

PROGRAMA - AÑO 2023	
Espacio Curricular:	Prospección Geológica Aplicada
Carácter:	Electiva Período: 1° Cuatrimestre
Carrera/s:	Licenciatura en Geología
Profesor Responsable:	Lic. Javier Gomez Figueroa
Equipo Docente:	Lic. Santiago Gigola (Profesor Invitado colaborador) Geólogo Alejandro Caballero (Profesor Invitado colaborador) Lic. Sebastián Vía (Profesor Invitado colaborador) Lic. Silvio Franco (Profesor Invitado colaborador) Geóloga Sonia Capuccino (Profesor Invitado colaborador) Lic. Bernardo Parisek (Profesor Invitado colaborador) Lic. Carlos Giustozzi (Profesor Invitado colaborador) Lic. Gonzalo Zavaroni (Profesor Invitado colaborador)
Carga Horaria: 64 horas (34 hs. Teóricas 30 hs. prácticas)	
Recomendación de Cursado:	Se recomienda tener cursada y aprobada las asignaturas Geología de Yacimientos Minerales y Geología Minera

1-EXPECTATIVAS DE LOGRO

Los conocimientos que se brindan en esta asignatura permiten al futuro Geólogo/a, obtener las capacidades necesarias para conocer, interpretar y aplicar los conceptos y metodologías más conveniente para resolver las secuencias subyacentes, mediante análisis de técnicas de prospección directa e indirecta para la búsqueda de yacimientos minerales. La materia electiva Prospección Geológica aplicada representa una de las disciplinas principales que desarrolla aptitudes en la aplicación de los conocimientos geológicos básicos adquiridos en cursos anteriores tales como Geología de Yacimientos Minerales, Geoquímica, Geofísica, Petrología, Geología Estructural y Geología Minera.

Durante el cursado el estudiante desarrollará competencias tales como la conceptualización de los diversos problemas de exploración/prospección/explotación que se presentan en el ejercicio de la actividad profesional. Se lo dotará de la capacidad de plantear una situación problema, elaborar una posible hipótesis y toma de una decisión. Asimismo, a recolectar, organizar, procesar e interpretar la información, tanto de antecedentes como la recolectada.

La actividad minera moderna requiere de profesionales Geólogos/as con capacidad de responder a diversos aspectos, no solamente los referidos a los técnicos, sino también a los ambientales, económicos y jurídicos. La socialización del ambiente y de los recursos naturales trajo aparejado la necesidad de que el Geólogo/a viabilice las exploraciones y explotaciones mineras respetando las normas ambientales, de seguridad vigentes y que económicamente sea viable. Para poder cumplir con estas restricciones debe estar formado en los métodos de prospección, exploración, desarrollo y explotación. Por otra parte la internalización de que la minería es una actividad económica, le permitirá poseer una visión amplia, vinculándola asimismo con conceptos de logística estratégica en el desempeño de su profesión.

2-DESCRIPTORES

Exploración minera. Registro e interpretación de información estructural y litológica. Tareas de prospección y Metalogénea. Clasificación de las guías: geoquímicas, geobotánicas, geomorfológicas, estratigráficas, mineralógicas y litológicas. Manifestación superficial de los yacimientos. Relaciones entre tectónica y mineralización. Evaluación cualitativa y cuantitativa de reservas. Categorización de las reservas. Muestreo minero en afloramientos y en labores subterráneas. Muestreo de cutting y testigos de perforación. Legislación que regula la preservación del ambiente durante explotaciones mineras. Diferentes estudios de impacto ambiental en un proyecto desde su etapa de factibilidad hasta su explotación. Muestreos de control, supervisión y remediación ambiental. Teledetección Aplicada a la Prospección Geológica y Minera. Alteraciones hidrotermales asociadas a mineralización. Técnicas de muestreo. Formas de exploración. Descripción de logueos de perforación. Geotécnia en minería. RQD. Diseño, evaluación e interpretación de una campaña de exploración minera en diferentes entornos geológicos. Teledetección, principios. Conceptos generales. Energía Electromagnética. Regiones relevantes en geología (visible, infrarrojo cercano, onda corta, termal). Minerales identificables en dichos rangos.. Sensores satelitales. Sensores aerotransportados. Sensores UAV. Multiespectrales e hiperespectrales. Uso geológico. Sensores pasivos y activos. Espectroscopía de Reflectancia (Vis-Nir-Swir-Tir). Reconocimiento de firmas espectrales de minerales de alteración para mapeo geológico. Calibración y uso de instrumento TerraSpec-4® HiRes (espectrómetro de reflectancia, rango 350-2500 nm). Comparación de resultados con librerías espectrales. Vectorización de mineralización.

3- CONTENIDOS ANALÍTICOS

Unidad 1. Exploración por Pórfidos de Cobre:

Importancia económica de los Pórfidos de Cobre, contexto histórico y proyección de demanda de cobre a futuro por energías “verdes”. Génesis de los depósitos a gran escala (desde la subducción al enriquecimiento supérgeno/oxidación). Síntesis de Metalogénesis a escala Mundial >Andina >Argentina >Mendoza y San Juan. Tipos de pórfidos según su contenido metálico (Cu- Mo, Cu-Au, Au>Cu). Evolución de Modelos de Pórfidos de Cobre: repaso en mayor detalle del modelo clásico de R. Sillitoe versus J. Proffett (“A-vein type” versus “Early-Halo Type”), diferencias prácticas más importantes a la hora de explorar. Tipos de alteraciones más comunes (FOTOS). Tipos de vetillas más comunes (FOTOS).

Ejemplos de leyes económicas y sub-económicas en Pórfidos de Cu (en 2022). Diferencias de leyes económicas entre menas oxidadas y de sulfuros. Factores que pueden favorecer leyes más altas en un depósito de P Cu. Diferencias entre Ocurrencias / Prospectos / Proyectos / Proyectos Avanzados y Minas. Zonación vertical de un sistema de P Cu: del lithocap a las raíces. Zonación Lateral de un Pórfido de Cobre: del halo propilítico distal al centro potásico. Respuestas geofísicas comunes y esperables asociadas a centros de P Cu. Desafíos geológicos en la exploración moderna, repaso de la evolución durante los últimos 30 años (i.e. perforación de prospectos vírgenes, revisión y re-perforación de proyectos ya explorados/perforados, exploración bajo cubierta post-mineral, exploración bajo lithocaps, etc.). Tendencias recientes en la exploración (i.e. “green rocks”, litogeoquímica para definir litologías y alteraciones).

Aspectos prácticos de una carrera laboral en exploración por Pórfidos de Cu. Comparación de exploración en terrenos maduros (i.e. Chile) versus menos maduros (i.e. Argentina). Trabajando para empresas Majors versus Juniors, geólogos de “grassroots” versus geólogos de proyectos avanzados, geólogo en planta permanente

versus con contratos temporarios, trabajando como staff versus trabajando consultor, etc.

Unidad 2. Depósitos epitermales de alta sulfuración (HSD).

- Breve introducción a los sistemas epitermales en general.
- Aspectos destacados y características fundamentales de los sistemas epitermales de alta sulfuración (HSD).
- Modelos genéticos y ambientes de formación.
- Relación espacial y temporal con sistemas porfíricos, Lithocaps, aspectos destacados y prácticos al momento de explorar un depósito HSD. Ensamblajes típicos de alteración, texturas y mineralización.
- Marco estructural local y regional.
- Importancia económica de depósitos HSD.
- Ejemplos en Argentina y el mundo.

Unidad 3. Depósitos epitermales de baja sulfuración.

Introducción a los sistemas Epitermales. Principales características de los sistemas epitermales de baja sulfuración. Modelos y ambiente regional. Controles estructurales, geometría, alteración. Asociación con depósitos de Hot Springs. Relevancia económica. Ejemplos, principales depósitos. Indicadores. Desarrollo de proyectos. Exploración regional. Exploración en Mina activa. Geología de Mina.

Unidad 4. Etapas de un proyecto minero. De la prospección a la producción.. Evaluación de un Proyecto Minero.

- Conceptos y características de un PM. El “negocio minero”. Fases de un PM, de la muestra a la mina. Importancia de la exploración, métodos y herramientas. Importancia de las Bases de Datos, manejo e interpretación.
- Viabilidad económica de un PM y factores condicionantes. Evaluación y valoración de un PM. Introducción a conceptos de Economía Minera. Manejo de la información en un PM. Informes Técnicos y Código JORC.
- Cierre de minas

Unidad 5. QA/QC aplicada a Exploración y Explotación. Introducción al modelamiento

- Conceptos de QA/QC, definición objetivos, elementos a evaluar aplicables a etapas de Exploración y Explotación. Obtención y creación de elementos de QA/QC. Conceptos de muestreo y representatividad de las muestras. Análisis y representación gráfica de los resultados de QA/QC. Protocolos y criterios de control de calidad. Desarrollo de procedimientos y reportes.
- Modelamiento: conceptos y metodología de diseño. Conceptos básicos de geoestadística aplicables al modelamiento. Obtención y validación de datos. Modelo de bloques. Métodos de estimación. Validación del modelo. Clasificación de Recursos Minerales. Estimación de Reservas Minerales. Concepto de Reconciliación del modelo.

Unidad 6. Introducción a la Geotecnia aplicada a yacimientos.

Introducción a la geotecnia, sistemas de perforación de roca, propósito, clasificación e importancia. Muestreo y regularizado. Sistemas de clasificación de parámetros y obtención del RQD. Obtención del índice Q de Barton; clasificación geomecánica de Bieniawski RMR y índice de resistencia geológica GSI o método de clasificación GSI. Correlaciones entre sistemas y conclusiones.

Unidad 7. Teledetección y Espectroscopía de Reflectancia aplicados en la Exploración Minera

Teledetección (Sensores Remotos). Conceptos generales: Energía electromagnética. El espectro electromagnético y sus variaciones. Regiones espectrales relevantes en geología. Sensores pasivos (ópticos) versus sensores activos (radar). Resolución espacial y resolución espectral. Sensores Satelitales Multiespectrales (Landsat 5-7-8-9, ASTER, QuickBird, Worldview, Sentinel-2, etc.). Sensores Hiperespectrales (AVIRIS, HyMap, etc.). Sensores UAV de uso geológico.

Introducción a software especializado ENVI y otros. Algoritmos. Visualización de imágenes. Histogramas. Técnicas de modificación de histograma (estiramiento lineal, ecualización, etc.). Filtros. Imágenes en tonos de grises. Combinación de colores. Ventanas activas, fusión de ventanas de trabajo, etc. Geocodificación. Captura de puntos de control. Ejercicios prácticos utilizando imágenes Landsat-9, Sentinel-2 y Aster.

Espectroscopía de Reflectancia. Principios. Puesta en marcha y calibración del espectrómetro. Toma de muestras espectrales utilizando espectro-radiómetro TerraSpec-4® HiRes (rango completo). Reconocimiento de firmas espectrales de los minerales más importantes para apoyar mapeos geológicos. Minerales de alteración. Revisión de las herramientas espectrales de los programas ENVI y TSG (The Spectral Geologist) para análisis de las firmas espectrales y comparación con bibliotecas espectrales existentes (USGS y otras). Vectorización de mineralización en base a minerales de alteración.

Modelos de Elevación Digital (MED). Generación, visualización, filtrados. Ejercicios prácticos con datos del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Generación de vistas 3D con imágenes multiespectrales (Landsat, Aster). Generación de cartografía geo-referenciada. Compresión de imágenes (ecw) y otros formatos. Generación de pseudo estéreo pares combinando datos SRTM con datos multiespectrales. Reconocimiento de estructuras lineales. Análisis estructural.

Integración de datos espectrales de muestras, con datos de imágenes satelitales multiespectrales y/o hiperespectrales. Clasificaciones (supervisadas y no-supervisadas). Transformaciones (Análisis de Componentes Principales, Fracción de Menor Ruido, etc.). Observación de parámetros geológicos: Reconocimiento de estructuras y litologías. Controles litológicos y estratigráficos. Mapeo de unidades en base a características espectrales.

Unidad 8. Estudios ambientales desde la prospección al cierre de mina

Legislación aplicable, obligaciones e historia de los primeros estudios ambientales en Argentina para la actividad minera. La ley 245858 y las sucesivas adaptaciones provinciales – el caso de Mendoza- Los estudios de impacto ambiental como herramienta de gestión.

Los estudios de línea de base, la selección de áreas de trabajo, cartografía, análisis de cuenca, áreas de influencia del Proyecto social y ambiental para describir en forma práctica y sintética las características físicas, biológicas, socio-culturales y estéticas. Distintas formas de abordaje y nivel de detalle de acuerdo a etapa. La descripción de las diferentes actividades mineras-PROYECTO- desde canteras, prospección, exploración, explotación y cierre de una mina/cantera- herramientas de restauración y cierre.

Los impactos ambientales de una cantera/mina su identificación-descripción-caracterización. Los Planes de Manejo Ambiental (incluido plan de cierre) como herramienta de fiscalización interna y externa. Planes de monitoreo-Que son planes participativos-Que son Planes de Relacionamento Comunitario-Que son planes de Biodiversidad. Distintos estándares nacionales e internacionales utilizados por diferentes minas. Casos prácticos. Ejemplos

TRABAJOS PRÁCTICOS

- Trabajo Práctico N°1. Descripción de muestras de mano relacionados a depósitos porfídicos. Alteraciones

hidrotermales asociadas a mineralización. Repaso de muestras de mano con lupa, “tips” para ayudar a reconocer alteraciones, vetillas y texturas que ayuden a definir la posición en el sistema lithocap/pórfido de Cu.

- Trabajo Práctico N°2. Se les brindará una base de datos geoquímica real en la que deberán identificar las inconsistencias, investigarlas y corregirlas. Generación de gráficos de muestras de QAQC, identificar inconsistencias y proponer soluciones correctivas.

- Trabajo Práctico N°3. Buscar, seleccionar, ordenar y descargar desde el sitio “EarthExplorer” las imágenes satelitales Aster, Landsat-9 y DEM SRTM correspondientes al sector Paramillos de Uspallata (o lugar designado para visita de campo). Generar combinaciones de bandas RGB321 (Aster) y RGB752 (Landsat-9). Generar las razones (división) de bandas 6/4 (Aster) y mapear áreas anómalas en alteración argílica. Explicar el proceso. Generar las razones (división) de bandas 4/2 (Landsat-9) y mapear áreas anómalas en óxidos férricos. Explicar el proceso. Generar modelo 3D con las imágenes obtenidas en los procesos anteriores

4-BIBLIOGRAFÍA

- ANNELS, A.E. (1991). Mineral deposit evaluation. A practical approach. Ed. Chapman & Hall, London.
- AZCARATE, J.E. (1982). Introducción a la metodología de investigación minera. Ed. Instituto Geológico Minero de España, Madrid.
- Barnes, H. L. (ed) : Geochemistry of hydrothermal ore deposits. A Wiley-Interscience Publications. John Wiley & Sons.
- BLISS, J.D. (1992). Developments in Mineral Deposit Modeling. US Geological survey Bulletin 2004. USA.
- COX, D.P. y SINGER, D.A. (1986). Mineral Deposit Models. U.S.Geological Survey Bulletin 1693. USA.
- DAVID, M. (1977). Geostatistical ore reserve estimation. Ed. Elsevier, Amsterdam.
- DAVIS, J.C. (1973). Statistical and data analysis in geology. Ed. Wiley & Sons, N. York.
- DEUTSCH, C.V. y JOURNAL, A.G. (1992). GSLIB Geostatistical software library and user's guide. Oxford Univ.Press, New York. (Con programas para PC)
- Edwards, R. & Atkinson, K. (1986) Ore Deposits Geology and its Influence on Mineral Exploration. Chapman and Hall. London New York, 466p.
- Evans, A.M. 1993, Ore geology and industrial minerals. Blackwell Science, Oxford, 389 pp. Evans, A.M. (Ed.). 1995. Introduction to mineral exploration. Blackwell Science, Oxford, 396 pp.
- Exploración geológico-minera: aspectos prácticos. Universidad de Chile, Santiago.
- Guilbert, J.M. & Park, Ch.F. 1986. The geology of ore deposits. W.H. Freeman & Co., NY, 985 pp.
- Lowell, J.D. 1987.
- HARRIS, D.P. (1990). Mineral Exploration Decisions. A Guide to Economic Analysis and Modeling. Ed. John Wiley & Sons, New York.
- Hedenquist J.W. (1997): Hydrothermal systems in volcanic arc. Origin of and exploration for epithermal gold deposits. Apuntes Short course Instituto GEA
- Hogan J. and Gilbert M. Ch. Basement Tectonics. Tomo 9-10-11 y 12. 1.995. Kluwer Academia Publishers.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (1994). Manual de perforación y voladura de rocas. Ed. Instituto tecnológico geominero de España, Serie: Tecnología y seguridad minera. Madrid.
- ISAAKS, E.H. y SRIVASTAVA, R.M. (1989). An introduction to Applied Geostatistics. Ed. Oxford University Press, New York.
- JORC Code (2004). Australasian code for reporting of exploration results, mineral resources and ore reserves. Ed. Joint Ore Reserves Committee of The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia (JORC).
- JOURNAL, A.G. y HUIJTBREGTS, C.J. (1978). Mining geostatistics. Ed. Academic Press, London.
- KOCH, G. y LINK, R. (1986). Statistical analysis of geological data. Ed. Wiley, N.York (2 ed.).
- KUZVART, M. y BÖHMER, M. (1986). Prospecting and Exploration of Mineral Deposits. Developments in Economic Geology #21. Ed. Elsevier, Amsterdam.
- Lunar, R & Oyarzún, R. Eds. (1990) Yacimientos Minerales. Técnicas de estudio - Tipos – Evolución metalogénica - Exploración. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. 933p.
- Millian U. Augusto. 1.998. Evaluación y Factibilidad de Proyectos Mineros. Editorial Universitaria. Chile.
- PETERS, W.C. (1978). Exploration and Mining Geology. John Wiley & Sons, pp.696. New York (reeditado y ampliado en 1986).
- Raguin E. Géologie des Gites Mineraux.1.961. Masson & Cie. Éditeurs
- Routhier P. 1.963. Les Gisement Métallifères. Geologie et Principes de Recherches. Tomo I-II. Masson et Cie, Editeurs. Paris.
- SINCLAIR, A.J. y BLACKWELL, G.H. (2002). Applied mineral inventory estimation. Ed. Cambridge University Press, pp. 381
- Stoces, Bohuslav y White Charles Henry. 1935. Structural Geology, whit special reference to economic deposits. Editorial Macmillan and Co., p. 460. London, 1935.
- MC KINSTRY, H.E. (1961). Geología de Minas. Ed.Omega, Barcelona.
- Mackensie Brian. 1992. Economic Guidelines for Mineral Exploration; Seminar Notes.
- MARJORIBANKS, R. (2010). Geological methods in mineral exploration and mining. Ed. SpringerVerlag Berlin Heidelberg, pp. 238 (segunda edición)
- WELLMER, F-W., DALHEIMER, M. y WAGNER, M. (2009). Economic evaluations in exploration. Ed. Springer Berlin Heidelberg New York, pp. 245 (segunda edición)

5-METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y EVALUACIÓN DURANTE EL CURSADO

Se desarrollarán las siguientes actividades en dicha materia:

- En el rol “orientador” de parte de los docentes, se tratará de estimular el rol “protagónico” del alumno, en el sentido de que sea él mismo el constructor del conocimiento geológico
- El docente, también, entregará un texto (en PDF) a modo de dossier, sobre la base de la bibliografía disponible y la experiencia de los trabajos de investigación del grupo.
- Lectura y discusión de trabajos referidos a avances en aspectos específicos y ejemplos donde se aplican la totalidad de los conceptos básicos.
- Para integrar el conocimiento se plantea la presentación de trabajos donde consten las experiencias realizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones arribadas. La evaluación será continua y la comprobación de los resultados obtenidos será instrumentada desde distintos aspectos e instancias, como grado de participación, lectura y comprensión de trabajos y discusiones de integración de temas. La asignatura poseerá su aula virtual moodle que será utilizada de manera continua, con actividades sincrónicas y asincrónicas y seguimiento frecuente.
- Las clases teóricas y prácticas incluyen una metodología “Taller”, alternando la información y experiencia del profesor con la permanente participación de los alumnos, incentivando, de esta manera, un espíritu crítico y analítico.
- Procedimientos didácticos: Indagación, exposición dialogada, observación, trabajo en equipo, exposición oral de temas especiales, estudio dirigido para la elaboración de ensayos, entre otros.
- La evaluación objetiva comprende de: - Realización de un parcial integrador que se aprobará con 60%. - Presentación individual y grupal por parte de los alumnos de trabajos prácticos referidos a aspectos generales o específicos de la evolución del registro geológico de un área en particular involucrados en el programa analítico. Si hay exposición oral, se analiza aquí los aspectos formales de presentación de los temas, el manejo de los códigos de la asignatura, la claridad de exposición y el nivel de comprensión del tema. Los mismos también se aprobarán con 60%.
- Para las clases prácticas se propone que sean realizadas en grupos de trabajo de (2) y máximo (3) personas para fomentar la sana discusión y el trabajo en equipo. Los prácticos deberán ser aprobados en su totalidad, ya que se consideran de suma importancia para la comprensión del temario propuesto. Se requerirá de acceso a internet, softwares para procesamientos digitales de imágenes satelitales y modelos digitales de elevación, plataformas SIG, y por ende el uso de computadoras personales para este punto. Estas clases brindarán valiosas herramientas modernas para la futura vida profesional de los estudiantes.
- Se brindará material didáctico en formato digital que contendrá presentaciones, bases de datos para prácticas, fotografías aéreas digitalizadas, imágenes satelitales, modelos de elevación, mapas, libros, publicaciones científicas y manuales.
- La materia postula un viaje de campo de carácter obligatorio a un lugar a definir de manera que los estudiantes puedan volcar todos los conocimientos adquiridos durante el cursado de la materia en un trabajo desarrollado en el terreno con problemas e hipótesis que puedan surgir durante el desarrollo del mismo.

6- CONDICIONES DE REGULARIDAD TRAS EL CURSADO

La aprobación de la asignatura podrá hacerse como alumno regular o promocional.

Son requisitos para que un alumno sea considerado regular:

- a) El alumno deberá cumplir con una asistencia mínima de setenta por ciento (70%) a clases ordinarias y recuperatorias.
- b) Deberá tener aprobado el cien por ciento (100%) de los trabajos prácticos. Se calificarán como “aprobados” con 60%.
- c) Se deberá aprobar el examen parcial con 60 %. El parcial tendrá su correspondiente instancia de

recuperación.

d) Condiciones especiales: se evaluará la participación del estudiante, pudiendo ponderar la calificación final para lograr la acreditación total de la asignatura, mediante un/os trabajo/s especial de análisis científico a definir por el profesor.

7- SISTEMA DE APROBACIÓN Y/O PROMOCIÓN DEL ESPACIO CURRICULAR

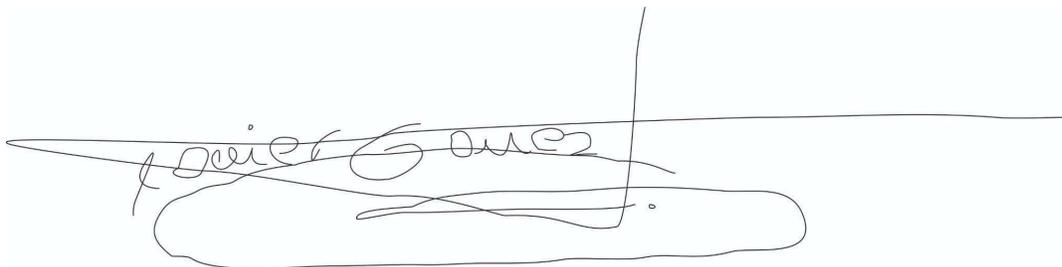
Para la promoción de la asignatura los alumnos deberán tener asistencia mínima del 75% a las clases teóricas y 100% de asistencia a clases prácticas, deberán aprobar el parcial con nota igual o superior a 70% (equivalente a 6 en escala de 0 a 10) y aprobar todos los trabajos prácticos en sus fechas correspondientes. Para la aprobación de la asignatura los alumnos en condición de Regular deberán rendir examen final en las mesas establecidas en el calendario académico.

PROMOCIONABLE (Marque con una cruz la respuesta correcta)

NO

SI

X



Lic. Javier Gomez Figueroa
Docente FCEN