

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



GEOLOGIA Y EVALUACION DEL YACIMIENTO
VULCANO-SEDIMENTARIO DEL DISTRITO
MINERO DE CUALE, JAL.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO GEOLOGO
PRESENTA

OSCAR BENITO GARCIA SHELLY

MEXICO, D. F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

Resúmen.

Agradecimientos.

I. Generalidades.

- I.1 Objetivo.
- I.2 Método de trabajo.
- I.3 Historia del distrito minero.

II. Geografía.

- II.1 Localización.

III. Fisiografía.

- III.1 Orografía e Hidrografía.
- III.2 Fisiografía.
- III.3 Geomorfología.

IV. Geología.

- IV.1 Geología regional.
- IV.2 Geología local.
- IV.3 Tectónica.

V. Yacimientos minerales.

- V.1 Mineralogía.
- V.2 Principales alteraciones.
- V.3 Yacimientos tipo kuroko.
- V.4 Tipo de yacimientos.
- V.5 Origen de los yacimientos.
- V.6 Cálculo de reservas.

VI. Conclusiones y Recomendaciones.

- VI.1 Conclusiones.
- VI.2 Recomendaciones.

Bibliografía.

R E S U M E N

El distrito minero de Cuale, está ubicado en la porción centro - occidental del estado de Jalisco. Es uno de los pocos yacimientos conocidos en la República Mexicana del tipo vulcanosedimentario. Se trata de cuerpos minerales con dos características principales: estratiformes y stockworks.

Se encuentran asociados a un horizonte estratigráfico que consta de una alternancia de lutitas negras e ignimbritas riolíticas en la parte centro - sur del distrito y una secuencia de ignimbritas riolíticas y riolitas porfídicas en el norte del distrito minero.

La paragenesis mineralógica consta de galena, esfalerita, tetraedrita como mena en los cuerpos de la zona centro - sur; en la parte norte consta de: esfalerita, calcopirita, galena.

El tipo de mineralización, su forma de emplazamiento, su paragénesis y su relación con la roca encajonante evidencian una analogía propia de los yacimientos tipo kuroko ubicados en la región norte del Japón y asociados a vulcanismo submarino exhalativo cuyo depósito de minerales ocurrió con base en procesos físico - químicos al mezclarse -- agua magmática saturada de elementos químicos y agua de mar saturada de sales y sulfatos. El cálculo de reservas de los cuerpos minerales del área de Cuale se llevó a cabo mediante la perforación de 215 barrenos dados y habiéndose aplicado dos tipos de metodología: triángulos - rectángulos y áreas de influencia. Los resultados son resumidos en el capítulo correspondiente.

I. GENERALIDADES.

I.1 *Objetivo.*

I.2 *Método de trabajo.*

I.3 *Historia del distrito minero.*

1.1. OBJETIVO.

El presente trabajo ha sido realizado con diversas finalidades.

- a) Describir brevemente la geología regional y local del distrito minero de Cuale, así como la morfología y reservas de los depósitos minerales ahí encontrados, además de establecer algunos parámetros genéticos de los yacimientos que relacionan a la metalogénesis de los depósitos tipo kuroko, localizados en la parte norte de el Japón, con la finalidad de ampliar las perspectivas de exploración en nuestro país.
- b) Elaborar un modelo matemático de dos de los más útiles métodos para calcular reservas de cuerpos minerales estratiformes que son el método de triángulos, rectángulos y el de áreas de influencia; se aplican con base en datos tomados directamente de una red de barrenos y estableciendo entre ellos una correlación.
- c) Aportar criterios en la exploración y evaluación de yacimientos tipo sulfuro masivo, que sirvan de apoyo para orientar exploraciones en regiones similares. Con esto se abre la posibilidad de descubrir nuevos yacimientos e incrementar las reservas de la Nación que tanta falta hace en estos momentos en que las exportaciones no petroleras están jugando un papel primordial para sustituir el déficit financiero originado por la baja de precios en los hidrocarburos a nivel mundial y que afectan políticamente y económicamente a México.

I.2. METODO DE TRABAJO.

- a) Recopilación de información existente para análisis y planeación de los alcances del presente trabajo.
- b) *Visitas de campo en diferentes periodos (exploratorio y explotatorio) que consistieron en un tiempo efectivo de 40 días con la finalidad de reconocer las unidades litoestratigráficas, levantar la geología de interior mina, tajos, así como revisar - informes de explotación, describir barrenos, y elaborar planos y secciones. Todo lo anterior comprende la etapa de campo en el desarrollo de la presente tesis.*
- c) *Posteriormente a la estancia en campo, se compiló e interpretó todo el material y estudios preexistentes, con lo que fue posible escribir, dibujar y calcular los capítulos, planos y tablas respectivamente, que componen este trabajo.*
- d) *Los trabajos que a consideración del autor son los más importantes que se han realizado en el área de Cuale, Jal., fueron utilizados como consulta y mencionados a continuación:*

Título: "SUMMARY OF EXPLORATION AT CUALE, JAL."

Autor: Dr. George Kenneth Lowther.

Año: 1958.

Objetivo: Exploratorio por parte de la empresa Eagle Pitcher, Co.

Título: "GEOLOGY OF THE CUALE MINING DISTRICT"

Autor: Bruce Erkins Macomber.

Año: 1962.

Objetivo: Tesis doctoral; Rutgers Univ., N.J.

- Título:** "CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MASAS SULFUREAS VOLCANOSEDIMENTARIAS"
- Autor:** Efraén Pérez Segura.
- Año:** 1978.
- Objetivo:** Tesis doctoral; Politécnico de Nancy, Francia.
-
- Título:** "YACIMIENTOS MINERALES Y EXPLORACIÓN DEL CUERPO NARI CERO EN CUALE, JAL."
- Autor:** Ramón Luna Barceló.
- Año:** 1979.
- Objetivo:** Tesis Licenciatura; Instituto Politécnico Nacional, D. F.
-
- Título:** "ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL DISTRITO MINERO DE CUALE, JAL."
- Autores:** Ing. Luis Macías Ojeda (q.e.p.d.)
 Ing. Miguel García Álvarez.
 Ing. Enrique Gómez de la Rosa.
 Sr. Anibal Cabral Delgún.
 Sr. Oscar García Shelly.
- Año:** 1979.
- Objetivo:** Cuantificación y evaluación de reservas para su explotación.
-
- Título:** "MINERAGRAFIA, MICROTERMOMETRIA E ISOTOPIA DE ALGUNOS YACIMIENTOS DE CUALE, JAL."
- Autoras:** Consuelo Macías Romo y Gabriela Solís Pichardo.
- Año:** 1985.
- Objetivo:** Tesis Licenciatura; Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

I.3. HISTORIA DEL DISTRITO MINERO DE CUALE.

Hasta antes del año 1854, la totalidad de los acontecimientos asociados a la explotación del distrito minero de Cuale han sido reportados oralmente; aproximadamente son como a continuación se describe:

- 1 8 0 4 Probablemente el primer descubrimiento en base a -- afloramientos de minerales oxidado en el área de La Prieta. Durante su años el área fue explotada en forma intermitente por el Sr. Luis Hernández y familia, quienes trabajaron hasta niveles de 150 m bajo superficie.
- 1 8 5 4 Se fundó la compañía "Unión en Cuale, Co.", la cual fue organizada por el Sr. Jesús Camarena, quien denunció una amplia extensión de terrenos que llegaban hasta Bahía de Banderas.
- 1 8 7 9 Después de haber sido explotada la mina inintermitentemente, estalló en este año una huelga, lo que provocó que se fueran a pique futuros planes de desarrollo en la mina. A partir de esta fecha, la explotación fue muy limitada y a nivel gambuzinaje.
- 1 8 8 4 Un incendio y una inundación posterior, limitaron la explotación a niveles superiores.

De acuerdo a unos informes, se tienen datos de la producción de 40 años por "Unión en Cuale, Co.", los cuales son: A partir de 1860.

<u>M I N A</u>	<u>PRODUCCION</u>
La Prieta	93,637.00 ton
La Prietita	14,394.00 ton
La Lumbera	1,046.00 ton

Ley de Plata: 50.8 onzas de Plata por tonelada.

Ley de Oro: 29 onzas de Oro por tonelada.

Los demás elementos eran despreciados, puesto que no se les había encontrado utilidad alguna en esa época a otros elementos como el Plomo y el Zinc.

1 8 9 9 Bajo la dirección de un Sr. Geitz, fue reorganizada la empresa anterior; pero nuevos problemas originados por los concesionarios, destruyeron las obras en 1900. En esta forma se originó el cierre de los trabajos; así permaneció por más de quince años.

Entre 1918 y 1922 "The Esperanza Col." del Oro, Méx., trató de reabrir las minas, pero un grupo de forajidos conocidos como "La banda de Zamora" secuestró a dos altos funcionarios. Este hecho, unido a la época de de presión los obligó a abandonar la región.

1 9 3 0 Se descubren dos cuerpos ricos en oro nativo, los -- cuales se explotaban hasta hace unos 20 años en forma rudimentaria. Se trata de cuerpos brechados de composición volcánica. Un estudio de exploración durante este año y 1931 fue efectuado por las Compañías Phelps Dodge, y Real del Monte; al salir del área los ingenieros y sus ayudantes, fueron asaltados y las muestras se perdieron.

1 9 4 2 Entre el período anterior y este año, Peñoles exploró el área, reabrió algunas obras y mediante socavones y barrenos, trataron de localizar cuerpos, pero fracasaron pues los tonelajes no les permitieron llevar a un nivel costeable.

1 9 5 0

Al caducar sus lotes, fueron denunciados por "Eagle Pitcher de México", quien exploró intensivamente durante unos once años a partir de 1950. Perforaron cinco barrenos de diamante buscando a profundidad - el cuerpo de La Prieta. En el área de Socorredora dieron tres barrenos los cuales ensayaron valores - bajos en plata, pero altos en zinc.

La depresión de precios en los metales y la nueva - ley minera en 1951, hicieron que esta empresa aban - donara el área.

1 9 6 5

A nombre de Zimapán, S. A. fueron denunciados los - fundos para así consolidar el control del Distrito. Problemas financieros obligaron a esta compañía a - detener su exploración hasta 1972, fecha en la que se inició una etapa intensiva de exploración para - posteriormente en 1975 construir un camino de acceso, que fue terminado en 1977 y es transitable en - cualquier época del año. Existe otro camino que -- une a Cuale y a La Unidad Minera con la población - de Talpa de Allende, Jal.

II. GEOGRAFIA.

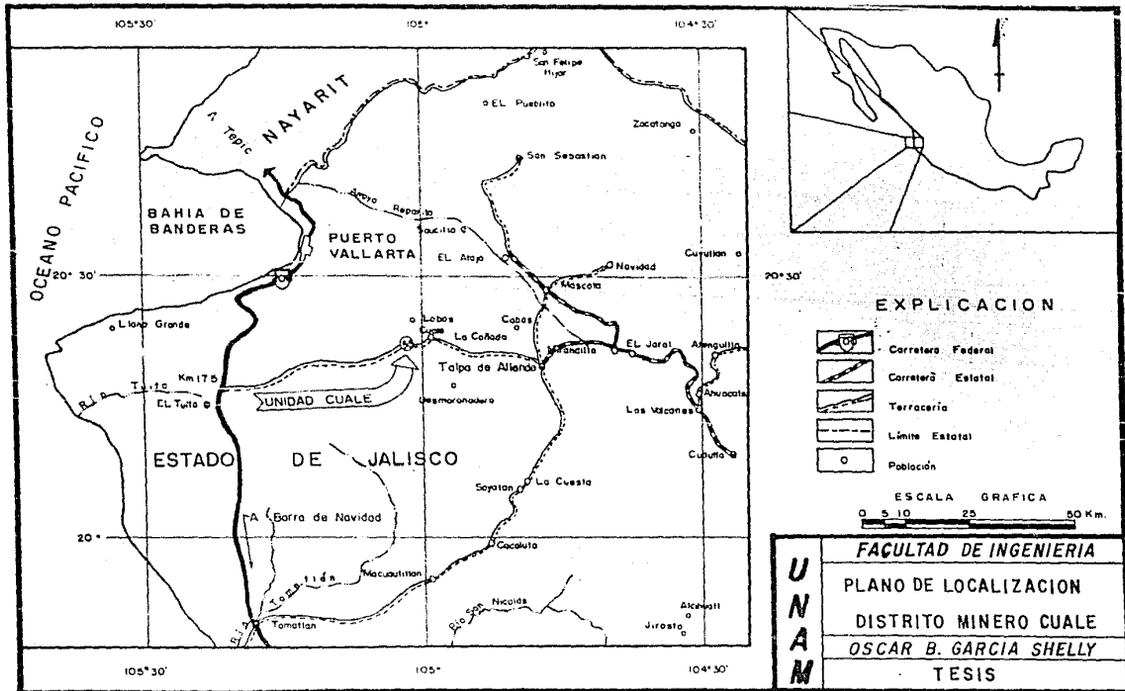
II.1 Localización.

II.1. LOCALIZACION.

El distrito minero de Cuale, Jal. se localiza en la parte centro-occidental del estado de Jalisco, a 30 km. al sureste de Puerto - Vallarta y al poniente del municipio de Talpa de Allende. Sus -- coordenadas geográficas son: 20° 22" de latitud norte y 105° 07' de longitud oeste.

Las únicas vías de comunicación hacia el distrito, son un camino de terracería construido por Zimapán, S. A. de 43 km. el que parte hacia el este de la carretera 200 Tepic - Manzanillo en el kilómetro 175, o sea 40 km al sur de Puerto Vallarta; el segundo camino une al distrito de Cuale con la población de Talpa de Allende perteneciente también al estado de Jalisco y ubicada al oriente de - Cuale.

Por carecer de líneas telefónicas, la empresa mantiene una estación de radio de banda lateral, que comunica a oficinas México y otras unidades con Cuale.



105° 30'

105°

104° 30'

OCEANO PACIFICO

BAHIA DE BANDERAS

NAYARIT

PUERTO VALLARTA

Loma Grande

R. A.

Km 175

EL Tuto

ESTADO DE JALISCO

UNIDAD CUALE

20°

Barra de Navidad

105° 30'

105°

104° 30'

San Felipe Mayor

EL Pueblito

Zacatango

San Sebastian

R. Reparto

Km 110

EL Atop

Novidad

Cupulian

Mascola

Lobos

Cabeas

La Coñada

Talpa de Allende

Desmaranabura

Mascola

El Jaral

Amagulla

Anacoate

Los Micones

Cupulian

Sejatan

La Cuesta

Cacaluta

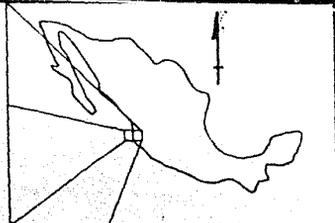
R. San Nicolas

Jirasto

Alcegañil

Tomatlan

Macacuitlan



20° 30'

EXPLICACION



Carretera Federal



Carretera Estatal



Terraceria



Límite Estatal



Población

ESCALA GRAFICA

0 5 10 25 50 Km.

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO DE LOCALIZACION

DISTRITO MINERO CUALE

OSCAR B. GARCIA SHELLY

TESIS

III. FISIOGRAFIA.

III.1 Ορογραφία e Ήδρογραφία.

III.2 Φυσιογραφία.

III.3 Γεωμορφολογία.

III.1. OROGRAFIA E HIDROGRAFIA.

Las montañas que conforman la topografía del área de Cuale, están circundadas por barrancos profundamente disectados cuyas pendientes en algunas zonas llegan a ser casi verticales.

Las máximas elevaciones sobre el nivel del mar corresponden a los cerros denominados "El Cantón" y "Minas del Oro" con 2,400 y 2,300 m.s.n.m. respectivamente. El conjunto montañoso formado por la combinación descrita constituyó un parteaguas del que se origina un sistema fluvial muy importante ya que alimenta a los ríos Cuale, Tomatlán y otros menores que van a desembocar al océano pacífico.

La red hidrográfica es permeable abajo de los 1900 m.s.n.m. e intermitente sobre esta elevación.

Cabe hacer mención del gran aporte de sedimentos que llevan al océano pacífico los ríos Cuale y Tomatlán durante la época de lluvias, esto es evidente en sus respectivos deltas.

III.2. F I S I O G R A F I A .

La localización del distrito minero de Cuale dentro de la Provincia Fisiográfica correspondiente ha sido polémica de diversos autores. Así:

GONZALEZ REYNA (1956), localiza a la región dentro de la Provincia Fisiográfica "Meseta Neo-Volcánica".

ORDÓÑEZ (1959), sitúa el distrito al oeste del estado de Jalisco dentro de la Provincia Fisiográfica de la Meseta Central, exceptuando la zona sur de Bahla - de Banderaas, a la que denomina "Subprovincia de la - Sierra Madre Occidental".

ALVAREZ JR. (1962), sitúa al área de estudio en la Provincia Fisiográfica que nombra "Zona Montañosa de la Costa del Suroeste". Esta faja montañosa junto -- con la de Guerrero - Oaxaca, constituye la Sierra Madre del Sur, la cual se extiende desde San Blas, Nayarit hasta Acapulco, en el estado de Guerrero. El Ing. Alvarez pone como límite superior 1500 m.s.n.m. e inferior el nivel del mar. El área de estudio se localiza de los 1900 m.s.n.m. a los 2200 m.s.n.m., esta - sería la única diferencia en la clasificación, pues - en las demás características concuerda perfectamente; la planicie costera es muy estrecha, tanto que en algunas zonas son las montañas las que tienen un contacto directo con el océano.

Finalmente, RAISS (1964), según su clasificación, - el distrito de Cuale queda situado en la Provincia Fisiográfica "Meseta del Norte"; el borde de la sierra está interrumpido en Colima, lugar en donde existe un

descenso de la Meseta Neo-Volcánica hacia el océano.

En fin, el autor del presente trabajo está de acuerdo con la clasi
ficación del Ing. Alvarez Jr.

IV. GEOLOGIA.

IV.1 *Geología regional.*

IV.2 *Geología local.*

IV.3 *Tectónica.*

III.3. GEOMORFOLOGIA.

La región en la cual se encuentra el distrito minero de Cuale, se caracteriza por su topografía abrupta, disectada por profundos barrancos (+ 800 m) y cañadas, con pendientes en laderas hasta de -90° . Estos rasgos constituyen un complejo montañoso orientado NE-SW, que se encuentra en una etapa de "Juventud" dentro del ciclo geomorfológico, como origen de procesos endógenos como vulcanismo y magmatismo principalmente. Posteriormente la topografía ha sido controlada por procesos exógenos, así pues, si se observa una sección Puerto Vallarta - Cuale, claramente se notará el contraste en 30 km a partir del nivel del mar hasta una altura máxima de 2,400 m correspondiente al Cerro del Cartón.

IV.1 GEOLOGIA REGIONAL.

Diversos factores se han conjugado para restringir el levantamiento geológico regional del distrito minero. Entre ellos destacan - la topografía abrupta, los pocos caminos y la necesidad de iniciar cuanto antes la explotación de los cuerpos ya detectados.

Sin embargo, las fotografías aéreas y algunos reconocimientos de campo, así como cortes en el camino de acceso a la unidad, han sido los únicos recursos para llegar a determinar una estratigrafía tentativa cuyas unidades se describen a continuación:

MEZOSÓICO. - En esta área se caracteriza por la presencia de un paquete de rocas metasedimentarias correspondientes a -- unas filitas, cuya secuencia es observable en el camino de acceso a la unidad minera de los kilómetros 28 - al 38. Se trata de rocas de textura esquistosa, físlitas, compuestas por cuarzo, clorita, sericita y biotita, con abundantes pliegues locales. Según Campa et. al. (1982) esta secuencia es correlacionable a un paquete de rocas volcánicas metamorfozadas, filitas y radiolaritas que afloran en Tumbiscatio, Michoacán con una edad probable del Triásico tardío al Jurásico temprano.

El ambiente de depósito de las filitas de acuerdo a datos petrográficos de Solís - Pichardo (1985) es marino de plataforma, en donde el material péltico es predominante.

A esta unidad petrológica, le sobreyace discordantemente un depósito vulcanosedimentario que está compuesto por una alternancia de lutitas negras e ignimbritas elíticas con rocas volcánicas ácidas. En las rocas sedimentarias según estudios micropaleontológicos realizados en el Instituto Mexicano del Petróleo (1984) se

se encontraron restos de espículas de esponja, así como radiolarios silicificados, lo que sugiere una edad tentativa del Oxfordiano al Albiano. Con estas características, este paquete vulcanosedimentario puede -- ser correlacionable con una secuencia descrita por -- Campa (1980) y que se localiza en el área de Zihuatanejo - Huétamo - Cutzamala.

En el camino de Puerto Vallarta a San Sebastián, Jal., Jensey (1975) describió una secuencia de riolitas del Cretácico tardío (datadas por potasio - argón); - dicha secuencia sobreyace a tobas arenosas y conglomerados que podrían constituir sedimentos acumulados correlacionables con la secuencia de los sedimentos depositados en la cuenca de Cuale.

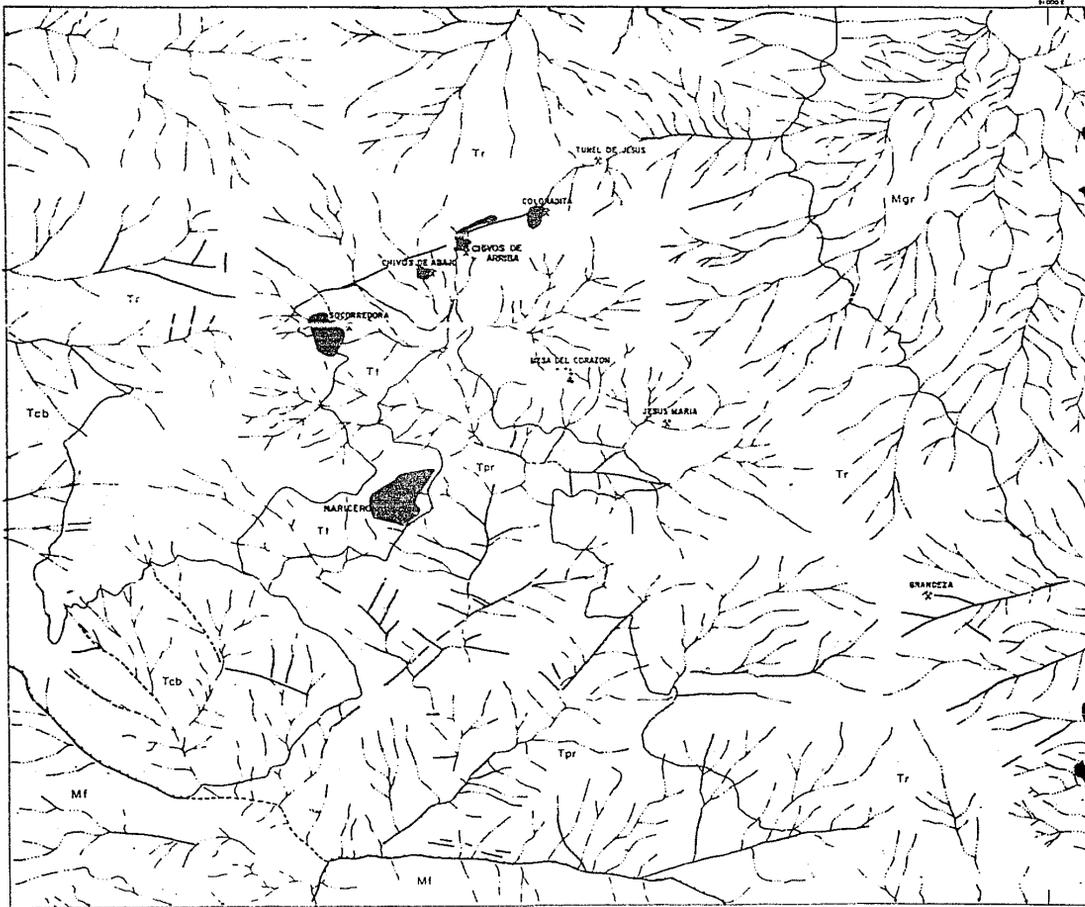
En el cretácico medio al tardío, se inicia el emplazamiento de los batolitos constituidos por granitos y granodioritas. Hacia el oeste de Jalisco, estos intrusivos forman un terreno casi continuo de unos 50 - km de ancho paralelo a la costa del pacífico.

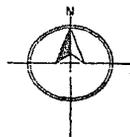
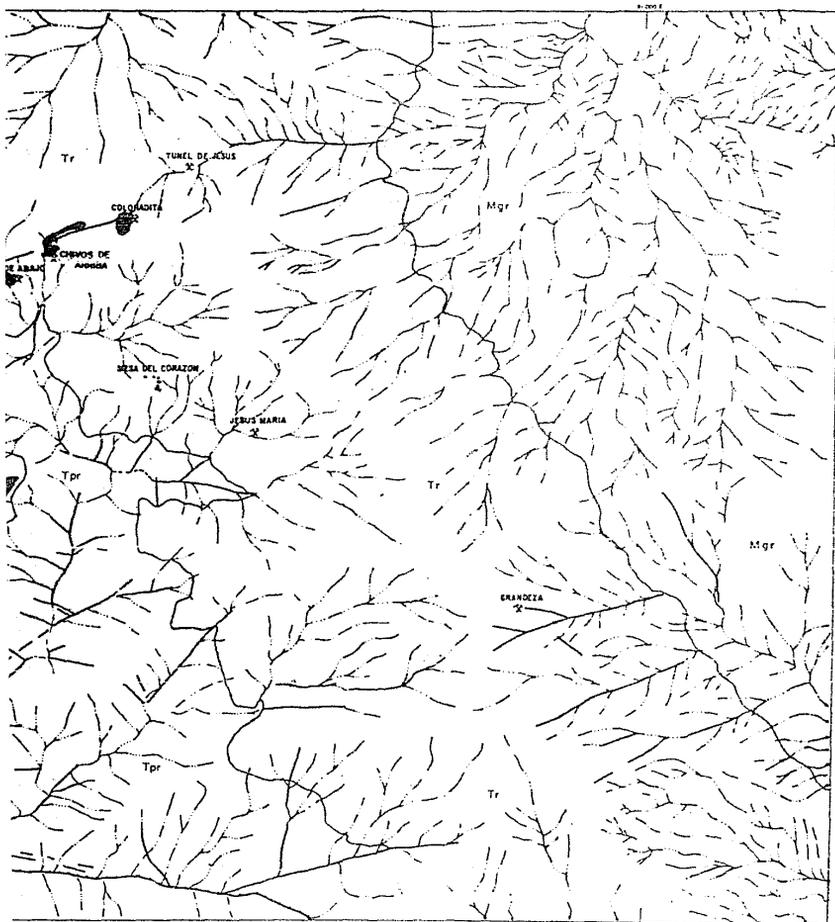
Este batolito granítico se encuentra aflorando desde Puerto Vallarta hasta el kilómetro 25 del camino que conduce a Cuale. El contacto en donde intrusiona el paquete de las filitas no se ha encontrado, solamente es inferido con base en fotografías aéreas.

CENOZOICO.- El tectonismo occidental de México durante el terciario originó la formación de la Sierra Madre Occidental, caracterizada por derrames riolíticos hacia la parte norte y andesíticos hacia el sur del estado de Guerrero. Los derrames basálticos del centro de la República Mexicana, corresponden a la formación del eje Neovolcánico.

Los desplazamientos N - S de las fallas de transformación localizadas en el occidente de México, originan

la formación del Golfo de California, dichos movimientos siguen aún en la actualidad.





EXPLICACION

Tr	Riolla
Tt	Tebas y lamillas
Tcb	Volcanoclastos
Tpr	Perfito solitico
Mgr	Granito
Mf	Filitas
	Fallas y fracturas
	Contacto geológico
	Drainajes

ESCALA GRAFICA



U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	PLANO FOTOGEOLOGICO
	DISTRITO MINERO DE CUALE, JAL.
	OSCAR B. GARCIA SHELLEY
	T E S I S

IV.2. GEOLOGIA LOCAL.

La secuencia litológica que aflora en el área del distrito de Cua le, está restringida a unos 4 km² aproximadamente, ya que prácticamente está rodeada en los 4 puntos cardinales por el batolito granítico, exceptuando la parte suroeste donde subyacen las filitas, que a su vez también son intrusionadas por el plutón.

En el extremo sur del distrito, aflora una estructura que parece ser la última extravasación de material volcánico del tipo piroclastico; consiste de un cuello volcánico de composición riolítica -- brechada con abundantes diques de composición riolítica algo -- caolinizados, emplazados en diaclasas con rumbo oriente - poniente, verticales. Este cuello volcánico está emplazado discordantemente sobre las filitas, y el contacto es claramente observable en la parte denominada "Puerto del Aire"; en este contacto, las filitas presentan deformación y fracturas.

La estratigrafía del área de Cua le, consiste de una alternancia -- de riolita con ignimbritas, lutitas negras (restringidas en la parte centro y sur del distrito), limolitas y un paquete de espesor mayor de riolita porfídica, que en todo el distrito actúa como roca base de los depósitos minerales.

Para dar una descripción más adecuada de la litología, a nivel local se dividió en cuatro partes el estudio, que corresponden a -- cuatro cuerpos minerales localizados desde el extremo sur hasta el extremo norte del área; estos cuerpos son: Naricero, Socorredora, Chivos de Arriba y Coloradita a pesar de que el total de los cuerpos localizados hasta la fecha asciende a diez, se tomaron los ya mencionados por considerarse como representativos de la región, -- además de que las características que poseen los yacimientos tipo "kuroko", son análogas a estos cuerpos, por ejemplo: estratiformes, minerales con transporte, bandeamientos, stchwork, zoneamiento, paragénesis mineralógica similar y algunas otras características

IV.2. GEOLOGIA LOCAL.

La secuencia litológica que aflora en el área del distrito de Cua le, está restringida a unos 4 km² aproximadamente, ya que prácticamente está rodeada en los 4 puntos cardinales por el batolito - granítico, exceptuando la parte suroeste donde subyacen las filitas, que a su vez también son intrusionadas por el plutón.

En el extremo sur del distrito, aflora una estructura que parece ser la última extravasación de material volcánico del tipo piroclástico; consiste de un cuello volcánico de composición riolítica -- brechada con abundantes diques de composición riolítica algo -- caolinizados, emplazados en diaclasas con rumbo oriente - poniente, verticales. Este cuello volcánico está emplazado discordantemente sobre las filitas, y el contacto es claramente observable en la parte denominada "Puerto del Aire"; en este contacto, las filitas presentan deformación y fracturas.

La estratigrafía del área de Cua le, consiste de una alternancia - de riolacita con ignimbritas, lutitas negras (restringidas en la parte centro y sur del distrito), limolitas y un paquete de espesor mayor de riolita porfídica, que en todo el distrito actúa como roca base de los depósitos minerales.

Para dar una descripción más adecuada de la litología, a nivel local se dividió en cuatro partes el estudio, que corresponden a -- cuatro cuerpos minerales localizados desde el extremo sur hasta el extremo norte del área; estos cuerpos son: Naricero, Socorredora, Chivos de Arriba y Coloradita a pesar de que el total de los cuerpos localizados hasta la fecha asciende a diez, se tomaron los ya mencionados por considerarse como representativos de la región, - además de que las características que poseen los yacimientos tipo "kuroko", son análogas a estos cuerpos, por ejemplo: estratiformes, minerales con transporte, bandeamientos, stckwork, zoneamiento, paragénesis mineralógico similar y algunas otras característi

cas que se verán con más detalle en el capítulo de yacimientos.

IV.2.1. AREA NARICERO.

En esta área, aflora una alternancia de lutitas negras con igním britas subyaciendo a un paquete de riolitas muy intemperizadas.

Las lutitas presentan estratificación con capas de espesor menor a 80 cm; yacen relativamente horizontales y presentan fuertes -- plegamientos en las cercanías de fallas normales, con saltos has ta de 20 m.

Los primeros trabajos de exploración llevados a cabo en esta zona que está situada al sur del distrito, fueron la limpieza de un socavón denominado "El Refugio" que en las paredes presentaba algo de mineralización, lo que motivó para dar barrenos exploratorios a partir de los topes. Al obtener resultados positivos -- en estas perforaciones, se programó la perforación de barrenos verticales desde superficie, habiéndose dado en total 29, de los cuales el 75% cortaron horizontes mineralizados con un máximo es pesor de 6.5 m.

El cuerpo descubierto, se conoce como "Naricero", cuya configura ción horizontal da una forma relativamente elíptica con su eje -- mayor orientado aproximadamente oriente - poniente en una longitud de \pm 450; la longitud de su eje menor es de unos 180 m. En -- sección se aprecia una estructura tipo lenticular (estratiforme) buza con un echado menor a 10° , hacia el sur. Este cuerpo yace a una altura de 1900 m.s.n.m.

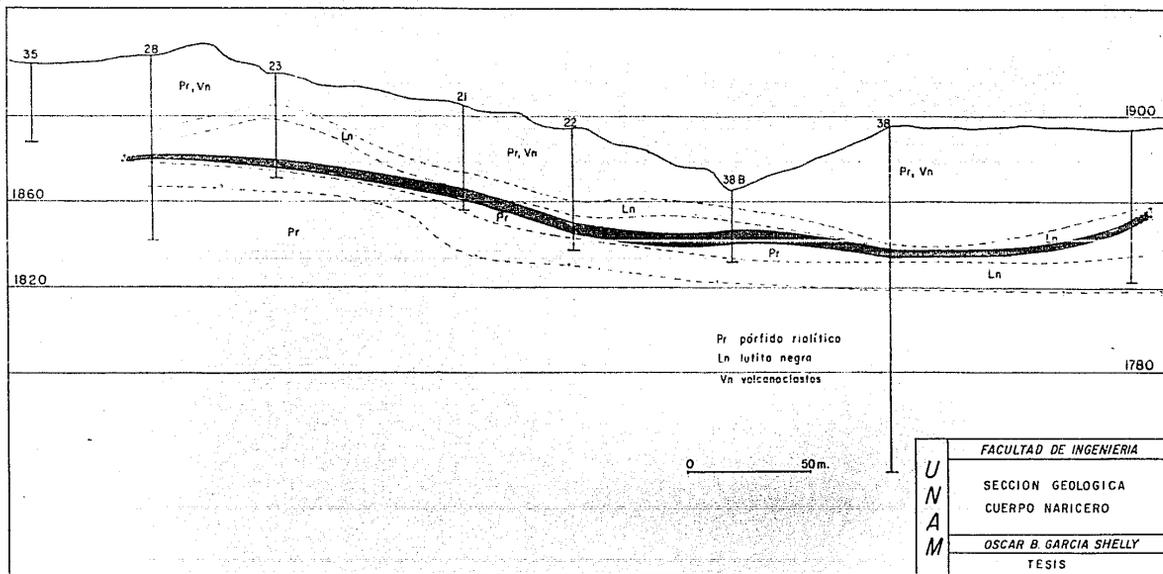
Naricero se encuentra emplazado en el contacto de lutitas negras y riolitas perfolíticas levemente silicificadas con xenolitos de -- lutita negra, además presentan fenocristales de feldespatos y de cuarzo subedral. Las lutitas presentan una alternancia de igním britas de composición riolítica.

La mineralización está emplazada en forma de lentes masivos de -- sulfuros contenidos entre las lutitas. Los minerales que componen al cuerpo, se pueden dividir en dos categorías: Mena y Gangas.

Como minerales de mena se tienen: galena, esfalerita y tetraedrita.

Como minerales de ganga: barita, cuarzo, calcita, pirita y hematita.

El modo de ocurrencia de los minerales está explicado en el capítulo de mineralogía.



IV.2.2 AREA SOCORREDORA.

El área de Socorredora está situada a los 1975 m.s.n.m. a un kilómetro al noroeste de Naricero.

La secuencia estratigráfica que aflora en esta zona, es similar a la de Naricero, la diferencia radica en que las lutitas presentan bajo grado de metamorfismo, caracterizado por un lustre submetálico (grafito) en su textura.

La alternancia de lutitas e ignimbritas presentan cambios laterales en los que las lutitas se acuan. Hacia la parte inferior de esta columna, subyace un paquete de riolitas porfídicas compuestas por fenocristales de cuarzo, feldespatos y esferulitas de ortoclasa.

Los antecedentes de mineralización en el área de Socorredora, se remontan al año de 1958, cuando se dieron cinco barrenos que contaron un cuerpo con leyes bajas en plata con altos porcentajes de pirita. En el año de 1975, se realizó un estudio geoelectrico de polarización inducida que reportó anomalías. Posteriormente, se dieron barrenos programándose uno a uno de acuerdo a resultados obtenidos. En total se perforaron veintiún barrenos desde superficie todos ellos verticales. El 76% de ellos fueron positivos; el máximo espesor que se cortó de mineral fue de 10.0 m en la parte central del cuerpo.

La forma de este cuerpo en su traza horizontal, semeja a una elipse cuyo eje mayor está orientado norte - sur y mide aproximadamente 220 m, el eje menor mide \pm 110 m.

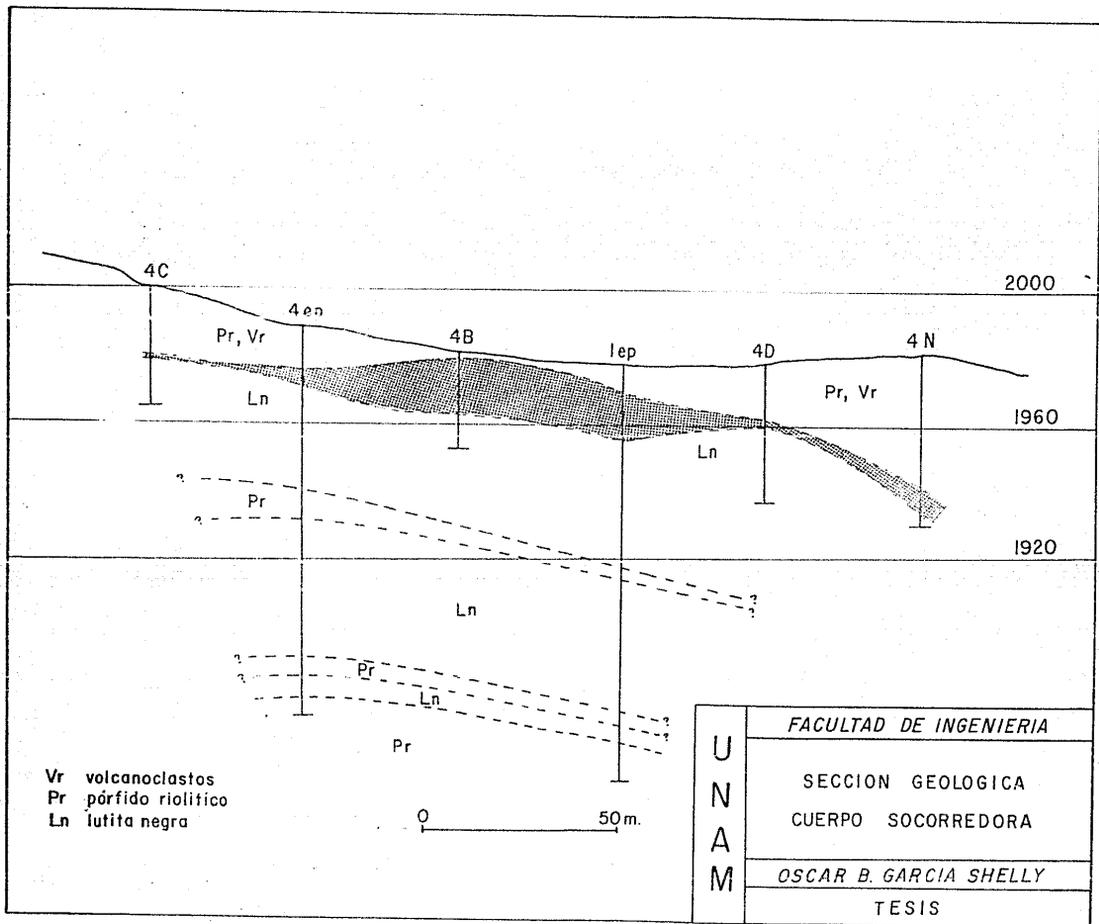
La mineralización de este cuerpo presenta dos características, una de ellas en la parte superior y emplazada en una alternancia de lutitas negras con ignimbritas líticas, se compone de lentes de pirita y algo de calcopirita, lo que en los yacimientos tipo kuroko --

serla la "mena amarilla"; en la parte inferior con una separación entre menas de unos 2.5 m, la "mena negra" correspondiente a una capa estratiforme de galena y esfalerita en matriz arcillosa negra.

Como minerales de mena que componen al cuerpo de Socorredora, se tienen: galena, esfalerita y tetraedrita, con trazas de calcopirita.

Minerales de ganga: pirita, cuarzo, sericita y clorita.

Los bandeamientos de la mena amarilla y la mena negra, pueden tomarse como evidencia de un depósito contemporáneo de los sulfuros con la roca encajonante. Otra evidencia de esto es la presencia de cristales cuadrados de pirita y esfalerita en una matriz de lu tita negra.



Vr volcanoclastos
 Pr porfido riolitico
 Ln lutita negra

0 50m.

U N A M	<i>FACULTAD DE INGENIERIA</i>
	SECCION GEOLOGICA
	CUERPO SOCORREDORA
	<i>OSCAR B. GARCIA SHELLY</i>
	TESIS

IV.2.5. AREA CHIVOS DE ARRIBA.

Esta área se encuentra ubicada en dirección noreste del cuerpo So corredora a unos 500 m y a una altura de 2030 m.s.n.m.

La litología en esta zona presenta diferencias en cuando a las -- descritas en las áreas de Haricero y Sucorredora, ya que las lutitas negras están restringidas al centro y sur del distrito.

En Chivos de Arriba afloran dos unidades petrológicas; una toba riolítica muy intemperizada y caolinizada; sobreyace discordantemente a la riolita porfídica, que es la base en todos los cuerpos de Cuale.

La mineralización de Chivos de Arriba, corresponde a un cuerpo -- lenticular estratiforme emplazado en tobas líticas.

El descubrimiento de este cuerpo fue posible como resultado de -- las anomalías que se reportaron del estudio geoelectrico "TURAM" de polarización inducida

Se programó la perforación de catorce barrenos casi todos verticales habiendo obtenido ensayos positivos solamente ocho de ellos.

Se cortó un máximo espesor de mineral de 10.3 en la parte centro-occidental del cuerpo, cuyas dimensiones en proyección horizontal son de 90 x 50 m.

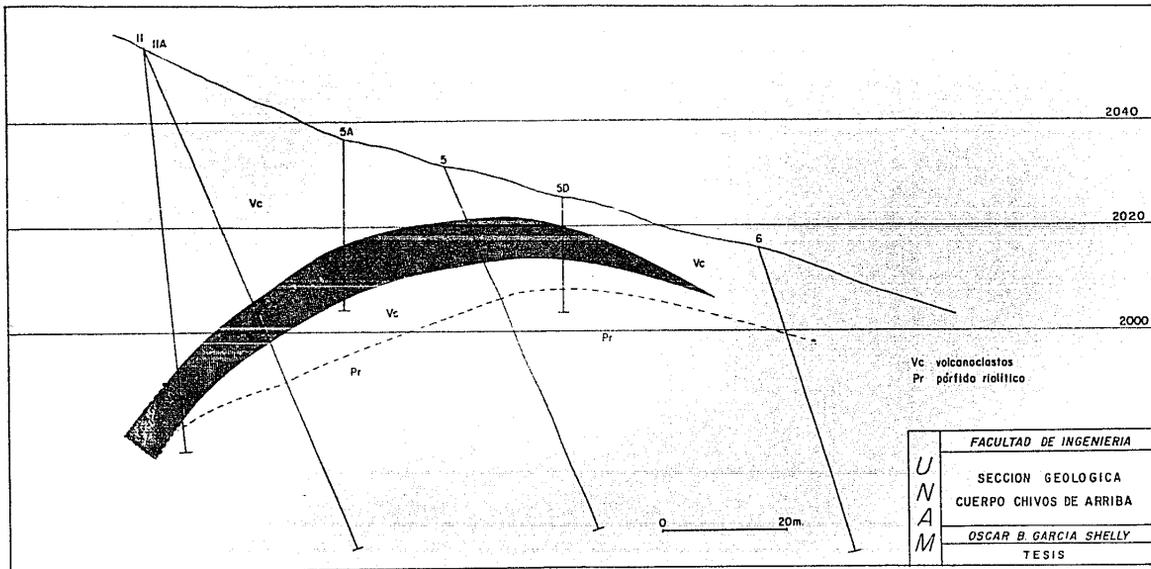
Este cuerpo presenta las dos menas tipo kuroko, (negra y amarilla) claramente definidas, además de contener un stockwork cuya composición principal es de una paragénesis esfalerita - calcopirita y pirita.

Los minerales de mena encontrados son: esfalerita, calcopirita, galena y tetraedrita.

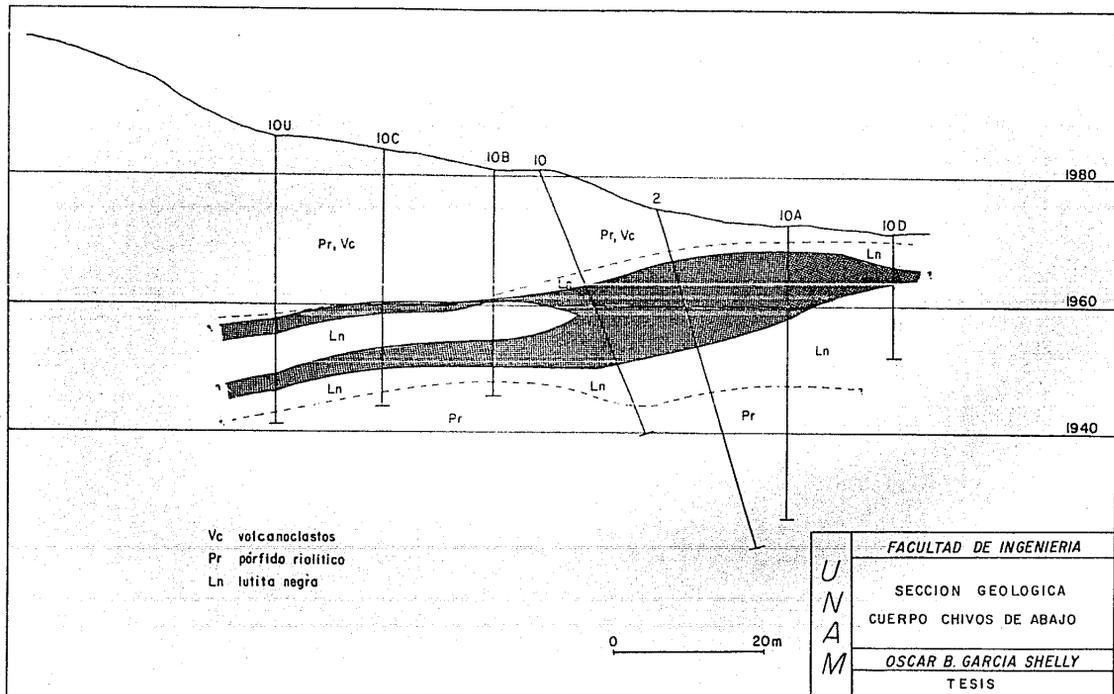
Minerales de ganga: cuarzo, sericita, hematita, limonita y algo de covelita y malaquita, además de caolín.

Este cuerpo choca con una estructura de cuyo origen ha sido motivo de polémicas por diversos autores; se trata de la "Falla de la Prieta"; según Macomber (1962) esta estructura sirvió como conducto de las soluciones mineralizantes, atendiendo a un origen hidrotermal. Esta "falla" es una estructura que tiene un rumbo de 50° al noreste con echado de 67° al suroeste, tiene una longitud aproximada de unos 2 km .

Según Kirwin (1982) se trata de un talud submarino en donde se depositaron minerales vulcano-sedimentarios. Lo cierto es que algunos cuerpos del distrito presentan una alineación paralela a este rumbo como son: Chivos de Abajo, Chivos de Arriba, El Rubí, - La Prieta y Coloradita.



	FACULTAD DE INGENIERIA
U N A M	SECCION GEOLOGICA
	CUERPO CHIVOS DE ARRIBA
	OSCAR B. GARCIA SHELLEY
	TESIS



IV.2.4 AREA COLORADITA.

El área de Coloradita está situada en el extremo norte del distrito de Cuale a una altura sobre el nivel del mar de 2120 m, aproximadamente a 300 m al noreste del cuerpo Chivos de Arriba.

La litología de Coloradita consta de dos unidades que son: en la parte inferior: una riolita porfídica muy silicificada con una red de vetillas multidireccionales. En la parte superior, sobreyace discordantemente una toba riolítica de grano fino, caolinizada.

En el contacto entre estas dos unidades petrológicas, está emplazada la mineralización, que consta de dos menas estratiformes con bandeamientos.

La paragenesis de la mena superior se forma de: esfalerita, galena, pirita y algo de calcopirita (mena negra). La mena inferior: pirita, calcopirita, esfalerita y poca galena (mena amarilla).

La red de vetillas emplazadas en la riolita, se componen principalmente de pirita y calcopirita con algo de galena.

Hacia la parte suroeste, el cuerpo Coloradita choca con la estructura de la Prieta, ya discutida en la descripción del cuerpo de Chivos de Arriba.

En el extremo noreste de Coloradita, aflora una zona de oxidación de gran magnitud conocida como el "gossan" cuya área es aproximadamente de unos 6000 m². Muestreos tomados de el gossan han ensayado hasta 14 gramos de oro por tonelada aunque en muestras aisladas. La mineralogía de esta zona consiste principalmente de hematita, limonita, oro nativo, plata nativa, malaquita, azurita, algo de smithsonita y calcedonia.

IV.3 TECTÓNICA.

La intrusión granítica en metasedimentos mesozoicos, marcó el principio de magmatismo en la región probablemente durante el mesozoico tardío como producto de los eventos tectónicos de subducción desarrollados en el Pacífico oriental, o sea, el occidente de México.

Posteriormente, se inicia la etapa de vulcanismo que da lugar a la formación de la Sierra Madre Occidental. La extravasión de lavas y tobas de naturaleza ríolítica cuyos derrames cubren gran parte del área de Cuale, es originada durante este período de intensa actividad volcánica. No obstante, un hiatus volcánico propicia el depósito de material péltico en cuencas cerradas.

Una nueva etapa de vulcanismo, produce los depósitos tobáceos que van a cubrir los sedimentos pélticos ya depositados. La pseudostratificación de las tobas y el grano relativamente fino, son evidencias de cierta lejanía del centro volcánico y un vulcanismo pirroclástico de naturaleza ignimbólica. Estos depósitos han sido correlacionados según Campa (1982) con una secuencia similar en Tumbiscatlo, Michoacán, cuya edad data del Oxfordiano al Albiano.

Hacia fines del Terciario, sobreviene la última etapa de actividad volcánica representada asimismo por el emplazamiento de cuellos volcánicos, diques y además, la actividad volcánica submarina que se desarrolló como producto de una etapa de tranquilidad tectónica representada por el contacto lutitas negras - tobas félsicas, a lo largo del que se emplazó la mineralización.

La conjugación de los eventos magmáticos, volcánicos, tectónicos, así como los procesos de erosión exógenos han dado como origen la topografía que caracteriza al área de Cuale.

La relativa horizontalidad de la mineralización, así como las rocas que la encajonan es producto de la verticalidad en los movimientos epeirogénicos característicos de zonas de eugeosinclinal; dichos movimientos no producen grandes deformaciones en los paquetes estratigráficos en los que predominan las rocas ígneas. (Teoría del autor)

V. YACIMIENTOS MINERALES.

- V.1 *Mineralogía.*
- V.2 *Principales alteraciones.*
- V.3 *Yacimientos tipo kuroko.*
- V.4 *Tipo de yacimientos.*
- V.5 *Origen de los yacimientos.*
- V.6 *Cálculo de reservas.*

V.1. MINERALOGIA Y QUIMICA.

Fundamentalmente, los minerales explotables en el distrito son: -- GALENA, ESFALERITA Y TETRAEDRITA (observable bajo muestra minera-grafía en el microscopio, íntimamente asociada a la galena). Como menas cupríferas que existen en cantidades accesorias, se tienen a la calcopirita y la calcosita.

Entre los minerales que forman a la ganga, existen: cuarzo, pirita, marcasita, barita, calcita, dolomita, calcedonia y algunos minerales arcillosos como la sericita y la clorita.

Asimismo, en las zonas de oxidación se encuentran elementos nativos y minerales típicos de sombreros de hierro como: oro, plata, cobre, goethita, malaquita, azurita, smithsonita, hematita y crisocola.

a). Descripción de menas:

GALENA (del latín "galena" que significa mena de plomo).

Composición: PbS

Sistema cristalográfico: Isométrico.

P.E.: 7.4 - 7.6

Modo de ocurrencia en este distrito: Por lo general, se presenta masiva de grano fino, asociada a esfalerita, tetraedrita y pirita; ocurre en todos los cuerpos minerales del área, aun que en menor cantidad en Coloradita.

ESFALERITA (del griego "esfaleros" que significa engañoso).

Composición: ZnS

Sistema cristalográfico: Isométrico.

P.E.: A.0

Modo de ocurrencia en este distrito: Se presente anedral en casi todos los cuerpos; varía de un color negro metálico a -- pardo claro. Es observable en el cuerpo coloradita en el -- stockwork. Está asociada texturalmente a la pirita presente

en forma de bandeamientos. En el cuerpo de Socorredora al -
alto del cuerpo, se presenta en cristales enedrales en una -
matriz carbonoarcillosa compactada.

TETRAEDRITA (nombre dado en alusión a su hábito cristalino)

Composición: $(\text{Cu}, \text{Fe})_{12} \text{Sb}_{14} \text{S}_{13}$

Sistema cristalográfico: Isométrico.

P.E.: 4.6 - 5.1

Modo de ocurrencias en este distrito. Ha sido clasificada --
con base en estudios minerográficos; se presenta texturalmente
ligada a la galena en forma anedral. Es muy probable que la
clasificación correcta de este mineral sea: Freibergita (cu-
prosulfoarseno antimonífero de plata del sistema isométrico) -
ya que es la variedad argentífera de la tetraedrita, única --
portadora de este elemento en todo el distrito exceptuando la
plata nativa que forma parte de las zonas de oxidación.

CALCOPIRITA (nombre dado por su composición cuprífera)

Composición: CuFeS_2

Sistema cristalográfico: Tetragonal.

P.E.: 4.1 - 4.3

Modo de ocurrencia: La calcopirita a diferencia de los mine-
rales mencionados, solamente ocurre en los cuerpo de Chivos -
de arriba y coloradita. Se presenta masiva y forma bandeamien-
tos junto con la pirita y la esfalerita en el cuerpo coloradi
ta, en donde también forma parte del stockwork.

CALCOSITA (del griego calcos = cobre)

Composición: Cu_2S

Sistema cristalográfico: Isométrico.

P.E.: 5.5 - 5.9

Modo de ocurrencia: Asociada texturalmente a la calcopirita
y pirita en el cuerpo de coloradita. Se presenta masiva, de
color azul verdoso y brillo metálico con algo de iridiscencia.

b). Descripción de gangas:

CUARZO (del alemán antiguo "querz" que significa hielo muy - congelado).

Composición: SiO_2

Sistema cristalográfico: Trigonal.

Modo de ocurrencia: Común en todo el distrito en forma anedral y masivo.

PIRITA (del griego puros = fuego, en alusión a las chispas - que produce al golpearse con el martillo).

Composición: FeS

Sistema cristalográfico: Isométrico.

Modo de ocurrencia: Probablemente el mineral más abundante en el distrito, se presenta asociado no solo a las menas y gangas sino en áreas estériles como por ejemplo en los diques riódacíticos en el extremo sur del distrito. En el cuerpo de coloradita, ocurre en forma de bandeamientos paralelos a calcopirita y esfalerita. En el cuerpo de socorredora, coexiste en cristales euedrales junto a la esfalerita. En el extremo - oriente del distrito, se observan cristales euedrales de pirita en una matriz de riolita porfídica, muy cerca (\pm 100 m) de donde se encuentra un cuerpo denominado "grandeza". La pirita forma parte de las vetillas multidireccionales características de coloradita y chivos de arriba.

MARCASITA (del drabe "margashita" cuyo significado se desconoce; en la antigüedad se creía que era pirita; hoy en día - se sabe que ambos minerales son dimorfos).

Composición: Fe_2S

Sistema cristalográfico: Ortoclinico.

Modo de ocurrencia: Se presenta en la zona de oxidación del - cuerpo coloradita formando "racimos", lo que para otros autores son texturas framboidales.

BARITA (del griego "baris" = pesado, en alusión a su alto peso específico).

Composición: $BaO SO_3$

P. E. : 4.5

Modo de ocurrencia: Se presenta como ganga en el cuerpo Naricero, rellenando fracturas y cavidades. No se ha reportado como existente en otra parte del distrito. Su forma es anedral y está asociada al cuarzo y los sulfuros diseminados en vetilla.

CALCITA (del latín "calx" = cal; nombre dado a este mineral por Haldinger en 1845 y sustituyendo el antiguo nombre de "calspar" -- originado del alemán "kalkspat" que significa separación a polvo -- como producto de calentamiento).

Composición: $CaCO_3$

Sistema cristalográfico: Trigonal.

Modo de ocurrencia: Mineral raro en el distrito, es observable en la ganga de los cuerpos de Naricero y Socorredora en pequeñas cantidades, asociada a cuarzo, dolomita y barita.

DOLOMITA [En honor del mineralogista francés Deodat Dolomien (1705 - 1801)].

Composición: $CaMg (CO_3)_2$

Sistema cristalográfico: Trigonal.

Modo de Ocurrencia: Solamente observable en el cuerpo Naricero en pequeñas cantidades y asociada a barita, cuarzo y calcita.

CALCEDONIA (del griego calcedonia, antiguo nombre de una ciudad de la Bitinia en Asia Menor).

Composición: $SiO_2 \cdot nH_2O$; sílice criptocristalina.

Modo de ocurrencia: En las zonas de oxidación de los cuerpos del distrito, probablemente como producto secundario de rocas silicificadas.

SERICITA (del griego "sericos" que significa seda, aludiendo a su lustre).

Composición: Compleja es un miembro del grupo de las micas. (Filosilicatos)

Sistema cristalográfico: Monoclínico.

Modo de ocurrencia: Presente en todo el distrito como mineral secundario de las riolitas y las ignimbritas.

CICORITA (del griego "chloros" - verde, atendiendo a su típico color).

Composición: Filosilicato de fórmula compleja. Pertenece al grupo de las micas.

Sistema cristalográfico: Monoclínico.

Modo de ocurrencia: Es uno de los minerales que están presentes casi en toda el área, es componente de las riolitas - porfídicas y las tobas líticas.

c). Descripción de minerales de la zona de oxidación:

ORO (del latín "aurum" = amarillo)

Composición: Elemento nativo; símbolo: Au.

Sistema cristalográfico: Isométrico.

P. E.: 19.3

Modo de ocurrencia: Ha sido reportado en todas las zonas de oxidación de los cuerpos de Cuale, aunque en muestras aisladas. Las máximas leyes han sido reportadas en la zona de oxidación del cuerpo Socorredora. En el área de "Minas del Oro" es común ver al oro lixiviado en riolitas silicificadas. Con excepción de esta última área mencionada, el oro se presenta asociado directamente a plata nativa, limonita y hematita.

PLATA (del latín "argentum" = plata; nombre dado en honor de

la diosa Luna).

Composición: Elemento nativo; símbolo: Ag.

Sistema cristalográfico: Isométrico.

P. E. : 10.1 - 11.1

Modo de ocurrencia: También forma parte de todas las zonas de oxidación. En el cuerpo de Socorredora, se explotaron - aproximadamente 900 kg de plata nativa asociada a oro cuya concentración fue muy pequeña: (\pm 3 gm / ton).

COBRE [del griego "cupros" = chipre, en honor al lugar de - su primer descubrimiento).

Composición: Elemento nativo; símbolo: Cu.

Sistema cristalográfico: Isométrico.

P. E.: 8.9

Modo de ocurrencia: A diferencia de los dos anteriores, este elemento ha sido encontrado en barrenos perforados en la "Mesa del Corazón" y en la zona del gossan. En otras áreas está presente en trazas.

GOETHITA [en honor del filósofo y poeta alemán Johann Wolfgang Von Goethe (1749 - 1832)].

Composición: $\text{FeO}(\text{OH})$

Sistema cristalográfico: Ortoclínico.

P. E. : .3.8 - 4.4

Modo de ocurrencia: Uno de los principales componentes de - las zonas de oxidación; se presenta en forma botroidal con - iridiscencia.

MALAQUITA [del griego "malaq" = verde malva]

Composición: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$

Sistema cristalográfico: Monoclínico.

P. E. : 4.0

Modo de ocurrencia: Únicamente observable en las zonas de -

los cuerpos Coloradita y Chivos de Arriba. Se encuentra en trazas en el cuerpo Socorredora.

AZURITA (nombre dado en alusión a su color azul marino).

Composición: $\text{Cu}_3 (\text{CO}_3)_2 (\text{OH})_2$

Sistema cristalográfico: Monoclínico.

P. E. : 3.8 - 3.83

Modo de ocurrencia: En la zona de oxidación de Coloradita, en pequeños cristales eñeñrales.

SMITHSONITA (en honor de James Smithson (1754 - 1829) fundador del Smithsonian Institution en Washington, D.C.)

Composición: ZnCO_3

Sistema cristalográfico: Trigonal.

P. E. : 4.4

Modo de ocurrencia: En pequeñas cantidades en el área del - "gossan".

HEMATITA (del griego "hemaioi" = sangre, debido al color de su raya).

Composición: Fe_2O_3

Sistema cristalográfico: Trigonal.

P. E. : 5.2 - 5.3

Modo de ocurrencia: Como componente en todas las zonas de oxidación del distrito, en su variedad "especularita".

CRISOCOLA (del griego "crisos" = oro y "cola" = pegamento).

Composición: Silicato básico de cobre hidratado; del grupo de los ciclosilicatos.

Sistema cristalográfico: Criptocristalina.

P. E. : 2.2.

Modo de ocurrencia: Exclusivamente fue encontrada en el - "gossan".

V.2. PRINCIPALES ALTERACIONES.

SILICIFICACION.- Este tipo de alteración es no solo muy común si no que es un "ingrediente" obvio en muchos otros tipos de alteración. La adición de cuarzo o sílice coloidal viene a rellenar, - invadir o saturar los depósitos.

La presión y temperatura vienen a incrementar la solubilidad del bióxido de sílice. En algunos casos son disueltas dos terceras partes del fluido total.

La presencia de rocas silicificadas, calcedonia, ópalo, vetas de cuarzo y otras características evidencian la silicificación.

Este tipo de alteración está presente en todo el distrito.

ARCILLIZACION.- Este término fue sugerido por primera vez en - - 1940 por Lovering para hacer énfasis en la prevalectencia de minerales arcillosos formados por soluciones hipogénicas reaccionadas con las rocas encajonantes lixiviadas.

La alteración argílica avanzada es comunmente encontrada adyacente a cuerpos minerales la cual grafiá a intermedia y débil en dirección opuesta. Las anfíbolas son especialmente inestables en - condiciones de arcillización. Los principales minerales asociados son: montmorillonita, halloysita, caolin, illita.

SERICITIZACION.- La anteración sericítica es probablemente la más abundante más rápidamente reconocible y más ampliamente variada - que se ha observado.

La sericita es una mica blanca de grano fino, comúnmente asociada a depósitos minerales.

Es fácilmente observable en el microscopio bajo lentes cruzados por su birrefringencia.

El grado de alteración puede ser estimado en el campo usando nava ja y lupa. Un cristal de feldespató alterado, se raya fácilmente con la navaja, usandó el diente para determinar la plasticidad y el remanente de feldepastó no alterado.

Es común esta alteración en Cuale, probablemente en mayor proporción que la silicificación.

ALTERACIONES OBSERVADAS

ARCILLIZACION	Produce minerales arcillosos producto de la alteración de los minerales máficos - de la secuencia volcanoclástica.
CAOLINIZACION	La cual produce la destrucción de los feldespatos en arcilla.
SILICIFICACION	Presente en los stockworks y la zona inferior de los cuerpos, asociada a las riolitas porfídicas.
CLORITIZACION	Ocurre en el pórfido riolítico y en la brecha volcanoclástica dando tintes verdes también a los diques riolíticos.
SERICITIZACION	Presente en toda el área de Cuale, asociada a la cloritización y caolinización.
OXIDACION POR INTEMPERISMO	Directa productora de los minerales en los sombreros de hierro.

V.3 YACIMIENTOS MINERALES.

Los yacimientos minerales del distrito minero de Cuale, Jal. fueron considerados durante mucho tiempo como sulfuros epigenéticos de origen hidrotermal, emplazados a profundidades intermedias y - temperaturas entre los 200° y 300° C (Macomber, 1962).

A partir de los estudios realizados en el distrito de Hokuroku, - Japón, se estableció que las principales características estructurales y mineralógicas de ambos distritos guardan una estrecha - similitud, pudiéndose tomar al distrito de Hokuroku como modelo - comparativo para establecer un origen similar en Cuale, aunque con épocas diferentes de formación. El origen que se le atribuye a - estos depósitos es del tipo volcanosedimentario marino exhalativo.

Los depósitos de sulfuros masivos tienen una amplia distribución - en tiempo y espacio, encontrándoseles desde el Precámbrico hasta el Reciente. Así, en épocas precámbricas, se presentan como un - rasgo característico de todos los escudos del mundo. Ejemplos de - estos son:

- | | |
|------------|---|
| Canadá: | Kidd Creek, Sullivan, Noranda. |
| Australia: | Broken Hill, Mount Isa, Mac Arthur River. |
| África: | Roan. |

También tienen importancia en algunos cinturones eugeosinclinales del Paleozoico como:

- | | |
|------------|--|
| Canadá: | Bathurst, New Brunswick, Newfoundland. |
| Australia: | Rosebery, Captain's Flat. |
| Europa: | Norwegian Caledonics, Rammelsberg y - Mansfeld - Kupferschiefer, Alemania y Río Tinto, España (Stanton, 1972). |

Los depósitos del Mesozoico y Terciario se localizan principalmente en las Islas del Pacífico como Japón, Fidji y Nueva Guinea.

Entre los más recientes se tienen los que están formándose sobre el piso oceánico del Mar Rojo y en la Dorsal del Pacífico del Este (Sato, 1977).

Los ejemplos anteriores quedan clasificados dentro de un gran grupo conocido como sulfuros de asociación marina y volcánico-marina. Sin embargo, este grupo abarca un amplio "espectro" de ocurrencia (Stanton, *op cit.*) que incluye: depósitos encajonados en rocas sedimentarias marinas pero sin rocas volcánicas asociadas; depósitos asociados a rocas volcánicas, pero sin la evidencia de depositación marina y una variedad de depósitos con características intermedias.

El ambiente tectónico de formación de estos yacimientos incluye regiones volcánicamente activas, cuencas intracontinentales y plataformas continentales. Dentro del primer grupo pueden incluirse: - los arcos insulares, tales como los del Japón, asociados a un centro volcánico de forma cómica y composición félsica; arcos insulares mal desarrollados como los de Río Tinto, España, asociados a rocas piroclásticas, riolíticas y queratófídicas con espilitas; -- dorsales oceánicas, como los tipo Chipre asociados a secuencias -- ofiolíticas formadas en zonas de expansión de la corteza oceánica; los depósitos tipo Besshi asociados a lavas basálticas, rocas piroclásticas y sedimentos "glysh" y depósitos recientes tipo saimuera del Mar Rojo y los del Pacífico del Este. Entre los yacimientos - asociados a cuencas intracontinentales y plataformas continentales, en donde la actividad volcánica es mínima o nula, pueden mencionarse los de Mac Arthur, Australia y Rammelsberg, Alemania (Sato, *op cit.*).

La característica común que distingue a este grupo de yacimientos, es la acumulación de sulfuros minerales estratiformes, los cuales

se forman sobre o cerca del piso oceánico por precipitaciones próximas o distantes a los sitios de descarga de fluidos hidrotermales (Franklin et al., 1981).

Su forma depende en general de la disposición de la unidad sedimentaria que los contenga, siendo común encontrarlos estratificados, formando lentes alineados de distintos tamaños, muchas veces acompañados de zonas de enrejado de vetillas o "stockwork" que representan los conductos por donde pasaron los fluidos mineralizantes.

Desde el punto de vista composicional, los sulfuros masivos son -- aquellos que se encuentran constituidos por más de un 60% de sulfuros. Estos yacimientos incluyen otros minerales como óxidos, carbonatos y silicatos. Entre los principales elementos metálicos se encuentran el zinc, el plomo, el cobre y el hierro en minerales como esfalerita, galena, calcopirita, pirita y pirrotita y cantidades menores de bornita y calcocita. La plata puede estar contenida dentro de la tetraedrita o la galena, y en ocasiones se encuentra nativa o formando sulfosales. El oro aparece como metal nativo o -- "electrum". En muchas ocasiones también se ven acompañados de estratos de yeso, barita y jaspe.

V.4 TIPO DE YACIMIENTOS.

Paramostrar de una manera más clara los puntos en que coinciden y difieren los yacimientos de Cuale, Jal. con otros tipo de sulfuros masivos volcanogénicos, a continuación se describirán los yacimientos tipo Kuroko del Japón, tomados como modelo.

Estos depósitos han sido objeto de numerosos estudios debido a -- que fueron los primeros en asignárseles un origen submarino exhaustivo (Ohmoto y Skinner, 1983). Entre las evidencias más aceptadas que caracterizan a este grupo se tienen:

La estratificación de las menas, lo cual sugiere:

La formación sobre fondos marinos y consecuentemente, un origen sinagénico de los cuerpos masivos, y un origen epigenético de los cuerpos de "stockwork" que generalmente subyacen a los masivos.

Cabe mencionar que el término "Kuroko" literalmente significa "mena negra" en japonés, pero es un término que se ha generalizado para describir cierto subtipo de yacimientos volcanogénicos.

En el distrito Hokuroku de Japón, los depósitos se concentran en áreas de aproximadamente 1.5 x 3 km. Tradicionalmente se pensaba que los yacimientos se asociaban a un horizonte estratigráfico del Mioceno (13 m.a.) (Sato, 1977), pero se han encontrado depósitos - cuyas edades varían entre los 16 y 11 m.a.

También se cree que únicamente se formaban en cuencas marinas someras de no más de 500 m de profundidad, pero a partir de estudios de foraminíferos (Guber y Ohmoto, 1978 en Ohmoto y Skinner, op cit.) y basándose en estudios y datos de presión-volumen-solubilidad de los volátiles en magmas basálticos (Dudds, 1983) se han propuesto

profundidades de 3,500 a 5,000 m. Esto es válido para los yacimientos tipo Besshi, más no para los tipo Kuroko, en donde las profundidades no exceden los 1,000 m.

Otro rasgo determinante en la depositación de los sulfuros es la paleotopografía del fondo submarino ya que controla el estilo de volcanismo y los sitios de mineralización.

Una topografía irregular, con altos y bajos submarinos determinará el lugar de depositación.

La actividad ígnea del distrito Hokuroku comenzó con un volcanismo bimodal (Ohmoto y Skinner, op cit.).

Anteriormente se asumía la existencia de un solo cuerpo magmático de grandes dimensiones del cual se derivan todas las rocas ígneas félsicas del distrito, ahora se piensa en varios centros de actividad ígnea con separaciones de 5 a 10 km. Esta gran área se sitúa en la provincia denominada "Green Tuff" con un espesor de 3,000 m de rocas volcánicas y sedimentarias acumuladas durante una subsidencia por fallas en el Mioceno (Sato, 1976 en Franklin et al., -- 1981).

La actividad volcánica y tectónica de esta área es el resultado de la migración del Japón alejándose del continente asiático durante la apertura del Mar del Japón (Ohmoto y Skinner, op cit.).

El modelo de crecimiento más aceptado de los yacimientos de sulfuros masivos propone una precipitación de los minerales de azufre sobre el fondo oceánico a partir de fluidos hidrotermales.

De acuerdo a la distancia que hay del cuerpo de sulfuros masivos al centro exhalativo, recibe el nombre de "proximal" cuando la distancia es mucho mayor, evidenciada por un retrabajamiento de los minerales.

La mayoría de estos yacimientos se asocian a domos riolíticos for-
mados durante y después de la mineralización.

Estos domos son la causa de una deformación y de la textura cata-
clástica de algunos yacimientos, mas no son el origen de la deposi-
tación inicial (Ohmoto y Skinner, 1985).

Según estudios recientes, petrográficos y mineralográficos textura-
les, ciertos autores (Eldridge, et al., 1985) propusieron un nuevo
modelo sobre el crecimiento de los yacimientos de sulfuros masivos.
Este modelo involucra cinco "fases" o procesos, de los cuales, dos
de ellos (primero y tercero) son los de mayor importancia. La pri-
mera fase involucra la precipitación de una mena negra primaria de
esfalerita, galena, pirita y barita como resultado de la mezcla de
fluidos hidrotermales no muy calientes con aguas marinas a menor -
temperatura. En el segundo proceso existe una recristalización de
estos mismos minerales, con la consecuencia de un aumento en su ta-
maño. En la tercera fase se involucra la interacción de esta mena
primaria con fluidos tardos más calientes y ricos en cobre, provo-
cando una serie de transformaciones metasomáticas: recristaliza-
ción de la mena negra primaria, una alteración a minerales de mena
amarilla (calcopirita) y a una mena rica en pirita. Este nuevo mo-
delo viene a revolucionar las ideas tradicionales de formación de
las distintas zonas mineralizadas en los yacimientos volcanosedimen-
tarios.

Estudios de inclusiones fluidas (Pisutha-Anond y Ohmoto, 1983) in-
dicar la formación de sulfuros y sulfatos a temperaturas entre los
150° y 350° C. Las menas negras, de menor temperatura, se forma-
ron a temperaturas menores a los 300° C, mientras que el cuarzo y
la calcopirita lo hicieron a temperaturas mayores a los 300°C.

A partir de los estudios isotópicos de Watanabe y Sakai (1983) se
concluyó que el sulfato de los fluidos mineralizantes es de origen
marino.

La alteración mineralógica que rodea a los depósitos es el producto de procesos contemporáneos ocurridos durante la migración lateral de los fluidos hidrotermales, desde el centro de descarga hacia el medio de menor temperatura (Urabe et al., 1983).

El origen de los fluidos mineralizantes todavía es muy discutido. Según Brindizia et al. (1983) y Písutha-Anond y Ohmoto (1983), -- las altas salinidades se explican por la presencia de fluidos magmáticos altamente salinos. Sin embargo, otros investigadores -- afirman que necesariamente se trata de una mezcla de fluidos magmáticos y agua marina.

Los principales factores que determinan la cantidad de metales y minerales en los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos en general son:

La historia térmica, determinada por el tamaño del intrusivo y la fuente calorífica.

La composición del agua salina, particularmente los contenidos de oxígeno y sulfatos.

El tipo de roca encajonante en el lugar del depósito.

V.5 ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS.

En Cuale, Jalisco, se ha reconocido una mineralización de sulfuros metálicos distribuidos a lo largo de ciertas estructuras mineralizadas. Los sulfuros se encuentran como lentes concordantes con la secuencia volcánosedimentaria, alojados principalmente entre lutitas negras y tobas arenosas. Las zonas de emisión (stockworks brechados debidos a etapas explosivas de volcanismo) se encuentran en áreas muy localizadas.

Las estructuras primarias (bandeamiento sinsedimentario y estratificación) pueden encontrarse aún como evidencia de un depósito con temporáneo de los sulfuros con la roca encajonante. En ocasiones estas estructuras primarias muestran trazas de un trabajo mecánico de transporte. En general, los yacimientos de Cuale, Jal. se presentan en dos formas principales:

- a). Dentro de vetillas de "stockwork" en pórfidos riolíticos.
- b). Dentro de estratos tobáceos, arenas y lutitas. Pudiendo formar ya sea lentes o bandas concordantes a la estratificación o diseminaciones en rocas tobáceas.

La paragénesis de sulfuros está representada con carácter dominante por la esfalerita, pirita y calcopirita; la galena se encuentra por abundante con trazas de ciertas sulfosales como son tetraedrita y freibergita. Como minerales secundarios se encontraron limonita, y así como hematita botroidal en las zonas de oxidación, con valores de plata y oro nativos. Todos estos minerales acompañados por una ganga de cuarzo, sericita, clorita y ocasionalmente barita y calcita.

La evidencia de las mineralizaciones en enrejado ("stockwork"), --

desarrolladas en rocas volcánicas de tipo ácido, dan idea de que se trata de depósitos de origen exhalativo. La relación espacial entre los depósitos estratificados y los aparatos volcánicos sugieren un mismo origen exhalativo para los cuerpos depositados - relativamente "lejos" de los sitios de emisión.

En algunos depósitos se conoce su carácter autóctono por localizarse en los stocks. Asimismo, en otros depósitos hay minerales - como pirita, esquelita y gaceta con estructuras y texturas grano blásticas y de retrabajamiento, pudiendo indicar un transporte mecánico (Naricero). Este transporte pudo deberse a deslizamientos de sulfuros depositados cerca del centro exhalativo y redepositados sobre partes topográficamente más bajas.

No siempre es necesario que las exhalaciones depositen su contenido metálico directamente encima de la fuente generadora. Hay que tener en mente las condiciones físico-químicas del medio ambiente y de las soluciones mineralizantes o salmueras. Así, es posible que estas salmueras, al ser más ligeras que el agua de mar, - floten durante algún tiempo hasta que por cambios en la temperatura, densidad, ph, etc., provoquen la precipitación de los sulfuros y metales acarreados sobre los fondos marino con sedimentos - argílicos y tobáceos, en este caso. Los depósitos así formados se caracterizan por una estratificación dominante y texturas coloradas. Aún cuando no se localicen directamente encima de un - stockwork, se pueden considerar como autóctonos. Por tanto, los yacimientos de Cuale, Jal., se clasifican como "proximales" por estar tan asociados los depósitos estratiformes con los centros - exhalativos. Aunque ciertos cuerpos muestran evidencias de un - transporte, este puede ser posterior a su depositación, clasificándose de acuerdo al término "proximal".

La paragénesis de un yacimiento de sulfuros masivos volcanogénicos es difícil de determinar en detalle ya que los lentes se forman

en un ambiente dinámico, en donde el material primario está sujeto a brechamientos por deslizamientos, recristalizaciones y alteraciones por el aporte de soluciones calientes, mineralizaciones secundarias y al intemperismo submarino. Aún así, pueden hacerse ciertas consideraciones sobre la mineralogía de los yacimientos de Cuale, Jal.

Algunos cuerpos únicamente presentan concentración de sulfuros -- dentro de vetillas como en los stockworks, mientras que otros -- muestras claramente las menas masivas (amarilla y negra). Estas menas son agregados de pirita y calcopirita con cantidades menores de esfalerita por un lado, y predominancia de esfalerita y galena sobre pirita y calcopirita, por el otro.

V.6 CALCULO DE RESERVAS.

La localización de los cuerpos minerales del distrito minero de Cuale, se llevó a cabo mediante varias etapas, las cuales fueron iniciadas en 1972.

Actualmente los yacimientos se encuentran en explotación, después de haber tenido resultados positivos en las exploraciones preliminares, algunas de las etapas más importantes que preceden a la --cuantificación de reservas, se mencionan a continuación:

- Estudio sobre trabajos precios de la región.
- Reconocimiento de campo.
- Estudios fotogeológicos.
- Geología de campo.
- Estudios geofísicos.
- Barrenación y ensayos.
- Obras de minado (socavones, descapote, caminos).
- Cálculo de reservas.

El cálculo de reservas es una de las fases más importantes en un proyecto minero, ya que da la pauta a seguir tanto para el tipo de explotación minera como para definir la vida económica del --distrito.

Por cálculo de reservas se entiende la evaluación hecha de una o varias sustancias que pueden ser aprovechadas por el hombre para satisfacer sus necesidades industriales (automóviles, microscopios aparatos electrónicos, etc.) y sociales (joyería, acuñamiento, ornamento, medicina, reservas nacionales, etc.)

Las reservas pueden ser medidas en diversas unidades, las cuales

estarán en función de la sustancia que se trate; así se tienen:

- a) Fluidos (agua e hidrocarburos) se medirán en metros cúbicos y en barriles respectivamente.
- b) Minerales no metálicos (celestita, silvita, azufre, fluorita, halita, yeso, etc.) se medirán en toneladas.
- c) Minerales metálicos (oro, plata, plomo, cobre, zinc, etc.) se medirán en toneladas.
- d) Minerales semipreciosos (turmalina, topacio, zircón, granates, crisoberilo, ópalo, etc.) serán medidos en kilogramos, gramos, en algunos casos en quilates - - (0.2 gramos).
- e) Minerales preciosos (diamante, zafiro, esmeralda y rubí), se medirán en gramos o en quilates (la quinta parte de un gramo).

El Servicio Geológico de Canadá (GEOLOGICAL SURVEY) da unas definiciones de tipo de reservas que parecen ser las más completas:

MINERAL COMPROBADO O MEDIDO. - Es el mineral sobre el cual se calcula un tonelaje, basándose en afloramientos, tajos, trabajos subterráneos y/o pozos y del cual se calcula la ley de acuerdo a los resultados de un muestreo hecho en forma adecuada; el muestreo es adecuadamente espaciado y el carácter geológico es tan bien definido, que el tamaño, forma y contenido del mineral pueden ser establecidos. El tonelaje y la ley precisas deben poderse juzgar - dentro de los límites de precisión claramente establecidos. Debe establecerse asimismo, el tonelaje y la ley de mineral medidos in situ, es extraíble indicando el factor de dilución (pérdida),

así como también las razones de tales factores claramente explicados.

MINERAL PROBABLE O INDICADO.- Se compone del mineral a partir -- del cual se hacen cálculos de tonelaje y ley, basándose en mediciones específicas y datos de producción y en proyecciones sobre distancias razonables respaldadas por evidencias geológicas. Los puntos que son accesibles para ser inspeccionados, son medidos y muestreados de tal manera que sea posible inferir la continuidad del material y la ley de la estructura.

MINERAL POSIBLE O INFERIDO.- Es el mineral cuyas estimaciones -- cuantitativas se basan principalmente sobre un conocimiento amplio de carácter geológico del yacimiento y apoyándose en pocas o ninguna muestra o medida. Cabe señalar que estas indicaciones pueden incluir comparaciones con depósitos de tipo semejante. Asimismo, cuerpos completamente sepultados, pueden ser incluidos en este tenor, si para ellos existen evidencias específicas.

Las estimaciones de mineral posible o inferido, deben incluir la información sobre las condiciones dentro de las cuales ocurre la mineralización.

Los métodos geofísicos tales como magnetometría, gravimetría, radiometría, polarización inducida, etc., ayudan a localizar fronteras minerales mediante las anomalías; los anteriores son los métodos más comúnmente utilizados en la prospección minera.

La barrenación de diamante fue determinativa para el cálculo de reservas en el distrito minero de Cuale, Jal., se desarrollaron entre los años de 1972 y 1978 un total de 215 barrenos.

Asimismo, se utilizaron dos diferentes tipos de cálculo para así poder llegar a datos más realistas y útiles, los cuales se apoyaron en lo siguiente:

Cálculo de reservas por bloques.
(Triángulos y rectángulos)

Por áreas de influencia.

Isopacas (aunque se es mencionado, no se utilizó en el presente trabajo).

a). El cálculo de reservas por el método de bloques. Se determina por los parámetros de: ley promedio, espesor promedio y área total, además de los factores de peso específico y dilución.

La ley promedio tiene tres etapas: por barreno, la cual es calculada en el laboratorio; por bloque, la cual está en función de -- los barrenos que forman dicho bloque; por último, la ley promedio del cuerpo. Estas etapas se ejemplifican a continuación:

Ej. 1. Sea un bloque definido por tres barrenos dados 1, 2 y 3, los cuales cortaron mineral en espesores a, b y c respectivamente.

La ley promedio se calcula como sigue:

BARRENO	ESPESOR	ORO	PLATA	PLOMO
1	a	Au ₁	Ag ₁	Pb ₁
2	b	Au ₂	Ag ₂	Pb ₂
3	c	Au ₃	Ag ₃	Pb ₃

Ley promedio de oro = $(a Au_1 + b Au_2 + c Au_3) : (a + b + c) = Aun$

Ley promedio de plata = $(a Ag_1 + b Ag_2 + c Ag_3) : (a + b + c) = Agn$

Ley promedio de plomo = $(a Pb_1 + b Pb_2 + c Pb_3) : (a + b + c) = Pbn$

Espesor promedio = $(a + b + c) ; 3 = E$

Ley promedio del bloque = $E (Aun, Agn, Pbn)$

El área total multiplicada por el espesor promedio total =

Volumen del cuerpo.

El volumen del cuerpo multiplicado por el peso específico =

Tonelaje.

b). Cálculo de reservas por áreas de influencia. El cálculo por este método es una aproximación al método de cálculo por bloques, la diferencia fundamental radica en que las áreas de influencia -- son bloques que se forman uniendo puntos, los cuales son las distancias medias entre barrenos; para barrenos que son límites de -- cuerpos minerales, formarán al mismo tiempo fronteras de bloques y unirán sus distancias medias con los barrenos más próximos.

Es obvio pensar que la facilidad en calcular el volumen de los bloques va a estar en función de la geometría utilizada en la exploración, la cual a su vez también está en función de factores topográficos. Una cuadrícula de barrenos origina cuerpos geométricos cuya área por lo menos es un problema resuelto.

c). Cálculo de reservas por isopacas. Los isopacas son líneas - que unen puntos de espesor constante. Son usadas para geología - estructural como ayuda en correlaciones, además de conocer la topografía de los paquetes de roca en el subsuelo.

En la exploración minera las isopacas se aplican al cálculo de reservas minerales, pues conociendo el área y el espesor de un cuerpo, consecuentemente se conocerá el volumen.

El procedimiento para calcular reservas por el método de isopacas, está regido por lo siguiente:

Barrenos dados cuyas leyes de mineralización está dadas por el laboratorio.

Interpolación de espesores para determinar curvas del mismo espesor.

Obtención del área entre isopacas por planimetría.

El producto de las áreas por las isopacas correspondientes para conocer el volumen.

Calcular la ley promedio total del cuerpo la cual se - obtiene sumando los productos del volumen por isopaca por la ley promedio de esa isopaca y dividiendo entre la suma de volúmenes.

El tonelaje es el producto del volumen por el peso específico.

RESUMEN DE RESERVAS.

<u>C u e r p o</u>	<u>Bloques</u>	<u>Areas de Influencia</u>	<u>Promedio</u>
Naricero.	382,541.74 ton.	384,612.68 ton.	383,577.21 ton.
Socorredora.	232,241.32 ton.	284,745.74 ton.	258,493.53 ton.
Chivos de Arriba.	36,235.88 ton.	22,821.46 ton.	33,028.67 ton.
Chivos de Abajo.	130,878.86 ton.	111,118.76 ton.	120,998.81 ton.

Por los resultados anteriores, se puede deducir lo siguiente:

Para cuerpos con espesor relativamente constante, cualquier método de cálculo de reservas dará resultados similares. Ej. NARICERO.

Los resultados obtenidos por diversos métodos de cálculo de reservas en cuerpos con espesores variables, serán igualmente variables. En este caso, el promediar ambos totales dará resultados más aproximados a la realidad.

INFORME DE PRODUCCION.

Como dato complementario, a continuación se resume la producción de los distintos cuerpos durante los años 1981 a 1985.

CUERPO	TONELAJE PRODUCIDO	RESERVAS ACTUALES
Naricero	374,645.00 ton.	8,932.21 ton.
Sororredora.	206,055.00 ton.	52,438.53 ton.
Chivos de Arriba.	20,638.00 ton.	12,390.00 ton.
Chivos de Abajo.	84,062.00 ton.	36,936.81 ton.

Las diferencias que se aprecian pueden deberse a algunos factores que a continuación se mencionan:

Pérdida por dilución.

Mineral no explotado por incostenibilidad.

*Mineral irrecuperable por el método utilizado.
(Tajo abierto)*

CALCULO DE RESERVAS POR BLOQUES

CUERPO MARIICERO

Bloque	Barrenos	Area M ²	Espesor m	Volúmen m ³	Au	Ag	Pb	Zn	Cu
I	21, 23, 25, 27	3853.15	3.51	13524.56	0.86	249	1.52	7.10	0.14
II	21, 22, 25, 26	1956.5	3.48	6808.62	0.92	222	1.09	3.94	0.09
III	22, 26, 38B	1362.9	3.95	5383.45	0.89	238	1.28	4.76	0.08
IV	26,, 38B, 38C	5571.0	2.89	16320.19	0.62	190	1.23	4.77	0.06
V	26, 34, 38C	3699.57	1.32	4883.43	0.44	193	0.91	3.37	0.05
VI	25, 27, 31, 34	3736.84	3.26	12182.10	0.62	147	0.88	8.69	0.39
VII	27, 28, 31	1282.50	2.28	2924.10	0.58	132	0.82	3.14	0.67
VIII	23, 27, 28	1260	2.22	2797.20	0.90	325	2.05	11.35	0.21
IX	20, 23, 28	1242.50	1.93	2398.02	0.57	347	2.15	12.61	0.24
X	20, 23, 23A	836.55	1.90	1589.44	0.59	368	2.26	12.33	0.24
XI	19A, 20, 23A	1568.75	1.48	2321.75	0.18	184	0.80	2.52	0.06
XII	21, 23, 23A	809.40	2.2	1768.68	0.89	379	1.99	11.56	0.23
XIII	19A, 19C, 21, 23A	2435.77	2.95	7185.52	0.56	99	1.42	4.76	0.16
XIV	19C, 21, 22	600.87	4.48	2691.90	0.82	386	1.57	5.29	0.17
XV	19A, 20, C52	1746.85	2.14	3738.26	0.29	194	0.87	2.90	0.07
XVI	19A, 19B, C53	718.27	1.56	1120.50	0.17	104	0.47	1.18	0.04
XVII	19, 19A, 19B, 19C	664.74	2.98	1980.92	0.53	408	2.24	6.26	0.16
XVIII	19, 19C, 22, 22A	1091.25	4.06	4430.47	0.70	389	2.09	6.13	0.15
XIX	22, 22A, 38B	801.87	4.35	3488.16	0.76	224	1.26	4.58	0.09
XX	19, 19B, 22A	923.35	1.81	1671.26	0.50	302	2.69	7.32	0.09
XXI	38, 38A, 38B	1540.50	4.68	7209.54	0.47	163	0.93	3.37	0.07
XXII	38A, 38B, 38C	2400	4.12	9888	0.43	157	0.98	3.55	0.07
XXIII	38, 38A, 38D	1234.80	2.90	3580.92	0.51	392	0.64	2.19	0.12
XXIV	38A, 38C, 38D	1256.25	2.33	2927.06	0.47	438	0.67	2.21	0.14
XXV	38, 38D, 39	1812.40	1.50	2718.60	0.88	651	0.60	2.22	0.15
XXVI	25, 26, 34	1075.12	2.79	2999.58	0.67	175	0.93	3.04	0.06
XXVII	22A, 38B, 38	2665.37	3.85	10338.67	0.51	180	1.12	4.17	0.06
XXVIII	20, C51	545.62	1.79	976.66	0.11	170	0.95	2.75	0.06
XXIX	19B, C54	1603.75	1.73	2774.49	0.25	227	0.62	1.74	0.06
		48316.44	3.16	136622.05	0.61	203	1.22	4.67	0.14

Volúmen x peso específico = 136,622.05 x 2.8 = 382,541.74 ton

CALCULO DE RESERVAS POR BLOQUESCUERPO SOCORREDORA

Bloque	Variaciones	Area m ²	Espesor m	Volúmen m ³	Au	Ag	Pb	Zn	Cu
I	4D, 4N, 4J, 4H	1620	3.86	6253.20	0.36	325	2.84	9.17	0.13
II	4H, 4J, 4L, 4O	1650	4.7	7755	0.44	297	3.69	9.1	0.23
III	4L, 4-O, 4P, 4Q	1773.74	4.8	8513.95	0.36	155	1.64	4.13	0.16
IV	4I, 4-O, 4P	847.5	5.12	4339.2	0.33	126	2.08	4.75	0.17
V	4H, 4E, 4I, 4-O	1560	4.96	7737.6	0.52	303	4.03	10.56	0.28
VI	4E, 4F, 4I	786.6	4.38	3445.31	0.28	128	1.41	7.02	0.24
VII	4D, 1EP, 4E, 4H	1600	5.44	8704	0.38	268	2.82	9.8	0.14
VIII	4F, 4E, 4B, 1EP	1560	6.46	10077.6	0.14	67	1.0	7.66	0.13
IX	4B, 4EP, 4F	798	4.01	3200	0.05	17	0.51	12.6	0.17
X	4C, 4EP, 4F	774.37	2.66	2059.8	0.07	27	0.88	12.6	0.20
XI	4EP, 4A, 4C	1064	1.56	1659.8	0.12	32	1.06	14.7	0.13
XII	4A, 4G, 4EP	820.7	2.64	2166.65	0.07	19	1.14	11.6	0.13
XIII	4EP, 4G, 4B	812	3.81	3093.72	0.05	15	0.68	12.32	0.12
XIV	4G, 4B, 1EP	797.5	6.53	5207.67	0.02	7	0.84	7.31	0.05
XV	4G, 1EP, 4D	826.5	5.31	4388.71	0.02	49	1.01	5.73	0.03
XVI	4G, 4D, 4M	1498.5	1.88	2817.18	0.03	126	1.01	4.74	0.10
XVII	4M, 4A, 4G	789.6	1.93	1523.94	0.03	12	1.27	5.18	0.10
		19579.01	5.32	82943.33	0.26	159	2.0	8.3	0.16

Volúmen x peso específico = 2.8 x 82,943.33 = 232,241.32 ton

CALCULO DE RESERVAS POR BLOQUECHIVOS DE ARAJO

Bloque	Barrenos	Area m ²	Espesor m	Volumen m ³	Al	Ag	Fe	Zn	Cu
I	10H, 10, 10F	235.52	10.47	2465.90	0.51	660	2.54	6.41	1.32
II	10C, 10, 2	181.7	14.21	2581.96	0.53	529	1.74	4.53	2.2
III	10, 2, 10F	190.26	12.82	2439.13	0.69	943	2.79	8.29	2.04
IV	10, 10F, 10M	245.26	11.57	2837.66	0.61	1003	3.27	9.41	0.76
V	10, 10B, 10M	243.9	11.95	2914.61	0.49	574	2.3	6.06	0.96
VI	10H, 10B, 10	234.24	9.45	2213.57	0.57	711	2.87	7.64	1.17
VII	10B, 10H, 10C	244.4	5.63	1375.97	0.26	90	1.6	6.39	1.19
VIII	10C, 10M, 10K	141.96	2.62	371.93	0.05	135	3.19	10.05	0.51
IX	10K, 10H, 10G	237.12	5.55	1316.02	1.46	190	1.65	6.97	1.26
X	10H, 10G, 10E	231.04	9.58	2213.36	0.97	136	0.94	3.81	1.57
XI	10G, 10E, 10Q	232.56	10.72	2493.04	0.86	135	0.91	3.93	1.64
XII	10E, 10Q, 10J	239.2	10.82	2588.14	0.37	298	0.68	2.84	1.68
XIII	10E, 2, 10J	235	13.43	3156.05	0.48	274	0.35	1.67	2.46
XIV	2, 10J, 10A	231.25	12.43	2874.44	0.48	293	0.35	1.55	2.3
XV	2, 10A, 10L	233.1	12.57	2930.06	0.32	191	0.20	0.79	2.43
XVI	2, 10F, 10L	254.52	12.17	3097.51	0.47	483	1.14	4.52	2.46
XVII	10F, 10N, 10L	248	8.25	2046	0.42	687	1.52	5.8	1.51
XVIII	10M, 10F, 10N	236.91	6.90	1634.68	0.46	791	2.21	8.17	0.64
XIX	10M, 10B, 10S	253.68	8.22	2085.25	0.24	65	0.65	2.53	1.0
XX	10C, 10B, 10S	186.26	6.4	1192.06	0.21	99	0.97	3.21	1.25
XXI	10C, 10V, 10S	289.06	4.08	1179.36	0.32	218	2.10	4.91	0.46
XXII	10C, 10V, 10K	225	3.35	735.75	0.13	249	2.76	7.68	0.41
		5049.94	9.26	46742.45	0.52	387	1.53	4.88	1.10

Volumen x peso específico = 46,742.45 x 2.8 = 130,878.86 ton

CALCULO DE RESERVAS POR BLOQUESCHIVOS DE ARRIBA

Bloque	Barrenos	Area m ²	Espesor m	Volumen m ³	Au	Ag	Pb	Zn	Cu
I	5C, 5E, 5G	321.16	5.65	1814.55	4.03	91	0.44	1.9	0.22
II	5, 5E, 5C	330.98	6.45	2134.82	4.88	92	0.49	0.7	0.48
III	5E, 5, 5A	284.05	4.10	1164.60	2.45	112.3	0.33	0.57	0.57
IV	5, 5A, 5B	260.16	4.09	1064.05	2.26	98.16	0.51	1.91	0.63
V	5A, 5B, 5H	324.22	2.43	787.85	0.02	64.71	0.64	3.44	0.15
VI	5B, 5H, 5D	201	3.42	687.42	7.16	19.24	0.47	2.37	0.28
VII	5, 5D, 5B	269.10	5.07	1364.34	6.63	61.05	0.42	1.49	0.62
VIII	5, 5C, 5D	272.48	7.75	2111.72	7.1	71.2	0.42	0.61	0.47
IX	5C, 5D, 5G	260.70	6.95	1811.86	6.67	68.26	0.38	1.58	0.26
		2523.85	5.10	12941.21	4.95	78.7	0.44	1.40	0.41

Volumen x peso específico = 12,941.21 x 2.8 = 36,235.88 ton

CALCULO DE RESERVAS POR AREAS DE INFLUENCIACUERPO NARICERO

Barreros	Espesor m	Area m ²	Volúmen m ³	Al	Ag	Pb	Zn	Cu
10	2.9	1334.20	3869.18	0.80	433	4.21	10.91	0.10
19A	2.0	244.20	488.40	0.25	116	0.35	0.97	0.03
19B	0.58	1386.65	804.26	0.25	164	1.5	3.64	0.06
19C	6.45	811.12	5231.72	0.52	510	2.01	6.04	0.23
20	1.75	1035.15	1811.51	0	179	1.32	4.28	0.08
21	2.65	3085.10	8175.51	0.95	227	0.96	5.10	0.11
22	4.35	1755.15	7634.90	1.2	299	1.29	4.28	0.12
22A	2.55	1333.12	3399.46	0.22	185	1.23	4.07	0.08
23	3.25	2306.97	7497.65	0.94	500	3.08	18.76	0.37
23A	0.7	1277.12	893.98	0.43	391	0.81	2.58	0.07
25	5.55	2934	16283.70	0.70	146	0.95	2.79	0.07
26	1.37	2879.4	3944.78	0.93	278	1.33	5.25	0.04
27	2.6	3074.68	7994.17	1.03	177	1.34	3.79	0.06
28	0.80	825.12	660.10	0.31	91	0.16	5.84	0.04
31	3.43	1150	3944.50	0.30	107	0.58	2.02	0.08
34	1.45	3051.15	4424.17	0.34	187	0.48	1.91	0.05
38	2.85	1770.45	5045.78	0.44	161	0.71	2.45	0.03
38A	5.05	2840.30	14343.51	0.24	134	0.54	1.90	0.08
38B	6.15	4272.82	26277.84	0.67	187	1.26	5.0	0.07
38C	1.15	2711.4	3118.11	0	101	0.94	2.99	0.05

CALCULO DE RESERVAS POR AREAS DE INFLUENCIACUERPO MARICERO

<u>Barreno</u>	<u>Espesor</u> m	<u>Area</u> m ²	<u>Volumen</u> m ³	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Cu</u>
38D	0.80	1515.22	1212.17	2.59	2842	0.44	3.08	0.68
39	0.85	453.25	385.25	0.75	234	0.39	0.65	0.06
I	1.68	3973.17	6681.55	0.50	268	1.18	3.86	0.22
II	2.6	1245.95	3239.47	0.18	174	0.4	1.11	0.03
	3.99	47265.69	137361.67	0.64	235	1.23	4.70	0.10

Volumen x peso específico = 137,361.67 x 2.8 = 384,612.68 ton

CALCULO DE RESERVAS POR AREAS DE INFLUENCIA
CUERPO SOCORREDORA

Barreno	Espesor m	Area m ²	Volumen m ³	Au	Ag	Pb	Zn	Cu
1EP	10.68	1569.57	16766	0.03	11	0.99	6.05	--
4EP	2.53	1588.14	4018	0.23	49	0.71	24.62	0.18
4A	1.35	790.37	1067	0	0	1.32	3.2	0.08
4B	4.85	1647.42	7990	0	3	0.11	10.90	0.10
4D	1.2	1525.83	1831	0	535	0.09	0.87	0.05
4E	5.65	1553.27	8776	0.58	273	1.94	7.87	0.29
4F	4.65	1520.21	7069	0	14	0.82	7.72	0.25
4G	4.05	1697.53	6875	0	7	1.35	6.34	0.12
4H	4.22	1586.02	6693	1.1	835	9.42	24.44	0.33
4I	2.85	1387.72	3955	0.15	29	1.33	4.21	0.12
4J	4.9	1592.04	7801	0.19	173	0.61	2.24	0.08
4L	2.55	1635.69	4171	0.25	133	0.48	2.68	0.15
4N	5.10	1644.31	8386	0	0	0.18	5.14	0.02
4-O	7.15	1526.29	10913	0.29	123	3.57	7.03	0.30
4P	5.35	1300.93	6960	0.48	181	0.49	2.0	0.03
4Q	4.15	1267.47	5260	0.40	191	0.50	2.79	0.07
	4.58	22204.13	101694.90	0.23	133	1.62	7.53	0.14

Volumen x peso específico = 108528 x 2.8 = 284,745.74 ton

CALCULO DE RESERVAS POR AREAS DE INFLUENCIACUERPO CHIVOS DE ABAJO

<u>Barreno</u>	<u>Espesor m</u>	<u>Area m²</u>	<u>Volumen m³</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Cu</u>
2	13.15	201.15	2645.12	0.54	142	0.37	1.73	4.0
10	15.4	181.78	2799.41	0.76	1270	1.11	10.31	0.94
10A	11.10	212.40	2357.64	0.20	82	0.09	0.19	1.19
10B	11.05	216.08	2387.68	0.36	66	0.45	2.76	1.7
10C	3.95	222	876.90	Tr	185	3.14	7.56	0.26
10F	9.91	228	2259.48	0.74	1484	3.56	13.84	1.15
10G	12.75	205.9	2625.22	1.88	223	1.17	5.26	1.41
10H	1.9	200.92	371.85	0.20	35	5.14	16.16	0.18
10J	13.05	207.35	2705.92	0.65	626	0.6	2.53	1.52
10K	2.0	213.86	427.72	Tr	131	1.44	9.17	1.35
10L	13.45	191.82	2579.98	0.20	78	0.17	0.38	1.92
10M	9.4	216	2030.40	0.20	45	1.09	3.27	0.18
10N	1.4	168.69	236.17	0.20	892	0.11	0.92	0.06
10Q	5.3	230.7	1222.71	Tr	93	2.26	8.98	1.5
10S	4.2	115.54	485.27	Tr	103	0.21	0.29	1.0
10U	4.1	222	910.20	0.32	369	3.05	7.08	0.10
10E	14.10	196	2763.6	0.26	71	0.16	0.83	1.90
	8.36	3430.19	39685.27	0.38	286	1.04	3.45	1.11

Volumen x peso específico = 39,685.27 x 2.8 = 111,118.76 ton

CALCULO DE RESERVAS POR AREAS DE INFLUENCIACUERPO CHIVOS DE ARRIBA

<u>Barreno</u>	<u>Espesor m</u>	<u>Area m²</u>	<u>Volumen m³</u>	<u>Au</u>	<u>Ag</u>	<u>Pb</u>	<u>Zn</u>	<u>Cu</u>
5	6.67	267.30	1782.89	4.16	123	0.57	0.66	1.02
5A	3.30	250.75	827.47	Tr	108	0.06	0.63	0.03
5B	2.30	320.38	736.88	Tr	12	0.97	7.38	0.34
5C	10.35	302.25	3128.29	6.21	73	0.55	0.82	0.22
5D	6.25	244.36	1527.25	11.71	13	0.06	0.21	0.31
5E	2.35	255	599.25	1.06	88	0.03	0.25	0.09
5G	4.25	359.79	1529.11	0.37	138	0.43	5.46	0.30
5H	1.7	305.52	519.38	0.10	52	1.31	3.55	0.11
	6.29	2305.35	10650.52	4.32	80.4	0.46	1.91	0.38

Volumen x peso específico = 10,650.52 x 2.8 = 29,821.46 ton

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

VI.1 Conclusiones.

VI.2 Recomendaciones.

VI. I CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A). Conclusiones.

1. Los tonelajes obtenidos al aplicar los métodos de cálculo de reservas por triángulos - rectángulos y por áreas de influencia, variarán en función principalmente del parámetro espesor; así, por ejemplo, en el - - Cuerpo Nuvicero que presenta un espesor relativamente constante, ambos métodos dan lugar a resultados similares.
2. La mineralogía que compone a los cuerpos del distrito de Cuale, es muy simple, consta de galena, esfalerita y tetradrita, así como calcopirita, como principales minerales de mena, el cuerpo de Socorredora produjo - un gran tonelaje de plata nativa, con lo que el proceso de maquila en este caso fue un problema resuelto.

La presencia de pirita ha dado muchos problemas para obtener recuperaciones por métodos hidrometalúrgicos.

3. Los cuerpos minerales de este distrito presentan características muy similares a los yacimientos tipo Kuroko en sus distintos tipos, tanto depósitos en cuencas someras con centro exhalativo retirado, como asociados a stockworks, como es el caso de los cuerpos Chivos de Arriba y Coloradita, el cual se compone de la relación metálica Pb - Cu - Zn, típica de yacimientos tipo Kuroko.
4. El conjunto de cuerpos estudiados son singenéticos de origen vulcano-sedimentarios en los que el agua de mar se mezcló con el agua magmática y ocasionó en esta

una oxidación, enfriamiento y dilución, dando lugar a la precipitación de minerales, los cuales son de tipo estratiforme.

B1. Recomendaciones.

1. Se recomienda efectuar un estudio geológico regional con la finalidad de explorar áreas cuya litoestratigrafía sea similar a la del distrito de Cuale, para efectuar posteriormente estudios de geofísica específicamente de polarización inducida.
2. Hasta la fecha, ha sido desechado el proyecto de efectuar estudios radiométricos de las unidades rocosas que componen la estratigrafía de la región. Se recomienda lo anterior para poder establecer claramente - la cronoestratigrafía del área y poder efectuar correcciones posteriores con zonas vecinas, para esto tendrá que seleccionarse cuidadosamente las muestras, ya que el área presenta fuerte intemperismo.
3. Actualmente casi todos los afluentes alimentadores de los Ríos Cuale y Tomatlán están siendo contaminados - por los desechos de la planta de beneficio de la Mesa del Corazón. Se recomienda señalar apropiadamente dichas ramificaciones en un plano fotogeológico para tomarlo en futuros estudios geoquímicos, dado que la información no sería real y sobre todo, tener control sobre la contaminación. (De hecho, la información sies real, pero los valores ensayados no serían producto directo de la erosión de un yacimiento)

4. Una zona muy importante dentro del distrito de Cuale es el área de "Gossan" en la parte norte de la Mesa del Corazón situada topográficamente más arriba. Se han encontrado buenos valores de oro y cantidades importantes de cobre nativo. Se recomienda explorar detalladamente esta zona por medio de barrenación y tajos.

B I B L I O G R A F I A

CARACTERISTIQUES GENERALES DES AMAS SULFURESES VOLCANOSSEDIMENTARIES.-
Efrén Pérez Seguro, Tesis doctoral, Nancy, Francia.

DANA TEXTBOOK OF MINERALOGY.- W. E. Ford Princeton Univ., U.S.A.

EXPLORACION DEL YACIMIENTO NARICERO EN CUALE, JAL.- Ramón L. Barceló,
Tesis I.P.N.

ECONOMIC ORE DEPOSITS.- Alan M. Bateman, Edit. John Wiley and Sons,
New York, U.S.A.

GLOSSARY OF MINERAL SPECIES.- Michael Fleischer, Carson City, Nevada,
U.S.A.

GEM AND CRYSTAL TREASURS.- Peter Bancroft, Carson City, Nevada, U.S.A.

GEOLOGIC THERMOMETRY.- N. L. Bowen, Edit. Mc Graw Hill, New York, U.S.A.

GEOLOGY OF CUALE.- Bruce E. Macomber, Inédito.

GEOLOGY OF THE CUALE MINING DISTRICT.- Bruce E. Macomber, Tesis Docto-
ral, New Jersey, U.S.A.

HISTORY OF THE THEORY OF ORE DEPOSITS.- Thomas Cook, Edit. Thomas Mor-
by, London.

INVESTIGATION REPORT CONCERNING "KUROKO TYPE" MASSIVE SUPHIDE MINERA-
LIZATION AT CUALE, JAL., W. Kirwin, Inédito.

MINERAL DEPOSITS.- Waldemar Lindgren, Edit. Mc Graw Hill, New York, U.S.A.

MINERAGRAFIA, MICROTERMOMETRIA E ISOTOPIA DE ALGUNOS YACIMIENTOS DE
CUALE, JAL.- Macías Romo - Solís Pichardo, Tesis U.N.A.M.

MINERALOGICAL RECORD MAGAZINE.- Wendell Wilson, *Different numbers.*- Tucson, Ari., U.S.A.

MINE EXAMINATION AND VALUATION.- C. N. Baxter and R. D. Parks, *Michigan*, U.S.A.

NATURE OF THE ORE FORMING FLUID.- L. C. Graton, *Economic Geology* 35, U. S. A.

PETROLOGIA.- W. Tyrreĉ, London.

STUDY OF ORE DEPOSITS.- F. Hach, *Edit. Allen and Unwih*, London.

SUMMARY OF EXPLORATION AT CUALE, JAL.- G. K. Lowther, *Inédito*.

THE EVOLUTION OF THE IGNEOUS ROCKS.- N. L. Bowen, *Edit. Mc Graw Hill*, New York, U.S.A.

THE ORE MAGMAS.- J. E. Spurr, *Edit. Mc Graw Hill*, New Yor, U.S.A.