

21/19



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO GEOLOGICO-MINERO DEL
YACIMIENTO DE ORO DISEMINADO.
AREA DEL TAJO SAN ANTONIO, B.C.S.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
P R E S E N T A
HUMBERTO ROJAS SORIANO

MEXICO, D.F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	6
CAPITULO I	
GENERALIDADES	8
1.1 ANTECEDENTES	8
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	9
1.3 METODO DE TRABAJO	10
CAPITULO II	
GEOGRAFIA	13
II.1 LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION	13
II.2 FISTOGRAFIA.....	13
II.3 OROGRAFIA	15
II.4 HIDROGRAFIA	16
CAPITULO III	
GEOLOGIA	17
III.1 GEOLOGIA REGIONAL	17
III.2 GEOLOGIA LOCAL	19
III.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	25
III.4 TECTONICA	27

	Pág.
CAPITULO IV	
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS YACIMIENTOS	
DE ORO DISEMINADO	32
CAPITULO V	
EL YACIMIENTO DE TAJO SAN ANTONIO	36
V.1 TIPO DE YACIMIENTO	36
V.2 MINERALIZACION	39
V.3 ALTERACIONES	41
V.4 PARAGENESIS Y ZONEAMIENTO	43
V.5 GENESIS Y EDAD DE LA MINERALIZACION	49
CAPITULO VI	
BARRENACION DE DIAMANTE	51
CAPITULO VII	
OBRAS MINERAS	55
CAPITULO VIII	
MUESTREO	60
CAPITULO IX	
CALCULO DE RESERVAS	64
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFIA	81
PLANOS E ILUSTRACIONES	

INTRODUCCION

El presente trabajo se desarrollo a través del Consejo de Recursos Minerales, institución del gobierno federal que se dedica a la exploración de yacimientos minerales en el país. El estudio surge como una necesidad de hacer una nueva evaluación geológica-económica del área del Tajo San Antonio. El principal objetivo del estudio, es conocer el comportamiento geológico, estructural y mineralógico del yacimiento, con miras a ubicar reservas de mineral (oro, para éste caso) en el área, ya que ésta se encuentra dentro de la Zona de Reserva Minera Nacional denominada La Perla.

La zona de estudio se localiza en el extremo sur de la Península de Baja California; a escasos 60 km de la ciudad de La Paz y su acceso se hace por la carretera Transpeninsular No. 1, en su tramo La Paz-Cabo San Lucas.

El yacimiento lo forman el dique de cuarzodiorita y la zona de brechas, que se tiene adjunta a éste. Ambos cuerpos se encuentran emplazados en la granodiorita que es la roca encajonante. La estructura mineralizada se ve afectada por diques de diorita de hornblenda, así como por fallas longitudinales que la desplazan y estrangulan, sobre todo en su extremo norte.

La mineralización se encuentra diseminada y en microve--
tillas; está constituida por sulfuros hipogénicos (pirita,
arsenopirita, calcopirita, etc.) y por óxidos de fierro (hema-
titas y limonitas). El oro es el principal mineral de mena
y se encuentra asociado a óxidos e hidróxidos de fierro princi-
palmente.

Por último, la exploración de superficie fue apoyada
por barrenación de diamante y obra subterránea, con el objeto
de tener mayor información y así poder hacer una evaluación
más precisa del potencial económico del yacimiento.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El área de estudio fue trabajada por gambusinos a principios de siglo; quienes realizaron pequeñas obras subterráneas para explotar el oro, que es el principal mineral de mena que se tiene. Posteriormente, durante la Revolución se suspendieron los trabajos. Desde entonces la zona pasó por diferentes concesionarios, los cuales realizaron pequeños trabajos de explotación. Hasta épocas más recientes, cuando uno de los concesionarios optó por emplear el sistema de explotación a tajo abierto. De esta manera, beneficiaba el mineral en pilas de cianuración y recuperaba más tarde el metal fundiéndolo en pequeñas barras.

A principios de 1973 y hasta 1976 la Compañía Minera Las Cuevas S.A., inició trabajos de exploración en el Distrito Minero de San Antonio-El Triunfo. Estos consistieron esencialmente en levantamientos geológico-topográficos, tanto en superficie como de las diferentes obras mineras localizadas en el Distrito. Asimismo, llevaron a cabo barrenos de diamante en algunos lugares. En el área de estudio los trabajos se concentraron en la zona del Tajo. Donde solo encontraron

algunos restos de la zona de oxidación, por lo cual optaron en retirarse del lugar y continuar la exploración en otras zonas. Al no obtener el volumen de mineral esperado por ellos, se retiran definitivamente en el año de 1976.

Durante el año de 1976, el Consejo de Recursos Minerales inició una serie de trabajos de exploración en el Distrito. En el año de 1984 se interesa por primera vez en el Tajo San Antonio, donde se realizaron dos tipos de estudios: uno Metalogenético y Geoquímico de Halos de Mercurio, y otro por Microsonda Electrónica. Estos trabajos son a nivel de reconocimiento y en ellos se concluye que la mineralización se presenta solamente en la zona de brechas y milonitas, lo cual no es totalmente cierto como se vera más adelante.

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El presente estudio, surge debido a que los estudios previos (Halos de Mercurio y Microsonda) detectaron zonas de interés, en el área del Tajo San Antonio. Con el objeto de comprobar dichas anomalías se inició éste trabajo, en donde además se tomó en cuenta la información proporcionada por Cía. Minera las Cuevas S.A., de éste lugar.

El principal objetivo del estudio, es conocer de una manera más detallada el comportamiento geológico, estructural y mineralógico del yacimiento, que se tiene en dicho Tajo.

También se trató de determinar la continuidad del cuerpo mineralizado, sus leyes, espesores, etc.

Por último, el objetivo final del estudio, es ubicar reservas en el área o áreas que presenten los mejores espesores y las leyes más altas.

1.3 METODO DE TRABAJO

El estudio se desarrollo en tres etapas conocidas como: exploración de superficie, exploración subterránea y gabinete.

1.3.a Exploración de Superficie

Primeramente se efectuó un reconocimiento de superficie regional, en el cual se identificó la estructura mineralizada y las alteraciones de la roca encajonante. Posteriormente los trabajos se efectuaron a detalle. Para lo cual fue necesario contar con una poligonal abierta levantada con tránsito, ya que de esta manera se ubicaron diferentes puntos que más tarde sirvieron de apoyo al efectuar el levantamiento geológico

de la zona.

Por lo que respecta al muestreo, además del efectuado en los afloramientos, en aquellas zonas en donde no afloraba la estructura fue necesario abrir zanjas, con el fin de obtener mayor información de superficie a la vez que se efectuaba un muestreo sistemático sobre las mismas. Se realizaron un total de 10 zanjas sobre la estructura principal. Existen otros cuerpos mineralizados que presentan un espesor menor a 0.50 m, los cuales no se tomaron en cuenta ya que desde un punto de vista económico no representan ningún interés. De estas zanjas, dos fueron realizadas por un tractor Caterpillar D-7, que son las principales. El resto se realizaron a pico y pala; utilizando en ocasiones explosivos cuando la roca era demasiado dura.

I.3.b Exploración Subterránea

Como resultado de los trabajos en superficie citados con anterioridad, se llevó a cabo el desarrollo de un tiro vertical con una sección de 2.4 x 1.8 m y con una profundidad de 20.8 m, localizado en el mismo sitio del barreno de diamante BA-2 del Consejo de Recursos Minerales. Esta obra fue desarrollada con el fin de comprobar los valores que reportó dicho barreno, así como para conocer la proyección y comportamiento de la estructura.

En el desarrollo de este trabajo se llegó a una zona de explotación antigua localizada a una profundidad de 11.50 m, a partir de la superficie. Dadas las condiciones hubo que realizar limpieza y acondicionamiento de la obra antigua en una longitud de 20.0 m.

Debido a lo anterior, fue necesario efectuar un levantamiento topográfico y geológico de la obra denominada posteriormente "San Antonio", con el fin de hacer una evaluación preliminar del yacimiento; con esto se determinó el alcance vertical de la mineralización, potencia de la estructura, desarrollo longitudinal y leyes.

1.3.c Gabinete

En cuanto a las actividades de gabinete, una vez que se contó con la información de campo, se procedió a vaciar está en un plano topográfico del área a escala 1:1000, con el objeto de integrar un plano geológico a semidetalle del área de estudio. También se elaboraron las secciones correspondientes con la información de campo y la generada por los barrenos, con el fin de que la interpretación geológico estructural fuera lo más apagada a la realidad. Por último, se procedió a realizar el cálculo de reservas, así como redactar este informe, en donde se describen detalladamente las actividades que se llevaron a cabo y los resultados que se obtuvieron.

CAPITULO II

GEOGRAFIA

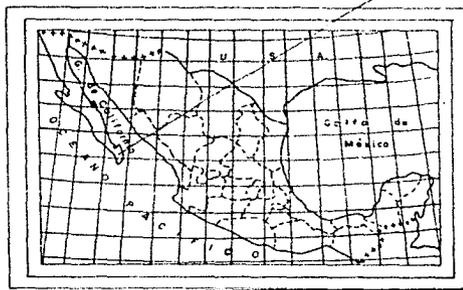
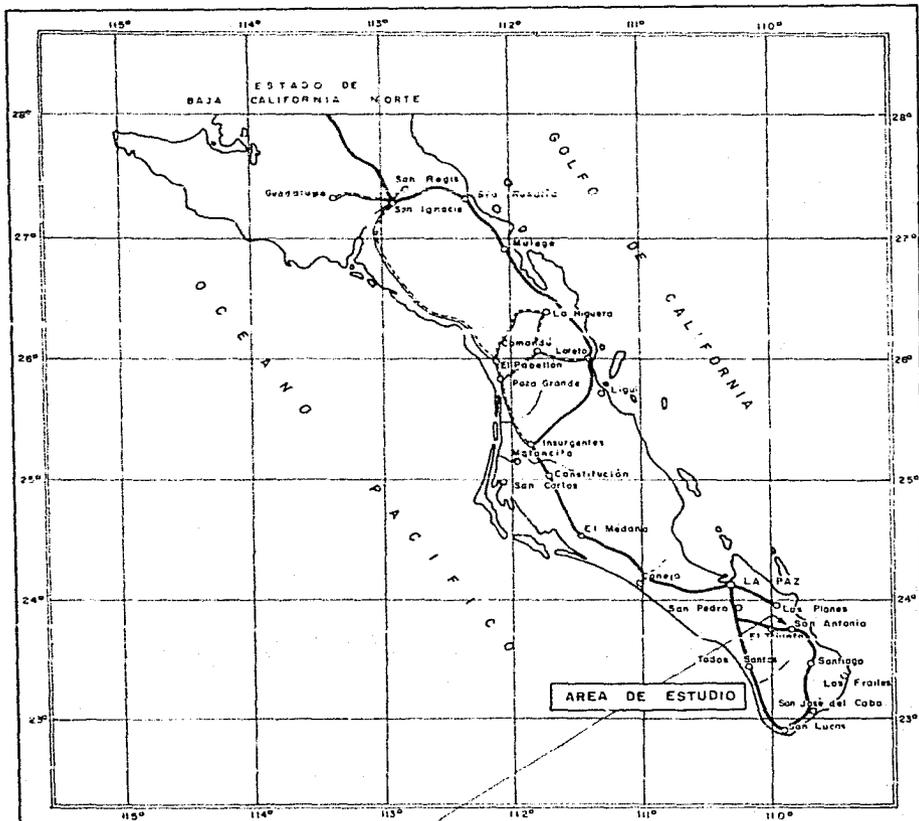
II.1 LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION

El área de estudio se localiza al sureste del Estado de Baja California Sur; cubre un rectángulo de 800 x 500 m en dirección norte-sur, con una superficie aproximada de 40 has. Cerca del área se encuentra el poblado de San Antonio, el cual geográficamente se ubica a $110^{\circ}04'45''$ de longitud oeste y a $23^{\circ}27'23''$ de latitud norte (ver fig. 1).

De la ciudad de La Paz, el acceso se hace por la carretera Transpeninsular No. 1 en el tramo La Paz-Cabo San Lucas, hasta el km. 156 donde se sitúa el poblado de San Antonio. Se continúa después al norte por un camino de terracería en una distancia aproximada de 1.0 km., hasta llegar a las inmediaciones de las obras mineras. Este camino es transitable en cualquier época del año.

II.2 FISIOGRAFIA

De acuerdo con Raisz (1964), quien dividió la República Mexicana en una serie de provincias fisiográficas, la zona de estudio se localiza dentro de la Provincia de Baja Califor-



ESCALA 1:3'750,000

0 37.5 75 150 Km.

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO DE LOCALIZACION

FIG. I TESIS PROFESIONAL

AGOSTO/1987 H. ROJAS SORIANO

nia. Según este autor, la península esta formada por un bloque falla inclinado de aproximadamente 1609 km de largo y de 48 a 96 km de ancho. Las montañas que se encuentran al norte de la provincia llegan a alcanzar una elevación de hasta 3000 m, disminuyendo gradualmente a 600 m al norte de La Paz, B.C.S.

En cuanto al extremo sur de la península, esta región es menos árida que la parte norte y en ella el intenso fallamiento a producido montañas complejas de hasta 2000 m de altura. Asimismo, cerca de la ciudad de La Paz se tienen algunos cuellos volcánicos, con una altura promedio de 500 m.

II.3 OROGRAFIA

La zona de estudio se encuentra situada en la parte baja de la Sierra de San Antonio, con una elevación promedio de 350 m sobre el nivel del mar. La topografía del área presenta relieves que van de moderados a fuertes; mientras que al N-NE se tiene una extensa llanura (posiblemente un graben) con depósitos tanto aluviales como de talud. En general, el intemperismo ha sido mecánico y se clasifica como moderado pues aunque ha afectado a las rocas, estas no han sufrido una erosión intensa, por lo cual la geomorfología se encuentra en una etapa de joven a madura.

II.4 HIDROGRAFIA

Por el poblado de San Antonio fluyen dos arroyos intermitentes (la mayor parte del tiempo secos, exceptuando la temporada de lluvias), que se denominan Arroyo de los San Juanes y Arroyo de la Santa Cruz; el primero drena de sur a norte y el segundo de oeste a este. Estos arroyos se unen más adelante y forman uno solo denominado Arroyo de San Antonio el cual pasa cerca del área de estudio.

En cuanto a la precipitación pluvial, el servicio meteorológico de San Antonio, B.C.S., registra una precipitación promedio anual de 282.5 mm, de la cual el 60% corresponde a los meses de julio, agosto, septiembre y octubre.

CAPITULO III

GEOLOGIA

III.1 GEOLOGIA REGIONAL

El extremo sur de la Península de Baja California, se caracteriza por la presencia de rocas graníticas y metamórficas (ver columna geológica, tabla 1).

La masa granítica está constituida por granitos y granodioritas, que según Altamirano (1970) forman lo que él ha denominado como Batolito Guaycura, emplazado probablemente durante el Cretácico Medio (Hawsback, 1983). Esta masa granítica se encuentra intrusionada por rocas de composición básica e intermedia (dioritas, tonalitas, andesitas, etc.), originadas durante las diferentes etapas del ciclo orogénico que afectó esta región.

Por lo que respecta a las rocas metamórficas, estas se presentan en diversos tipos; las principales son gneises y esquistos. Las cuales en opinión de Escandón (1983), pertenecen a dos formaciones distintas, la más antigua consiste de pizarras y esquistos de probable edad Pre-Jurásica y otra de gneises dioríticos, de los cuales algunas muestras dieron una edad de 73 m.a., todas ellas datadas por el método de K-Ar. Otros autores consideran que las rocas metamórficas que

COLUMNA GEOLOGICA IDEALIZADA DEL EXTREMO SUR DE LA PENINSULA (CON BASE EN DATACIONES DE K-Ar)

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD m. a.	LITOLOGIA	DESCRIPCION
C E N O Z O I C A	T E R C I A R I O	P A L E O C E N O	64.5		PORFIDO DACITICO
			68.8		TONALITA
			69.5		DIORITA
M E S O Z O I C O	C R E T A C I C O	S U P E R I O R	72.4		ADAMELITA
			72.8		TONALITA
			72.5		DIORITA
			73.0		DIORITA
			73.2		GRANODIORITA
			74.1		GRANITO
			75.7		GRANITO
			79.8		GRANITO
			81.6		TONALITA
			84.6		TONALITA
			84.8		GRANODIORITA
			85.5		HIATUS?
			108.5		TONALITA
225.29		HIATUS?			
	TRIASICO	MEDIO			GNEIS
PALEOZOICO	CARBONIFERO	SILESIANO			HIATUS?
			335.0		TONALITA

TABLA I

* DATACIONES DE GASTIL 1973, 1975, SIN CONSIDERAR ESPESORES

Tomado de Aguilar (1986)

afloran en la región, bien podrían ser del Paleozoico.

Durante el Terciario, la tectónica distensiva y transcurrente del Golfo de California afectó la distribución del basamento Pre-Terciario. Dando origen a una gran cantidad de intrusiones, que varían de intermedias a básicas (andesitas, aplitas, gabros, etc.), las cuales son emplazadas tectónicamente en la masa granítica y en las rocas metamórficas asociadas.

III.2 GEOLOGIA LOCAL

Las rocas que afloran en el área de estudio, son principalmente de dos tipos: ígneas intrusivas (granodioritas, -cuarzodioritas, dioritas de hornblenda y aplitas), y de origen tectónico como la zona de brechas. A continuación se describen, tomando en cuenta su orden de importancia.

II.2.a Descripción Litológica

GRANODIORITA

Es una de las rocas más abundantes, se presenta como una roca masiva de estructura compacta y cuyo tamaño de grano es principalmente medio.

Megascópicamente, es de color gris claro con moteaduras blancas; se observa una burda foliación, definida por el lineamiento de la biotita. Los minerales que se aprecian son cuarzo, plagioclasas y minerales micáceos (biotita principalmente).

Los estudios petrográficos practicados en algunas muestras por el Consejo de Recursos Minerales, revelaron que la textura original de la roca se encuentra alterada, quizás debido al tectonismo que sufrió la región. Se observa una textura allotriomórfica granular, producida por la fragmentación de los minerales cuarzo-feldespáticos y ferromagnesianos. Como minerales esenciales se identificaron: cuarzo, oligoclasa y microclina. Siendo mayor el contenido de plagioclasas con respecto al de los feldespatos. En cuanto a los minerales accesorios, se tienen biotita, hornblenda, apatita, zircón y minerales opacos. Como minerales de alteración, se reportaron clorita y sericita.

Por correlación con algunas muestras de la zona de El Triunfo a las que se les practicó estudios geocronológicos, Casarrubias et al. (1986), sugieren para este tipo de roca una edad relativa del Cretácico Medio.

DIQUE DE CUARZODIORITA

Desde un punto de vista económico, es la roca más importante del área; en ella se encuentran diseminados los sulfuros que están íntimamente relacionados con el oro.

Es una roca compacta que se presenta en forma tabular (dique), y cuyo rumbo varía de N30°E a N10°W y con buzamientos de 28° a 42° al NW y SW, respectivamente. En superficie, la roca se encuentra muy alterada; presenta tonos amarillo-rojizos, a la vez que se observa también muy fracturada. Esto ha contribuido, para que los diferentes agentes del intemperismo realicen mejor su labor de alteración y destrucción de la roca original.

Al fresco la roca presenta un color que varía de gris claro a verde oscuro; además se observa una fuerte alteración por silicificación. Lo cual ha alterado las características texturales de la roca, esto aparentemente origina una textura afanítica. Sin embargo, los barrenos BA-1 y BA-5 del C.R.M., cortaron al intrusivo en zonas menos alteradas, donde la parte más silicificada se tiene al alto de la estructura. Asimismo en las porciones con menor alteración, se nota una textura fanerítica y una estructura compacta. Los minerales que se observan son cuarzo y plagioclasas, así como sulfuros diseminados principalmente pirritas.

Por otra parte, también afloran en el área pequeños diques de la misma roca, que corren paralelos a la estructura principal, que bien podrían ser apófisis de éste mismo cuerpo.

Los estudios petrográficos realizados por el C.R.M., revelaron una textura holocristalina (hipidiomórfica granular) y en cuanto a su mineralogía, reportaron lo siguiente: la plagioclasa es principalmente andesina aunque también se observa oligoclasa, el cuarzo está presente en más del 10% de la roca en forma intersticial, lo cual ha determinado el nombre de la roca. Los minerales accesorios comunes son la hornblenda, esfena, apatita e ilmenita-magnetita. En cuanto a las alteraciones, la principal es la silicificación, aunque también se reporta una incipiente seritización.

DIQUES DE DIORITA DE HORNBLENDA

Estos diques presentan un rumbo variable de N30°E a N65°E, con buzamientos de 72° a 81° al SE y se encuentran intrusionando a la granodiorita, así como desplazando a la cuarzodiorita en su continuidad, tanto en rumbo como en echado, sobre todo en la parte norte del área de estudio (ver plano geológico).

En superficie se presenta como una roca de color gris-verdoso, de estructura compacta y de textura fenerítica; se

observan minerales como la hornblenda y plagioclasas principalmente.

Al microscopio, según los estudios realizados por la institución antes mencionada, revelaron una textura holocristalina (hipidiomórfica granular). Los principales minerales son: la hornblenda, que constituye aproximadamente el 30% de la roca y la andesina que es la plagioclase predominante. Las alteraciones que a sufrido la roca son incipientes, las principales son; sericitización, epidotización y a veces cloritización.

ZONA DE BRECHAS

En la parte superior del dique de cuarzodiorita, se observa un intervalo de brechas que se intercala con zonas de milonita.

La brecha consiste de clastos irregulares de forma subangulosa; está constituida por fragmentos de granodiorita y de cuarzodiorita, cuyo tamaño varía desde milímetros hasta más de un metro.

La milonita, en superficie fresca se presenta como una roca de color gris claro, es de textura afanítica y de aspecto pedernaloso cuando no es muy visible la foliación.

Al microscopio (según Elías et al. 1984), "la milonita está constituida por una matriz microgranulada abundante (mayor al 50% de la roca), y dentro de ella se observan pequeños porfidoclastos de plagioclasa sódica, cuarzo, restos de cristales de hornblenda, y en ocasiones de biotita. La matriz, en la mayoría de los casos está foliada y se alcanza a reconocer prácticamente la misma mineralogía de los porfidoclastos, solo que completamente granulada, en otros casos la matriz está microgranulada de tal manera que no es posible reconocer ningún mineral".

La unidad en su conjunto, es interesante dado que presenta diseminaciones de sulfuros, principalmente pirita.

Esta franja se acuña a profundidad, como lo demuestran los barrenos perforados por el C.R.M., los cuales no la interceptaron a excepción del BA-2.

DIQUES DE APLITA

En la parte norte del área de estudio, se tiene expuesto un dique de aplita, cuyo rumbo es de N20°W y echados que varían de 82° a 86° al NE. También se observaron otros diques del mismo material, en diferentes partes del área de estudio, pero que no se cartografiaron debido a que su espesor era menor a un metro y su continuidad no estaba bien definida.

Megascópicamente, la roca es de color blanco-crema, de estructura compacta y cuyo tamaño de grano es fino; se observan cuarzo y feldespatos. Los estudios petrográficos realizados por el C.R.M., indican una textura holocristalina (Allootriomórfica granular) y como minerales esenciales se reportaron cuarzo, microclina y ortoclasa. Entre los minerales accesorios se tienen granates, circón, turmalina y epidota.

DEPOSITOS RECIENTES

Los depósitos de este tipo son principalmente aluviales y se encuentran en el lecho y borde de los arroyos. El tamaño de los fragmentos que constituyen estos depósitos es variable, desde unos cuantos milímetros hasta más de un metro. Los fragmentos presentan una forma que varía de subredondeada a redondeada.

Estas acumulaciones no presentan ninguna compactación, forman cuerpos de arena y grava, que en la mayoría de las ocasiones se encuentran intermezclados.

III.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el área de estudio se observan dos tipos de estructuras; las que fueron producidas por procesos tectónicos (fallas y fracturas) y las derivadas de procesos ígneos (princi--

palmente diques), que muy comunmente se encuentran asociadas a las primeras.

Si se toma en cuenta la mineralización, se puede decir en forma general que algunas fallas son pre-mineralización (de rumbo N-S y NE-SW), mientras que otras son post-mineralización (de rumbo NW-SE). Esta afirmación se basa en que, en las primeras fué emplazada la mineralización, mientras que las segundas generalmente desplazan a ésta.

Desde un punto de vista regional, Altamirano (1972) menciona la existencia de dos sistemas de fallas y fracturas predominantes, que burdamente presentan una orientación N-S y N30°E. También hace mención de que paralelamente a estos sistemas se emplazan las vetas auro-argentíferas del Distrito Minero del Triunfo-San Antonio. Así mismo, distingue un tercer sistema de fallamiento post-mineral y cuya dirección predominante es de N30°W a N55°W.

El cuerpo mineralizado o dique veta, presenta una orientación predominante de N30°E a N10°W y sus buzamientos van de 28° a 42° al NW y SW respectivamente. La estructura mineralizada se ve afectada por el sistema de fallas de rumbo NE-SW, las cuales alteran a profundidad dicha estructura; esto ocasiona desplazamientos en sentido vertical, lo que provoca que los saltos de falla sean del orden de los 5.0 a 20.0 m.

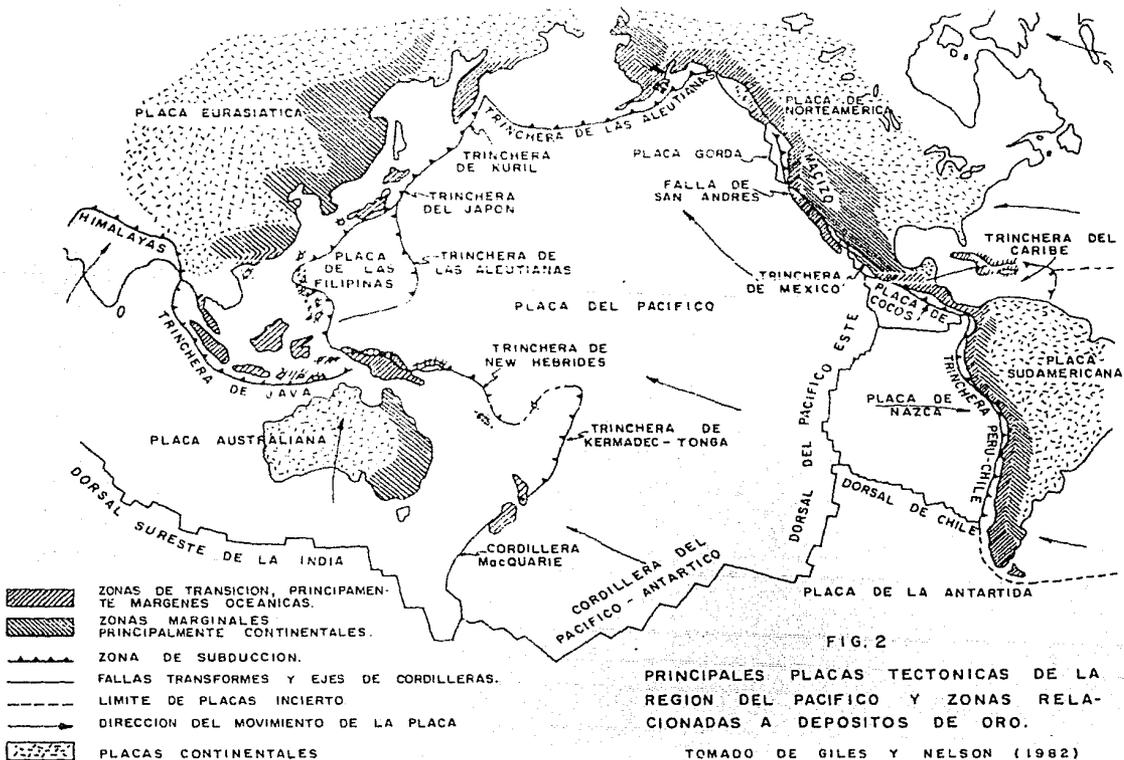
Todos ellos determinados con base en los barrenos dados por el Consejo de Recursos Minerales. La estructura también se ve afectada por fallas de desplazamiento lateral, cuya orientación predominante es NW-SE y que han alterado la continuidad de dicha estructura, lo que ocasiona desplazamientos que varían de 10 a 40 m.

Los diques o estructuras de origen ígneo, según Huang (1968), son emplazados a través de zonas de debilidad que bien podrían corresponder a las fallas y fracturas antes mencionadas, ya que corren paralelamente a estos sistemas.

III.4 TECTONICA

La evolución tectónica de la Península de Baja California, se puede entender mejor si se toman en cuenta algunos aspectos derivados de la reciente teoría conocida como Tectónica de Placas (ver fig. 2).

Algunos autores (Chese y Menard, 1970), consideran que la Península de Baja California se encontraba unida al continente, en particular a la Placa de Norteamérica. Posteriormente, debido al desarrollo de un "rift" o cordillera oceánica asociada a fallas transformes y transcurrentes, esta porción se separó del maricizo continental. De esta manera se originó entre la península y el continente, lo que actualmente se



conoce como el Golfo de California (ver fig. 3).

Esta teoría se ve apoyada por algunas evidencias como las que propone Gastil (1970), quien con base en levantamientos geológicos detallados sugiere que el extremo sur de la península, estuvo unido a la costa del Estado de Jalisco. Asimismo, las anomalías magnéticas tomadas en algunas regiones del Golfo de California, indican que la expansión del fondo oceánico se lleva a cabo a una velocidad promedio de 6 cm por año (Larson et al. 1968).

Por otra parte, se menciona la existencia de un protogolfo anterior al actual que debió actuar en el Mioceno; lo anterior se deduce de los reportes sobre sedimentos marinos de esa edad, que han sido observados en las costas orientales de la península (Serrano A. 1982).

Asimismo, Atwader (1970) considera que el origen del patrón tectónico actual se remonta a hace 30 m.a., y se encuentra íntimamente ligado al sistema de fallas de San Andrés.

Por otro lado, Giles y Nelson (1982) sugieren que en la región del pacífico, existen dos zonas que están íntimamente ligadas a depósitos minerales. Estas son: la zona de transición o margen oceánica y la zona exterior de la margen continental, y ambas se encuentran principalmente en los límites

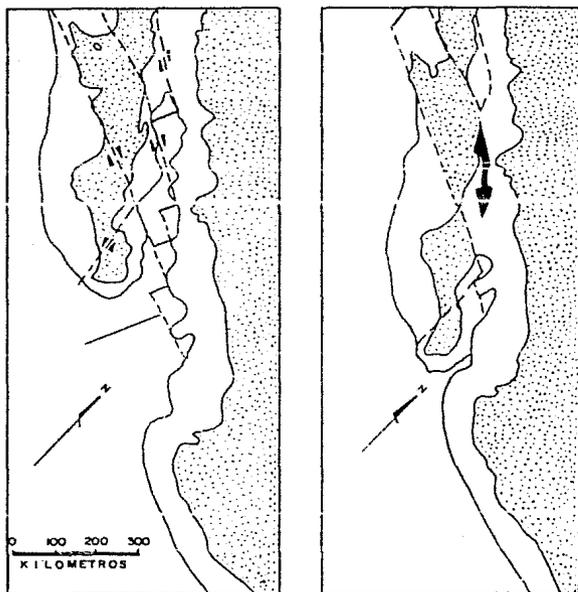


FIG. 3

RECONSTRUCCION DE LA BAJA CALI-
FORNIA, CUANDO ESTABA UNIDA
AL CONTINENTE (MIOCENO).

TOMADO DE SERRANO A. (1982)

convergentes de las placas (ver fig. 2).

Ya para terminar este tema, según Altamirano (1972), el emplazamiento del Batolito Cuaycura en el Cretácico Tardío en la porción meridional de la Península de Baja California, provocó un movimiento diastrófico de tipo orogénico. Lo que dió origen a un contorno estructural formado a base de fosas y pilares tectónicos de orientación N-S. Al cual se encuentran asociadas numerosas vetas-falla que se presentan en todo el Distrito Minero del Triunfo-San Antonio.

CAPITULO IV
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS YACIMIENTOS
DE ORO DISEMINADO

Los yacimientos de oro diseminado en intrusivos son poco conocidos; sin embargo, se pueden hacer algunas consideraciones de importancia, tomando en cuenta los trabajos de Silberman (1981). Este autor, hace mención de los depósitos del tipo "Hot Spring", cuyas características vale la pena mencionar debido a su similitud con el yacimiento que se presenta. A continuación se mencionan las características generales.

IV.a ASPECTOS REGIONALES Y TECTONICA

Estos depósitos pueden ocurrir en diferentes ambientes tectónicos, como pueden ser grandes valles en donde la actividad volcánica a tenido cierta importancia. Aunque también se tienen en otras áreas como son: las márgenes de las calderas, los domos resurgentes, las zonas con horst y grabens, así como áreas que presentan un intenso fallamiento y fracturamiento. Para Silberman (op. cit.), en estos lugares la actividad volcánica tiene un importante significado, dado que él la relaciona con el origen de estos depósitos.

Este tipo de yacimientos, también se caracteriza porque

se pueden explotar a poca profundidad y con un gran tonelaje. Esto último, aunado a los altos precios del oro y la plata, ha hecho que este tipo de yacimientos presenten un mayor interés desde un punto de vista económico.

IV.D ROCA HUESPED Y ALTERACIONES

Los yacimientos de oro disseminado, no solamente se pueden encontrar en rocas ígneas de tipo intrusivo, sino también, se tienen en rocas sedimentarias como en los conglomerados volcanoclásticos, sedimentos lacustres y areniscas volcanoclásticas; como ejemplos de estos depósitos, Silberman (op. cit.) menciona los distritos de Sulfur y Mansbrouck Peack, en Estados Unidos. En cuanto a las rocas ígneas, además de encontrarse en algunos intrusivos (tonalitas y dioritas), también se han reportado yacimientos en rocas volcánicas como riolitas y andesitas, así como en dacitas y brechas; como ejemplo, Silberman (op. cit.) menciona el distrito de Bodie, donde la mineralización de tiene en una dacita.

En México, solamente se tiene conocimiento de intrusivos mineralizados en la parte sur y central de la Península de Baja California. Al sur, en el Distrito de San Antonio-El Triunfo, donde la mineralización se presenta en tonalitas y cuarzdioritas, y al centro, en la región del Arco e Isla de Cedros, en donde se tienen diques riolíticos y andesíticos

mineralizados.

Para que la mineralización se presente en las rocas mencionadas anteriormente, es necesario que estas presenten ciertas condiciones y propiedades físicas, como son un gran fracturamiento y una buena permeabilidad. Esto facilita el flujo a través de la roca, de las sustancias mineralizantes, que se consideran como de origen hidrotermal.

Entre las principales alteraciones que se presentan en la roca huésped y sus respaldos se tiene en primer término la silicificación, seguida por una propilitización y a continuación una argilitización.

IV.c MINERALOGIA

La mineralogía que se tiene en estos cuerpos es simple. La pirita es el sulfuro más común, seguido por arsenopirita, estibinita, esfalerita, fluorita, etc. En cuanto al oro, éste se encuentra asociado a los sulfuros de manera poco conocida. Por otra parte, la plata en estos depósitos está presente en cantidades poco apreciables por lo que el oro es el principal mineral de mena.

Los minerales de ganga incluyen cuarzo, adularia, sericita, caolinita, alunita, etc., y ocurren en las diferentes

zonas de alteración.

Por otro lado, los estudios de inclusiones flúidas practicados en algunos de estos depósitos, han mostrado temperaturas del orden de los 150° a 300°C (O' Neil and Silberman, 1974), por lo que ciertos autores consideran que estos depósitos son hidrotermales de baja temperatura (Eimon, 1981).

Por último, los depósitos del tipo Hot Spring (emanaciones calientes), están relacionados a geysers y fumarolas. La mineralización ocurre muy cerca de la superficie a través de brechas o cualquier otro conducto, como resultado de un repentino escape de las soluciones, que hasta cierto punto es anormal, dado las altas presiones y temperaturas a que se encuentran sometidas las soluciones hidrotermales. Según este autor, los depósitos que se tienen al oeste de los Estados Unidos, son del Terciario Medio o quizás más jóvenes, dado que se encuentran cerca de la superficie.

CAPITULO V

EL YACIMIENTO DE TAJO SAN ANTONIO

V.1 TIPO DE YACIMIENTO

Smirnov (1982), divide los yacimientos minerales de acuerdo a su origen en tres grandes grupos: endógenos, exógenos y metamórficos. En forma general, los yacimientos de origen endógeno se asocian a procesos magmáticos; los exógenos a procesos sedimentarios; y los metamórficos, como su nombre lo indica, se asocian a diferentes procesos metamórficos. Cada uno de estos grupos a su vez se subdivide en diferentes tipos de yacimientos, los cuales presentan características y propiedades que los diferencian entre sí.

Dentro del grupo endógeno se encuentran los yacimientos hidrotermales, los cuales han sido ampliamente estudiados debido a que los principales depósitos de oro y plata, son asociados a éste tipo de yacimientos.

"Los yacimientos hidrotermales son creados por soluciones gaseoso-líquidas mineralizadas calientes que circulan bajo la superficie de la tierra. Las acumulaciones minerales de origen hidrotermal se forman tanto a consecuencia de la deposición de las masas minerales en las oquedades de las

rocas, como a causa de la sustitución de éstas. Así pues, la forma de los yacimientos hidrotermales depende, por un lado, de la morfología de las cavidades acumuladoras de mineral, y por otro lado, de los contornos de las rocas que son sustituidas" (Smirnov, op. cit. pp. 232).

Lindgren (1933), divide los yacimientos hidrotermales en tres clases: hipotermal, mesotermal y epitermal. Con base en la temperatura y en la profundidad en que se forman.

Por lo que respecta al presente yacimiento, Elias et al. 1984, consideran que es de origen hidrotermal y lo sitúan dentro de la clase mesotermal. En lo personal, se prefiere clasificar el yacimiento con base en la relación que existe entre la mineralización y el intrusivo donde se encuentra. Asimismo, se presentan dos posibles casos: el primero considera que la mineralización es singenética (contemporánea al emplazamiento del intrusivo); mientras que el segundo propone que la mineralización es epigenética (posterior al intrusivo). De acuerdo con la clasificación anterior y tomando en cuenta las observaciones de campo, se considera que el yacimiento es de origen epigenético; las evidencias con que se cuenta, indican que al parecer el intrusivo fué emplazado antes que la mineralización, como se verá más adelante en los siguientes temas.

El yacimiento que dió origen al Tajo San Antonio, es un dique de cuarzodiorita fuertemente oxidado y muy fracturado en superficie, con un rumbo variable entre $N30^{\circ}E$ a $N10^{\circ}W$ con buzamientos de 28° a 42° al NW y SW, respectivamente. El espesor del dique no es uniforme, varía de 0.40 a 12 m y presenta los mayores espesores en la parte poniente, ya que al norte la estructura se estrangula en potencias mínimas, y es conocido en una longitud de 500 m.

En cuando a la mineralización, los minerales hipogénicos se encuentran diseminados en la cuarzodiorita y zona de brechas; los principales son el oro, asociado a sulfuros de arsénico, fierro y cobre, en sus variedades de arsenopirita, pirita y calcopirita, respectivamente. En superficie y hasta cierta profundidad, el dique de cuarzodiorita se encuentra fuertemente oxidado; en ésta zona se concentran los valores de oro, asociado a óxidos de fierro (hematitas y limonitas). A la vez, es la zona de mayor importancia económica debido a las altas concentraciones que puede llegar a tener el oro, que es el principal mineral de mena que se tiene en la zona.

Por último, el cuerpo mineralizado se encuentra emplazado en la granodiorita y es afectado en su extremo norte por diques de diorita de hornblenda, así como por fallas longitudinales, las cuales alteran la continuidad del cuerpo a rumbo, teniendo desplazamientos que varían de 10 a 40 m.

V.2 MINERALIZACION

La mineralización que se observa en el yacimiento de Tajo San Antonio, es de dos tipos: de origen hidrotermal (sulfuros hipogénicos) y de origen secundario.

V.2.a Sulfuros Hipogénicos

Los sulfuros hipogénicos están representados principalmente por la pirita, seguido en abundancia por la arsenopirita y la calcopirita, y en muy poca cantidad se tienen también esfalerita y galena. Estos sulfuros se encuentran diseminados e incluso llegan a formar microvetillas que van desde unas decenas de micras hasta varios mm de espesor. La mineralización ésta presente tanto en la cuarzodiorita como en la brecha tectónica.

En cuanto a la forma de estos minerales, no se aprecia ninguna forma definida sino más bien se observan como agregados cristalinos de forma irregular. En lo que se refiere a su tamaño, es mucho menor a un mm y solamente algunos cristales de pirita llegan a presentar un tamaño mayor que el común de los demás minerales.

Por lo que respecta al oro, no se observó en forma libre, pero se supone que se encuentra asociado a piritas

y arsenopiritas. Esta suposición se basa en los conocimientos teórico-prácticos que se tienen sobre este tipo de yacimientos, ya que a partir de estas menas se ha obtenido esté metal. Actualmente es un hecho que el oro se encuentra asociado a los minerales antes mencionados. Existen algunas teorías que tratan de explicar esta relación, como la que propone Boyle (1979), quien sugiere que el oro invisible se encuentra asociado a piritas y arsenopiritas, de dos maneras diferentes: la primera considera que el oro está en combinación química con la pirita y arsenopirita; mientras que la segunda, menciona la posibilidad de que el oro se encuentra finamente disperso, en estado coloidal, en los minerales mencionados. Aunque actualmente nada se sabe con certeza, es posible que ambas proposiciones sean aceptables. Sin embargo, éstas solamente son teorías que pretenden explicar la relación oro-pirita y arsenopiritas; por lo tanto, este punto queda abierto para estudios posteriores.

V.2.b Minerales Secundarios

Los sulfuros antes mencionados, debido a su presencia en superficie y hasta cierta profundidad, son sometidos a ciertas condiciones ambientales que los oxidan.

Los óxidos de fierro (hematitas) se forman a partir de la pirita, los que a su vez degradan en hidróxidos como

la goethita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y la lepidocrosita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) los cuales constituyen las limonitas. Por otro lado, la arsenopirita al oxidarse tiende a formar una serie de compuestos complejos de arsénico y fierro; donde se libera el oro que contienen estos minerales. Este puede permanecer "in situ" o lixivarse por procesos físico-químicos y llegar a formar zonas de enriquecimiento supergénico, como se vera más adelante.

V.3 ALTERACIONES

Las alteraciones que presenta el yacimiento también se pueden clasificar de dos maneras diferentes: las de origen hidrotermal y las de origen superficial.

V.3.a Alteraciones Hidrotermales

La silicificación es la alteración hidrotermal por excelencia y se presenta en forma de agregados cristalinos y microvetillas de cuarzo; se pueden observar claramente en el dique de cuarzodiorita y en la zona de brechas. Esta alteración se presenta debido a que las rocas no son impermeables; presentan un cierto grado de permeabilidad, el cual depende del arreglo o disposición de los minerales. Aunado a esto se tienen los sistemas de fracturas, que permiten el paso de las soluciones mineralizantes a través de la roca. Dando

como resultado la alteración de la textura original de la roca, debido al depósito de las soluciones en forma de agregados cristalinos y en microvetillas.

Además de la silicificación, Elías et al. 1984, mencionan la existencia de carbonatos como la calcita y la siderita; ésto indica la presencia de otro tipo de alteración, conocida como carbonatación y que junto con la silicificación son las alteraciones más importantes de que se tiene conocimiento.

V.3.b Alteraciones Superficiales

La acción del agua meteórica y el ambiente oxidante a que están expuestos los sulfuros cerca de la superficie, originan que éstos se oxiden. Estos minerales al oxidarse, dan origen a dos zonas de alteración conocidas como: de oxidación y enriquecimiento supergénico. Siendo en estas zonas donde se precipita el oro; como resultado de una serie de procesos físico-químicos que se llevan a cabo en ambos lugares.

Por otra parte, según Elías et al. (op. cit.) "la presencia de carbonatos es favorable a la precipitación del oro en ambas zonas, ya que en el proceso de oxidación de la piritita y arsenopiritita, se producen ácido sulfúrico (H_2SO_4) y sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$); lo que crea un ambiente muy ácido, el cual le da gran movilidad al oro, pero dado que existen carbo-

atos el PH tiende a neutralizarse y hacerse ligeramente alcalino. Esto favorece la precipitación del oro, el cual se incorpora a los óxidos e hidróxidos de fierro en forma intermezclada extremadamente fina".

En conclusión, el yacimiento de Tajo San Antonio se originó debido a condiciones favorables para la oxidación y el enriquecimiento supergénico (de los sulfuros primarios). Aunque estas zonas no se encuentran bien desarrolladas, si están lo suficientemente como para formar un depósito de cierta importancia económica, como se verá en los resultados del muestreo y cálculo de reservas que se presentan posteriormente.

V.4 PARAGENESIS Y ZONEAMIENTO

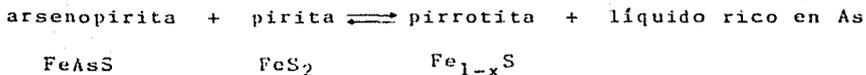
El término paragénesis, se refiere a las asociaciones minerales producidas por un fenómeno geológico definido.

Es necesario aclarar, que la información que a continuación se presenta, fue tomada del trabajo de Elías et al. (1984) debido a que no se tienen estudios más recientes al respecto. Según los autores mencionados, los minerales que se observan con mayor persistencia, son la pirita, arsenopirita y calcopirita; los dos primeros son los más importantes cuando se trata de determinar las temperaturas de formación. Asimismo, la asociación pirita-arsenopirita ha sido estudiada por varios

autores Clark (1960), Barton y Skinner (1967, 1979), etc; dado que la arsenopirita puede coexistir con la pirita a altas temperaturas.

Desde un punto de vista teórico, y tomando como referencia a Clark (1960), quien definió tres puntos invariantes para el sistema Fe-As-S. De los cuales el más importante, es el que se presenta en la figura 4. En este punto coexisten con mayor estabilidad las fases líquida y gaseosa de la pirita, arsenopirita y pirrotita, a una temperatura de $491 \pm 12^{\circ}\text{C}$ y a una presión menor a un bar.

Asimismo, en la figura 5 se muestra la curva de estabilidad de la reacción:



La curva indica la temperatura máxima en la cual la pirita y la arsenopirita pueden coexistir a cualquier presión confinante arriba del punto invariante. En este caso, se supone que las presiones son semejantes a las que se tienen en la naturaleza.

Es necesario notar que estas consideraciones se hicieron con base en fases sintéticas, por lo que el autor antes mencio-

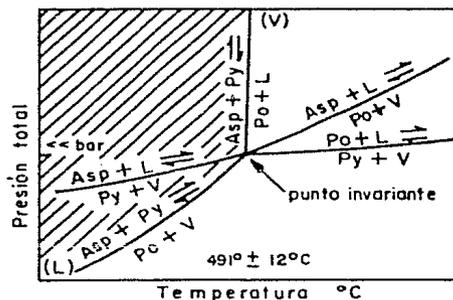


Figura 4. Diagrama esquemático P-T, el cual define la relación de fases alrededor del punto invariante para la asociación pirita-arsenopirita. Las curvas (V) y (L) definen los límites de P-T, dentro de los cuales la pirita-arsenopirita coexisten (área -ochurada). Asp = arsenopirita, Py = pirita, Po = pirrotita, V = vapor y L = líquido. Clark (1960)

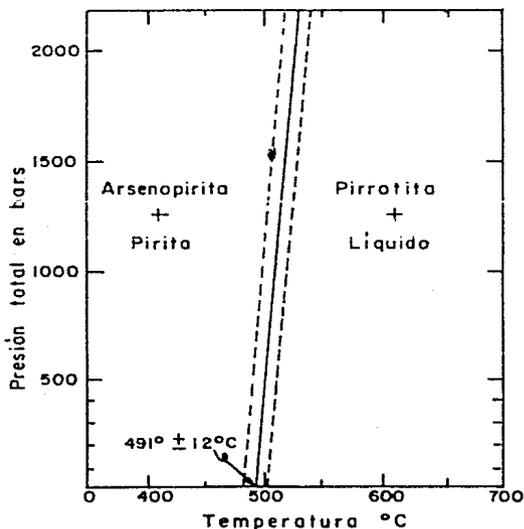


Figura 5. Curva de estabilidad superior de la asociación pirita arsenopirita (detalle de curva (V) de la fig. 4). Dentro de la zona entre líneas segmentadas, las reacciones pueden no ser reversibles. Clark (1960).

nado, hace la aclaración de que la presencia de elementos traza dentro de cualquier mineral de este sistema (Fe-As-S), en una proporción mayor al 1% altera de alguna manera los resultados obtenidos. Según Elías et al. (op. cit.), las muestras del Tajo San Antonio analizadas por microsonda no presentaron elementos traza dentro de la pirita y arsenopirita, a excepción de una muestra en la que se observó cobalto en un cristal de arsenopirita; pero si se considera que este es el único elemento que se observó, y cuya proporción con respecto a las muestras analizadas es mucho menor al 1% del rango de tolerancia propuesto por Clark (op. cit.), entonces los resultados teóricos obtenidos por el autor podrían ser aplicables en este caso. Con referencia en lo anterior, Elías et al. (op. cit.), consideran que aunque nada se sabe respecto a la presión a la cual se formaron la pirita y la arsenopirita, es poco probable que ésta fuera mayor a un kb y en cuanto a la temperatura de formación, ellos consideran que ésta se encuentra dentro del rango de los $491 \pm 12^{\circ}\text{C}$.

Por lo que respecta a la sucesión mineral, los mismos autores proponen un orden de formación de los minerales, para el yacimiento de Tajo San Antonio, el cual se muestra en la tabla 2.

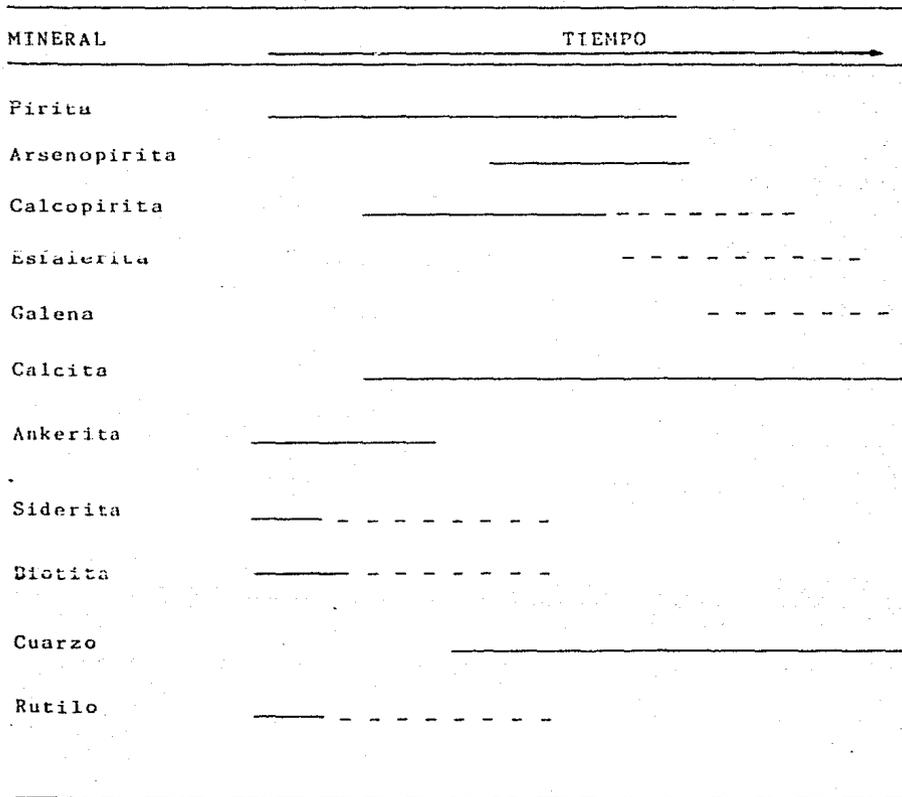


TABLA 2
 SUCESION HIPOGENICA DEL YACIMIENTO DE
 TAJO SAN ANTONIO, SEGUN ELIAS ET. AL. (1984)

En cuanto al zoneamiento, este concepto se refiere a la distribución que presentan los minerales en cuanto a espacio y tiempo. Según Mackinstry (1948), el zoneamiento se puede presentar en tres diferentes escalas: a nivel regional, de distrito minero y del cuerpo mineralizado.

Para el presente caso, se tratará el zoneamiento a nivel del cuerpo mineralizado. Este se puede manifestar tanto en sentido vertical como lateral. Algunos autores como Emmons (1924) y Fersman (1934), han presentado diferentes zonas con minerales típicos desde la superficie hasta el cuerpo batolítico, que según ellos suponen fué él causante directo de la mineralización, cosa que actualmente no está plenamente comprobada.

Con base en las suposiciones de estos autores y en el caso concreto del yacimiento de Tajo San Antonio, el zoneamiento lateral dado por la asociación de minerales (arsenopirita, pirita y calcopirita), únicamente se presenta en el intrusivo y zona de brechas, a excepción de la pirita la cual se llega a presentar en la granodiorita y solamente en las zonas cercanas al intrusivo. Por lo que respecta a la distribución vertical de estos minerales, y si las suposiciones de los autores antes mencionados son ciertas, los minerales (arsenopirita, pirita y calcopirita), forman parte de los minerales índices de las zonas más profundas.

Asimismo, se considera que el contenido de oro a profundidad, estará supeditado a la presencia de los minerales pirita y arsenopirita; con tendencia a presentarse dentro de la red cristalina de estos minerales y en forma más errática.

V.5 GENESIS Y EDAD DE LA MINERALIZACION

La génesis de cualquier yacimiento se establece mediante las evidencias de campo y estudios detallados de laboratorio.

Para el presente caso, todas las consideraciones que se hagan sobre la génesis del yacimiento, se harán tomando en cuenta las relaciones de campo. En el transcurso del presente estudio no se realizaron trabajos de laboratorio encaminados a esté fin; en este sentido, solo se tiene el estudio previo de Halos de Mercurio y Metalogenético. Este trata algunos aspectos que conciernen al tema, pero con limitaciones; su objetivo fue la zona de brechas y no el intrusivo mineralizado. Por tanto, sus puntos de vista no se tomaran en cuenta y todo se hará con base en las relaciones que guardan las rocas entre sí.

De acuerdo a las relaciones de campo, se considera que la granodiorita es la roca más antigua y cuya probable edad por correlación con algunas muestras de la zona del Triunfo, sería del Cretácico Superior (Casarrubias et al. 1986).

Posteriormente, vino una nueva etapa orogénica, tal vez a fines del Cretácico y principios del Terciario; ésta dió origen a una serie de intrusiones de diferente composición, entre las cuales se encuentran los diques de diorita, que más tarde se transformarían a cuarzodioritas debido a la alteración que sufrieron. En el transcurso del Terciario sobrevino una nueva etapa orogénica, que ocasiono un calentamiento cortical; esto originó que las soluciones mineralizadas, depositadas previamente, emigraran a la superficie alojandose en ciertos intrusivos y en zonas de brecha, como al parecer ocurrió en esta área. Este último evento también originó intrusiones de rocas ígneas en forma de diques, que incluso cortan y desplazan a la estructura mineralizada.

En conclusión, se considera que la mineralización hipogénica es de origen hidrotermal y tiene una probable edad del Terciario Inferior o Medio.

CAPITULO VI

BARRENACION DE DIAMANTE

Los estudios de geoquímica realizados por el método de Vapores de Mercurio y Metalogénico, en el área del Tajo San Antonio, detectaron tres anomalías de interés. Con el objetivo de comprobar la anomalía principal, se dió el barreno BA-1 del Consejo de Recursos Minerales a una profundidad de 121.65 m, el cual resultó negativo ya que no reportó valores económicos. Todos los valores variaron de indicios a 0.3 gramos de oro por tonelada.

Con referencia en los mismos estudios de geoquímica, se recomendaron tres barrenos más en diferentes localidades de la zona. Estos barrenos no se efectuaron, ya que no correspondían las anomalías con lo que se había detectado en superficie. Asimismo, se optó por hacer un programa de acuerdo con la reconstrucción del plano geológico de detalle, en el cual se ubicaron los 26 barrenos que ejecutó la Compañía Minera Las Cuevas, S.A.

A continuación se mencionan los 26 barrenos que desarrolló dicha compañía, en diferentes localidades de la zona, y que dieron un total de 1544.70 m perforados.

NO. DE BARREÑO	RUMBO	INCLINA- CION	PROF. EN METROS	ESPEJOR MINERALIZA DO	GRS/TON AU
SA-1	S48°E	-60°	78.33	6.10	4.03
SA-2	S48°E	-60°	92.05	----	----
SA-3	S47°E	-60°	92.05	----	----
SA-4	S42°E	-60°	94.18	9.00	9.51
SA-5	S48°E	-45°	74.63	----	----
SA-6	E	-60°	51.82	3.66	1.30
SA-6A	E	-40°	53.64	3.35	4.20
SA-7	S48°W	-75°	46.33	9.45	9.20
SA-7A	N48°E	-60°	23.77	6.10	24.09
SA-8	VERTICAL	-90°	31.39	6.10	23.30
SA-8A	N42°E	-45°	35.66	2.13	1.20
SA-9	S48°E	-60°	36.88	6.10	5.40
SA-10	S48°E	-60°	42.06	8.23	4.10
SA-11	S48°E	-60°	42.67	----	----
Sa-12	S48°E	-60°	49.07	5.49	4.23
SA-13	S48°E	-60°	57.91	0.91	13.50
Sa-14	S48°E	-60°	51.82	3.04	3.65
SA-14A	VERTICAL	-90°	52.73	4.27	1.65
SA-15	VERTICAL	-90°	85.65	----	----
SA-15S	S48°W	-45°	76.50	----	----
SA-15N	N42°W	-45°	57.91	----	----
SA-15W	S48°W	-45°	78.33	----	----

SA-15E	S48°E	-45°	60.96	----	----
SA-16	N42°E	-45°	38.10	0.91	3.80
				2.44	4.70
SA-17	VERTICAL	-90°	78.03	----	----
SA-18	VERTICAL	-90°	62.91	0.91	3.00

De los tramos reportados en la tabla anterior, que no cortaron mineral, se debe principalmente a que los barrenos están situados fuera de la proyección de la estructura mineralizada; tal es el caso de los barrenos SA-15 que se localizan en el centro de lo que fue la zona de explotación. Así como los barrenos SA-2 y SA-3; el primero de ellos se localiza en una intrusión de diorita de hornblenda, por lo que no cortó la estructura. El segundo se encuentra cerca del barreno BA-1 del C.R.M., por lo que se infiere que si cortó la estructura, ya que su profundidad fue de 92.05 m; la zona silicificada fue cortada por el BA-1 de 49.80 a 78.90 m aún cuando no reportó valores.

Como complemento a lo anterior, el Consejo de Recursos Minerales realizó otros 6 barrenos más localizados en diferentes áreas, con la finalidad de cubicar reservas, lo cual solo fue posible en la parte poniente del Tajo San Antonio. Asimismo, se comprobó la continuidad de la franja mineralizada en su extremo norte, la cual para efectos de cálculo de tonelaje

se desechó, ya que los valores reportados son bajos (de indicios a 0.7 gramos de oro por tonelada) y la potencia es mínima variando de 0.40 a 1.0 m.

El C.R.M., desarrolló un total de 381.40 m perforados, con un diámetro de los barrenos NQ y con máquinas Long Year, distribuidos en 7 barrenos que a continuación se mencionan.

No. de BARRENO	RUMBO	INCL.	PROF. - EN ME-- TROS	ESPEJOR MUES- - TREADO	GRS/TON Au	LABORATORIO
BA-1	VERTICAL	-90°	121.65	29.10	0.24	Durango, Part.
BA-2	VERTICAL	-90°	29.60	9.50	9.32	Hermosillo, C.R.M.
BA-3	S50°E	-70°	34.70	6.80	1.40	Durango, Part.
BA-4	S50°E	-70°	26.90	2.10	1.63	Chihuahua, Part.
BA-5	S50°E	-80°	44.65	8.45	0.34	Ameca, C.R.M.
BA-6	S80°E	-80°	47.50	10.55	0.1	Ameca, C.R.M.
BA-7	VERTICAL	-90°	76.40	5.10	0.15	Ameca, C.R.M.

CAPITULO VII

OBRAS MINERAS

En el Tajo San Antonio la explotación subterránea fue mínima, debido a que se dió más importancia a los trabajos a cielo abierto, como lo demuestran los vestigios que se tienen en la zona. Las obras mineras son pequeñas en su desarrollo, ya que no sobrepasan los 50 m de longitud y los tiros son menores de 10 m de profundidad, con excepción del que realizó el Consejo de Recursos Minerales, él cual tiene una profundidad total de 20.8 m.

Con los trabajos que llevó a cabo el C.R.M., se realizó un programa para efectuar una obra minera por medio de un tiro con una profundidad inicial de 20.0 m y él cual se localiza sobre el barreno BA-2; dicho tiro se efectuó con la finalidad de confirmar los valores reportados por el barreno, así como contar con suficientes datos estructurales en ésta parte de la franja mineralizada.

Este tiro se desarrolló hasta una profundidad de 11.5 m, donde se comunicó con una obra antigua que es la de mayor longitud (38.0 m), conocida actualmente con el nombre de "San Antonio". Posteriormente, se continuó el tiro con cierto desplazamiento hacia el norte; en este lugar existe un pozo

con una profundidad de 2.50 m de sección irregular, que fue acondicionado para ser aprovechado y continuar por él 6.80 m más, para lograr una profundidad total de 20.80 m.

El tiro se aprovecho para obtener una muestra de 100 kg, para la prueba metalúrgica correspondiente al tramo mineralizado de 8.50 a 18.0 m de profundidad. Esto se realizó para conocer leyes y recuperaciones, así como las relaciones de concentración y el método de beneficio adecuado para este tipo de mineral. El barreno BA-2 reportó en el mismo intervalo, valores económicamente explotables que variaron de 1.0 a 136.0 gramos de oro por tonelada.

También se realizaron dos cruceros en el tiro antes mencionado, uno al oriente con una longitud de 14.0 m y el otro al poniente con un desarrollo total de 18.0 m. Este último, comunica a la obra San Antonio con el exterior; tiene un rumbo de $N65^{\circ}W$ e intercepta a la estructura mineralizada (cuyo rumbo es de $N26^{\circ}W$ con echados de 20° a 30° al SW) en contacto con la zona de brechas.

Las obras mineras se encuentran en uno de los cuerpos cubicados. En esta parte de la estructura, se desarrollaron pequeñas labores mineras en forma de pozos y contrapozos, así como obras horizontales (cruceros) a diferente elevación con longitudes mínimas de 5.0 a 10.0 m. También se tienen

zonas de rebaje, en el extremo norte, en donde se manifiestan las mayores concentraciones de oro y donde se muestra la explotación que existió en años anteriores.

Con la rehabilitación de la obra minera se obtuvieron un total de 39 muestras. Estas muestras fueron tomadas, con la finalidad de confirmar los valores en ésta parte del cuerpo mineralizado. Las muestras se obtuvieron con un espaciamento variable y muestreando en toda la potencia observada, a continuación se mencionan las muestras colectadas en la obra San Antonio.

No. DE MUESTRA	ESPESOR (m)	GRS/TON Au
J-15	1.00	0.4
J-16	1.00	0.1
J-17	0.90	0.0
J-18	0.70	5.5
J-19	0.50	4.1
J-20	0.80	12.2
J-21	0.50	7.8
J-22	0.70	23.5
J-23	0.70	6.2
J-24	0.90	3.9
J-25	0.90	54.5

No. DE MUESTRA	ESPESOR (m)	GRS/TON Au
J-26	0.80	4.2
J-27	1.00	0.6
J-28	0.85	3.3
J-29	0.80	1.7
J-30	0.90	2.5
J-31	0.80	9.5
J-32	1.00	9.2
J-33	1.10	0.0
J-34	1.10	11.3
J-35	0.80	7.9
J-36	0.90	18.1
J-37	1.00	5.7
J-38	0.90	4.4
J-39	1.10	0.0
J-40	1.00	0.2
J-41	1.10	1.0
J-42	0.70	1.6
J-43	0.65	0.6
J-44	0.90	0.0
J-45	1.05	0.5
J-46	0.95	0.8
J-47	0.70	2.6
J-48	0.70	1.2
J-49	0.70	2.0

J-50	0.90	1.0
J-51	0.65	2.7
J-52	0.50	5.9
J-53	0.60	5.5

CAPITULO VIII

MUESTREO

El muestreo es una de las etapas más importantes en la evaluación de cualquier yacimiento mineral, ya que de los resultados que se obtengan dependerá si se continúa con las etapas posteriores, o se detiene el estudio de cualquier área, si es que los resultados son negativos. En este punto pueden surgir las siguientes preguntas: ¿Qué es una muestra y porque se muestrea?.

Según Martínez y Obregón (1977), la muestra está constituida por porciones de roca tanto del cuerpo mineralizado como de la roca encajonante; ambas deben ser representativas del lugar que se investiga.

Asimismo para dichos autores, se muestra con el objeto de obtener información acerca de un depósito, obra minera o bloque mineral; esta información es la base para conocer las características técnico-cualitativas de dichos sitios.

También es importante notar que existen diferentes tipos de muestreo, mencionando a continuación los siguientes:

- a) Muestreo de núcleos
- b) Muestreo de canal
- c) Muestreo de lodos
- d) Muestreo de briznas
- e) Etc.

Aunque al procedimiento seguido por cada uno de ellos es diferente, todos persiguen la misma finalidad; tomar una muestra que sea representativa y con las características antes mencionadas.

Por lo que respecta al área de estudio; se realizó muestreo en superficie, en los núcleos de barrenación y en las obras subterráneas.

En los afloramientos superficiales y zanjas, el muestreo de la estructura se hizo por el método de canal, aunque este método no dió los resultados esperados, debido a que los valores reportados por el laboratorio fueron bajos.

En cuanto al muestreo realizado en la zona del Tajo, los resultados fueron negativos del orden de 0.1 a 1.0 gramos de oro por tonelada. Dado que la antigua zona de explotación ya no cuenta con la estructura y solo existen pequeños pilares, que son vestigios de lo que se explotó con anterioridad. En tales lugares, las muestras que se tomaron reportaron valo-

res de 5.0 a 10.0 gramos de oro por toneladas; estos si corresponden a los valores que se explotaban. En resumen, con las anteriores actividades se obtuvieron un total de 69 muestras, con una ley media de 2.0 gramos de oro por tonelada.

Por lo que se refiere al muestreo efectuado en los núcleos de barrenación; Este se realizó en la zona mineralizada cortada por los mismos. El grueso de la muestra consistió en la mitad del núcleo recuperado y el largo de ésta dependió del criterio del geólogo. Este se basó en las concentraciones de mineral en ciertos tramos para delimitar el largo de la muestra. Se obtuvieron un total de 171 muestras, con una ley promedio de 2.1 gramos de oro por tonelada; algunas de estas muestras también se mandaron analizar por plata, las cuales dieron una ley media de 14.04 gramos de Ag por tonelada, que es muy baja como para tomarse en cuenta. Por tanto, el oro es el metal más importante del yacimiento.

El muestreo en el interior de la mina, se efectuó también por el método de canal. Este se realizó sobre las paredes de la mina, cuando la estructura mineralizada se cortó perpendicular a la obra minera. En otros casos se hizo a criterio del geólogo, aunque siempre se trató de que la muestra reuniera las características mencionadas anteriormente. Con estas actividades se recolectaron un total de 39 muestras, con una ley media de 5.6 gramos de Au por tonelada, las cuales se

describieron detalladamente en el capítulo de obras mineras.

Las muestras tomadas en la evaluación de esta área, fueron analizadas químicamente en los laboratorios del Consejo de Recursos Minerales en Hermosillo, Son., y en Ameca, Jal., así como en el laboratorio particular de Siqueiros y Hermanos, localizado en la ciudad de Chihuahua, Chih. Asimismo, se tomaron muestras para el estudio petrográfico, que fueron analizadas en los laboratorios del C.R.M., arriba mencionados.

CAPITULO IX
CALCULO DE RESERVAS

Con base en los resultados obtenidos por los barrenos de diamante, que ejecutaron la Compañía Minera Las Cuevas y el Consejo de Recursos Minerales, se determinaron 12 bloques mineralizados. Estos cuerpos quedan comprendidos dentro de los barrenos SA-1, SA-4, SA-6, SA-6A, SA-7, SA-7A, SA-8, SA-8A, SA-9, SA-10, SA-11, SA-12, SA-13, SA-14A, BA-2 y BA-3. Se calcula un total de 57,603 toneladas cubicadas con barrenación y obra minera.

Con estos trabajos se concluyó que la mineralización a profundidad no es económicamente costeable, y los valores de oro explotables únicamente se encuentran en la zona de oxidación, en donde a su vez se reflejan las mayores potencias para un minado a cielo abierto, debido a lo cual la zona de mayor interés corresponde al extremo poniente del Tajo San Antonio.

Se desistió de un posible cálculo de tonelaje en la parte norte de la estructura; en este lugar los valores son mínimos y demasiado erráticos, así como la potencia de la estructura, la cual tiene un espesor promedio de 0.40 m.

La cubicación es conservadora debido a las pocas evidencias de la proyección de la estructura en superficie. La mayor información proviene de los barrenos, tanto los realizados por el C.R.M., como los de la Compañía Minera Las Cuevas, y que fueron de gran interés para el estudio del yacimiento.

El cálculo del tonelaje se realizó por el método de triángulos; para esto, se tomaron en cuenta aquellos barrenos que dieron los mayores espesores y las leyes más altas, y una vez localizados en el plano, se unieron por medio de líneas. Así se obtuvieron un total de 12 triángulos o bloques. Posteriormente, se pasó a calcular el tonelaje de cada uno de ellos; para ello fue necesario tomar en cuenta ciertas fórmulas, que a continuación se mencionan:

$$\text{Ancho promedio (A}_p\text{)} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} ; \text{ donde E = espesor}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum (E \times L)}{\sum E} ; \text{ donde E = espesor, L = ley}$$

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.}; \text{ donde B = base del triángulo,}$$

A = altura del triángulo,

F.E. = factor de echado

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p ; \text{ donde S = área, } A_p = \text{ancho promedio}$$

$$\text{Tonelaje (T)} = V \times \text{P.E.}; \text{ donde V = volumen, P.E. = peso específico}$$

En las fórmulas anteriores, se tomaron en cuenta algunos factores que a continuación se definen.

Factor de echado (F.E.): El factor de echado es una corrección que se introduce durante el cálculo, debido a que la estructura mineralizada no es horizontal, es decir tiene cierta inclinación; ésta es de 19° (medida en la obra subterránea) y así se obtuvo un factor de echado de 1.05.

Peso específico (P.E.): El peso específico que se tomó, fue la densidad promedio tomada de los análisis practicados por el laboratorio, a las muestras representativas de la estructura mineralizada enviadas con éste fin. Para este caso se obtuvo un P.E. de 2.5.

Todas las operaciones que se realizaron durante el cálculo del tonelaje de cada uno de los bloques, se describen detalladamente en las siguientes páginas.

B L O Q U E # 1

No. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-8	6.10	23.30	142.13
SA-8A	2.13	1.20	2.55
SA-9	6.10	5.4	32.94
TOTAL:	14.33		177.62

$$\text{Ancho promedio (A}_p\text{)} = \frac{14.33}{3} = 4.77 \text{ m}$$

$$\text{Ley Media} = \frac{\sum (E \times L)}{\sum E} = \frac{177.62}{14.33} = 12.39 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

Base = 35.0 m

Factor de echado (F.E.) = 1.05

Altura = 16.0 m

Peso especifico (P.E.) = 2.5 Ton/m³

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{35.0 \times 16.0}{2} \times 1.05 = 294 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen(V)} = S \times A_p = 294 \text{ m}^2 \times 4.77 \text{ m} = 1402.38 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 1402.38 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 3506 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 1 = 3506 Toneladas métricas, con una ley media de 12.39 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 4.77 m.

B L O Q U E # 2

No. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
BA-2	9.50	9.32	88.54
SA-7	9.45	9.2	86.94
SA-7A	6.10	24.09	146.95
SA-8	6.10	23.30	142.13
SA-8A	2.13	1.20	2.55
SA-9	6.10	5.40	32.94
TOTAL:	39.38		500.05

$$\text{Ancho promedio (Ap)} = \frac{39.38}{6} = 6.56 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum(E \times L)}{\sum E} = \frac{500.05}{39.38} = 12.70 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

$$\text{Base} = 37.0 \text{ m} \quad \text{Factor de echado (F.E.)} = 1.05$$

$$\text{Altura} = 20.0 \text{ m} \quad \text{Peso especifico (P.E.)} = 2.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Area (s)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{37.0 \times 20.0}{2} \times 1.05 = 388.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times \text{Ap} = 388.5 \text{ m}^2 \times 6.56 \text{ m} = 2548.56 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 2548.56 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 6371 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 2 = 6371 Toneladas métricas, con una ley media de 12.70 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 6.56 m.

B L O Q U E # 3

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRs/TON Au	ANGHO POR LEY
SA-4	9.0	9.51	85.59
SA-7	9.45	9.20	86.94
SA-7A	6.10	24.09	146.94
SA-9	6.10	5.40	32.94
TOTAL:	30.65		352.41

$$\text{Ancho promedio (Ap)} = \frac{30.65}{4} = 7.66 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum(E \times L)}{\sum E} = \frac{352.41}{30.65} = 11.50 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

$$\text{Base} = 42.0 \text{ m} \quad \text{Factor de echado (F.E.)} = 1.05$$

$$\text{Altura} = 13.0 \text{ m} \quad \text{Peso específico (P.E.)} = 2.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{42.0 \times 13.0}{2} \times 1.05 = 286.65 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen(V)} = S \times A_p = 286.65 \text{ m}^2 \times 7.66 \text{ m} = 2195.74 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 2195.74 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 5489 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 3 = 5489 Toneladas métricas, con una ley media de 11.50 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 7.66 m.

B L O Q U E # 4

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-1	6.10	4.03	24.58
SA-4	9.0	9.51	85.59
SA-9	6.10	5.40	32.94
TOTAL:	21.20		143.11

$$\text{Ancho promedio (A}_p\text{)} = \frac{21.20}{3} = 7.06 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum (E \times L)}{\sum E} = \frac{143.11}{21.20} = 6.75 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

$$\text{Base} = 43.0 \text{ m} \quad \text{Factor de echado (F.E.)} = 1.05$$

$$\text{Altura} = 23.0 \text{ m} \quad \text{Peso específico (P.E.)} = 2.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} = \text{F.E.} = \frac{43.0 \times 23.0}{2} \times 1.05 = 519.22 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 519.22 \text{ m}^2 \times 7.06 \text{ m} = 3665.69 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 3665.69 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 9164 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 4 = 9164 Toneladas métricas, con una ley media de 6.75 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 7.06 m.

B L O Q U E # 5

No. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-1	6.10	4.03	24.58
SA-9	6.10	5.40	32.94
TOTAL:	12.20		57.52

$$\text{Ancho promedio (A}_p\text{)} = \frac{12.20}{2} = 6.10 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum(E \times L)}{\sum E} = \frac{57.52}{12.20} = 4.71 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

Base = 30.0 m

Factor de echado (F.E.) = 1.05

Altura = 10.50 m

Peso específico (P.E.) = 2.5 Ton/m³

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{30.0 \times 10.50}{2} \times 1.05 = 165.37 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 165.37 \text{ m}^2 \times 6.10 \text{ m} = 1008.78 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 1008.78 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 2522 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 5 = 2522 Toneladas métricas, con una ley media de 4.71 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 6.10 m.

B L O Q U E # 6

NO. DE BARRENO	ESPEJOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
BA-3	6.80	1.40	9.52
SA-4	9.00	9.51	85.59
SA-16	3.35	8.50	28.47
TOTAL:	19.15		123.58

$$\text{Ancho promedio } (A_p) = \frac{19.15}{3} = 6.38 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum(E \times L)}{\sum E} = \frac{123.58}{19.15} = 6.45 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

$$\text{Base} = 24.0 \text{ m} \quad \text{Factor de echado (F.E.)} = 1.05$$

$$\text{Altura} = 11.0 \text{ m} \quad \text{Peso específico (P.E.)} = 2.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{24.0 \times 11.0}{2} \times 1.05 = 138.60 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 138.60 \text{ m}^2 \times 6.38 \text{ m} = 884.26 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 884.26 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 2210 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 6 = 2210 Toneladas métricas, con una ley media de 6.45 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 6.38 m.

B L O Q U E # 7

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-1	6.10	4.03	24.58
BA-3	6.80	1.40	9.52
SA-4	9.00	9.51	85.59
TOTAL:	21.90		119.69

$$\text{Ancho promedio } (A_p) = \frac{21.90}{3} = 7.3 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum(E \times L)}{\sum E} = \frac{119.69}{21.90} = 5.46 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

Base = 33.50 m

Factor de echado (F.E.) = 1.05

Altura = 15.0 m

Peso específico (P.E.) = 2.5 Ton/m³

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{33.50 \times 15.0}{2} \times 1.05 = 263.81 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 263.81 \text{ m}^2 \times 7.3 \text{ m} = 1925.81 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 1925.81 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 4814 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 7 = 4814 Toneladas métricas, con una ley media de 5.46 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 7.3 m.

B L O Q U E # 8

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
BA-3	6.80	1.40	9.52
SA-13	0.91	13.50	12.28
SA-16	3.35	3.50	28.47
TOTAL:	11.06		50.27

$$\text{Ancho promedio } (A_p) = \frac{11.06}{3} = 3.68 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum (E \times L)}{\sum E} = \frac{50.27}{11.06} = 4.54 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

$$\text{Base} = 72.0 \text{ m}$$

$$\text{Factor de echado (F.E.)} = 1.05$$

$$\text{Altura} = 10.0 \text{ m}$$

$$\text{Peso específico (P.E.)} = 2.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{72.0 \times 10.0}{2} \times 1.05 = 378 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 378 \text{ m}^2 \times 3.68 \text{ m} = 1391.04 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 1391.04 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 3477 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 8 = 3477 Toneladas métricas, con una ley media de 4.54 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 3.68 m.

B L O Q U E # 9

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRs/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-1	6.10	4.03	24.58
RA-3	6.80	1.40	9.52
SA-13	0.91	13.50	12.28
TOTAL:	13.81		46.38

$$\text{Ancho promedio (A}_p\text{)} = \frac{13.81}{3} = 4.60 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum (E \times L)}{\sum E} = \frac{46.38}{13.81} = 3.35 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

Base = 58.0 m

Factor de echado (F.E.) = 1.05

Altura = 19.0 m

Peso específico (P.E.) = 2.5 Ton/m³

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{58.0 \times 19.0}{2} \times 1.05 = 578.55 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 578.55 \text{ m}^2 \times 4.60 \text{ m} = 2661.33 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 2661.33 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 6653 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 9 = 6653 Toneladas métricas, con una ley media de 3.35 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 4.60 m.

B L O Q U E # 10

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-6	3.66	1.30	4.75
SA-6A	3.35	4.20	14.07
SA-12	5.49	4.23	23.22
SA-13	0.91	13.50	12.28
TOTAL:	13.41		54.32

$$\text{Ancho promedio } (A_p) = \frac{13.41}{4} = 3.35 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum(E \times L)}{\sum E} = \frac{54.32}{13.41} = 4.05 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

Base = 66.0 m

Factor de echado (F.E.) = 1.05

Altura = 8.0 m

Peso específico (P.E.) = 2.5 Ton/m³

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{66.0 \times 8.0}{2} \times 1.05 = 277.20 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 277.20 \text{ m}^2 \times 3.35 \text{ m} = 928.62 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 928.62 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 2321 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 10 = 2321 Toneladas métricas, con una ley media de 4.05 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 3.35 m.

B L O Q U E # 11

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-6	3.66	1.30	4.75
SA-6A	3.35	4.20	14.07
SA-10	8.23	4.10	33.74
SA-12	5.49	4.23	23.22
TOTAL:	20.73		75.79

$$\text{Ancho promedio } (A_p) = \frac{20.73}{4} = 5.18 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum (E \times L)}{\sum E} = \frac{75.79}{20.73} = 3.65 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

Base = 44.0 m

Factor de echado (F.E.) = 1.05

Altura = 16.0 m

Peso específico (P.E.) = 2.5 Ton/m³

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{44.0 \times 16.0}{2} \times 1.05 = 369.60 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 369.60 \text{ m}^2 \times 5.18 \text{ m} = 1914.52 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 1914.52 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 4786 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 11 = 4786 Toneladas métricas, con una ley media de 3.65 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 5.18 m.

B L O Q U E # 12

NO. DE BARRENO	ESPESOR MTS	LEY GRS/TON Au	ANCHO POR LEY
SA-6	3.66	1.30	4.75
SA-6A	3.35	4.20	14.07
SA-9	6.10	5.40	32.94
SA-10	8.23	4.10	33.74
TOTAL:	21.34		85.50

$$\text{Ancho promedio } (A_p) = \frac{21.34}{4} = 5.30 \text{ m}$$

$$\text{Ley media} = \frac{\sum(E \times L)}{\sum E} = \frac{85.50}{21.34} = 4.0 \text{ Grs/Au/Ton.}$$

CALCULO DEL TONELAJE:

Base = 51.0 m

Factor de echado (F.E.) = 1.05

Altura = 19.0 m

Peso específico (P.E.) = 2.5 Ton/m³

$$\text{Area (S)} = \frac{B \times A}{2} \times \text{F.E.} = \frac{51.0 \times 19.0}{2} \times 1.05 = 508.73 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen (V)} = S \times A_p = 508.73 \text{ m}^2 \times 5.30 \text{ m} = 2696.24 \text{ m}^3$$

$$\text{Tonelaje} = V \times \text{P.E.} = 2696.24 \text{ m}^3 \times 2.5 \text{ Ton/m}^3 = 6740 \text{ Ton.}$$

BLOQUE No. 12 = 6740 Toneladas métricas, con una ley media de 4.0 gramos de Au por tonelada y con un espesor promedio de 5.30 m.

CONCLUSIONES

- Geológicamente, el yacimiento se encuentra emplazado en una masa granítica (granodiorita) de tipo batolítica.

- El yacimiento presenta características que permiten suponer que se trata de un depósito de oro diseminado, asociado a rocas ígneas de tipo intrusivo; donde la mineralización es posterior al emplazamiento del intrusivo.

- La mineralización se presenta en el dique de cuarzo-diorita y en la zona de brechamiento, situada al alto de la estructura (ambos con diseminaciones de sulfuros). Ambas zonas presentan en superficie, una fuerte alteración debida a la oxidación de los sulfuros primarios o hipogénicos.

- Los sulfuros están representados por los minerales pirita, arsenopirita y calcopirita; en menor cantidad se tienen también galena y esfalerita. En estos minerales, el oro se presenta asociado a piritas y arsenopiritas mediante procesos físico-químicos, que no están todavía muy claros.

- La parte oxidada del yacimiento, es la zona económicamente hablando más importante, junto con la de enriquecimiento supergénico (aunque esta última no se sabe que tan de-

sarrollada esté). En estas zonas, el oro se encuentra asociado a óxidos e hidróxidos de fierro, en forma de partículas extremadamente finas.

- Con base en las relaciones de campo, se considera que la granodiorita es la roca más antigua, seguida por el dique de cuarzodiorita, y posteriormente se tienen los diques de diorita de hornblenda y aplitas; se supone que la mineralización es de origen hidrotermal y tiene una probable edad del Terciario Inferior o Medio.

- Los mejores espesores y leyes del yacimiento, se tienen en la parte poniente del Tajo San Antonio, mientras que la parte norte del mismo carece de interés económico debido a que tanto la potencia como las leyes son muy bajas.

- A profundidad los valores de oro son demasiado erráticos, lo cual no permite que la explotación de este depósito vaya más allá de los límites de la oxidación.

- Mediante barrenación de diamante y obra subterránea, se calcularon reservas para la parte oxidada del yacimiento (zona poniente del Tajo San Antonio), por un total de 57,603 toneladas.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar N.M., 1986.- Estudio geológico regional y ocurrencia mineral de la Reserva Minera Valle Perdido, Mpio. de La Paz, B.C.S. Consejo de Recursos Minerales. Inédito.

Altamirano F.J., 1970.- Exploración geológico-minero por oro y plata de la porción meridional de Baja California Sur. Consejo de Recursos Minerales. Inédito.

_____ 1972.- Tectónica de la porción meridional de Baja California Sur. Sociedad Geológica Mexicana, IIA. Convención Nacional.

Atwater T., 1970.- Implications of plate tectonics for the Cenozoic Tectonic evolution for western North America. Geol. Soc. America Bull. v. 81

Barton P.B. Jr., 1969.- Thermochemical study of the system Fe-As-S. Geochimica et Cosmochimica Acta Vol. 33, p. 841-857. En Elías et al. 1984.

Barton P.B. Jr., and Skinner, B.J., 1967.- Sulfide mineral stabilities. In Geochemistry of hidrothermal ore deposits. Editor H.L. Barnes, pp 670. En Elías et al. 1984.

_____ 1979.- Sulfide mineral stabilities. In Geochemistry of hidrothermal ore deposits (2nd edition). Editor H.L. Barnes. Wiley-Interscience publication 718 pp. En Elías et al. 1984.

- Boyle R.W., 1979.- The geochemistry of gold and deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element). Geological Survey of Canada, Bull. 280. En Elías et al. 1984.
- Casarrubias, J.J.S., Romero R.S.A., Palomares C.L., Salazar L.R., 1966.- Informe geológico minero regional y evaluativo de la Reserva Minera Nacional Ampliación El Triunfo Consejo de Recursos Minerales. Inédito.
- Chase and Menard, 1970.- History of sea floor spreading west B.C. Bull. of Geol. Soc. of America vol. 81.
- Clark L.A., 1960.- The Fe-As-S system: phase relations and applications. Econ. Vol. 55. En Elías et al. 1984.
- Dewey J.F., 1972.- Deriva continental y tectónica de placas (Selecciones de Scientific American). Ediciones H. Blume.
- Eimon P., 1981.- Exploration for epithermal gold and silver deposits the epithermal model. Trabajo presentado en el primer simposium internacional sobre pequeñas minas económicas y su expansión. Taxco, México. Mayo 1981.
- Elías H.M., Gutiérrez T.R.L., Rubinovich K.R., Gasca D.A., 1984.- Estudio metalogenético y geoquímico de halos de mercurio en el prospecto aurífero Tajo San Antonio. Consejo de Recursos Minerales. Inédito.
- Emmons W.H., 1924.- Primary downward changes in ore deposits. Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng. V. 70.

- Escandón F.J., 1983.- Análisis de los trabajos geológico-mine-
ros efectuados en el distrito de San Antonio-El Triunfo,
B.C.S., y evaluación económica preliminar. Consejo
de Recursos Minerales. Inédito.
- Gastil R.G., 1970.- Reconnaissance Potassium- Argon dates for
Cenozoic volcanic rocks in the State of Baja California.
Geological Society of America (abs.). En Soto y Martí-
nez, 1978.
- Giles D.L., and Nelson C.E., 1982.- Principal features of
epithermal lode gold deposits of the Circum-Pacific
Rim. Presented: Circum-Pacific Energy and Minerals
Resource Conference. Honolulu, Hawaii. August, 1982.
- Hawsback B.P., 1983.- Cenozoic volcanic and tectonic evolution
of Baja California Sur, México. Department of Geology
and Geophysics, University of California, Barkeley,
Cal. Inédito. En Elías et al. 1984.
- Huang W.T., 1968.- Petrología. Editorial UTEHA.
- Jensen L.M., and Bateman M.A., 1981.- Economic mineral deposits
Revised printting (3erd. Edition). John Wiley and Sons.
- Larson R.L., Menard H.W., and Smith S.M., 1968.- Gulf of Cali-
fornia a results of sea floor apreanding and transform
faulting. Sciencie V. 161. En Serrano A., 1982.
- Lindgren W., 1933.- Mineral deposits. McGraw Hill Co. New
York.
- Mackinstry H.E., 1948.- Mining Geology. Prentice Hall, New
York.

- Martínez D.I., y Obregón A.J.J., 1977.- Planeación de proyectos y programación con ruta crítica. Notas sobre el curso del mismo nombre impartido por el Instituto para Funcionarios de las Industrias Minera y Siderúrgica, S.C. Inédito.
- O'Neil J.R., and Silberman M.L., 1974.- Stable isotope relations in epithermal ore deposits. *Economic Geology*, v. 69, pp. 902-909. En Silberman, 1981.
- Raisz E., 1964.- Landforms of Mexico. Prepared for the Geography Branch of the office of Naval Research. Cambridge, Mass.
- Serrano A.J.A., 1982.- Estudio geológico de detalle estratigráfico de la Formación Bataque en las hojas G12-A42, G12-A43, G12-44, G12-A53, G12-A54, G12-A62, G12-A63, G12-64, G12-65, G12-74 (DETENAL), Estado de B.C.S. Tesis profesional, UNAM F.I.
- Silberman M.L., 1981.- Hot Spring type, large-tonnage, lowgrade gold deposits. Characteristics of mineral deposits -- occurrences. R.L. Erickson, ed. Administrative Report, U.S. Geological Survey, pp. 116-125.
- Smirnov V.I., 1982.- Geología de yacimientos minerales. Editorial MIR, Moscú.
- Soto G.M.A., y Martínez V.A., 1978.- Aspectos geológico mineros del prospecto San Juan de la Costa, B.C.S. Tesis profesional, UNAM F.I.

000000

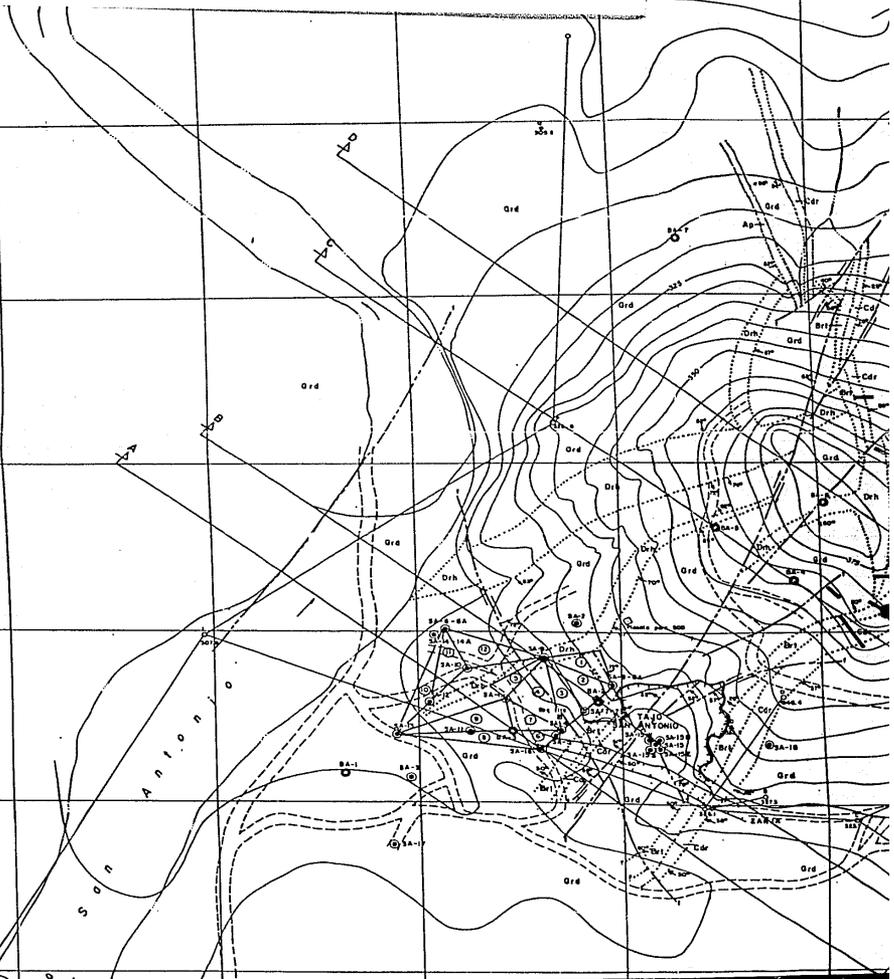
000000

000000

000000

000000

000000

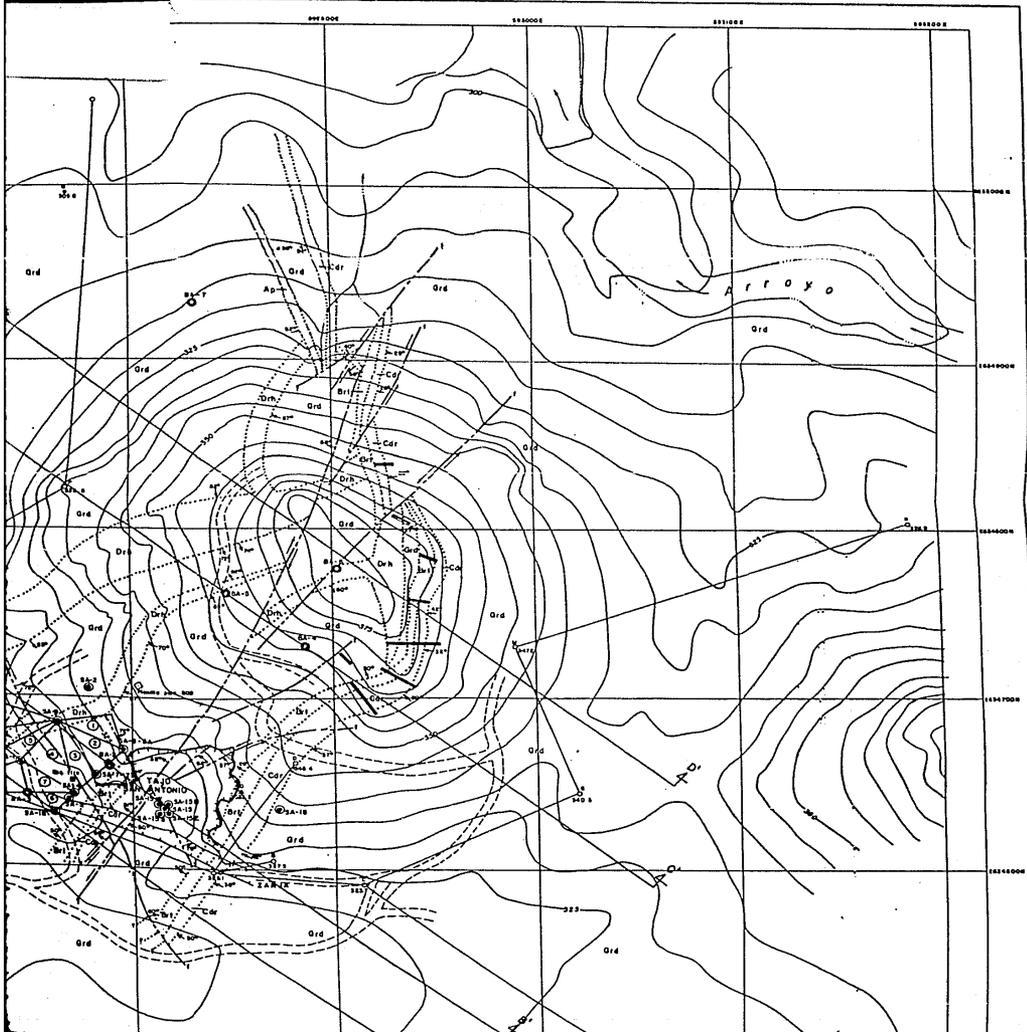


998500E

999000E

999500E

999800E



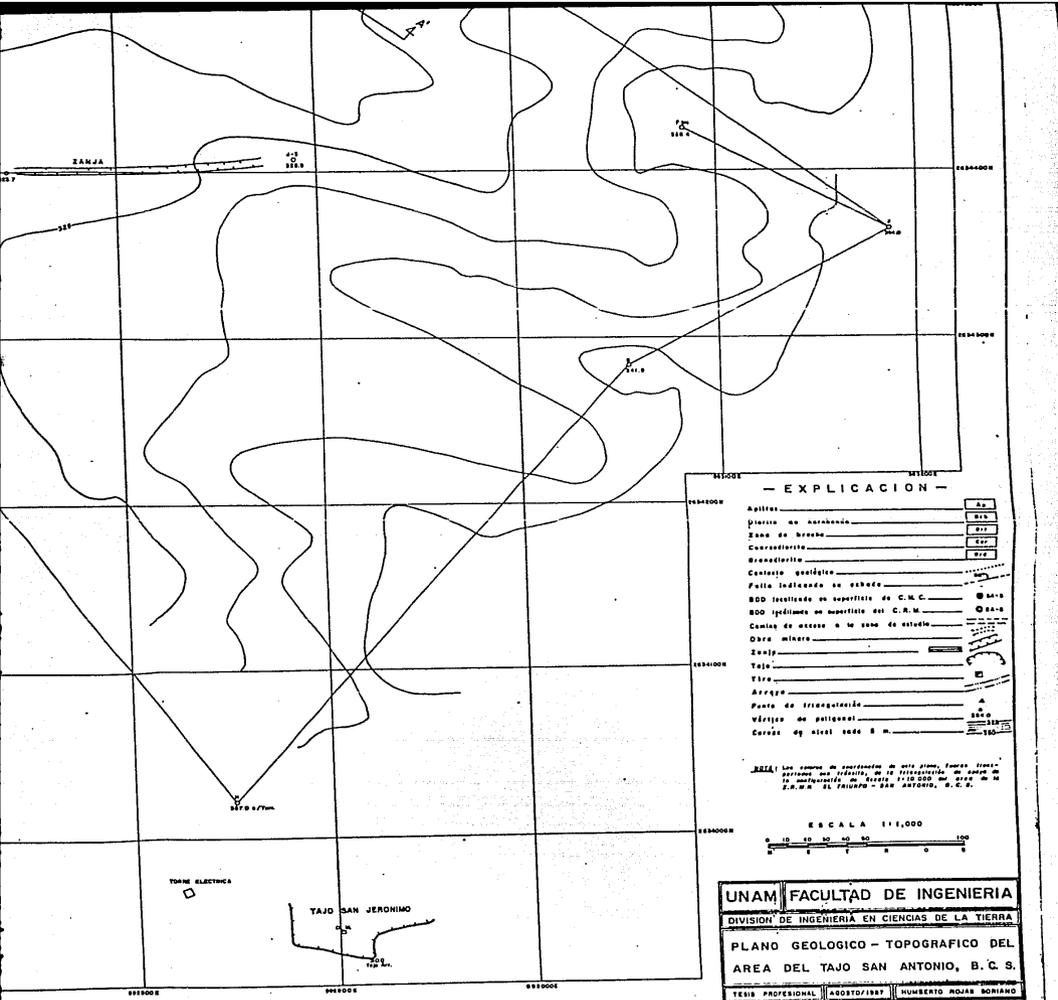
1842000N

1843000N

1844000N

1845000N

1846000N



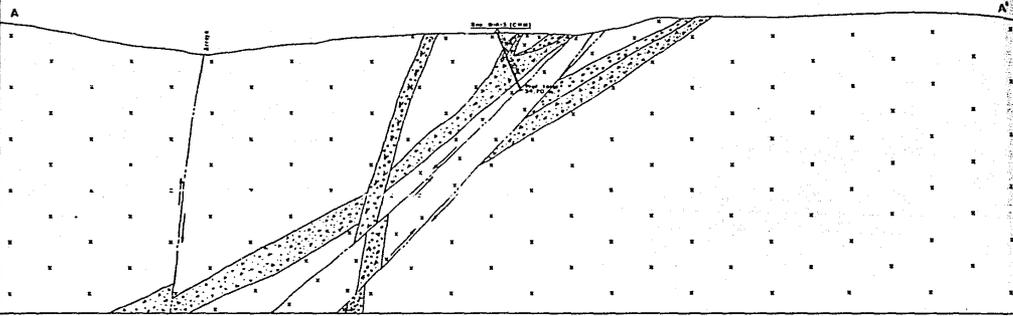
- EXPLICACION -

Altura	_____	20
Distancia en carretera	_____	500
Zona de brecha	_____	200
Cuadrante	_____	200
Brasamiento	_____	200
Cuadrado geológico	_____	200
Falta indicada en columna	_____	200
BOD instalada en superficie de C.M.C.	_____	200
BOD instalada en superficie del C.R.M.	_____	200
Cambio de acceso a la zona de estudio	_____	200
Otra muestra	_____	200
Trazo	_____	200
Tipo	_____	200
Arroyo	_____	200
Punto de triangulación	_____	200
Vértice de polígono	_____	200
Curvas de nivel cada 5 m.	_____	200

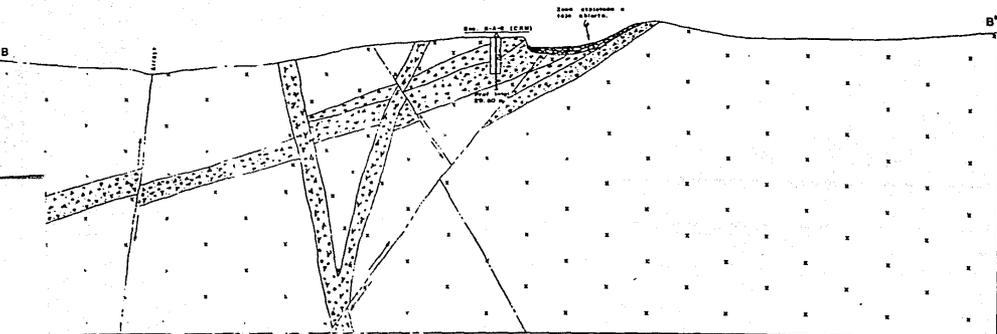
NOTA: Las curvas de nivelación de esta zona, fueron tomadas por el Sr. J. J. J. en la visita de la zona en el mes de mayo de 1950, en un terreno de 1:10,000 del área de la Z.M. EL TAJOSAN - SAN ANTONIO, B.C.S.



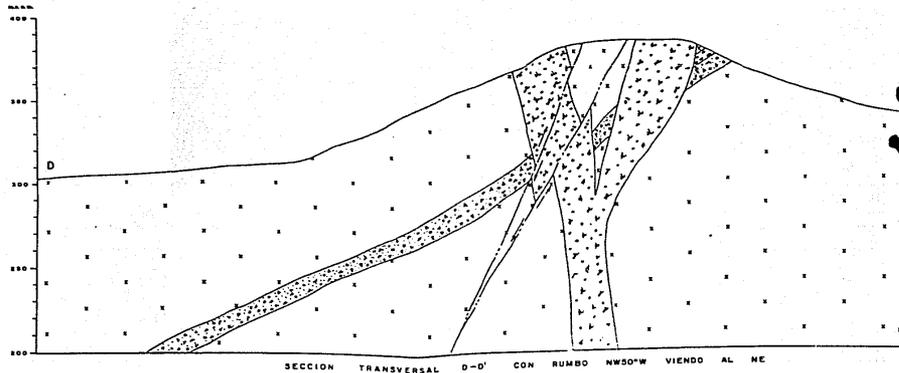
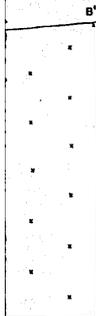
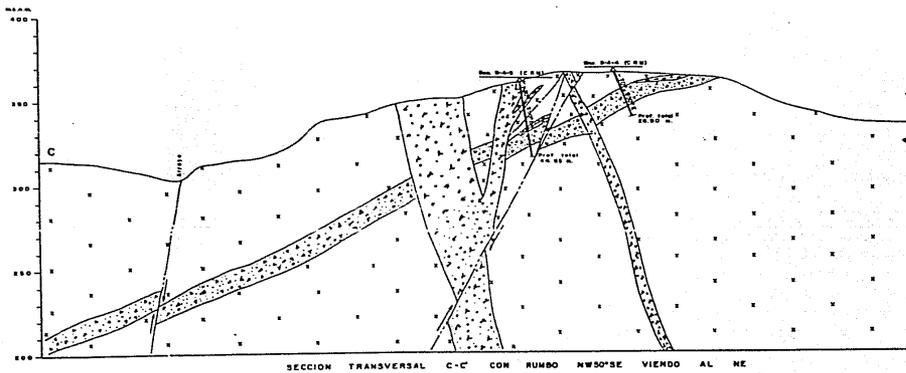
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA	
DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
PLANO GEOLOGICO - TOPOGRAFICO DEL	
AREA DEL TAJO SAN ANTONIO, B. C. S.	
TESIS PROFESIONAL	ABRIL/1957
	HUMBERTO ROSAS SORIANO



SECCION TRANSVERSAL A-A' CON RUMBO NW50°SE VIENDO AL NE

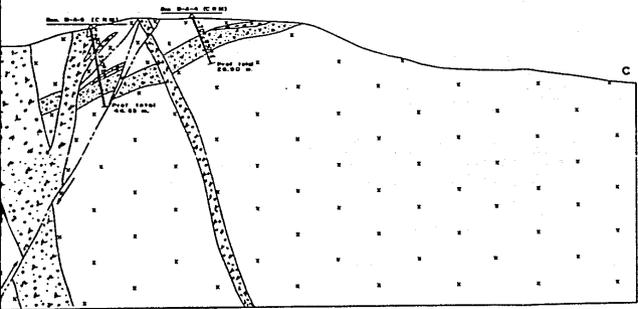


SECCION TRANSVERSAL B-B' CON RUMBO NW50°SE VIENDO AL NE

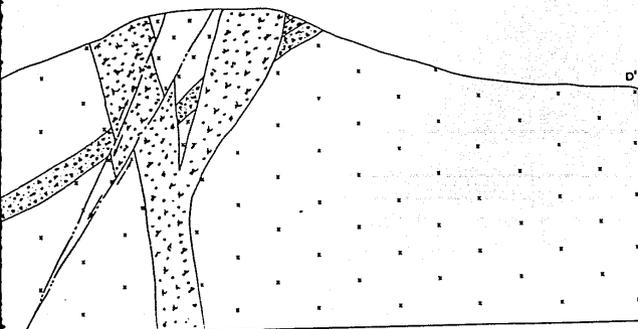


— EXPLICACION —

Duena de barrotado	
Zona de brecha	
Construcción	
Grandavilla	
Falla	
Contacto geológico	
Terrazas naturales u. por obra de las corrientes	
Barrancos (incluyendo en rumbo, incli- nación y profundidades)	



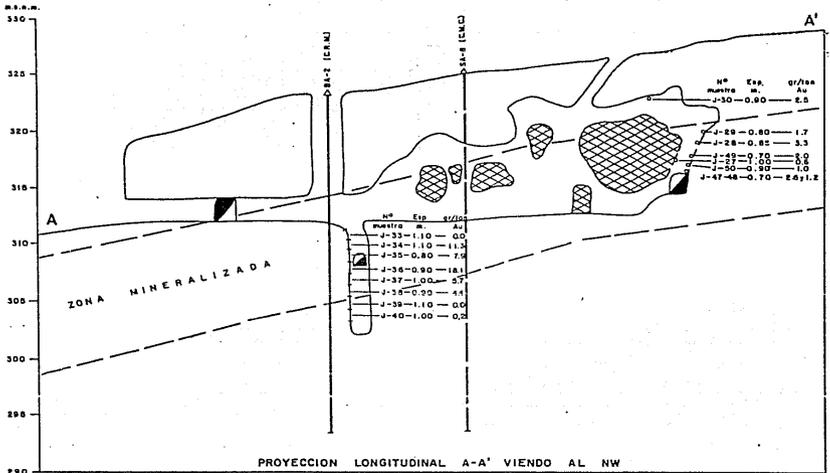
C-C' CON RUMBO NW50°SE VIENDO AL NE



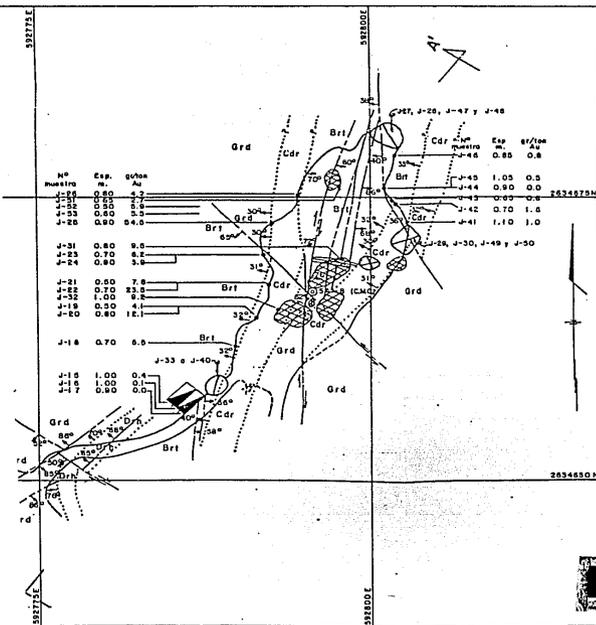
D-D' CON RUMBO NW50°W VIENDO AL NE

ESCALA HORIZ. + VERT. 1 : 1,000

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
SECCIONES TRANSVERSALES DEL YACIMIENTO.	
AREA DEL TAJO SAN ANTONIO, B. C. S.	
T.C.S. PROFESIONAL	AGOSTO/1951
HERBERTO ROJAS SORIANO	



- Diorita de horna
- Zona de brecha
- Cuarzoalrita
- Granodiorita
- Contacto geológico
- Falla indicadora
- Tiro vertical
- Pozo
- Contrapozo
- Crucero al oriente
- Crucero al poniente
- Muestra de canal
- Zona de pilares
- Barreno perforado
- Barreno perforado



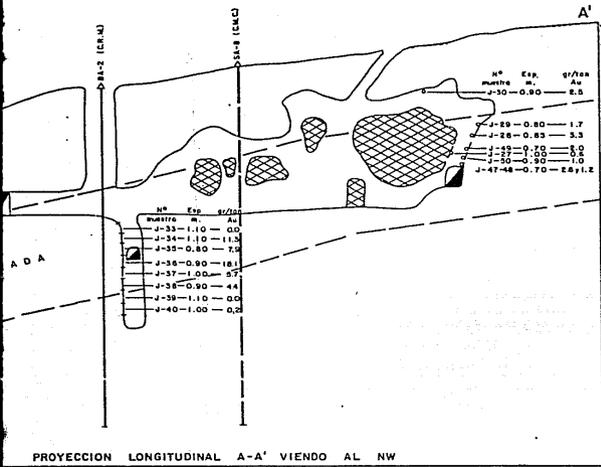
UNAM

DIVISION DE

PLANO DE L

AREA DE

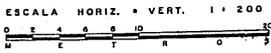
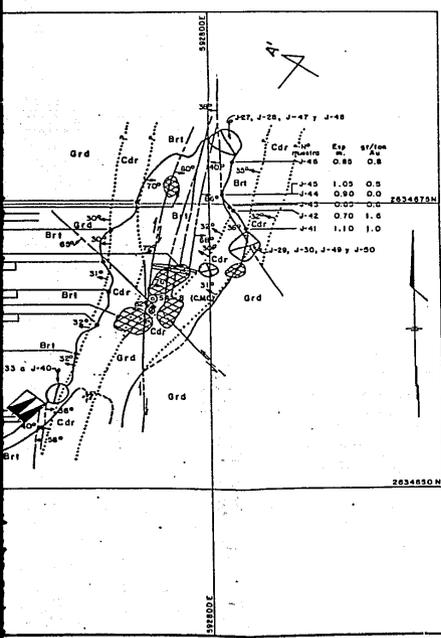
TESIS PROSIO



- EXPLICACION -

- Dhr _____
- Bri _____
- Cdr _____
- Ord _____
- Diorita de hornblenda _____
- Zona de brechas _____
- Cuarzodiorita _____
- Granodiorita _____
- Contacto geológico _____
- Falla indicando su buzamiento _____
- Tiro vertical _____
- Pozo _____
- Contrapozo _____
- Cruceo de alfileres _____
- Cruceo al poniente _____
- Muestra de canal indicando su espesor y ley de Au _____
- Zona de pilares _____
- Barreno perforado por el C. R. M. _____
- Barreno perforado por C. M. C. _____

PROYECCION LONGITUDINAL A-A' VIENDO AL NW



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA	
PLANO GEOLOGICO Y DE MUESTREO DE LA OBRA SAN ANTONIO, AREA DEL TAJO SAN ANTONIO, B. C. S.	
TESIS PROFESIONAL	AGOSTO/1987
HUMBERTO ROJAS SORIANO	