

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**GL54A METALOGENESIS**

Requisitos: (IN42A (S), ((GL 33 A,QI33 A)/((GL45C/GL52 A), GL 45B)))

Unidades Docentes: 10 (3-3-4)

**OBJETIVOS:**

Introducir a los estudiantes en el problema de génesis de los yacimientos metalíferos, con especial énfasis en los procesos que la controlan. Dar una visión general de la actividad minera.

**METODOLOGIA:**

- Actividades de Cátedra: Asistencia libre.
- Actividades de Laboratorio: 100 % de asistencia.

**TERRENO:** Visitas cortas a distintos tipos de yacimientos.

**EVALUACIÓN :** Controles parciales de Cátedra y examen global.  
Controles parciales de laboratorio.

**PROGRAMA DE LABORATORIO:**

- Introducción a la microscopia de menas, incluyendo interpretación de texturas.
- Diagramas de fases. Construcción e Interpretación.
- Estudio y descripción de los tipos de yacimientos más comunes en el país.

## **I. INTRODUCCION,**

Definición de conceptos básicos

Minera Yacimiento

Mena Mina

Ganga Beneficio (económico. Social, estratigráfico).

Roca Ley y/o calidad

## **II. PARTE: ELEMENTOS DE ECONOMIA MINERA Y MINERÍA**

### **2.1. El Negocio Minero.**

2.1.1 Etapa de Decisión: variables que lo controlan.

2.1.2. - Etapa de Exploración

- Exploración Geológica

- Exploración Geoquímica.

- Exploración Geofísica

- Sondajes Exploratorios.

2.1.3. Etapa de Evaluación

- Evaluación Física

- Evaluación Económica

2.1.4. Etapa de Desarrollo.

2.1.5. Etapa de Explotación

2.1.6. Etapa de Procesamiento.

2.1.7. Etapa de Fundición-Refinación.

2.1.8. Etapa de Manufacturación

2.1.9. Etapa de Comercialización

### **2.2. Clasificación de Yacimientos**

2.2.1. Según forma, textura.

2.2.2. Según contenidos.

2.2.3. Según criterios industriales.

2.2.4. Según criterio energético.

2.2.5. Según Origen: Niggli, Lindgren, Schneiderhöhn.

2.2.6. Según asociación petrológica – tectónica.

### **2.3. Clasificación de Recursos**

Clasificación de U.S.G.S. y U.S.B.M.

### **2.4. La Minería en Chile**

2.4.2. Características económicas de la minería chilena: Empleo, PBG, Energía, Producción, Generación divisas.

2.4.2. Minería Metálica. Revisión por productos (Cu $\rightarrow$  Fe $\rightarrow$  etc.) tipos de yacimientos en operación y en desarrollo.

2.4.3. Minería No Metálica: Revisión por producto (salitre, carbón, hidrocarburos, litio, etc.) con tipos de yacimientos y yacimientos en operación.

## **III PARTE: PROCESOS FORMADORES DE YACIMIENTOS**

### **3.1. Formación de minerales de mena en condiciones anhidros.**

3.1.1. Consideraciones básicas: equilibrio y la regla de las fases.

3.1.2. Métodos para el estudio de equilibrio de fase.

- Descripción método tubo sellado.
- Limitaciones y problemas.

3.1.3. Representación diagramática de equilibrio de fases.

3.1.4. Sistemas importantes en relación a yacimientos chilenos.

- Sistema de Fe – S, Minerales del sistema; variables que controlan el sistema T, composición (actividad,  $N_{POFeS}$ , presión parcial=fugacidad. Diagramas T – X,  $\log f_{S_2} - 103/T$ , T- $N_{poFeS}$ .
- Sistema Fe-U: Minerales del Sistema, variables que lo controlan. Representación del sistema (referencia a proceso de alto horno y reducción directa.).

- Sistema Cu-S: Minerales del sistema, representación del sistema.
- Sistema Fe – S: Minerales, representación.
- Sistema Zn – Fe – S: Características de esfalerita; Representación; uso esfalerita como geobarómetro.

### **3.2. Formación de minerales de mena en ambientes acuosos.**

#### 3.2.1. Principios químicos que gobiernan soluciones acuosas.

- 3.2.1.1. Concentración, actividad
- 3.2.1.2. Equilibrio
- 3.2.1.3. Soluciones electrolitos
- 3.2.1.4. pH.
- 3.2.1.5. Eh.
- 3.2.1.6. Límites de Eh y pH en la naturaleza.
- 3.2.1.7. Diagramas de estabilidad.

#### 3.2.2. Transporte de metales en soluciones acuosas.

- 3.2.2.1. Definición de complejos – Variables que los controlan.
- 3.2.2.2. Complejos sulfurados
- 3.2.2.3. Complejos clorurados.
- 3.2.2.4. Características de solución formadora de mena: Temperatura  
Composición, Ph, volumen, duración de sistemas.

#### 3.2.3. Depositación de minerales de mena.

- 3.2.3.1. Procesos y mecanismos que determinan precipitación.
- 3.2.3.2. Precipitación a partir de complejos sulfurados.

#### 3.2.4. Reemplazo

#### 3.2.5. Zonación

#### 3.2.6. Alteración: tipos de alteración, procesos, reacciones.

### **3.3. Soluciones modernas de menas**

#### 3.3.1. El agua meteóricas: características generales

- 3.3.1.1 Formación de yacimientos de Fe y/o Mn – tipo BOG.
- 3.3.1.2. Formación de yacimientos secundarios de uranio, tipo de yacimiento de Uranio, etapas y variables en la formación de yacimientos secundarios de uranio, secuencia de exploración.
- 3.3.1.3. Proceso de oxidación – enriquecimiento secundario:
  - Modelo
  - Variables – Químicas – Fisicoquímicas.
  - Acción sobre yacimiento de Cu.
  - Acción sobre yacimiento de Fe.
  - Acción sobre yacimiento de Au.

### 3.3.2. Agua de mar y yacimientos metalíferos.

3.3.2.1. Yacimientos de nódulos de Mn: características geográficas, geológicas mineras, legales económicas.

3.3.2.2. Yacimientos de sulfuros en fondos marinos: Características geográficas. Geológicas, mineras, etc.

### **3.4. Soluciones antiguas de Mena: Inclusiones fluidas**

3.4.1. Características

3.4.2. Determinación y significado de Th y Tm.

3.4.3. Limitaciones y problemas

### **3-5. Uso de isótopos estables en relación a yacimientos.**

3.5.5. Isótopos de S.

- Definición de 634s.
- Uso geotermómetro
- Información sobre ambiente formación.

3.5.2. Isótopos de O y D.

- Definiciones
- Uso isótopos o como geotermómetro
- Uso combinado de isótopos O y D, aplicaciones.

3.5.3. Otros Isótopos.

## **IV.- PARTE: DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES TIPOS DE YACIMIENTOS.**

### **4.1. Mena asociada a rocas ígneas.**

4.1.1. Menas de asociaciones máficas y ultramáficas

4.1.1.1. Asociación máfica-ultramáficas- Cr. Ni. Platinoides.

- Generalidades
- Yacimientos de Cr.
- Yacimientos de Ni.
- Yacimientos de platinoides.

4.1.1.2. Asociación Máfica – Ultramáfica- sulfuros de Fe, Ni, Cu, platinoides

- Generalidades
- Distribución
- Forma
- Composición
- Origen

#### 4.1.1.3. Posibilidades de yacimientos en Chile.

#### 4.1.2. Menas de asociaciones Felsicas.

##### 4.1.2.1. Asociación carbonatitas.

- Generalidades, distribución, forma, composición, origen.

##### 4.1.2.2. Pórfidos cupríferos.

- Generalidades
- Distribución: espacio y tiempo.
- Forma
- Composición: mena, alteración
- Origen: Diferentes modelos
- Yacimientos chilenos: Características geológicas y mineras
- Características de la economía del cobre: recursos-reservas, producción-demanda, usos, reemplazo, perspectivas de precio y demanda.

##### 4.1.2.3. Yacimientos de Fe-Ti-apatita.

- Diferentes tipos.
- Distribución
- Forma
- Composición
- Yacimientos chilenos de Fe
  - \* Yacimientos tipo BIF.
  - \* Yacimientos de magnetita - apatita.
    - « Franja Cretácica – Cordillera de la costa.
    - « Franja Cordillera de los Andes – Terciario-Cuaternario
    - « Origen y relación con otros yacimientos en el mundo.
    - « Características mineras y de mercado.

#### 4.1.3. Asociaciones de mena tipo Vetas..

##### 4.1.3.1. Diferentes tipos de vetas: Criterios

##### 4.1.3.2. Yacimientos de oro.

- Yacimientos epitermales de oro y plata
  - Generalidades – Características
  - Modelos
  - Yacimientos chilenos.
- Yacimientos meso e hipotermiales de Au y Ag
  - Características
  - Yacimientos chilenos
- Características del mercado del oro
  - Producción – demanda
  - Precios
  - Usos
  - Perspectivas
  - Producción en Chile – perspectivas

- 4.1.4 Yacimientos estrato-ligados volcanogénicos
  - 4.1.4.1. Diferentes tipos y clasificación
  - 4.1.4.2. Ambientes de formación
  - 4.1.4.3. Yacimientos chilenos
    - Características geológicas-mineras.
    - Hipótesis de formación
- 4.1.5. Otros yacimientos asociados a rocas ígneas.

## **4.2. Mena Asociadas a Rocas Sedimentarias**

- 4.2.1. Yacimientos de Fe de afiliación sedimentaria
  - Diferentes tipos: BIF, BOG, Ironstone, Nódulos.
  - Ambientes de formación
  - Características Geológicas-Mineras
- 4.2.2. Yacimientos de Mn de afiliación sedimentaria
  - Diferentes tipos
  - Características geológicas-mineras.
- 4.2.3. Yacimientos de Pb – Zn tipo Mississippi Valley
- 4.2.4. Yacimientos de U-V en areniscas
- 4.2.5. Yacimientos de Py – U Au en conglomerados

## **4.3. Menas asociadas a Rocas Metamórficas**

- 4.3.1. Skarn
- 4.3.2. Otros yacimientos

## **Programa de Laboratorio**

Se estudiarán cuatro yacimientos típicos chilenos

Pórfidos cupríferos  
Yacimientos de hierro  
Yacimiento tipo vetas  
Yacimiento tipo manto

## **REFERENCIAS**

Park, C. F. and Mc Diarmid, R. A. Ore deposits. (second edition) W. H. Freeman and Co. San Francisco. 1970

Stanton, R-L- Ore Petrology. Mc Graw Hill. 1972