



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y
Naturales
República Argentina

Programa de:

Yacimientos Minerales

DATOS DE LA ASIGNATURA

Departamento:
GEOLOGIA BASICA

RTF:--
Hs. Semanales Clases Teóricas: 4
Hs. Semanales Clases Laboratorio: 2
Hs. Semanales Actividades no presencial: --
Duración:15 (quince) semanas - 90 h

Bloque: GB - Geológica Básica

Aprobación HCD: Revisión Fecha:
Aprobación HCD: Revisión Fecha:

Semestre: 7^a - 4^a año
Semestre

Correlativas Obligatorias:

- Asignaturas: Geoquímica General e Isotópica - Química Analítica – Geología Estructural

Correlativas Aconsejadas:

- Asignaturas: Petrología Ígnea y Metamórfica – Estratigrafía y Geología Histórica

Programa Sintético:

Génesis y procesos de formación de yacimientos metalíferos, no metalíferos y rocas de aplicación. Tipologías y clasificación de los depósitos. Factores geológ

PROGRAMA ANALITICO

LINEAMIENTOS GENERALES

Se considera importante orientar el dictado de la materia desde un enfoque metalogénico, otorgándole importancia preferencial al modelado de yacimientos sobre la base de parámetros petrológicos y geoquímicos, en un contexto geotectónico específico. Litología, estructuras, paragénesis mineral, equilibrio mineral, relaciones texturales de cristalización y reemplazos, interacción fluido-roca, geoquímica de elementos traza, inclusiones fluidas e isótopos estables serán parámetros de uso común en el enfoque del dictado de los distintos temas que integran cada tipología de yacimientos. Geotermometría, geobarometría y composición de fundidos y fluidos serán parámetros considerados en cada una de las tipologías.

De las tres divisiones clasificatorias elementales clásicamente aceptadas en cuanto al origen de yacimientos minerales, i.e., magmáticos, hidrotermales y sedimentarios, se ha preferido brindarle más dedicación a aquellos yacimientos originados por la acción o interacción de fluidos calientes (hidrotermales), por dos motivos principales: a) Porque el alumno llega a 4º año de la carrera con cierto contenido de conocimientos sobre procesos ígneos y también sedimentarios, emanados de las asignaturas correlativas correspondientes y, b) Porque en un mayoritario porcentaje los yacimientos de rendimiento económico se hallan de una manera u otra estrechamente vinculados con el transporte y deposición a partir de soluciones hidrotermales. No obstante, principios y fundamentos petrológicos y geoquímicos de cada tipología general se darán al inicio de cada tema, no solo para los de vinculación hidrotermal, sino también para los de origen magmático y para los de derivación sedimentaria (y metamórfica).

Los objetivos perseguidos son que el alumno al final del curso se encuentre en condiciones de: A) Identificar tipologías de alteración-mineralización con sólidos conocimientos de minerales de mena y ganga, B) Interpretar en las muestras de mano que se analizarán en las clases teórico-prácticas y prácticas, historias de procesos de alteración-mineralización en las tipologías de yacimientos más significativos, C) Resolver problemas de interacción fluido-roca, pérdida/ganancia y movilidad de los elementos químicos en base al balance de masas, D) Interpretar el origen de un fluido sobre la base de datos de inclusiones fluidas e isótopos estables y comprender el rol de los fluidos portadores de elementos formadores de menas en la génesis de yacimientos, E) Identificar y explicar los controles de mineralización más importantes con el objetivo de definir metalotectos para una amplia tipología de depósitos, y F) Clasificar a un yacimiento en la tipología que corresponda y comprender los procesos que le dieron origen; esto debe surgir como resultado de la sumatoria de logros anteriores (puntos A, B, C, D, E).

En términos más aplicados, y como finalidad, se pretende que en el terreno profesional-laboral nuestros egresados concluyan sus estudios con una sólida base de conocimientos, apropiada para su inserción laboral en actividades de exploración minera de minerales metalíferos, minerales industriales y rocas de aplicación; con igual énfasis se espera que en el probable papel de futuros docentes-investigadores se encuentren en condiciones de programar y dirigir proyectos sobre yacimentología y metalogénesis. Como corolario, aunque no constituya un tema específico propio de esta asignatura, se intentará introducir al alumno en la problemática de la yacimentología en su relación con el medio natural y la contaminación antropogénica.

METODOLOGIA DE LA ENSEÑANZA

Clases Teóricas

Las clases teóricas serán teóricas s. s. o en ocasiones teórico-prácticas. Durante el dictado de éstas se informará a los estudiantes sobre las temáticas que versarán las clases prácticas y se hará con antelación mínima de una semana. El cronograma anual de clases teóricas y prácticas para cada año se conformará acorde al Calendario Académico-Administrativo vigente para la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, dado a conocer en Noviembre del año anterior al cursado.

Trabajos Prácticos de gabinete y laboratorio

Las clases prácticas serán de carácter práctico propiamente dicho o teórico-práctico, según las exigencias particulares de cada temática. En cada clase el alumno deberá describir las observaciones realizadas a modo de informe o resolver los problemas o ejercicios planteados, según lo que corresponda a la programación de cada trabajo práctico en particular; cada informe de trabajo práctico será corregido e integrará una carpeta.

Actividades de Campo y Viajes de estudio

Se desarrollarán integradas a otras disciplinas del cuarto año (séptimo semestre) en el marco del Taller Integral de Campo. Planificación/Organización de la Cátedra

1. Planificación del dictado de clases

- Fecha: séptimo semestre.
- Unidades de Programa: dieciséis (16).
- Dictado de unidades según el orden del programa. Un (2) exámenes parciales, un (1) seminario; un (1) trabajo práctico en el marco del Taller Integral de Campo.

2. Modalidad

- Clases teóricas y clases prácticas o teórico-prácticas (laboratorio/gabinete; práctica de campaña en el marco del Taller Integral de Campo).

3. Recursos y utilización de medios auxiliares

- Clases Teóricas: filminas, uso de la pizarra, colección de diapositivas, video filmaciones, uso de cañón multimedia.
- Trabajos Prácticos: similar a las clases teóricas. Como material didáctico se usará colección de muestras de minerales y rocas, testigos de sondajes, mapas geológicos y preparados microscópicos.
- Se dispondrá de un horario de consultas y se generará un espacio en Internet para mejorar la atención de alumnos.

SISTEMA DE EVALUACION

Régimen de Evaluaciones

1. Evaluaciones Parciales de los Trabajos Prácticos y Teórico-Prácticos: dos (2), se hará una (1) por semestre. Informes descriptivos y problemas/ejercicios resueltos integrarán una carpeta que será evaluada y que formará parte de una nota conceptual.
2. Estudio y análisis de publicaciones selectas de revistas periódicas (seminarios): se realizará uno. Se conformarán grupos de tres a cinco estudiantes dependientes del número de estudiantes regulares y la presentación será grupal; cada estudiante expondrá una parte de una publicación específica y se evaluará grupal e individualmente de manera conceptual. Se exigirá también trabajo escrito.
3. Se exigirá informe grupal del trabajo práctico en el marco del Taller Integral de Campo que será evaluado; los grupos estarán conformados de igual manera que para los seminarios.

Régimen de promoción de los Trabajos Prácticos y Teórico-Prácticos (incluye seminarios y Taller Integral de Campo) .

Se requerirá:

1. Tener aprobadas las materias correlativas.
2. Cumplimentar la asistencia a clases en un porcentaje no inferior a 80. Cada informe descriptivo o problema/ejercicio resuelto de Trabajo Práctico formará parte indivisible de la asistencia a dicho práctico.
3. Aprobar los dos (2) Exámenes Parciales con promedio no inferior a 7 (siete) y ninguno de ellos con nota inferior a cuatro (4). Se podrá recuperar uno de los dos parciales en casos de ausencia justificada o por haber obtenido nota inferior a cuatro (4). Estos se ajustarán con las notas conceptuales obtenidas de los trabajos grupales/individuales (seminarios y trabajo práctico de Taller Integral de Campo).

Condiciones para la regularización de la materia

Se requerirá:

1. Cumplimentar la asistencia a clases en un porcentaje no inferior a 80.

2. Aprobar los Exámenes Parciales, seminarios e informes grupales de viajes de campo con nota no inferior a cuatro (4). Condiciones de recuperación idénticas a las de promoción de los Trabajos Prácticos.

Régimen de Examen Final

Todos los estudiantes inscriptos rendirán un examen final en los turnos que fije por calendario la unidad académica. Aquellos estudiantes que hubieren promocionado los trabajos prácticos en las condiciones señaladas ut supra sólo rendirán un examen teórico que abarcará temas conceptuales y aspectos teórico-prácticos.

Aquellos estudiantes que no hubieren promocionado los trabajos prácticos deberán rendirlo durante el turno del examen final, separado del examen teórico, antes que éste y por escrito; su desaprobación no le permitirá continuar rindiendo el examen teórico.

Aprobados los trabajos prácticos, fuere por promoción anual o por examen final, la nota final resultante surgirá del promedio de ambos.

CONTENIDOS TEMATICOS

UNIDAD 1: Generalidades.

Minerales y sociedad.

Objetivos y finalidad de la asignatura Geología de Yacimientos Minerales.

Materias interrelacionadas e interactivas básicas.

Recursos minerales y geología económica. Yacimientos y ambiente.

UNIDAD 2: Antecedentes, terminología, clasificaciones.

Yacimientos minerales. Antecedentes históricos. Evolución de las teorías de deposición de menas.

Conceptos y definiciones de uso rutinario: mena, ganga, leyes o grados, metalotecto, otros.

Clasificaciones de los recursos minerales. Clasificación y tipologías de yacimientos.

Geocronología de yacimientos minerales. Áreas, distritos, campos y cuerpos mineralizados.

Clasificación por dimensiones. Yacimientos de tipo "World Class".

UNIDAD 3: Estructuras y texturas.

Zonación: regional, de distrito, de cuerpo mineralizado.

Deposición mineral. Texturas: magmáticas, de exsolución, de reemplazo, en espacios libres, coliformes.

Texturas típicas de menas sedimentarias. Texturas por deformación.

Secuencias paragenéticas, zonación.

UNIDAD 4: Aguas y fluidos.

Aguas: orígenes y evolución. Agua de mar, aguas congénitas, fluidos metamórficos. Aguas termales.

Aguas de mina. Fluidos magmáticos, hidrotermales, meteóricos. Contaminación de fluidos. Soluciones: solubilidad, ebullición, pH, eH, actividad química, fugacidad. Los fluidos portadores de mena. Soluciones hidrotermales: geoquímica isotópica, geotermometría, geobarometría. Partición metal/fluido. Transporte y deposición de metales: iones complejos y ligantes.

UNIDAD 5: Sistemas hidrotermales.

Sistemas hidrotermales: definición y tipos. Magmático- hidrotermal relacionado a plutonismo, magmáticometeórico, geotermal, metamórfico.

Alteración hidrotermal: metasomatismo por hidrogeniones e intercambio de bases. Estilos y tipologías de alteración hidrotermal.

Interacción fluido/roca: gradientes de temperatura y composición. Cuantificación de los procesos de alteración: balance de masas, monitoreo por ETR y trazas. Presentación de datos.

UNIDAD 6: Yacimientos vinculados a magmatismo máfico-ultramáfico.

Cristalización fraccionada, "sedimentación" de cristales (crystal settling), convección, immiscibilidad, solubilidad del azufre, otros factores.

Intrusiones estratificadas: anortositas y cromititas. Kimberlitas, lamprofitas, carbonatitas. Recursos minerales asociados: grupo del Pt, Cr, Fe-Ti, Ni-Cu-Co, diamantes, ETR-Nb.

Yacimientos vinculados a corteza oceánica. Ambiente geotectónico y metalogénesis.

Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 7: Yacimientos vinculados a magmatismo intermedio a félsico.

Yacimientos de hierro tipo Kiruna.

Pegmatitas.

Metasomatismo alcalino: albititas, microclinitas, fenitas. Yacimientos asociados. Greisenización y yacimientos asociados.

Sistemas Porfíricos: modelo de Lowell y Guilbert vs. Modelo Diorítico. Pórfidos de cobre (Cu-Au-Mo), pórfidos de molibdeno, pórfidos de estaño. Adakititas e implicancias genéticas.

Metasomatismo cálcico (Mg y Fe): skarns. Ambiente geotectónico y metalogénesis.

Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 8: Yacimientos vinculados a volcanismo subaéreo: sistemas geotermales fósiles y activos.

Sistemas epitermales. Tipologías. Zonación mineralógica y metalífera.

Epitermales de metales nobles (Au, Ag) alojados en vulcanitas: ebullición y zonación metalífera vertical.

Epitermales de Au-Ag alojados en sedimentitas: Oro tipo Carlin y tipo Jasperoide.

Otros tipos vinculados a volcanismo subaéreo.

Ambiente geotectónico y metalogénesis.

Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 9: a) Yacimientos vinculados a volcanismo submarino.

Sulfuros masivos volcanogénicos. Tipo Kuroko y tipo Noranda.

Otros yacimientos asociados a volcanismo submarino.

Ambiente geotectónico y metalogénesis.

Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

b) Yacimientos vinculados a volcanismo submarino y sedimentación.

Rifts continentales y actividad hidrotermal. Yacimientos estratiformes y estrato-ligados. Pb-Zn-Ag-Cu tipo McArthur River y Mt. Isa. Pb-Zn-Ag tipo Broken Hill. Formaciones de hierro bandeado proterozoico (BIF). Sulfuros masivos exhalativos asociados a sedimentitas. Turmalinitas. Oro asociado a exhalitas. Ambiente geotectónico y metalogénesis. Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 10: Fluidos crustales y depósitos mesotermales. Yacimientos de orígenes controversiales.

Yacimientos relacionados a metamorfismo regional. Fajas Verdes Arqueanas ("Greenstone Belts"). Oro mesotermal. Uranio tipo Rössing.

Yacimientos epigenéticos de vinculación ígnea dudosa: Pb-Zn tipo Mississippi Valley, uranio tipo roll-front, uranio asociado a materia orgánica, uranio relacionado a discordancias tipo Athabasca.

Yacimientos tipo IOCG (Iron-Oxide Copper Gold; Fe-Cu-Au-REE-U: Olympic Dam, Kiruna, Palabora, Ernest Henry, El Laco, Candelaria, Río Grande, otros).

Ambiente geotectónico y metalogénesis.

Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 11: Yacimientos vinculados a sedimentación química

Metales base. Faja Cuprífera de Zambia-Zaire.

Hierro.

Manganeso.

Fosfatos.

Evaporitas.

Nódulos de manganeso.

Ambiente geotectónico y metalogénesis.
Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 12: Yacimientos vinculados a sedimentación clástica

Placeres.
Oro del Witwatersrand.
Ambiente geotectónico y metalogénesis.
Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 13: Yacimientos vinculados a meteorización

Lateritas níquelíferas.
Manganeso residual.
Bauxitas.
Enriquecimiento supergénico de sulfuros.
Ambiente geotectónico y metalogénesis.
Casos clásicos del planeta y ejemplos argentinos.

UNIDAD 14: Minerales industriales y Rocas de Aplicación

Clasificación por usos.
Tipologías productivas de materias primas.

UNIDAD 15: Modelado de yacimientos

Modelado de yacimientos minerales. Problemas y oportunidades para el uso de modelos: usos y abusos.
Aplicación en exploración minera.

Temas de Trabajos Prácticos y Teórico-Prácticos

1. Análisis de mapas geológicos de varios tipos de yacimientos, construcción de perfiles e interpretación.
2. Factor de enriquecimiento. Cálculo e interpretación de resultados.
3. Identificación macroscópica de especies minerales y asociaciones paragenéticas en muestras representativas de zonas de alteración-mineralización para cada tipo de yacimiento (uso intensivo de lupas de mano). Secuencias de cristalización y reemplazos. El número de clases prácticas de este tipo se restringirá a la colección disponible de muestras representativas de cada tipología, existentes en la colección de la cátedra, repositorio del Museo de Mineralogía y Geología "Dr. A. Stelzner" y muestras de colecciones particulares. También se dispone de colecciones de imágenes fotográficas para su proyección (diapositivas y digitales).
4. Microscopía de asociaciones minerales de alteración: análisis textural. Clases grupales de video microscopía. Secuencias de cristalización. Obliteración de texturas primarias, precipitación, relleno, reemplazos.
5. Mineralografía: Clases grupales de video microscopía. Identificación de las principales asociaciones paragenéticas de minerales formadores de mena por microscopía de reflexión (i.e., principales sulfuros, sulfosales y óxidos).
6. Cálculo de balance de masas en rocas deformadas y alteradas. Movilidad de elementos en diferentes ambientes geoquímicos.
7. Microtermometría de inclusiones fluidas: Clases grupales de video microscopía. Petrografía, clasificación, relaciones de fases. Ensayos de enfriamiento-calentamiento. Interpretación de resultados.
8. Geoquímica de isótopos estables. Cálculos geotermométricos. Cálculos de composición e interpretación de origen y evolución de los fluidos.
9. Minerales radiactivos. Geoquímica del uranio y del torio. Radiactividad y prospección radimétrica. Identificación de paragénesis.
10. Minerales aluvionales. Minerales pesados: identificación de concentrados bajo lupa binocular.
11. Indicadores (vectores) de alteración en rocas encajonantes. Índices de alteración: mineralógicos y geoquímicos. "Limonitas": interpretación de afloramientos lixiviados

DISTRIBUCION DE LA CARGA HORARIA

ACTIVIDAD	HORAS
TEÓRICA	50
FORMACIÓN PRACTICA:	40
o Resolución de problemas	5
o Experimental/laboratorio	30
o Actividades de proyecto y diseño	5
TOTAL DE LA CARGA HORARIA	90

DEDICADAS POR EL ALUMNO FUERA DE CLASE

ACTIVIDAD	HORAS
PREPARACION TEÓRICA	50
PREPARACION PRACTICA:	40
o Experimental de laboratorio	25
o Experimental de campo	5
o Resolución de problemas	5
o Proyecto y diseño	5
TOTAL DE LA CARGA HORARIA	90

BIBLIOGRAFIA

1. Libros y publicaciones especiales

- Barnes, H.L.I. (ed.), 1979. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. 2nd Ed. John Wiley & Sons, 798 p.
- Burnsall, J.T. (Ed.), 1990. Mineralization and shear zones. Geological Association of Canada. Short Course notes. Vol. 6. Montréal. 300 p.
- Craig, J.R. y Vaughan, D.J., 1981. Ore microscopy and ore petrography. John Wiley & Sons, Inc. 406 p.
- Evans, A.M., 1993. Ore Geology and Industrial Minerals. An introduction. (3rd Ed.) 390 p. Geoscience Texts. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Evans, A.M., 1997. An introduction to Economic Geology and its Environmental Impact. 364 p.
- Blackwell. Frondel, C., 1958. Systematic Mineralogy of Uranium and Thorium. Geological Survey Bulletin 1064. 400 p. Washington D.C.
- Guilbert, J.M. y Park Jr., Ch. F., 1986. The geology of ore deposits. W.H. Freeman and Company, New York. 985 p.
- Guilbert, J.M. y Park Jr., Ch. F., 2007. The Geology of Ore Deposits. Waveland Press. 985 p.
- Heinrich, E., Wm., 1966. The geology of carbonatites. Rand Mc. Nally & Company, Chicago. 555 p, and bibliography.
- Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I. y Duke, J.M., 1997. Mineral Deposit Modelling. Geological Survey of Canada, Special Paper 40. 2nd Printing.
- Lefond, S.J. (Ed.), 1983. Industrial Minerals and Rocks. 5th Ed. Vol. I, 1-722, e índice. Society of Mining Engineers. USA.
- Lefond, S.J. (Ed.), 1983. Industrial Minerals and Rocks. 5th Ed. Vol. II, 722- 1446, e índice. Society of Mining Engineers. USA.

- Lentz, D.R. (Ed.), 1994. Alteration and alteration Processes associated with ore-forming systems. Geological Association of Canada. Short Course notes. Vol. 11. Ontario. 467 p. London, D. (2008). Pegmatites. The Canadian Mineralogist. Special Publication 10, 347 p.
- Lunar, R. y Oyarzún, R. (Eds.), 1990. Yacimientos Minerales. 938 p. Editorial Centro de Estudios Ramón Arece, S.A. Madrid.
- Malvicini, L. y Saulnier, M.E., 1979. Texturas de depósitos minerales. Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, Serie Didáctica N° 3, 59 p. y láminas.
- Misra, K.C., 2000. Understanding Mineral Deposits. Kluwer Academic Publishers. 845 p.
- Parfenoff, A. y Pomerol, Ch., 1970. Les minéraux en grains. Méthodes d'étude et détermination. Masson et Cie. Éditeurs, Paris. 550 p, láminas y tablas.
- Picot, P. y Johan, Z., 1977. Atlas des minéraux métalliques. Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières N° 90. 403 p. Paris.
- Pirajno, F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits. Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist. Springer-Verlag. 709 p.
- Pirajno, F., 2009. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer. Geological Survey of Western Australia. 1250 p.
- Ramdohr, P., 1980. Ore Minerals and their intergrowths. Pergamon Press. Vol. 1 (1-440), Vol. 2 (440-1207).
- Robb, L., 2005. Introduction to ore-forming processes. Blackwell Science Ltd.
- Roberts, R.G. y Sheahan, P.A. (Eds.), 1998. Ore Deposit Models. Geoscience Canada. Reprint Series 3 (4th Printing). 194 p.
- Sawkins, F., 1990. Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics (2° Ed.). Springer Verlag. Berlin. 461 p.
- Sheahan, P.A. y Cherry, M.E., (Eds.), 1998. Ore Deposits Models. Vol. II. Geoscience Canada. Reprint Series 6 (2nd Printing). 154 p..
- Stein, H.J. y Hannah, J.L. (Eds.), 1990. Ore-bearing Granite Systems; Petrogenesis and Mineralizing Processes. Geological Society of America, Special Paper 246. 364 p.
- Taylor, R.G., 1992. Ore Textures. Volume 1. Infill. Economic Geology Research Unit, James Cook University, 24 p. North Queensland, Australia.
- Taylor, R.G., 1994. Ore Textures. Volume 2. Alteration. Economic Geology Research Unit, James Cook University, 58 p. North Queensland, Australia.
- Taylor, R.G., 1998. Ore Textures. Volume 3. Overprinting. Economic Geology Research Unit, James Cook University, 51 p. North Queensland, Australia.
- Taylor, R.G., 2000. Ore Textures. Volume 4. Broken Rocks, Breccia 1. Economic Geology Research Unit, James Cook University, 52 p. North Queensland, Australia.
- Tuttle, O.F. y Gittins, J., (Eds.), 1966. Carbonatites. John Wiley & Sons. 591 p.
- Vlasov, K.A. (Ed.), 1966. Geochemistry and Mineralogy of Rare Elements and Genetic Types of Their Deposits. Vol. II: Mineralogy of Rare Elements. Academy of Sciences of the USSR, State Geological Committee of the USSR. Israel Program for Scientific Translations Ltd., Jerusalem. 945 p.
- Zappettini, E.O., (Ed), 1999. Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales N° 35. Buenos Aires. Vol. 1, 1-932 p., fotografías y apéndices.
- Zappettini, E.O., (Ed), 1999. Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales N° 35. Buenos Aires. Vol. 2, p. 937-2172, índices y mapa.

2. Revistas de circulación periódica

- Economic Geology.
- Mineralium Deposita.
- Ore Geology Reviews.
- Revista de la Asociación Geológica Argentina.