1967. *Physical Methods in Determinative Mineralogy*. Pp 514.
- Leonid A. Bendersky and Frank W. Gayle, 2001. Electron Diffraction Using Transmission Electron Microscopy. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 106(6): 997–1012.
- Hoal K.O., Stammer J.G., Appleby S.K., Botha J., Ross J.K. y Botha P.W., 2009. Research in quantitative mineralogy: Examples from diverse applications. *Minerals Engineering*, 22(4):402-408.

Difractometría

- Hammond C. 2009. *The Basics of Crystallography and Diffraction: Third Edition*. International Union of Crystallography, Texts on Crystallography. 432pp
- Paul Fenter, Mark Rivers, Neil Sturchio, Steve Sutton, 2002. *Applications of Synchrotron Radiation In Low-Temperature Geochemistry And Environmental Science*. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 49. 579pp.
- Kisi E.H. y Howard C.J., 2008. *Applications of Neutron Powder Diffraction (Oxford Series on Neutron Scattering in Condensed Matter)*. 481pp
- Clearfield A. y Reibenspies J.H. 2008. *Principles and Applications of Powder Diffraction*. 397pp.
- Woolfson M.M., 2003. *An Introduction to X-ray Crystallography, Second Edition*. 415pp
- Putnis A., 1992. *Introduction to Mineral Sciences*. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in *Advanced Mineralogy*, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.
- Bedlivy D y Arcidiacono E. 1971. introducción a la determinación de minerales por difracción de rayos X. *Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología. Serie Didáctica N2*. Pp. 49.
- Massa W., 1996. *Crystal Structure Determination*. Pp206.
- Zussman J., 1967. *Physical Methods in Determinative Mineralogy*. Pp 514.

Espectrometría (Introducción-conceptos teóricos)

- Putnis A., 1992. *Introduction to Mineral Sciences*. Cambridge University Press. Pp. 457.

- Klein C. y Hurlbut C.S., 1996. Manual de Mineralogía basado en la obra de J.D. Dana. Cuarta edición. Edit. Reverté. 1: 368Pp.

Espectrometría Óptica

- Welz B. y Sperling M. 2005. Atomic Absorption Spectrometry. 941pp.
- Gucsik A., 2008. Cathodoluminescence and its Application in the Planetary Sciences. 160 pp
- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in Advanced Mineralogy, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.
- Klein C. y Hurlbut C.S., 1996. Manual de Mineralogía basado en la obra de J.D. Dana. Cuarta edición. Edit. Reverté. 1: 368Pp.

Espectrometría Nuclear

- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. 325-349.
- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Hawthorne F.C., 1995. Nuclear Gamma Resonante (Mossbauer) Spectrometry. En Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in Advanced Mineralogy, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.

Espectrometría de Infrarrojo

- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in Advanced Mineralogy, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.
- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. Pp: 325-349.
- Farmer V., 1974. The infrared spectra of minerals. Mineralogical Society of London.

Espectrometría Raman

- Dieing T., Hollricher O. y Toporski J., 2010. Confocal Raman Microscopy. 289pp
- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. Pp: 325-349.
- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in Advanced Mineralogy, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.
- Dionisio B., 1988. Introducción a la Espectroscopia Raman. Serie Química, Monografía 31.

Espectrometría de Electrones

- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. 325-349.

Espectrometría de Rayos X

- Severin K.P., 2004. Energy Dispersive Spectrometry of Common Rock Forming Minerals. 225pp.
- Beckhoff B, Langhoff N., Kanngiesser B., Wedell R. y Wolff H. 2006. Handbook of Practical X-ray Fluorescence Analysis. 863 pp.
- Putnis A., 1992. Introduction to Mineral Sciences. Cambridge University Press. Pp. 457.
- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in Advanced Mineralogy, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.
- Zussman J., 1967. Physical Methods in Determinative Mineralogy. Pp 514.
- Klein C. y Hurlbut C.S., 1996. Manual de Mineralogía basado en la obra de J.D. Dana. Cuarta edición. Edit. Reverté. 1: 368Pp.

Técnicas Combinadas

- Zussman J., 1967. Physical Methods in Determinative Mineralogy. Pp 514.

- Pérez Rodríguez J.L., 2003. Caracterización de minerales y nuevas técnicas. En Mineralogía Aplicada, Editor: Galán Huertos Emilio. Pp: 325-349.
- Marfunin A.S., 1995. Systematics of the Methods of investigation of minerals: logic of development. Chapter 1, in Advanced Mineralogy, vol:2, Marfunin (Ed.) Pp 441.

Microtermometría

- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions. Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America, 12: 664p.
- Goldstein R.H. y Reynolds T.J. 1994. Systematics of Fluid Inclusions in Diagenetic Minerals. SEPM Short Course 31. 199 pp.
- De Vivo B. y Frezzotti M.L., 1994. Fluid Inclusions in Minerals: Methods and Applications. Short Course of the Working Group (IMA) "Inclusions in Minerals". 376pp.
- Roedder, E. y Bodnar, R. J., 1980. Geologic Pressure Determinations from fluid inclusion studies. Ann. Rev. Earth and Planetary Science Letters, 8:263-301.