

GEOLOGIA DEL AREA COMPRENDIDA ENTRE LOS 41° 45' - 42° 05' LATITUD SUR Y 72° 25' - 72° 50' LONGITUD OESTE, PROVINCIAS DE LLANQUIHUE Y PALENA, X REGION

Boris Alarcón Hasan

El presente trabajo integra el área comprendida entre los 41° 45' - 42° 05' latitud sur y 72° 25' - 72° 50' longitud oeste a la geología regional de la X región, mediante la confección de una mapa geológico a escala 1:100.000.

Fueron reconocidas rocas volcano, sedimentarias pertenecientes a la Formación Ayacara, las cuales corresponden a tobas dacíticas, lutitas y areniscas de grano fino, en las que se encontraron equinodermos fósiles que fueron usados solo como indicadores ambientales debido a que su rango de edad va desde el Cretácico Superior hasta el reciente. Se reconoce además otro grupo de rocas sedimentarias tales como conglomerado de cuarzo, areniscas y lutitas, que en conjunto forman la Unidad Pichicolo definida en este trabajo. Afloran además rocas plutónicas, dentro de las cuales se encuentra un cuerpo tonalítico de grano medio de edad mioceno medio-superior que intruye a la Formación Ayacara en el sector norte del área de estudio, produciendo metamorfismo de contacto en dichas rocas. Estas últimas han sido agrupadas bajo la Unidad Metasedimentaria

Puelche (solo con fines prácticos). Otro cuerpo plutónico corresponde a aquel que aflora en el sector sur, particularmente en Fondo Pichicolo y Manzano, en donde intruye a rocas pertenecientes a la Formación Ayacara. Finalmente aflora en el área un cuerpo gábrico de grano fino que integra la Unidad Hornopirén, ubicada a unos 2 kilómetros al sur-este de la localidad homónima. La unidad de roca de mayor expresión areal reconocida en el área corresponde a la denominada aquí como Unidad Estratos de Contao, y corresponde a un conjunto de rocas volcano sedimentarias que pueden dividirse en tres miembros principales. El miembro inferior de dicha unidad corresponde a rocas netamente sedimentarias tales como conglomerado y brecha conglomerádica, que sobreyacen discordantemente a rocas pertenecientes a la Formación Ayacara. El miembro medio corresponde a gruesos niveles de brechas laháricas, y el miembro superior se compone de brechas volcánicas y coladas andesíticas. En el sector norte del área de estudio, cerca de la zona de desembarco de Puelche, se encuentra un pequeño afloramiento de rocas

ultramáficas cuya composición corresponde a serpentinita. Este cuerpo ha sido denominado en este trabajo como Serpentinita de Puelche y habría sido emplazada tectónicamente.

Los aparatos volcánicos que hoy se exponen en la zona corresponden al Apagado y Hornopirén. Estos volcanes pertenecen a una cadena Holocena controlada espacialmente por la Zona de Falla Liqueñe Ofqui.

Se reconocieron algunas fallas menores dentro de las cuales destacan dos

principales. La primera corresponde a una falla N 45° E de rumbo dextral, detectada en el sector alto del Fundo Contao, cercano al Volcán Apagado. Dicha falla corta rocas de posible edad Plioceno. Otro set de fallas de rumbo NW corresponde al detectado en el camino interno del Fundo Contao y corresponde a un juego de fallas inversas que corta incluso al suelo vegetal.

Prof. Guía: Sr. Francisco Hervé
29-12-95

GEOLOGIA DE LAS AREAS BALMACEDA Y CO. FARELLON NORTE, REGION DE AYSÉN, PETROLOGIA Y GEOQUIMICA DEL VOLCANISMO ACIDO-INTERMEDIO, JURASICO-TERCIARIO

Mauricio Belmar Urbina

Un reconocimiento geológico de la región de Aysén, realizado en 1993, permitió entender que durante el Mesozoico, hubo un extenso volcanismo que va desde composiciones riolíticas a andesíticas y cuyos productos se observan hoy en el actual Cordillera Patagónica, agrupándose principalmente en la Formación Ibáñez y el Complejo Divisadero. La alternancia de rocas volcánicas y sedimentarias ha posibilitado la definición de las distintas unidades estratigráficas. Particular ayuda prestan los sedimentos que han sido utilizados como capas guía (Grupo Coyhaique), sin embargo, la discontinuidad en estos niveles, junto con la abundancia de rocas volcánicas, difi-

cultan localmente la identificación de la posición estratigráfica de las unidades definidas para la región.

Durante el desarrollo de este estudio se reconoció, por primera vez, en la región la existencia de unidades terciarias como las Ignimbritas de Río Oscuro y la Formación Río Frías. Además, se redefinió la Formación Galera, restringiéndola a la secuencia de conglomerados cuyos afloramientos principales se encuentran en la localidad tipo de Cerro Galera. Se reconoció también asociaciones de facies volcánicas y sedimentarias, dentro del Complejo Divisadero, que se pueden agrupar en unidades menores como por

ejemplo: Dacitas de Las Pampas, Rio-
litas de El Venado, Ignimbritas de Vis-
ta Hermosa, Fangolitas de El Blanco,
entre otras.

En el área de estudio las unidades
mesozoicas forman, generalmente, una
serie monoclinas de manto predominante
NE, de hasta 15°. Las unidades terciarias
en cambio tienen comúnmente una
disposición horizontal. La estructura
deformacional más sobresaliente
corresponde a la Falla del Ministro
(definida en este trabajo), que marca
un importante control, tanto en la
morfología como en la estratigrafía
del área de estudio. La traza de la
Falla del Ministro presenta morfología
como en la estratigrafía del área de
estudio. La traza de la Falla del ministro
presenta un rumbo aproximado N 25°
W, se presume normal debido a sus
características geométricas.

El estudio geoquímico permitió es-
tablecer, para las rocas de la Formación
Ibáñez, Complejo Divisadero y Unidad
de Ignimbritas de Río Oscuro, caracte-
rísticas calcoalcalinas, correspondien-
do a magmas principalmente de

tipo peraluminoso, de alto contenido de
potasio y aluminio como también ba-
jos tenores en titanio y fósforo.

De acuerdo a los diagramas de
multielementos las rocas volcánicas y
volcanoclásticas ácidas de la Forma-
ción Ibáñez, Complejo Divisadero y
Unidad Ignimbritas de Río Oscuro,
muestran características de arcos vol-
cánicos de margen continental asocia-
dos a zonas de subducción activa.

A pesar del escaso número de mues-
tras analizadas en este trabajo, se pudo
constatar la existencia de similitudes
en los patrones de tierras raras y leves
diferencias en los perfiles de los dia-
gramas de multielementos, lo que po-
dría indicar un volcanismo continuo
durante toda esta época, interrumpido
localmente por procesos sedimentarios,
que no necesariamente indican un tér-
mino del volcanismo sino más bien una
disminución de la actividad volcánica.

Prof. Guía: Sr. Francisco Hervé
17-5-96

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL PARA LA PREDICCIÓN DE FRAGMENTACIÓN EN ROCA PRIMARIA DEL III PANEL, MINA RÍO BLANCO, V REGIÓN

Ricardo Cabrera Jorquera

El yacimiento Río Blanco-Los
Bronces corresponde a uno de los tres
depósitos de Cu más grandes de la Cor-

dillera de los Andes de Chile Central.
La División Andina explota la mina
subterránea Río Blanco, la cual ha sido

dividida en tres paneles por motivos de planificación. Los paneles I y II ya han sido explotados, y el III Panel, el más profundo de la mina, entró en producción en 1995. Dentro de las unidades litológicas del III Panel se ha distinguido, en base al tipo de sello de sus fracturas, roca primaria y secundaria. Las reservas del III Panel poseen un 25% de mineral primario y un 75% de mineral secundario, que serán explotadas por el método Panel Caving con variantes de acuerdo a las características geotécnicas de las rocas. Este sistema considera características del macizo rocoso como litología, estructuras geológicas, características geotécnicas y fragmentación esperada, entre otras, como un aspecto fundamental en el establecimiento de un diseño minero eficiente.

Dada la importancia que tiene el tema de fragmentación, se propuso la realización del presente estudio que tuvo como objetivo general determinar la validez de la información de mapeos estructurales, escala 1:500, para la predicción de fragmentación, en comparación con la información proporcionada por líneas de detalle y celdas.

Este estudio concluyó que el método de mapeo que mejor representa el arreglo estructural es el de línea de detalle, el cual permite además, hacer una categorización de cada discontinuidad en término de su probabilidad de apertura frente al hundimiento. Respecto de los parámetros geotécnicos, el JRC (Joint Roughness Condition), tipo de término y el relleno aparecen como

herramientas interesantes en la categorización de discontinuidades respecto a su probabilidad de apertura teórica frente al hundimiento.

El análisis de espaciamientos mostró para la gran mayoría de los ajustes una buena correlación con los datos reales. Las curvas de distribución granulométrica con la información de línea de detalle muestran para roca primaria, que un 15% a 20% de los fragmentos serían $> 2 \text{ m}^3$. Con la información de estructuras mayores, las granulometrías se desplazan hacia tamaños considerablemente mayores, por lo que utilizar en forma aislada este tipo de información es inadecuado para predecir la fragmentación.

Las relaciones encontradas en distintos sectores, entre los FF (Frecuencia de Fracturas) obtenidos con los diferentes sistemas de mapeo, permitirían estimar la cantidad total de estructuras en sectores donde no existen labores desarrolladas. Como las estructuras geológicas controlan la fragmentación primaria, puede predecirse mayores o menores tamaños comparativos en las granulometrías. En consecuencia, las granulometrías obtenidas con la información proveniente de estructuras mayores son inadecuadas para predecir directamente fragmentación, aunque si se pueden hacer estimaciones aproximadas en base a ellas.

Prof. Guía: Sra. Sofía Rebolledo
14-8-95

CARACTERIZACION GEOLOGICA DEL PORFIDO ESCONDIDA PARA LA EVALUACION DE RESERVAS

Manuel Durán Andrade

El Yacimiento Escondida corresponde a un sistema mineralizado de tipo pórfido cuprífero relacionado a la intrusión de un pórfido granodiorítico, de edad comprendida entre 34.6 y 31.8 m.a., en rocas andesíticas. Esta intrusión originó además, brechas ígneas en sus contactos y brechas hidrotermales en las zonas de mayor circulación de fluidos hidrotermales.

Este yacimiento, se encuentra asociado espacialmente al sistema estructural de la Falla Oeste. Existen al menos tres fallas mayores de dirección Norte-Sur que representan a dicho sistema y que generaron tres bloques estructurales. Estos son de Oeste a Este, el bloque Colorado Grande, el bloque Colorado Chico y el bloque Cerro Sureste. Ellos, presentan un movimiento relativo de tipo dextral y con caída de los bloques Este.

Esta configuración ha dejado expuesta la parte profunda del sistema de alteración pótasica y propílica en el bloque occidental, y asociaciones mineralógicas de alteración cuarzo-sericita típica de las zonas media-alta de un sistema de pórfidos cuprífero, en los bloques central y oriental.

La distribución de la mineralización hipógena se encuentra, del mismo modo, controlada por el nivel de exposición de los bloques y se caracteriza por la presencia de bornita y calcopirita en la zona potásica, con un halo de pirita y menores cantidades de calcopirita, en el bloque Colorado Grande. En el bloque central se presenta fundamental-

mente una asociación de pirita y calcopirita con pequeños núcleos de bornita. El bloque oriental presenta abundante pirita y menores cantidades de calcopirita.

Sistema de fallas Noroeste-Sureste han condicionado, principalmente, la actividad supérgena. Esta generó una zona de enriquecimiento secundario de forma elongada de eje mayor paralelo a esas fallas y con mayores espesores en el bloque central. Los procesos supérgenos originaron una zona superior de oxidación con rocas lixiviadas, limoníticas y zonas de óxidos de cobre de tipo antlerita y brochantita sobre una zona de sulfuros de cobre enriquecidos como calcosina y covelina. Esta zona de sulfuros enriquecidos presenta una zonación vertical, que permite identificar una zona de alto enriquecimiento y otra de bajo enriquecimiento, separadas por una superficie denominada Techo de Calcopirita. El fondo de esta zona está determinado por una superficie donde la relación de sulfuros de cobre enriquecidos a sulfuros de cobre totales es de 10% y que se denominó Fondo de Enriquecimiento. La alteración supérgena se caracteriza fundamentalmente por la presencia de caolín y ocasionalmente de alunita supérgena.

Análisis estadísticos, combinados con los antecedentes geológicos anteriormente expuestos, han permitido elaborar un modelo de litología, mineralización supérgena y alteración que explica la distribución de cobre en el yacimiento.

Las unidades geológicas obtenidas con esta combinación de factores fueron utilizadas para una evaluación geoestadística que permitió generar modelos de bloques de leyes de cobre total y cobre soluble que representan las reservas de cobre del yacimiento. Estudios posteriores del error de estimación permitieron clasificar estas reservas en medidas e indicadas. La calidad de los resultados fue controlada por procesos de validación estadística, por análisis de deriva en distintas direcciones y procesos de validación gráfica.

Finalmente, se construyó un modelo mineralógico basado en la proporción de los distintos minerales de cobre presentes en cada unidad geológica, que permitió evaluar los tonelajes de las diferentes especies minerales contenidas en el concentrado.

Prof. Guía: Sr. Waldo Vivallo
12-95

EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS EN LA CUENCA DEL SALAR DE ASCOTAN, II REGION DE ANTOFAGASTA

Patricio C. Faúndez Hernández

El presente trabajo de título tuvo como objetivo evaluar los recursos hídricos subterráneos de la cuenca del Salar de Ascotán y Quebrada y Pampa La Perdiz, ubicada entre los 22° 00' y 22° 37' de Lat. S., y los 68° 00' y 68° 30' de Long. W.

El área en estudio, se reconocen: depósitos consolidados, constituidos por coladas de lavas andesíticas, asociados a eventos efusivos del Terciario Superior y Cuaternario; depósitos no consolidados conformados por materiales aluviales y coluviales y depósitos evaporíticos.

En el sector del Salar de Ascotán se han definido tres acuíferos. El primero y superior, corresponde a un acuífero anidado en los depósitos aluviales; el

segundo, que subyace al anterior, se presenta emplazado en las rocas andesíticas y dacíticas fracturadas; y el tercero en las rocas sedimentarias.

En el sector de la Quebrada La Perdiz, se han reconocido dos acuíferos. El primero y superior, se presenta albergado en los rellenos aluviales; y el segundo, anidado en rocas volcánicas riolíticas y brechas fuertemente fracturadas.

La recarga de los acuíferos, anidados en sedimentos aluviales, se ha estimado en 1.762 l/s para la cuenca de Ascotán, y de 179 l/s para la cuenca de Quebrada La Perdiz.

La descarga del sistema subterráneo de Ascotán, se verifica, fundamental-

mente, a través de la evaporación, que se ha estimado en 1.600 l/s. Este monto resulta muy similar a la recarga calculada, lo que permite inferir que el sistema se encuentra en equilibrio.

El almacenamiento calculado en el Salar de Ascotán es de 3.522,5 millones de m³, mientras que para el sector de Quebrada La Perdiz es superior a 300 millones de m³.

Los antecedentes respecto a la calidad química de las aguas subterráneas indican que en el sector de Ascotán éstas no son aptas para consumo huma-

no ni para actividades de riego, sin embargo, pueden ser utilizadas en procesos industriales.

Como recomendaciones, se propone una explotación de los recursos hídricos desde el sector de Quebrada La Perdiz, en el caso del Salar de Ascotán se recomienda restringir dicha explotación al área sur y suroriente.

Prof. Guía: Sra. Sara Elgueta
26-09-95

GEOLOGIA, ALTERACION Y MINERALIZACION DEL SECTOR CENTRAL, YACIMIENTO LOS PELAMBRES, IV REGION

Ramón Luis Freire Rivera

El presente estudio, se realizó en la zona denominada Sector Central, localizada al interior del yacimiento de Pórfido Cuprífero Los Pelambres.

El objetivo principal del trabajo fue determinar las características del cuerpo con mineralización de cobre, su control estructural, tipo litológico, alteración hidrotermal y mineralización.

La metodología utilizada, se basó en el levantamiento geológico de superficie, galerías y testigos de sondajes; con énfasis en la litología, estructuras, alteración y mineralización. Además, se realizó un estudio de secciones transparentes y pulidas de los tipos litológicos presentes en el área como también un estudio de inclusiones fluidas.

Toda esta información fue analizada e interpretada en secciones y plantas a escala 1:1000.

Los tipos litológicos presentes en el Sector Central corresponden a una diorita cuarcífera de edad Mioceno Superior, la cual es instruida por un pórfido cuarzo-feldespático de similar edad. También se encuentran roof-pendant de andesitas pertenecientes a la formación Los Pelambres de edad Cretácico Inferior.

La alteración hipógena corresponden a alteración potásica asociada fundamentalmente a la diorita cuarcífera, a la cual se sobrepone alteración filica caracterizada principalmente por la ocurrencia de vetillas con halos de alteración.

Se pueden distinguir seis tipos de vetillas principales, las cuales están asociadas a los distintos eventos de alteración y mineralización. A la mineralización de sulfuros hipógenos presentes en el área, que corresponde a calcopirita, bornita, molibdenita y piritita, se sobreponen procesos de alteración supérgena, con la generación de zonas de lixiviación y de enriquecimiento de sulfuros, evidenciadas con la presencia de limonitas y calcosina-covelina respectivamente. Los sulfuros se presentan principalmente en vetillas y en menor cantidad diseminados.

Las estructuras corresponden a fallas normales de rumbo general N 40° E y manteos variables de 30° y 45° SE. Se puede observar que la intensidad de fracturas aumenta en las vecindades de las fallas. Además, se evidencia un control estructural en el emplazamiento de las vetillas mineralizadas.

El estudio de inclusiones fluidas muestra que la temperatura promedio de homogenización de las inclusiones entrampadas en cuarzo, correspondiente a las vetillas que aportan la mayor cantidad de sulfuros de cobre, es de 307° C y su salinidad promedio es de 20% NaCl eq.

Los antecedentes analizados, demuestran que la ocurrencia de los cuerpos de cobre de alta ley presentes en el Sector Central, está relacionada principalmente con la presencia e intensidad de vetillas con halos de alteración, las que aportan sulfuros de cobre, hipógenos y de enriquecimiento secundario. A su vez, estas vetillas siguen el patrón estructural, presente en el Sector Central del yacimiento.

Prof. Guía: Sr. Carlos Palacios
28-10-96

GEOLOGIA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA, ENTRE LOS 33° 17' - 33° 45' L.S. Y 71° 15' - 71° 30' L.O.

Alvaro Vicente Gutiérrez Pereira

El presente trabajo de título consiste en una cartografía e interpretación geológica básica a escala 1:100.000 de la zona comprendida entre las coordenadas 33° 17' - 33° 45' S y 71° 15' - 71° 30' W.

Su objetivo es aportar al conocimiento de la geología del área, sobre la base nuevos antecedentes petrográficos, geoquímicos y geocronológicos.

En terreno se trabajó sobre cartas 1:50.000, en las que previamente se traspasó información de estudio foto-geológico.

Las unidades definidas en terreno fueron caracterizadas por estudios geoquímicos, geocronometría y petrografía.

En el área de estudio afloran rocas mayoritariamente intrusivas, con eda-

des entre Paleozoico Superior y Jurásico Medio. Sobre éstas se encuentra el relleno cuaternario y depósitos sedimentarios marinos del Neógeno.

Se distinguen tres unidades graníticas pertenecientes al Paleozoico Superior: Mirasol, Tejas Verdes y Calbú. Parte de estas unidades se encuentran deformadas. Al Jurásico Medio pertenecen las tonalitas y granodioritas de las unidades Limache y Peñuelas.

Los lineamientos presentes en el área muestran una dirección preferencial N 55-60 W. Corresponden mayoritariamente a estructuras frágiles, si bien en los granitoides paleozoicos reflejan una gneisoidad en parte protoclástica.

LA DISPERSION DEL ORO EN SEDIMENTOS DE AMBIENTE DESERTICO: MODALIDADES E IMPLICACIONES PARA LA PROSPECCION (REGION DE ATACAMA, CHILE)

Jaime Lagos Neira

El estudio de la dispersión de los elementos químicos en diferentes fracciones o fases en distintos tipos de ambientes superficiales es una herramienta utilizada en la exploración geoquímica. El objetivo del presente trabajo es estudiar la dispersión del oro en sedimentos no consolidados, acarreados y depositados en ambientes desérticos andinos y valorar entre los métodos de prospección geoquímica habitualmente usados, el que caracteriza mejor los halos de dispersión secundaria según las características de la mineralización primaria y agente de dispersión.

Las características geoquímicas del arco magmático Jurásico Medio sugieren un ambiente de margen continental activo y un modelo cogenético para las unidades que lo conforman. Del mismo modo, para el arco Paleozoico se refiere un ambiente de margen continental activo, con un incremento de la contaminación cortical en las unidades Marisol y Tejas Verdes. Se postula que las unidades paleozoicas no son cogenéticas.

Prof. Guía: Sr. E. Godoy
03-10-95

El estudio de la dispersión del oro se centró en dos tipos de fuentes primarias; el placer de oro de San Pedro de Cachiyuyo, formando por abanicos aluviales y sedimentos aluviales de ríos efímeros procedentes de la erosión de las brechas hidrotermales mineralizadas eocenas de la mina Delirio; y el oro contenido en coluvios y aluvios de las quebradas La Coipa y adyacentes provenientes del depósito epitermal de metales preciosos La Coipa.

La metodología utilizada consistió en un levantamiento geológico de las

áreas de interés de un muestreo sistemático en piques de los sedimentos no consolidados, separando dos tipos de muestras: una de 100 a 130 kg de peso para recuperar partículas de oro mediante concentrado en batea, y otra de 3 kg de peso para análisis geoquímico. El segundo tipo de muestra se tamizó a $< 63 \mu\text{m}$, a $125-63 \mu\text{m}$, se consideró que la fracción $> 125 \mu\text{m}$ se recuperaría con los concentrados en batea. Se recuperaron partículas de oro en el placer de San Pedro de Cachiyuyo, no así en las quebradas de La Coipa.

En el área del placer se determinó que las partículas de oro indican un transporte sobre corta distancia, además de ser ricas en plata y cobre, consistente con un origen en los depósitos de brechas hidrotermales. La aureola de dispersión del oro en los sedimentos no se extiende más lejos que 1 km de la fuente primaria y la fracción $< 63 \mu\text{m}$ muestra la mejor respuesta geoquímica.

En el área de La Coipa se constató una fuerte disminución del tenor de oro

con la distancia a la fuente primaria donde la fracción $< 63 \mu\text{m}$ indica la mejor respuesta geoquímica.

De lo anterior se desprende que para el muestreo de sedimentos no consolidados, acarreados y depositados en un ambiente desértico andino conviene utilizar la fracción $< 63 \mu\text{m}$ debido a su mejor respuesta geoquímica, además de disminuir el "efecto pepita" que puede ocurrir con fracciones de diámetro superior.

El análisis factorial en componentes principales en San Pedro de Cachiyuyo muestra una correspondencia con la abundancia de minerales pesados y el contenido de oro en los sedimentos, señalando una relación con el fenómeno de concentración. En La Coipa, este mismo análisis se correlaciona con la litología, alteración hidrotermal y mineralización del distrito, mostrando la existencia del fenómeno de dispersión.

Prof. Guía: Sr. Gérard Hérial
31-07-96

CARACTERIZACION GEOQUIMICA DE LAS UNIDADES LITOLOGICAS DEL PORFIDO CUPRIFERO ESCONDIDA, II REGION, CHILE

Héctor Lagunas Beltrán

El pórfido cuprífero Escondida, ubicado a 155 km al sureste de Antofagasta, se encuentra emplazado en rocas volcánicas andesíticas de la Formación Augusta Victoria y, en parte, en un complejo de intrusivos subvolcánicos del Oligoceno. El cuerpo mi-

neralizado, de forma elipsoidal y elongado en dirección NO-SE, se encuentra espacial y genéticamente relacionado con el intrusivo denominado Pórfido Escondida. Las rocas volcánicas, intrusivas y el cuerpo de mena están intuidos por el denominado Pórfido

Riolítico, y por cuerpos de brechas hidrotermales. La mineralización se presenta diseminada y en vetillas, correspondiendo los principales minerales de mena a calcosina y covelina. Ambos sulfuros de cobre se restringen a una zona de enriquecimiento secundario de más de 600 m de profundidad reconocida, en su parte de mayor espesor. La alteración hidrotermal afecta, en distintos grados, a las rocas presentes en el yacimiento, pudiendo, en algunos casos, enmascarar totalmente las características originales de las rocas. Los principales tipos de alteración corresponden a potásica, fílica y propilítica, siendo la fílica la predominante. A menudo, los tipos de alteración anteriores aparecen, parcial o completamente, enmascarados por una alteración argílica supérgena.

Independientemente de su grado de alteración, las distintas litologías del yacimiento pueden ser identificadas por sus contenidos de TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , V, MnO y la razón Zr/TiO_2 . Por ejemplo, la covariación del TiO_2 con el V permite diferenciar a las andesitas del Pórfido Escondida y del Pórfido Riolítico, mientras que basado en la

relación entre MnO y SiO_2 se logra una buena discriminación entre los dos tipos de pórfidos. Además, sobre la base de la relación entre TiO_2 y V es posible diferenciar dos grupos de andesitas: AI y AII (el primero con contenidos mayores, que el segundo, para ambos elementos).

Las unidades de brecha se pueden agrupar a base de sus características macroscópicas. Utilizando criterios tales como el carácter de los fragmentos y el tipo de matriz ígnea, brecha de matriz clástica mineralizada, brecha de matriz clástica estéril y diques de guijarro.

Las mayores concentraciones de Au; Ag, Mo y As en el yacimiento coinciden espacialmente y se ubican dentro de la zona de enriquecimiento secundario y están asociadas al Pórfido Escondida o al contacto entre éste y las andesitas. El Zn, en cambio, presenta un máximo de concentración desplazado hacia el SO de la zona anterior y está contenido mayoritariamente en andesita.

Prof. Guía: Sr. Waldo Vivallo
09-01-96

PROSPECCION DE HIDROCARBUROS EN CUENCAS DE EXTENSION PRECRETACICAS, MAGALLANES, CHILE

Jorge Moraga Benavides

Se presenta la fundamentación geológica del Proyecto de Exploración en Cuencas Pre-cretácicas que ENAP desarrolla en la Región de Magallanes. Este proyecto fue propuesto a la luz de

métodos actualizados en estratigrafía sísmica y en la modelación de cuencas extensionales, aplicados al análisis de la información de subsuperficie.

Se define la existencia de numero-

sas cuencas extensionales asociadas al episodio de fragmentación del paleocontinente de Gondwana, iniciado en el Jurásico medio a superior en el área. Se expone como ejemplo la estructura y estratigrafía de una de estas cuencas, denominadas Cuenca Oriental.

En la Cuenca Oriental se reconoce una sucesión estratigráfica syn-rift precretácica, de aproximadamente 4 km de espesor. En ella se distinguen tres etapas evolutivas. La primera se caracteriza por sedimentación continental-aluvial, sobre un relieve estructural desarrollado por la evolución incipiente de un pliegue regional tipo roll-over que afecta al Basamento Metamórfico. La segunda etapa se caracteriza por depósitos volcánicos, cuyos centros de emisión se emplazaron en zonas de transferencia ubicados en los extremos norte y sur de la cuenca y en los márgenes de un graben de colapso del roll-over. La tercera se caracteriza por sedimentación lacustre, en una cuenca cuya subsidencia fue controlada por pulsos episódicos de extensión asociada con las fallas de margen. Los depó-

sitos post-rift subsecuentes, son marinos y se desarrollan por sobre una destacada discordancia regional que marca el inicio de un episodio de subsidencia por relajación termal en el límite Jurásico-Cretácico inferior.

Esta sucesión estratigráfica fue reconocida en el pozo Calafate Pk-1 y conforme a sus resultados, se definió un sistema petrolero de exploración para este tipo de cuencas, que consiste en: a) rocas madres lacustres maduras, de buen a excelente contenido de materia orgánica, derivada de kerógenos de tipo I y en ventana de generación a partir del Eoceno; b) trampas estructurales, estratigráficas y mixtas; c) rocas reservorios en rocas fracturadas volcánicas y en depósitos arenosos fluviales y turbidíticos lacustres; d) sellos en las unidades pelíticas y e) migración lateral por discordancias internas y vertical por fallas y fracturas.

Prof. Guía: Sr. Jorge Skarmeta
4-6-96

ASPECTOS ESTRUCTURALES Y PETROLOGICOS DEL BASAMENTO METAMORFICO AL SUR DE MALALHUE

Wilfredo Pincheira G.

La presente memoria de título tuvo como objetivo precisar la estructura y petrografía del basamiento metamórfico paleozoico, en un área específica al sur de la localidad de Malalhue, en el sur de Chile.

Sobre la base de la distribución espacial, estilo de deformación y litología de las rocas metamórficas del área de estudio, se han diferenciado de oeste a este, cuatro unidades: Metamorfitas del Estero Huillileufu (MEH);

Esquistos de Huenuye (**EH**); Filitas de Malalhue-Estero Fofilco (**FMF**) y Metaturbiditas del Estero Cusileufu (**SEC**).

Las unidades metamórficas se distribuyen en franjas de rumbo N-S a NNE, con contactos entre ellas, de tipo gradacional y/o tectónicos. La foliación principal, en planos axiales de pliegues y fallas tienen vergencia preferentemente hacia el oeste.

La unidad **MEH** se compone de franjas alternadas de metabasitas, metacherts y metapelitas. Las metabasitas corresponden a rocas verdes y esquistos verdes de protolito basáltico. Las metapelitas consisten en esquistos de cuarzo-muscovita y esquistos micáceos. En esta unidad ocurren cuerpos serpentiniticos de pequeñas dimensiones, que corresponden a rocas ultramáficas metamorizadas y emplazadas tectónicamente. Las metabasitas y metapelitas presentan una foliación principal S_p suavemente inclinada y pliegues asimétricos con plano axial manteniendo hacia este. Fallas inversas de bajo ángulo controlarían los contactos entre estas litologías.

La unidad **EH** se compone de esquistos de cuarzo-muscovita con contenido variable de grafito. La mineralogía de estas rocas sugiere un

protolito pelítico. Las rocas de esta unidad se caracterizan por tener una foliación penetrativa S_2 suavemente inclinada hacia el este, pliegues apretados con plano axial paralelo a S_2 y desarrollo de pliegues kink y chevrón en zonas de charnelas de pliegues.

Las rocas de la unidad **FMF** corresponden a filitas de protolito pelítico. Las filitas muestran una foliación S_1 inclinada hacia el este y una foliación S_2 poco penetrativa.

La unidad **SEC** se compone de metaareniscas y pizarras alternadas en una secuencia sedimentaria rítmica. Las rocas de la unidad **SEC** y culmina en la unidad **EH**, que presenta asociaciones mineralógicas con biotita y granate.

Las rocas de la unidad **MEH** fueron generadas en un ambiente de fondo oceánico y las rocas de las unidades restantes provienen de sedimentos clásticos marinos de plataforma continental. Todas estas unidades fueron metamorizadas y deformadas de modo penetrativo en un prisma de acreción durante el paleozoico superior.

Prof. Guía: Sr. Francisco Hervé A.

30-07-96

GEOLOGIA DEL AREA CENTRAL-NORTE DE LA PROVINCIA DE ELQUI, ENTRE LAS COORDENADAS 29° 45' - 30° 00' LAT. SUR Y 70° 39' - 71° 05' LONG. OESTE

Germán Pineda Flores

El presente trabajo, realizado en rocas cretácicas a paleógenas, ha per-

mitido establecer la ocurrencia de tres eventos geológicos depositacionales

mayores para dicho rango de tiempo representados por: la Cuenca de Marquesa (Cretácico), el Complejo Volcánico Cerro Peñón (Cretácico Superior-Paleógeno) y el Sistema de Calderas Anidadas Condoriaco (Paleógeno).

Las unidades volcano-sedimentarias de la estratigrafía clásica de la región: principalmente las formaciones Quebrada Marquesa, Viñita y, en parte, Los Elquinos representan una asociación de facies volcánicas y sedimentarias relacionadas a la construcción de una cuenca extensional que constituye un hemigraben. El rift es de ancho variable entre 25 y 30 Km orientado en dirección NNW, rellenado por brechas epiclásticas, areniscas, conglomerados, areniscas calcáreas y tobas de lapilli, cubiertas por lavas andesíticas basálticas (Lavas de Viñita Baja, Cretácico Superior).

En la cordillera Principal, al este de la falla Vicuña, afloran andesitas macizas que constituyen del Complejo Volcánico Cerro Peñón (de acuerdo a estudios anteriores Formación Viñita) de edad cretácica superior-paleógena ($52,4 \pm 1,8$ Ma en roca total).

Se sobreimpone a este sistema de rift, al NE de esta área, el Sistema de Calderas Anidadas Condoriaco. Corresponde a un complejo volcánico constituido por ignimbritas, brechas de colapso y pórfidos andesíticos a dacíticos asociados al magmatismo póstumo del sistema de calderas antedicha.

En el área afloran cuerpos intrusivos que están directamente relacionados a los mecanismos de formación de cuencas y calderas, con una composición que varía de monzogranito a diorita. En el sector occidental afloran los más antiguos y corresponden a

monzogranitos de edad K-Ar 100 ± 3 Ma (Plutón Santa Gracia) y granodioritas de 108 ± 3 Ma que intruyen a mesobrechas de la Cuenca de Marquesa. En el sector central un stock diorítico genera una extensa área de alteración hidrotermal de probable edad paleógena. En la Cordillera Principal aflora el cuerpo intrusivo más joven: el Batolito de Loma Blanca, de edades K-Ar 48 ± 2 Ma y $50,2 \pm 5,7$ Ma.

La tectónica juega un rol importante tanto en las estructuras que se forman como en la estratigrafía ligadas a ellas. Las principales estructuras corresponden a:

1. las fallas de borde de crecimiento de la Cuenca de Marquesa las que constituyen el límite occidental de la cuenca y forman una rampa de relevo. En la falla al sur de esta rampa se ponen en contacto andesitas de la Formación Arqueros con brechas epiclásticas de la formación Quebrada Marquesa
2. el anticlinal de Talcuna, asociado a una tectónica comprensiva en el Paleógeno, la cual reactivó fallas en forma opuesta a los movimientos iniciales
3. la estructura de borde de la Caldera de Condoriaco
4. la falla Vicuña, un sobreescurrecimiento de bajo ángulo de vergencia hacia el W con inclinaciones de $12-18^\circ$, cuyo movimiento principal habría sido Eoceno.

Prof. Guía: Sr. Sergio Rivano García

22-01-96

ESTUDIO GEOLOGICO PARA PROYECTO DE DESCARTE DE PEBBLES EN LA MOLIENDA SEMIAUTOGENA, MINA LOS BRONCES COMPAÑIA MINERA DISPUTADA DE LAS CONDES S.A.

Iván Vela Roberts

El presente trabajo de título tuvo como objetivo el caracterizar geológicamente los pebbles generados en la molienda semi-autógena del mineral proveniente del pit Infiernillo Sur, con el fin de servir de soporte a un estudio de factibilidad económica, para evaluar la implementación de una estrategia de descarte de este material.

Se muestrearon los pebbles generados en 56 turnos de la planta de molienda. Se estudio su composición litológica, mineralógica, leyes de cobre total y los rendimientos horarios de la planta de molienda. Las muestras de cada turno fueron cuarteadas, generándose dos muestras representativas por turno. Una, hizo la vez de muestra de control y fue analizada por cobre total, mientras que la otra fue estudiada geológicamente y analizada por cobre total, después de haber sido sometida a un lavado bajo un chorro de agua.

La hipótesis de trabajo hace referencia al hecho de que la mineralización se aloja en la roca denominada Brecha Infiernillo, que está conformada por clastos de las rocas circundantes y por una matriz que une a los clastos. La composición litológica predominante en los clastos de la Brecha Infiernillo, son andesitas y monzonitas cuarcíferas, cuyo background de cobre en el distrito se estima en 0.40% de cobre total. Los clastos conforman la unidad de mayor dureza. La molienda semi-autógena debiera separar la fracción más dura y de menor ley de cobre total como pebbles (clastos),

de la más blanda (matriz) que contiene la mineralización económica de importancia, produciéndose un aumento en la ley de cobre total del material alimentado a planta y en la producción de cobre fino.

El valor medio de ley de cobre total obtenido para los pebbles es bajo y alcanzó a 0.46%. Dado que la ley de corte en la mina alcanza a 0.75% de cobre total y que la razón ley de pebbles/ley de alimentación es aproximadamente 0.35, este resultado hace que la implementación de un programa de descarte sea económicamente factible.

Se presenta la experiencia obtenida de la posterior implementación de un programa de descarte de pebbles desde la molienda semi-autógena, demostrando en la práctica, que las estimaciones geológicas iniciales, han sido acertadas. Se concluye, que los pebbles mantendrán su baja ley, mientras predominen los clastos andesíticos en el mineral explotado. Considerando la naturaleza de las rocas de caja, se producirá, a mayor profundidad, el reemplazo gradual por clastos de monzonita cuarcífera, generándose un aumento en las leyes de los pebbles, lo cual volverá anti-económico su descarte, en la medida que la razón ley pebbles/ley de alimentación suba considerablemente. Se recomienda no descuidar el mejoramiento de un programa de muestreo y monitoreo, de la ley de los pebbles, debido al alto impacto económico de esta operación.

Prof. Guía: Sr. Carlos Palacios
29-07-96

MODALIDAD DE DISPERSION Y CARACTERIZACION DE LOS GRANOS DETRITICOS DE ORO DE LA ZONA DE QUEBRADA LAS PALMAS, CORDILLERA DE LA COSTA, REGION DE COQUIMBO

Laura Alicia Varas Riveros

En la Cordillera de la Costa y las planicies litorales de la Región de Coquimbo, entre los paralelos $31^{\circ} 10'$ y $31^{\circ} 15'$ latitud sur y los meridianos $71^{\circ} 27'$ y $71^{\circ} 40'$ longitud oeste, se encuentran las cuencas de las quebradas Isión-Las Palmas, La Iglesia y, en forma parcial, la de la Quebrada Amolanas. El relieve está conformado por quebradas profundas, laderas escarpadas y valles encajonados, siendo por consiguiente bastante limitada la deposición aluvial.

En el área, las rocas más antiguas corresponden a las rocas metamórficas (esquistos, filitas y metaandesitas) correlacionables con el Complejo Metamórfico del Choapa (pre-Devónico) y rocas sedimentarias (conglomerados, areniscas, lutitas y calizas) con intercalaciones tobáceas, asignadas a las formaciones Huentelauquén (Carbonífero-Pérmico) y El Quereo (Triásico). Estas secuencias aparecen cortadas por intrusivos bimodales pertenecientes a la Superunidad Limarí (Triásico superior - Jurásico inferior) y granodioríticos que forman parte de la Superunidad Mincha (Jurásico). El conjunto se presenta parcialmente cubierto por niveles aterrazados de arenas y gravas semiconsolidadas (Neógeno) y depósitos fluviales y coluviales no consolidados cuaternarios, que rellenan principalmente las quebradas. Estos últimos sedimentos fueron muestreados para la recuperación de oro detrítico.

La zona de estudio es un distrito aurífero, en que la mineralización primaria conocida ocurre en vetas de cuarzo; los tenores de oro medidos en las muestras de vetas estudiadas en este trabajo, varían entre 8 y más de 10.000 ppb.

La distribución de las partículas de oro recolectadas es heterogénea, observándose una mayor concentración en el sector denominado Isión (cuenca Isión-Las Palmas). El reconocimiento y cuantificación de las diferentes especies de minerales pesados recobradas junto a los granos de oro, permite identificar como fuentes de aporte de los sedimentos, las distintas unidades geológicas que forman el sustrato de la zona estudiada y descartar la existencia de aportes provenientes de zonas más alejadas.

La granulometría y morfoscopía de las partículas de oro señalan una derivación de fuentes primarias proximales para la mayor parte del oro recuperado. Además demuestran una evolución morfológica normal del oro detrítico a lo largo de la cuenca Isión-Las Palmas; por ejemplo, un aumento del índice de aplastamiento hacia aguas abajo y modificaciones en contornos y superficies de los granos ocasionadas por el transporte sufrido. En el sector más occidental de esta cuenca y en la Quebrada La Iglesia es posible también, discriminar entre aportes de fuentes cercanas y distales de partículas de oro.

La composición química determinada para el oro nativo corresponde a una aleación de oro y plata. La proporción entre estos elementos permite distinguir tres poblaciones: una de fineza media inferior a 700‰, otra de fineza media comprendida entre 700 y 800‰ y una tercera cuya fineza media es superior a 800‰. En la cuenca Isión-Las Palmas se identifica los tres tipos de oro; las muestras recolectadas de menor fineza están todas ubicadas en la cabecera de la Quebrada Isión. En La Iglesia y Amolanas se reconoce sólo oro nativo de alta fineza. La coexistencia de estas tres clases de oro, sugiere distintos niveles de erosión o más de un tipo de fuente primaria.

Además, el estudio de la composición química de los granos de oro

muestra que es infrecuente la presencia de partículas con un anillo periférico de fineza superior a la del interior de ellas, eliminando de este modo, la posibilidad de contribución de placeres antiguos como proveedores de granos de oro a los sedimentos actuales. La concordancia de este último resultado con la granulometría y morfoscopía del oro detrítico, indica que éste procede únicamente de la erosión directa de fuentes primarias, las que corresponderían principalmente a las vetas de cuarzo reconocidas en la zona de estudio.

Prof. Guía: Sr. Gérard Hérial
25-03-96

ESTUDIO GEOQUIMICO Y PETROGRAFICO DE LAS SECUENCIAS CENOZOICAS Y MESOZOICAS DE LA CUENCA TEMUCO - HUICHAHUE CON ENFASIS EN EL POTENCIAL PETROLERO

Ana Marisol Verdugo Carrasco

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial de roca madre y roca reservorio de las secuencias mesozoicas y cenozoicas de la Cuenca Temuco, la cual se ubica en la Depresión Central, entre los 38° y 39° Lat. Sur. y 72° y 73° Long. Oeste.

La Cuenca Temuco contiene más de 3.000 m de rocas sedimentarias y volcánicas cenozoicas, depositadas en ambiente continental en el Eoceno-

Mioceno Inferior (formaciones Temuco y Pilmahue), en ambiente marino durante el Mioceno Medio a Superior (formación Cholchol) y nuevamente continental en el Plio-Holoceno.

El basamento de la cuenca cenozoica está formada por rocas metamórficas y graníticas pertenecientes al Paleozoico, y rocas sedimentarias del Mesozoico, de carácter continental en el Triásico y marinas en el Jurásico.

La evaluación de roca madre comprendió un estudio geoquímico, para lo cual se efectuaron análisis de Carbono Orgánico Total (COT) y Pirólisis Rock-Eval, a muestras de fangolitas provenientes de sondajes y superficie, de las litofacies que según antecedentes geológicos, presentaban mejores perspectivas de entregar resultados positivos, tanto por su contenido de materia orgánica como por su espesor. De los análisis geoquímicos se obtuvo información acerca de la cantidad, calidad y madurez de la materia orgánica presente. Por otra parte, se analizó el efecto del tiempo y temperatura en las secuencias de la cuenca a través del método de Lopatín, el cual permite determinar madurez termal y estimar la ventana de generación del petróleo.

Para la evaluación de roca reservorio, se eligieron las facies arenosas gruesas, realizándose un estudio petrográfico, con el fin de determinar las características composicionales y los procesos diagenéticos que controlaron la destrucción de porosidad primaria y la creación y distribución de porosidad secundaria.

Los resultados obtenidos permiten identificar horizontes con altos conte-

nidos de materia orgánica en facies finas de las formaciones Temuco (COT = 4.16) y Cholchol (COT = 1.0), como también en la secuencia jurásica (COT = 3.16). Sin embargo, las secuencias terciarias se encontrarían termalmente inmaduras, y la secuencia jurásica estaría sobremadura. La aplicación del método de Lopatín ratifica los estados de madurez termal determinados por los análisis geoquímicos. De este trabajo se desprende que la secuencia con mejores características como roca madre corresponde a la formación Temuco.

El estudio petrográfico indica que las facies arenosas de las formaciones Cholchol y Pilmahue presentan una recuperación de porosidad (10%) ligada a posibles sistemas de fracturas. Para la formación Temuco señala la existencia de dos litofacies, cuyas características composicionales y texturales les han permitido desarrollar valores importantes de porosidad secundaria (24 a 30%) y permeabilidad. Estos resultados confirman la presencia de rocas reservorio en el área.

Prof. Guía: Sr. Francisco Townsend
14-11-95