



**UNIVERSIDAD DE SONORA**

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**ESTUDIO METALOGENETICO DE LOS  
YACIMIENTOS DE ORO  
DE TAJITOS, SONORA.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**GOELOGO**

PRESENTA :

***DIANA MA. MEZA FIGUEROA***

HERMOSILLO, SONORA      JULIO DE 1993

---

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



ESTUDIO METALOGENETICO DE LOS  
YACIMIENTOS DE ORO  
DE TAJITOS, SONORA. .

POR: DIANA MA. MEZA FIGUEROA

**El presente trabajo se enmarca dentro del proyecto  
DEFINICION DE UN MODELO METALOGENETICO  
PARA LA BUSQUEDA DE YACIMIENTOS  
DE ORO EN EL NOROESTE  
DE MEXICO.  
CONACYT Clave D112-9204426**



Departamento de Geología

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

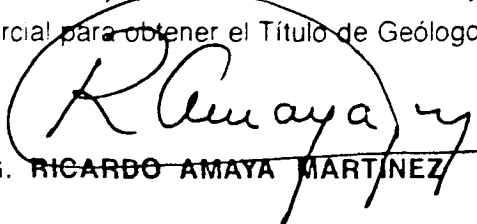
NOMBRE DE LA TESIS

"ESTUDIO METALOGENETICO DE LOS YACIMIENTOS DE ORO  
DE TAJITOS, SONORA"

NOMBRE DE LA SUSTENTANTE

DIANA MARIA MEZA FIGUEROA


El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

  
ING. RICARDO AMAYA MARTÍNEZ

El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

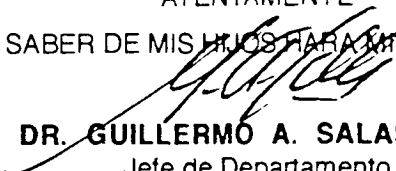
  
ING. EFREN PEREZ SEGURA

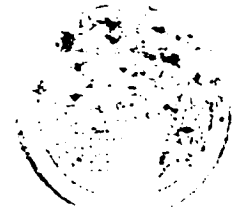
El que suscribe certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

  
ING. JAIME ISLAS LOPEZ

ATENTAMENTE

"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

  
DR. GUILLERMO A. SALAS PIZA  
Jefe de Departamento  
FGSA. AIPG



A mis padres: Juan Fco. y Ma. Antonieta  
por estar siempre conmigo, por ser mi razón  
y lo que me impulsa a seguir.

**Gracias:**

A la Universidad de Sonora y a los profesores del Departamento de Geología por recibirme en sus aulas y permitirme tomar un poco de sus conocimientos.

A Conacyt por el apoyo económico.

A los Ingenieros Ricardo Amaya y Jaime Islas por aceptar ser mis sinodales y por sus comentarios y sugerencias a este trabajo.

A Thierry Calmus por hacerme sufrir con el capítulo de Geología Estructural.

A mis compañeros de andanzas y aprendizaje: el grupo de Campo II , por aquella plática que un Diciembre en el rancho El Bamori tuvimos con Luigi.

A Vale y Gris, porque mi vida es menos complicada si las tengo cerca.

Al Ing. Efrén Pérez-Segura, por su apoyo y guía en este trabajo y durante mis estudios, por ayudarme a recorrer un camino tan difícil y darme la confianza necesaria para volar con mis propias alas. No hay palabras que basten, gracias Efrén.

## CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	3
<b>Síntesis geológica Regional</b>	
Precámbrico.....	6
Paleozoico.....	8
Mesozoico.....	9
Triásico.....	9
Jurásico.....	9
Cretácico.....	10
Cretácico-Terciario.....	11
Terciario .....	12
<b>Geología Local</b>	
Rocas volcanosedimentarias.....	13
Conjunto volcánico de composición riolítica.....	15
Pórfido riolítico.....	15
Tobas riolíticas.....	19
Cuarzitas.....	22
Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico.....	24
Pegmatitas de diorita.....	25
Leucogranitos.....	29
Lamprófidos.....	31
<b>Geología Estructural</b>	
Foliaciones y Esquistosidades.....	32
Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico.....	32
Pórfido Riolítico.....	33
Rocas Volcanosedimentarias.....	34
Fallas.....	35
Pliegues.....	36
Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico y Pórfido Riolítico.....	36
Rocas Volcanosedimentarias.....	37
Sombras de presión y cristales rotados.....	42
Resumen del capítulo.....	44
<b>Geología del Yacimiento</b> .....	47
Morfología: Vetas mineralizadas.....	48
Vetas no mineralizadas presentes en los diferentes conjuntos litológicos.....	51



Rocas encajonantes.....	52
Conjunto volcánico diorítico-andesítico.....	52
conjunto volcánico de composición riolítica.....	54
Alteración hidrotermal.....	56
Mineralización.....	65
Inclusiones fluídas.....	70
<b>Análisis Químicos</b> .....	77
Análisis de Correspondencias.....	78
Justificación.....	79
Técnica.....	80
Resultados.....	82
Tajitos.....	82
San Francisco.....	88
Tajitos y San Francisco.....	93
<b>Comparación con otros depósitos</b> .....	97
<b>Conclusiones</b> .....	107
<b>Bibliografía</b> .....	109

## LISTA DE FIGURAS

- Fig.1** Plano de Localización del área de estudio
- Fig.2** Plano geológico
- Fig.3** Petrografía Pórfido riolítico
- Fig.4** Petrografía Tobas riolíticas Miembro superior
- Fig.5** Petrografía Cuarzitas
- Fig.6** Petrografía Pegmatita de diorita
- Fig.7** Petrografía Leucogranitos
- Fig.8** Proyección de polos de planos de foliación. Conjunto volcánico diorítico-andesítico.
- Fig.9** Estereofalsilla. Foliación en Conjunto Volcánico de composición riolítica
- Fig.10** Estereofalsilla. Foliación en Rocas Volcanosedimentarias.
- Fig.11** Estereofalsilla. Planos de fallas y estrías. Pórfido riolítico y Conjunto volcánico diorítico-andesítico.
- Fig.12** Proyección del Círculo Máximo que pasa por polos de planos de foliación. Pórfido riolítico y Conjunto volcánico diorítico-andesítico.
- Fig.13** Proyección. Planos axiales. Rocas volcanosedimentarias.
- Fig.14** Proyección de un Círculo Máximo. Rocas volcanosedimentarias.
- Fig.15** Pliegues en Rocas volcanosedimentarias
- Fig.16** Proyección. Última fase de deformación.
- Fig.17** Proyección. Fase de pliegues abiertos. Pérez-Segura y Calmus (1991).
- Fig.18** Mecanismos posibles de formación de colas en anzuelo
- Fig.19** Comparación de proyecciones. Rocas volcanosedimentarias de presumible edad Jurásico.
- Fig.20** Proyección de estructuras de vetas mineralizadas.
- Fig.21** Proyección de planos de falla
- Fig.22** Proyección. Vetillas no mineralizadas
- Fig.23** Sección esquemática de veta mineralizada
- Fig.24** Petrografía. Pórfido riolítico
- Fig.25** Petrografía. Pórfido riolítico. Roca encajonante a veta.
- Fig.26** Petrografía. Diorita encajonando a veta mineralizada
- Fig.27** Petrografía. Alteración hidrotermal cuarzo-sericita
- Fig.28** Sup. 88-91'. Placas microscópicas de Oro en cuarzo.
- Fig.29** Sup. 0814. Inclusiones de tetrahedrita en galena.
- Fig.30** Superficie doblemente pulida 0814
- Fig.31** Sup. 88-91' Placas de Oro incluídas en cuarzo. Pi y Cpi transformándose a goethita.

- Fig.32** Sup. 0814. Sulfosales de plomo.
- Fig.33** Sup. 88-91. Pirita transformándose a goethita.
- Fig.34** Sup. T92-2. CO<sub>2</sub> fases : líquido-vapor.
- Fig.35** Sup. T92-2. CO<sub>2</sub> en fase líquido-vapor. Agua en inclusiones. Fase líquida.
- Fig.36** Sup. 920204. CO<sub>2</sub> Fase líquido-vapor. Inclusiones secundarias. (en cicatrices)
- Fig.37** Sup. 920204. Inclusiones primarias de agua.
- Fig.38** Sup. 920204. Inclusiones primarias y secundarias de agua.
- Fig.39** Sup. 920211. Inclusiones secundarias de CO<sub>2</sub> fases vapor-líquido y H<sub>2</sub>O.
- Fig.40** Sup. 920204. Inclusiones fluidas primarias y secundarias de agua.
- Fig.41** Sup. 920211. Inclusiones fluidas H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>
- Fig.42** Sup. T92-2. Inclusiones fluidas primarias. H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>.
- Fig.43** Sup. T92-2. Inclusiones fluidas primarias. H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>.
- Fig.44** Sup. T92-2. Inclusiones fluidas cerca del contacto entre cristales de cuarzo.
- Fig.45** Plano de levantamiento geológico, de vetas mineralizadas, con cinta y brújula Escala 1:500
- Fig.46** Cinturón metalogenético de Sonora
- Fig.47** Mapa Geológico del Norte de Sonora. Yacimientos minerales

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Diagrama temporal para minerales de alteración en el Conjunto Volcánico diorítico-andesítico con facies intrusivas de pegmatitas de diorita Areas no adyacentes a vetas mineralizadas

**Tabla 2.** Diagrama temporal para minerales de alteración en el Conjunto Volcánico diorítico-andesítico con facies intrusivas de pegmatitas de diorita Rocas encajonantes a vetas mineralizadas

**Tabla 3.** Diagramas indicando abundancia de minerales en zonas de alteración del área de Tajitos. Conjunto Volcánico diorítico-andesítico. Rocas máficas

**Tabla 4.** Pórfido riolítico (cuarcífero). Rocas félsicas.

**Tabla 5.** Rangos de estabilidad de minerales en zonas de alteración en Rocas de Facies de Esquistos Verdes. Rocas encajonantes máficas.  
Rocas encajonantes félsicas.

**Tabla 6.** Diagrama temporal. Minerales Metálicos.

**Tabla 7.** Cronología de los principales eventos que afectaron el área de Tajitos. Sonora.

**Tabla 8.** Análisis correspondientes al área minera de Tajitos, Sonora.

**Tabla 9.** Análisis químicos correspondientes al depósito San Francisco, Estación Llano.

**Tabla 10.** Datos correspondientes a depósitos referentes al artículo de Silberman (1988).

## LISTA DE GRAFICAS

**Gráfica 1.** Variables correspondientes con contenidos de elementos traza de la mina de Tajitos

**Gráfica 2.** Muestras correspondientes con Tajitos y Campo Juárez

**Gráfica 3.** Telurio como variable suplementaria Variables correspondientes con contenidos de elementos traza de la mina de Tajitos

**Gráfica 4.** Muestras correspondientes con el yacimiento San Francisco, Estación Llano.

**Gráfica 5.** Variables correspondientes con contenidos de elementos traza del Yacimiento San Francisco. Estación Llano.

**Gráfica 6.** Variables del Yacimiento San Francisco. Muestra 14 suplementaria.

**Gráfica 7.** Resultados del Análisis de Correspondencias para el conjunto de elementos químicos Tajitos-San Francisco.

**Gráfica 8.** Muestras de los depósitos Tajitos y San Francisco.

**Gráfica 9.** Resultados del AC aplicado a elementos químicos (variables) de varios depósitos dentro del cinturón aurífero de Sonora.

**Gráfica 10.** Resultados de la aplicación del Análisis de Correspondencias a muestras de los depósitos mencionados por Silberman (1988).

**Gráfica 11.** Oro como variable suplementaria.

**Gráfica 12.** Muestras referentes a los yacimientos Amelia y Llano suplementarias.

## RESUMEN

El yacimiento de Tajitos forma parte de un cinturón metalogenético que se extiende, en territorio mexicano, entre Sonoyta y Santa Ana, Sonora.

Consiste de vetas de cuarzo auríferas en estructuras de alto ángulo con rumbo general NW-SE e inclinación al S, coincidiendo con fallas normales. La litología del área se representa por rocas volcánicas y volcanosedimentarias de composición intermedia a félsica, moderadamente deformadas y presumiblemente de edad Jurásico.

Estas rocas están afectadas por, al menos, las siguientes fases de deformación:

- \* Una fase de plegamiento de tipo isoclinal concéntrico con eje axial NW 39°, caracterizada por pliegues cerrados.
- \* Una fase de plegamiento abierto con rumbo axial NE 52°

Se reconocen eventos de metamorfismo-hidrotermalismo que afectan a los conjuntos litológicos. En zonas cercanas a vetas mineralizadas existe una asociación hidrotermal dominante **cuarzo-sericita** con presencia discreta de turmalina; hacia partes lejanas a las estructuras mineralizadas, la alteración se hace propilítica.

El oro se encuentra en placas microscópicas incluídas en cuarzo lechoso, principalmente en zonas de contacto entre los cristales. Se tiene una paragénesis metálica de oro-pirita-calcopirita-galena-tetrahedrita; hay presencia de goethita muy supergénica, la tetrahedrita se encuentra en inclusiones en galena y se reconocen sulfosales de plomo, probablemente de tipo semseyita, en cristales de galena.

La aplicación de la técnica de "Análisis de Correspondencias" aporta elementos para considerar una estrecha correlación entre oro y telurio y permite comparar el depósito de Tajitos con San Francisco en Estación Llano.

Lo anterior ubica a Tajitos dentro de una provincia de depósitos auríferos descrita por Pérez-Segura et. al. (1990), que incluye a San Francisco y donde se puede considerar al Te como una guía importante para la prospección por oro en este tipo de yacimientos.

Se reconocieron inclusiones fluídas primarias y secundarias en cuarzo con  $H_2O-CO_2$  y  $CO_2$  en fase líquido-vapor, lo cual sugiere un origen profundo de los fluidos mineralizantes. Se asigna una edad Terciario ( Oligoceno ) o más joven para la mineralización, basándonos en las relaciones estructurales de las vetas mineralizadas con los diques lamprofídicos, similares a los fechados en 27 Ma. en Estación Llano. De esta forma se define el depósito como mesotermal, el cual aflora gracias a una alta tasa de distensión del Terciario superior en la Provincia del Desierto de Sonora.



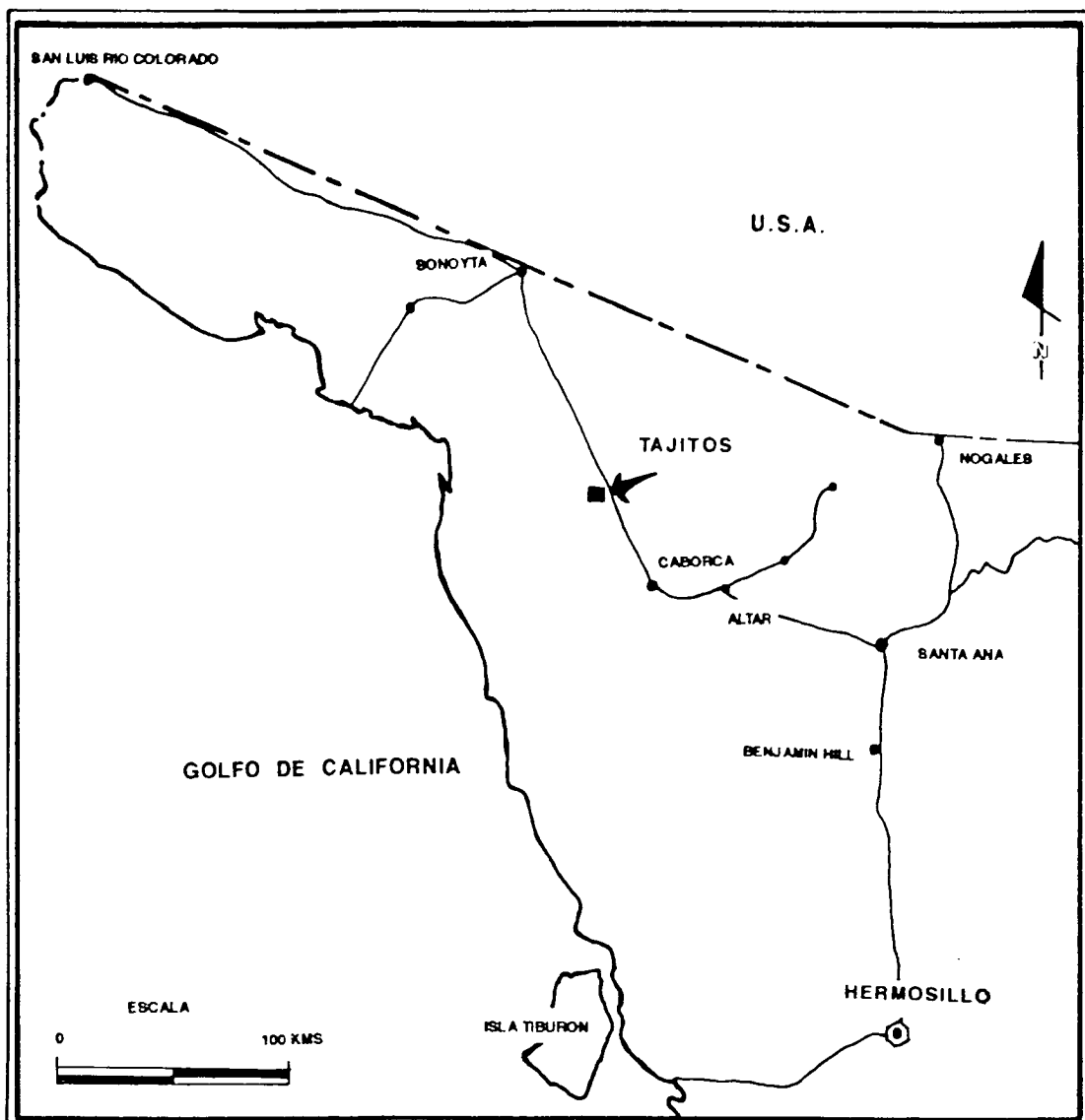
## INTRODUCCION:

El área de estudio se localiza 35 Kms en línea recta al NW 350 de la ciudad de Caborca. El acceso es a través de la carretera a Sonoyta recorriéndose 32 kms para llegar a la población de Tajitos donde es posible observar las obras mineras antiguas, de los yacimientos, a esta altura de la carretera. Las coordenadas geográficas son : Latitud norte  $30^{\circ} 57' 42''$  y longitud oeste  $112^{\circ} 22' 06''$ , cubriendo aproximadamente 5 kilómetros cuadrados, ( Ver plano de localización).

Se han realizado muy pocos trabajos referentes a la zona de Tajitos. Al respecto podemos señalar el de Corona (1980), quien describió en la Sierra La Gloria y el Cerro La Basura, aproximadamente 10 kms. al NE del área de Tajitos, una secuencia de rocas volcánicas y volcanoclásticas deformadas de probable edad Jurásico, dividiéndola en doce unidades basándose en diferencias litológicas y estructurales. También menciona la presencia de un conglomerado del Cretácico tardío (?)-Terciario (?) el cual es puesto en contacto por falla con la secuencia jurásica. En el área de Quitovac, Caudillo y Oviedo (1990) reconocieron una secuencia jurásica dividiéndola en siete unidades litológicas, de origen volcanosedimentario y con metamorfismo de bajo grado. La separación la hacen basándose en aspectos texturales y composicionales. Identifican seis fallas de cabalgadura dentro de la secuencia jurásica, con tendencia subparalela a una falla principal que pone en contacto al conjunto de rocas del Precámbrico sobre el Jurásico.

Pérez-Segura y Calmus (1991) realizaron un trabajo específicamente en la región de Tajitos abordando aspectos estructurales y de génesis del depósito. Describen dos conjuntos litoestratigráficos en las rocas encajonantes: un grupo de rocas volcanosedimentarias deformadas y un conjunto diorítico-andesítico con facies intrusivas de gabro. Asignan una edad Jurásico para ambas unidades. Proponen una edad terciaria para la





**Fig.1** PLANO DE LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIOS

mineralización y clasifican el yacimiento como mesotermal, sugiriendo un origen profundo para los fluidos hidrotermales. En un informe interno Castillo (1992), reporta la presencia de un gneiss cuarzo-feldespático al que asigna una edad Jurásico y que se encuentra en contacto estructural con la unidad de rocas volcanosedimentarias.

El aspecto de Yacimientos Minerales ha sido tratado por Pérez-Segura (1985) en la Carta Metalogenética de Sonora 1:250 000, en la sección referente a vetas de oro, en la cual ubica el yacimiento de Tajitos, en conjunto con otros como Cerro de Oro, La Palma y El Víctor, como un depósito con estructuras de dirección general ENE-WNW, mencionando también la presencia continua de pórfidos riolíticos (pórfidos cuarcíferos) de forma cómica, aunque de edades variantes. Asigna tentativamente una edad Jurásico para los pórfidos de Tajitos y Cerro Colorado. Por otro lado, Silberman (1988) muestra los resultados de un estudio regional acerca de los depósitos de oro del norte del Estado de Sonora, estableciendo una clasificación tipológica basada, principalmente, en aspectos estructurales, geoquímicos y geológicos. Así, propone cuatro ambientes de depósito, ubicando el yacimiento de Tajitos dentro del tipo "Vetas epitermales y brechas".

También la Comisión de Fomento Minero del Gobierno del Estado realizó trabajos de reconocimiento geológico durante 1987, considerando a Tajitos como un yacimiento de "filones con relleno de vetas cuarcíferas" y señalando un origen epigenético-epitermal; asimismo hacen descripciones muy generales de estructuras mineralizadas, así como cálculos de leyes promedio.

El objetivo del presente trabajo es hacer una descripción del yacimiento de Tajitos (rocas encajonantes, tipo de alteración, mineralización etc.) comparándolo y correlacionándolo con otros de la región y del país.

## **SINTESIS GEOLOGICA REGIONAL**

Para el desarrollo de este capítulo se utilizaron, como referencia básica, los trabajos hechos por Corona (1980) en la Sierra La Gloria y Cerro La Basura, Caudillo y Oviedo (1990) en el área de Quitovac, Radelli (1990) en Caborca y Pérez-Segura y Calmus (1991) en Tajitos. Además se consultaron otras publicaciones de interés, cuyos autores son mencionados en el texto, y los resultados de un reconocimiento de campo que se efectuó como parte de este trabajo de tesis.

Se hace una descripción general de la litología presente en la región, comentándose algunos aspectos estructurales en capítulos posteriores, y se resume haciendo una comparación breve entre las áreas mencionadas.

Se incluyen aspectos descriptivos de la geología del área de Estación Llano, donde se localiza el depósito de San Francisco. Consideramos adecuado hacerlo, aunque no está dentro de las áreas consideradas para este capítulo, porque en el presente trabajo establecemos ciertas comparaciones entre Tajitos y San Francisco.

### **PRECAMBRICO**

En la región de Caborca se reconoce un conjunto cristalino de ortogneises, esquistos y pegmatitas conteniendo localmente cuarcitas y clastos de rocas metamórficas, llamado Conjunto Aibó. Edades radiométricas por el método K/Ar (Damon et. al., 1962) en rocas metamórficas indican 1750 Ma., mientras que se han fechado en algunas pegmatitas 1630 y 1675 Ma. por el método U/Pb (Anderson et. al., 1978; Anderson y Silver, 1981). Este complejo es cortado por el Granito micrográfico Aibó, fechado en 1100 Ma. (Anderson et. al., 1978; Anderson y Silver, 1981).

En la región de Caborca, el Conjunto Gamuza, ampliamente descrito en la literatura, constituye la cobertura dolomítica del Conjunto Aibó, datada en Precámbrico Superior en base a

estromatolitos ( Gamper y Longoria, 1979; Cevallos-F. y Weber,1980; Cevallos-F.,1981; Cevallos-F. et.al.,1982; Mcmenamin et. al., 1983 ) y por la posición bajo el Cámbrico fosilífero ( Arellano,1946; Cooper y Arellano, 1946; Cooper et.al., 1954; Arellano, 1956; Cooper et.al., 1956; Livingston y Damon, 1968; Anderson et.al., 1978; Longoria et.al., 1978; Longoria et.al., 1980; Longoria, 1981; Longoria y González, 1981; González,1981; Anderson y Silver, 1981; McMenemin et.al., 1983; Stewart et.al., 1984 ).

Este conjunto litológico consta de tres unidades:

- \*La Formación Papalote, constituida por dolomías gris claro
- \*La Formación Gamuza, formada por dolomías con estromatolitos y
- \*Unas capas basales de cuarcitas y dolomías grises.

En la región de Estación Llano aflora el complejo metamórfico Bámori. Este término fué utilizado primeramente por Longoria et. al. (1978) para designar un complejo basal metamórfico localizado en las cercanías al Rancho Bámori. Se definió constituido de esquistos, cuarcitas, anfibolitas, gneises y rocas graníticas de carácter pegmatítico. Se asigna una edad Proterozoico Temprano en base a fechamientos hechos en distintos cuerpos ígneos intrusivos. (Anderson y Silver,1971).

En unos cerros situados a 1 Km al W del poblado de Estación Llano, rocas del Precámbrico fueron denominadas informalmente como Unidad San Francisco. Corresponde a un conjunto litológico de facies de anfibolita , afectado por un intenso hidrotermalismo que aporta minerales de facies de esquistos verdes; Herrera-Urbina y Pérez-Segura (1990), estos autores la señalan como la unidad más antigua reconocida en esa área , asignando una edad Proterozoico.

En la región de Quitovac, para el Precámbrico, Caudillo y Oviedo (1990) describen afloramientos de ortogneises y metagranitos, como parte del Complejo Metamórfico Bámori, en las Sierras La Toñita, San Antonio, San Francisco, al norte de Bahía San Jorge y Sierra Blanca. Asimismo reportan anfibolitas con una asociación mineralógica principal de hornblenda-plagioclasa-

clorita-epidota, localizándose los principales afloramientos al norte de Bahía San Jorge, al noroeste de Sonoyta y al sur de Quitovac. El Precámbrico sedimentario en la región es similar a la secuencia conocida en los alrededores de Caborca (constituída por dolomías, areniscas de cuarzo y en menor proporción lutitas ), mencionan la localización de afloramientos en pequeñas sierras en las cercanías a Estación Almejas, municipio de Puerto Peñasco.

Al sur de la Sierra La Gloria y Cerro La Basura, Corona (1980) reporta una secuencia de rocas carbonatadas de probable edad Precámbrico tardío-Paleozoico temprano.

## **PALEOZOICO**

El Cámbrico clásico de Caborca es esencialmente una secuencia carbonatada, principalmente dolomías del Cámbrico Inferior al medio, de un ambiente de plataforma; los trabajos de Cooper et.al. (1952) y Stewart et.al. (1984) lo describen ampliamente.

En el área del Rancho Bisani, 22-25 Km al W de Caborca afloran rocas del Ordovícico ( dolomías y cuarcitas); en los Cerros Murcielagos, 3 Kms. al noroeste de Bisani, se reportan afloramientos del Devónico Superior, constituido por rocas calcáreas y dolomías; entre ambas zonas afloran rocas calcáreas del Mississípico.

El Pérmico Superior está representado por la Formación Los Monos, con afloramientos 50 Km. al oeste de Caborca.

## **MESOZOICO**

### **TRIASICO**

El Triásico en Caborca se encuentra en discordancia sobre el Pérmico . Se tienen afloramientos en El Antimonio y la Sierra del Alamo Muerto. Se constituye de rocas calcáreas, pelitas, e intercalaciones de rocas calcáreas con lentecillos de conglomerados.

### **JURASICO**

En la región de Caborca se reportan los siguientes afloramientos: el Jurásico de la Sierra del Alamo Muerto se forma de conglomerados y pelitas con horizontes calcáreos, lutitas con fósiles indicando edad Liásico, también hay microconglomerados, (González-L.,1980). En la Sierra del Viejo aflora una serie esencialmente detrítica con horizontes margosos. No hay registro fósil y la asignación de la edad es en base a facies y consideraciones de orden regional, Radelli (1990). En Pozo de serna, el Jurásico es representado por una serie esencialmente detrítica, reportándose pelitas con horizontes de argilitas tobáceas y calizas oolíticas. (Dowlen y Stump, 1973; Dowlen y Gastil, 1981; Rangin, 1982). En base al contenido fosilífero se ha datado en Oxfordiano-Kimmeridgiano (Dowlen y Stump, 1973; Beauvais y Stump, 1976).

En Estación Llano aflora una secuencia volcanosedimentaria llamada Grupo Coyotillo ( Morales, 1984), presumiblemente de edad Jurásico Inferior-medio, reconocida también por Herrera y Pérez-Segura ( 1990).

Hacia el sur de Quitovac, en la porción norte y oeste de Sonoyta, Caudillo y Oviedo (1990) reportan un grupo de rocas, constituido por ortogneises, cuarcitas, metareniscas, filitas y metaconglomerados, intercalados con rocas metavolcánicas, al cual le han denominado Complejo metamórfico y asignado una edad de

principios del Mesozoico . Las rocas jurásicas de esta área presentan una variación composicional de dacitas a andesitas, además de filonitas, metaconglomerados, metadacitas, metareniscas, metariodacitas y tobas de cristales. Estos mismos autores dividen la secuencia en siete unidades litológicas, basándose en aspectos texturales y composicionales. Son unidades de origen volcanosedimentario con metamorfismo de bajo grado.

En el área de Tajitos, Pérez-Segura y Calmus (1991) dividen la secuencia jurásica , básicamente en dos conjuntos litoestratigráficos:

\*Un conjunto volcanosedimentario que consta de dos unidades: la superior , constituída por tobas ácidas, ignimbrita, lutitas, areniscas y microconglomerado ricos en material volcánico; la inferior, con cuarzo libre y feldespato sódico-potásico. Este conjunto litológico está muy deformado.

\*Un conjunto diorítico-andesítico con facies intrusivas de gabro.

En Tajitos, Castillo (1992) en un reporte interno, describe una secuencia de gneisses y esquistos ocurriendo en pequeñas localidades y fuertemente deformado. La señala como la unidad más antigua dentro del Jurásico Inferior (?).

Corona (1980) reporta, en la Sierra La Gloria y el Cerro La Basura, unidades volcánicas y volcaniclásticas con capas carbonatadas, a las cuales asigna, tentativamente, una edad Jurásico.

## **CRETACICO**

El Cretácico Inferior en la región noroccidental del estado (región de Caborca) se constituye de secuencias principalmente terrígenas con porciones menores de carbonatos, González y

Jacques (1990).

En la Sierra El Chanate (NW de Caborca ), Jacques et. al (1986), asignan el nombre de Grupo El Chanate a una serie principalmente detrítica, con algunos niveles volcánicos y carbonatados. Jacques y Potter (1987) describen las formaciones superiores. La más antigua la denominan Fm. Arroyo Sásabe que se divide en tres miembros, el inferior y el superior son depósitos de ambientes de planicies de mareas y fluviales ( lodolitas y lutitas rojas); el miembro medio está constituido por calizas fosilíferas y lutitas. Sobreyaciendo al Grupo Chanate, se tiene el Complejo Volcánico El Charro, constituido por derrames andesíticos, brechas volcánicas y rocas volcanosedimentarias con una transición lateral a sedimentarias (Jacques y Potter ,1987) . Su edad es tentativamente Cretácico tardío. Unidades semejantes son descritas en los cerros El Puerto, El Amol y Cabeza Colgada , hacia el este de Altar y al oeste en los cerros El Batamote y El Alamo.

#### CRETACICO-TERCIARIO

En la Sierra La Gloria y Cerro La Basura, Corona (1980) reporta afloramientos de lutitas, areniscas y conglomerados con diques, sills, aglomerados y brechas volcánicas. Se basa en que estas rocas no están tan deformadas como las de edad Jurásico para asignarles una edad. Menciona también la presencia de areniscas y conglomerados intrusionados por un pórfido de feldespato y dá una edad del Cretácico Inferior (?)-Terciario (?) para estas unidades.

También hace referencia a un grupo de rocas que consta de conglomerados intercalados con areniscas, areniscas conglomeráticas y aglomerados intrusionados por un pórfido de feldespato de edad Cretácico Superior (?)-Terciario (?).

En el área de Quitovac aflora una unidad ígnea intrusiva descrita con textura fanerítica equigranular, que varía en composición de granito a cuarzomonzonita. También hay cuerpos intrusivos hiperalcalinos, Caudillo y Oviedo (1990) asignan edad Cretácico a



Terciario, ya que , en algunas localidades, los cuerpos afectan a las rocas precámbricas y mesozoicas y en otras zonas se encuentran cubiertos por rocas piroclásticas terciarias.

## **TERCIARIO**

Hacia el oeste de Sonoyta se reportan afloramientos de rocas piroclásticas que varían en composición de andesítica a riolítica. Al NNW del área de Tajitos afloran tobas de composición félsica muy recientes. En la Sierra La Gloria y Cerro La Basura hay conglomerados rojos y rocas volcánicas de edad Terciario.



## **GEOLOGIA LOCAL:**

En el área de estudio se diferenciaron varias unidades litológicas basándose en composición, estructura y aspectos petrológicos y petrográficos. Los nombres con los cuales reconocemos estas unidades son informales. En el presente estudio se pretende establecer las bases iniciales para efectuar trabajos detallados en un futuro, que lleven a la formalización y definición de los conjuntos litológicos presentes en el área.

En Tajitos se reconocen tres conjuntos litoestratigráficos principales a los cuales se asigna una edad Jurásico, en base a consideraciones expuestas más adelante, estos son:






### **ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS**

Este grupo de rocas aflora en la región suroeste del área de estudio. Consta de un conjunto volcanosedimentario caracterizado por una alternancia de tobas félsicas, areniscas, lutitas, ignimbritas y microconglomerados ricos en material volcánico. Esta secuencia es descrita muy generalmente en este trabajo por razones de tiempo, material disponible y objetivos de estudio, definiendo la conveniencia de hacerlo en trabajos posteriores.

Este grupo de rocas aflora en la región suroeste del área de estudio. Básicamente son tobas de composición félsica con varios niveles microconglomeráticos, arenosos y arcillosos. La textura es tobácea. Se constituyen de granos de cuarzo y fragmentos de rocas volcánicas félsicas e intermedias incluidos en una matriz microlítica y arcillosa. Hay pequeñas vetillas de cuarzo con crecimiento perpendicular a la pared de veta y que son desplazadas por otras vetas de calcita. Se reconocieron cristales de plagioclasa y abundantes óxidos, no estimándose porcentajes debido a las razones ya expuestas.



### EXPLICACION

- 
 Tobas de composición félsica  
 TERCARIO
- 
 Conjunto Volcánico de composición  
 diorítico-andesítica. Incluye facies intru-  
 sivas de pegmatitas de diorita y cuarcitas.  
 JURASICO(?)
- 
 Conjunto volcánico de composición riolítica  
 Se compone de un Pórfido Riolítico (cuarcífero)  
 y tobas riolíticas de textura marcadamente  
 porfiróide.  
 JURASICO (?)
- 
 Rocas Volcanosedimentarias  
 JURASICO (?)
- 
 Fallas

Nota: La parte Oeste de este plano fué tomada de un reporte Interno del Departamento de Geología, UNISON elaborado por Castillo (1992) La verificación y levantamiento se hizo en la zona. Este del plano (específicamente zona de vetas mineralizadas)

Fig.2



Esta secuencia se encuentra muy plegada. Por las relaciones de campo, estilo deformacional, petrología y en base a comparaciones con secuencias similares en Quitovac, reportadas por Caudillo y Oviedo (1990) y en la sierra La Gloria y el cerro La Basura (Corona, 1984) se le asigna una edad tentativa del Jurásico.

#### **CONJUNTO VOLCANICO DE COMPOSICION RIOLITICA**

Un conjunto litológico volcánico de composición félsica constituido por dos miembros:

##### **PORFIDO RIOLITICO (CUARCIFERO):**

Considerado como el miembro inferior, se constituye por un pórfido riolítico con cuarzo libre y feldespato sódico-potásico aflorando en la parte centro-occidental del área de estudio ( ver plano geológico ).

En afloramiento y muestra de mano se observa una foliación débil a moderada, incrementándose en las cercanías a las zonas de cizallamiento. El color es gris claro en superficie intemperizada, mientras que en superficie fresca el color es verde a gris.

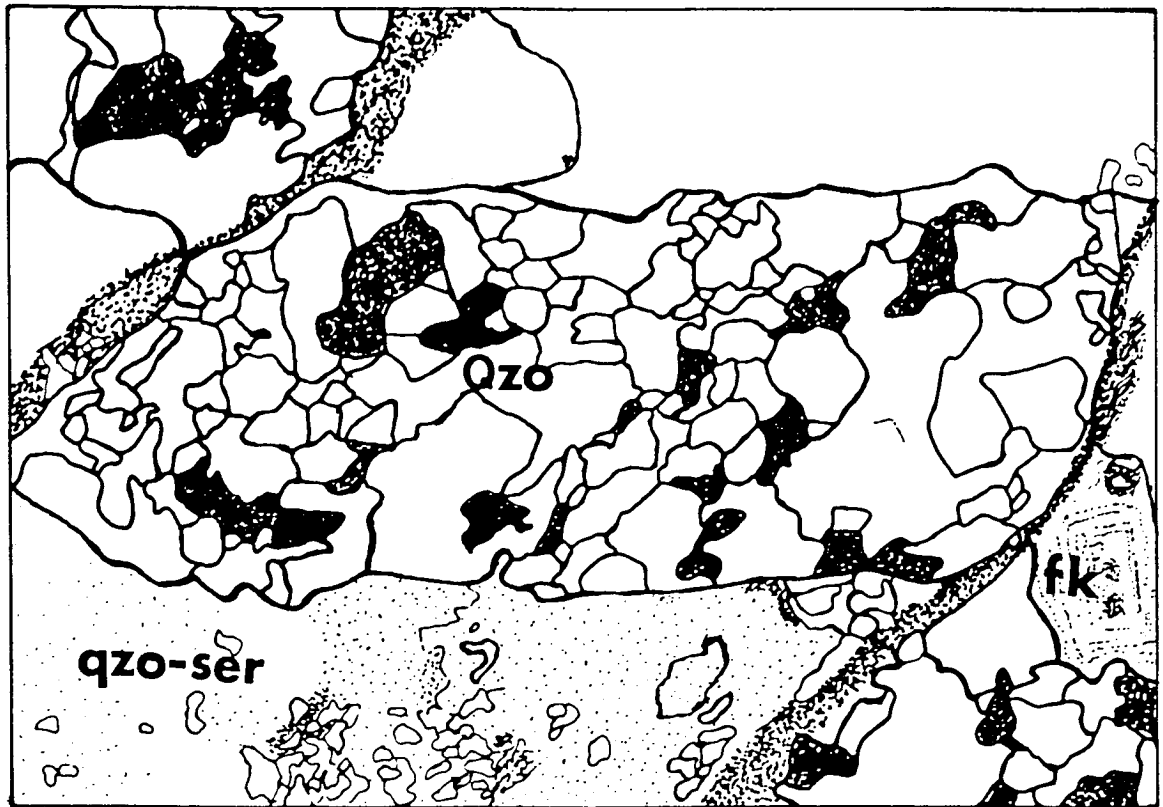
La asociación mineralógica que presentan estas rocas se caracteriza por cuarzo-feldespato sódico/potásico-plagioclasa y pocos minerales ferromagnesianos. En lámina delgada se observa una textura microgranuda porfiroide, con un contenido de 25 % de fenocristales subautomorfos de cuarzo con extinción ondulante, incluidos en una matriz holocristalina de cuarzo y sericita, de la cual se calculó un 40-50 %. Además, se reconoció un 10 % del contenido original de plagioclasas, las cuales se presentan como cristales subhédricos con centros alterados a sericita (20%) y calcita (2%). Hay sustitución de porfirocristales antiguos de feldespato, estimándose un 15 % del contenido original y un 95 % de estos

cristales reemplazados por cuarzo y sericita.

Se reconoce un conjunto de alteración dominante constituido por CUARZO-SERICITA y en menor cantidad calcita-epidota. El cuarzo de la matriz es secundario, actúa como cementante y muestra un mosaico de extinción común. La sericita se encuentra reemplazando minerales como plagioclasas y feldespato potásico, así como en fracturas y planos de foliación. Se reconocen vetillas de calcita cortando el conjunto mineralógico descrito y el porcentaje no excede el 5 %. La epidota es posterior, se coloca en fracturas y reemplazando parcialmente porfirocristales antiguos de lo que pudieron haber sido ferromagnesianos, se estima no más de un 1 % del total de roca.

Se identifica un contenido de 2-3% de turmalina en formas de fibras radiales. Se concentra en zonas de vetas de sericita y cuarzo microgranular hidrotermal.

Este conjunto litológico es intrusionado por rocas de composición máfica-intermedia ( Conjunto volcánico diorítico-andesítico) y en la parte Este del área ambas litologías son puestas en contacto por una falla de rumbo NW 74 °, siendo cabalgado el pórfido riolítico por las rocas máficas. Se asigna una edad Jurásico apoyándose en los datos geocronométricos para un pórfido riolítico en Tajitos dados por Abbot y Smith ( 1989 ) y en la petrología y estilo de deformación.



**Fig.3** PORFIDO RIOLITICO (CUARCIFERO) DEFORMADO, MUESTRA UNA TEXTURA CATACLASTICA. MUESTRA TOMADA EN-CERCANIAS A ZONA DE CIZALLA . EN LA GRAFICA SE OBSERVAN MICROFALLAS QUE DESPLAZAN LOS PORFIROCRISTALES DE CUARZO. EN LA MATRIZ HAY CUARZO-SERICITA HIDROTERMAL.

(5 X)

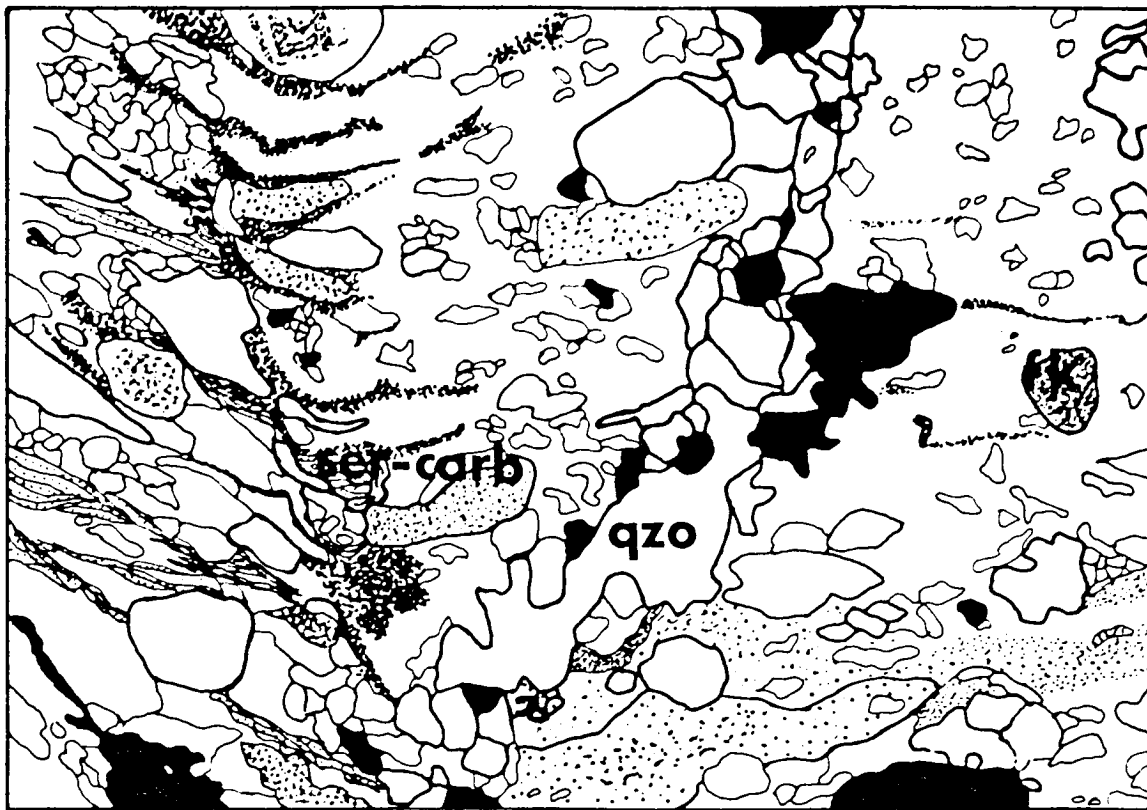


Fig.24

PORFIDO RIOLITICO (CUARCIFERO). ESTA ROCA PRESENTA UNA TEXTURA MICROGRANUDA PORFIROIDE. HAY FENOCRISTALES DE CUARZO INCLUIDOS EN UNA MATRIZ CRIPTOCRISTALINA DE CUARZO Y SERICITA. SE RECONOCEN MICROFALLAS A CUYOS BORDES ES MAYOR LA ALTERACION A SERICITA + CARBONATOS. TAMBIEN SE OBSERVA UNA VETILLA DE CUARZO.

Lente 5x

**TOBAS RIOLITICAS:**

Se reconoce como miembro superior del Conjunto Volcánico de Composición Riolítica a un grupo de tobas riolíticas de textura de marcada tendencia porfiroide que se encuentran sobre el Pórfido Riolítico. Afloran en la zona de la mina de Tajitos ( Ver plano geológico) conformando parte del conjunto de rocas encajonantes de vetas mineralizadas.

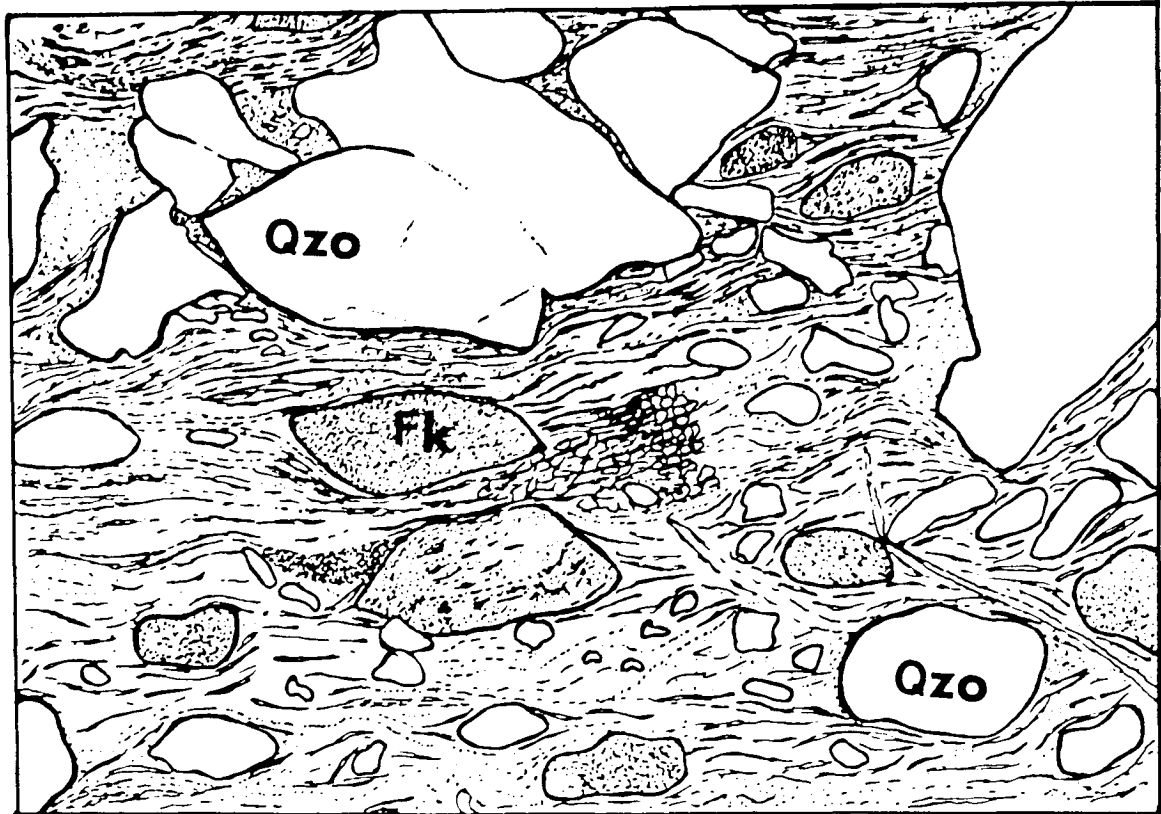
Son descritas como rocas de tonos rosados en muestra de mano a superficies fresca e intemperizada. En lámina delgada se observaron fenocristales subautomorfos de cuarzo junto con cristales de feldespato sódico-potásico y plagioclasas con centros parcialmente alterados a cuarzo y sericita ( aproximadamente un 10 % del cristal original). El conjunto mineralógico anterior se incluye en una matriz microlítica, de textura marcadamente porfiroide. Se distingue además una textura original fluidal.

En ambas litologías es posible reconocer un conjunto de alteración dominante constituido por CUARZO-SERICITA y en menor cantidad calcita-epidota. El cuarzo de la matriz es secundario, actúa como cementante y muestra un mosaico de extinción común. La sericita se encuentra reemplazando minerales como plagioclasas y feldespato potásico, así como en fracturas y planos de foliación. Se reconocen vetillas de calcita cortando el conjunto mineralógico descrito y el porcentaje no excede el 5 %. La epidota es posterior, se coloca en fracturas y reemplazando parcialmente porfirocristales antiguos de lo que pudieron haber sido ferromagnesianos, se estima no más de un 1 % del total de roca.

Se identifica un contenido de 2-3% de turmalina en formas de fibras radiales. Se concentra en zonas de vetas de sericita y cuarzo microgranular hidrotermal.

Este conjunto litológico es intrusionado por rocas de composición máfica-intermedia ( Conjunto Volcánico Diorítico-





**Fig.4:**

ESTA ROCA CORRESPONDE CON EL MIEMBRO SUPERIOR DEL CONJUNTO VOLCANICO DE COMPOSICION RIOLITICA ( TOBAS RIOLITICAS). LA TEXTURA ES MICROLITICA ,MARCADAMENTE DE TENDENCIA PORFIROIDE. SE MUESTRAN FENOCRISTALES SUB-AUTOMORFOS DE CUARZO Y MONOCRISTALES ALTERADOS DE FELDESPATO SODICO-POTASICO A SERICITA .

SE INCLUYEN EN UNA MATRIZ DE CUARZO Y SERICITA CON UN MOSAICO FLUIDAL ( TEXTURA RELICTA ).

( EL LENTE UTILIZADO ES 5 X )

Andesítico) y en la parte Este del área ambas litologías son puestas en contacto por una falla de rumbo NW 74° , siendo cabalgado el Conjunto Volcánico de composición riolítica por las rocas máficas. Se asigna una edad Jurásico apoyándose en los datos geocronométricos para un Pórfido Riolítico en Tajitos dados por Abbot y Smith (1989) y en la petrología y estilo de deformación.

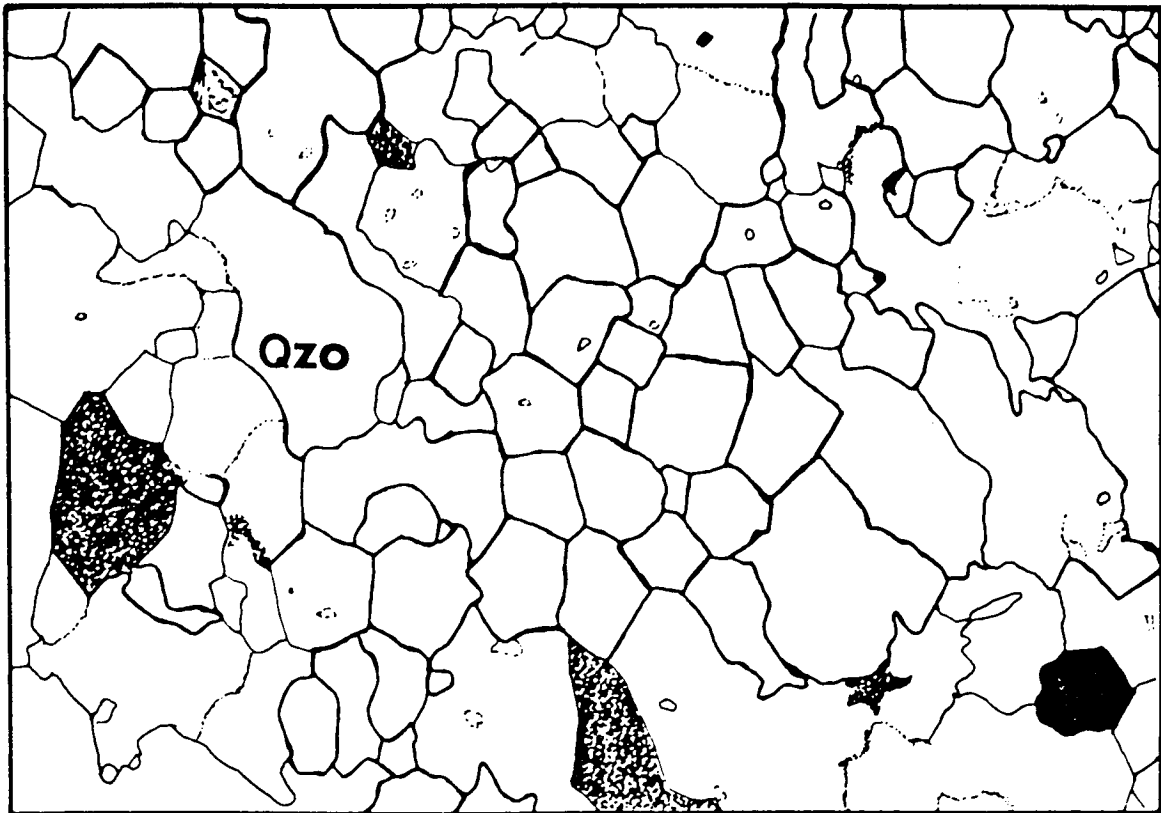
*igual a la p. 16  
descripciones repetidas.*

**CUARCITAS:**

Afloran en la parte central del área de estudio, en pequeños montículos alineados a lo largo de la traza de una falla de rumbo NW 74<sup>0</sup>, que pone en contacto el conjunto volcánico diorítico-andesítico y el pórfido riolítico.

En muestra de mano el color es gris claro, tanto en superficie fresca como en superficie intemperizada. En lámina delgada se observó una textura granoblástica, con cristales idiomorfos de cuarzo que desarrollan entre sí puntos triples. En pequeñas fracturas y cicatrices se reconoce sericita. Hay pocos óxidos y se concentran en planos de fracturas.

Caudillo y Oviedo (1990) reportan un complejo metamórfico del Mesozoico en el que incluyen cuarcitas, metareniscas, filitas y metaconglomerados intercalados con rocas metavolcánicas que varían de andesitas a dacitas. Reportan afloramientos en la porción norte y oeste de Sonoyta. Correlacionamos las cuarcitas de Tajitos con esta secuencia, aunque con reservas por carecer de la información suficiente para hacerlo.



**Fig.5:**

**CUARCITA . ESTA ROCA PRESENTA UNA TEXTURA  
GRANOBLASTICA, POLIGONAL, DONDE SE MANIFIESTA UN  
CRECIMIENTO DE CRISTALES IDIOMORFICOS DE CUARZO CON  
DESARROLLO DE PUNTOS TRIPLES.  
EN LOS INTERSTICIOS SE RECONOCE SERICITA .**

### **CONJUNTO VOLCANICO DIORITICO-ANDESITICO**

Se reconoció un conjunto volcánico diorítico-andesítico con facies intrusivas de pegmatita de diorita aflorando en la parte norte-central de los cerros de Tajitos ( Ver plano geológico).

A nivel general, las rocas presentan una foliación débil; hay variación en el tamaño de grano desde fino a medio, el color en superficie fresca es verde.

El conjunto mineralógico característico es plagioclasa-hornblenda-feldespato-biotita. Petrográficamente se observa una textura fanerítica, microgranuda, reconociéndose y estimando más de un 20 % del contenido de plagioclasas originales de tipo albita presentándose como cristales subhédricos parcialmente alterados y con zonificación normal continua. Se calculó un 6 % aproximado del contenido de biotita y menos del 6 % de hornblenda en cristales incluidos en una matriz holocristalina constituida principalmente por cuarzo y plagioclasas. El cuarzo de la matriz es secundario, actúa como cementante y presenta un mosaico de extinción común ( se estima un porcentaje entre 15 y 30 % ); las plagioclasas aparecen sustituyendo porfirocristales antiguos, posiblemente feldespatos potásicos o plagioclasas. También hay trazas de apatito.

Se reconoce un conjunto mineralógico de alteración constituido por una asociación de cuarzo-clorita-epidota-sericita-calcita. El mineral de alteración dominante es la clorita, con las variedades proclorita y penina, y se encuentra reemplazando en un 50 % a los cristales originales de minerales ferromagnesianos.

La calcita aparece en vetillas posteriores a las vetillas de epidota; los contenidos varían, pero se estiman del orden general de 10 %.

La sericita se presenta como producto secundario a partir de plagioclasas primarias, pero no excede a un 6% del contenido total de la muestra.

Asimismo se identificó turmalina, la cual adopta formas de fibras radiales y aparece en porcentajes inferiores al 3 %. Se concentra en zonas ricas en cuarzo-sericita microgranular (hidrotermal).

#### Pegmatitas de diorita:

Intrusionan al conjunto litológico anteriormente descrito. Afloran en la parte centro-oriental del área de estudio ( ver plano geológico).

En lámina delgada se observó una textura pegmatítica con grandes y abundantes cristales de plagioclasas débil a moderadamente alteradas a epidota ferrífera. Hay también, grandes cristales de minerales ferromagnesianos, reemplazados en un 80 % estimado a clorita. En los intersticios hay desarrollo de cuarzo, muy probablemente secundario, y anfíboles en agragados de cristales automorfos y subautomorfos. Se reconocen dos tipos de anfíboles: uno de tipo hornblenda y otro probablemente actinolita.

Basándonos en los datos anteriores fué posible reconocer la siguiente cronología de eventos, para el conjunto volcánico diorítico-andesítico con facies intrusivas de pegmatitas de diorita.

- \* Inicialmente se dió una fase hidrotermal con aporte de cuarzo (matriz).
- \* Una fase de albitización ( desarrollo de cristales de albita-oligoclasa) contemporánea con la etapa anterior.

- Desarrollo de zonas ricas en sericita-cuarzo-clorita con aporte de turmalina.
- Crecimiento de epidota en vetillas.
- Por último, una etapa de carbonatación manifestada por crecimiento de vetillas de calcita.

Esta unidad se encuentra intrusionando al conjunto litológico formado por el pórfido riolítico y las tobas riolíticas, y en la parte Este del área de estudio, se encuentra en contacto por fallas ( ver plano geológico). Se le asignó una edad Jurásico en base a las relaciones estratigráficas con la unidad descrita anteriormente, así como estilo de deformación y correlación con áreas como la sierra La Gloria y el cerro La Basura ( Corona, 1984).

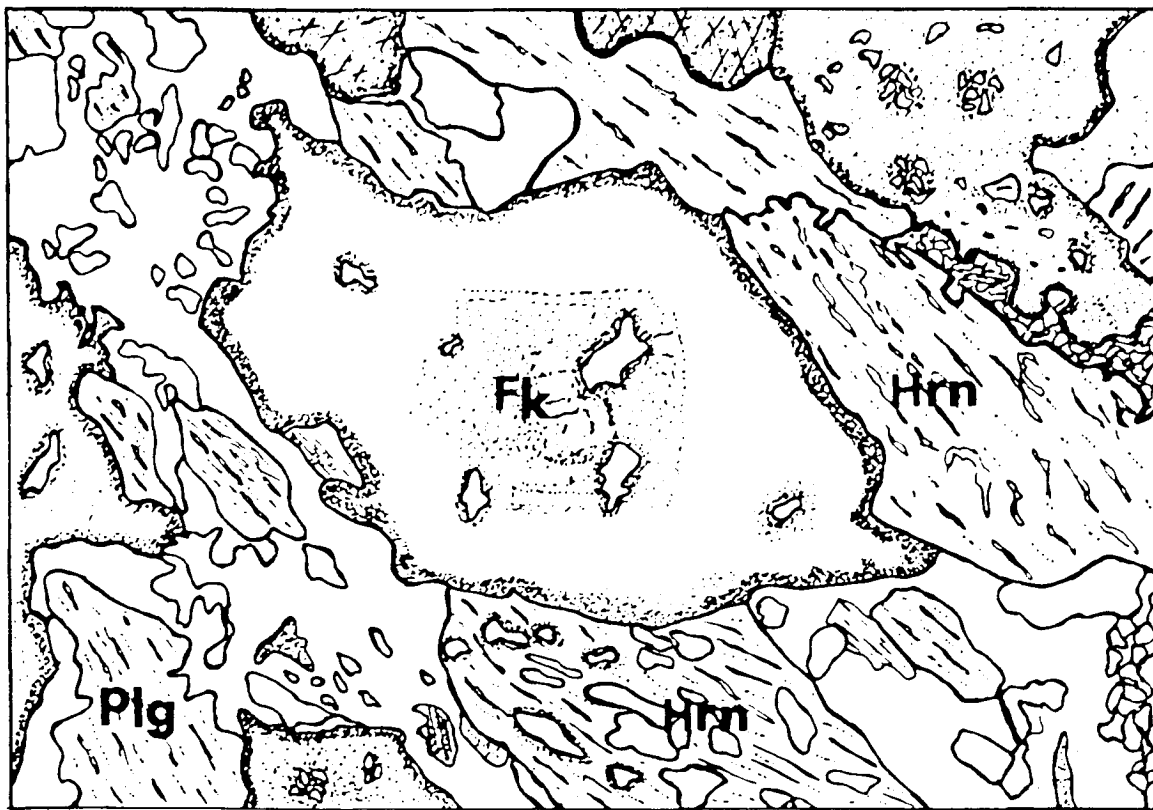
Las rocas encajonantes de las vetas mineralizadas son básicamente el Conjunto volcánico diorítico-andesítico y el conjunto litológico constituido por el pórfido riolítico y las tobas riolíticas.

**DIAGRAMA TEMPORAL PARA MINERALES DE ALTERACION EN EL  
CONJUNTO VOLCANICO DIORITICO-ANDESITICO CON FACIES  
INTRUSIVAS DE PEGMATITAS DE DIORITA  
AREAS NO ADYACENTES A VETAS MINERALIZADAS.**

Cuarzo	-----	---
Epidota		-----
Albita	-----	
Calcita		-----
Clorita-Sericita		-----

**Tabla 1.**





**Fig.6:**

**PEGMATITA DE DIORITA CON GRANDES CRISTALES DE  
HORNBLENDA, PLAGIOCLASAS Y FELDESPATOS ALTERADOS  
PARCIALMENTE A CLORITA-EPIDOTA. HAY PRESENCIA DE CUARZO  
HIDROTHERMAL CON EXTINCION COMUN.**

**(EL LENTE UTILIZADO ES 5X)**

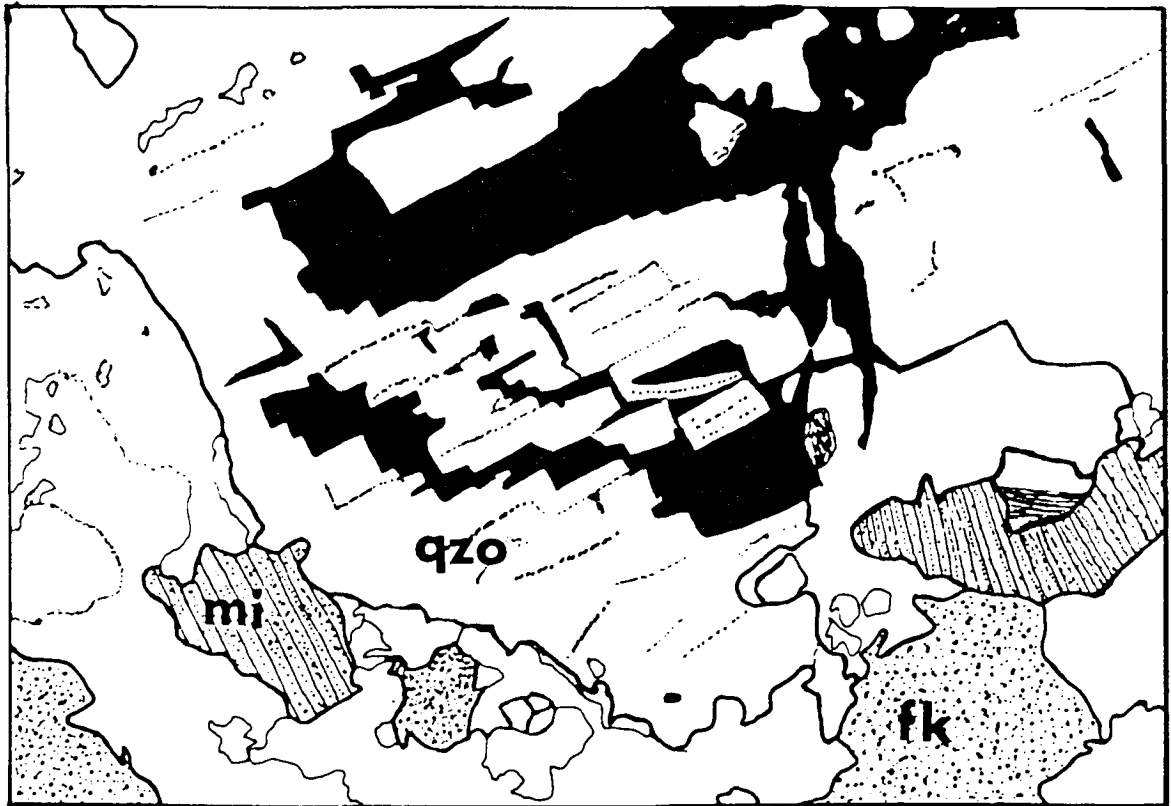
## LEUCOGRANITOS

Se encuentran intrusionando a todas las rocas descritas anteriormente. Los afloramientos son localizados en la parte central del área de estudios ( ver plano geológico )

En muestra de mano se aprecia una textura granuda; son rocas de tonos claros ( color blanco-gris claro ) tanto en superficie fresca como en superficie intemperizada.

Petrográficamente se observa una textura fanerítica, con 85 % de cristales de cuarzo subhédricos equigranulares y plagioclasas de tipo albita, en cristales sub-automorfos a idiomorfos, con maclas deformadas y parcialmente alterados a cuarzo-sericita-clorita ( < 2 %) Se estimó un 3 % de feldespato potásico, <1% de minerales ferromagnesianos ( no reconocidos ) alterados a clorita ( penina y proclorita) y un 1 % de óxidos diseminados y en vetillas. el conjunto mineralógico descrito se encuentra incluido en una matriz holocristalina y microgranuda de composición félsica.

Se asigna una edad Terciario ( Eoceno ) por comparación con cuerpos similares en Estación Llano, los cuales fueron fechados con sericita-muscovita en 41 Ma. (Pérez-Segura et.al. 1990).



**Fig.7**                    **FRACTURAMIENTO EN LEUCOGRANITOS. TEXTURA FANERITICA CON CRISTALES DE MICAS, CUARZO Y FELDESPATO POTASICO.**

**(5 X)**

## LAMPROFIDOS

Se encuentran acompañando a las vetas mineralizadas, ubicándose al bajo de las estructuras y siguiendo un rumbo general NW-SE. En muestra de mano el color es verde claro en superficie fresca y un poco más oscuro en superficie intemperizada. Están moderadamente alterados. Son cruzados por vetillas de cuarzo y calcita. En base a lo anterior, a observaciones petrográficas y las relaciones estructurales estos diques de lamprófidos son considerados como premineralización.

Petrográficamente se observa una textura fanerítica holocristalina, microgranuda, con cristales idiomorfos de plagioclasas intermedias (andesina-labradorita) y minerales ferromagnesianos subautomorfos intersticiales. Se estimó en un 45 % el contenido original de plagioclasas. Los minerales ferromagnesianos son, fundamentalmente, biotita y probable antigua hornblenda, calculándose un 8 % del contenido de cristales originales, alterados parcialmente ( 6 % ) a clorita y epidota ferrífera. Esta trama de minerales se encuentra incluida en una matriz microcristalina también de composición intermedia.

Se reconoce un conjunto de alteración secundaria constituido principalmente por calcita, más de un 10 % del total de roca, y cuarzo (9%) el cuál se presenta en un mosaico de extinción común ondulante. El contenido de sulfuros es de un 3 %, en cristales de pirita pequeños y que parecen colocarse sobre el conjunto mineralógico descrito, están asociados al cuarzo hidrotermal.

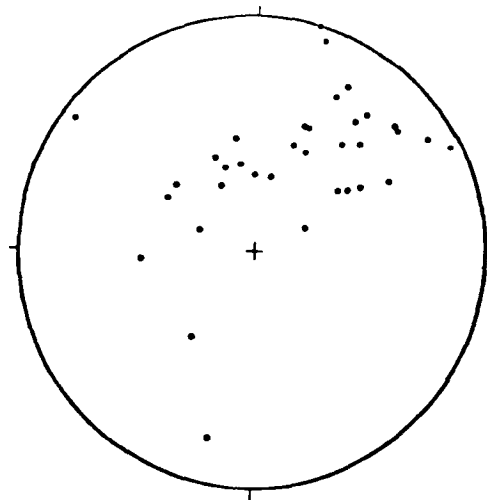
Se correlacionan con unos diques de lamprófidos de Estación Llano, fechándose biotita con el método Ar-Ar en 27 Ma. De esta forma se les asigna una edad Terciario ( Eoceno ).

## GEOLOGIA ESTRUCTURAL:

### FOLIACIONES Y ESQUISTOSIDADES

#### Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico:

Dentro de este conjunto litológico se trabajó con un total de 40 datos medidos de foliaciones. Los polos de estos planos fueron proyectados en la estereofalsilla de Schmidt. La concentración de parte de los puntos define un rumbo general NW-SE. Además se observa una dispersión de los datos hacia NE-SW, indicando un plegamiento posterior de la foliación ( esto se discutirá más adelante). Los echados son variables hacia el este y oeste . La foliación de estas rocas varía de débil a moderada, incrementándose en las cercanías a las zonas de cizallamiento.

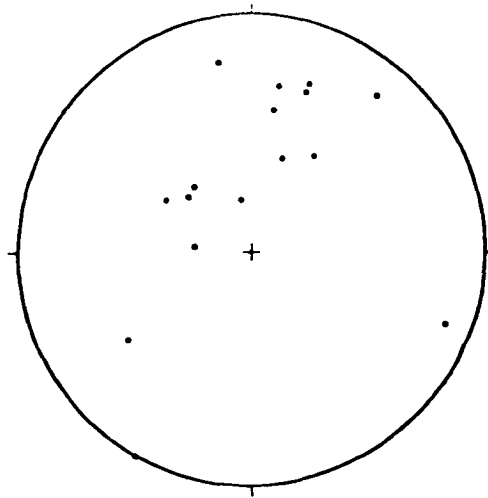


PROYECCION DE POLOS DE PLANOS DE FOLIACION EN  
CONJUNTO VOLCANICO DIORITICO-ANDESITICO.

Fig.8

### Pórfido Riolítico:

En esta unidad se proyectaron 19 polos de planos de foliación, observándose un rumbo dominante de los planos de NW-SE con dispersión de algunos hacia NE-SW. Los echados varían entre  $20^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  tanto al este como al oeste. El grado de foliación de estas rocas es débil, aumentando hacia la zona de contacto por falla con el conjunto volcánico Diorítico-Andesítico.

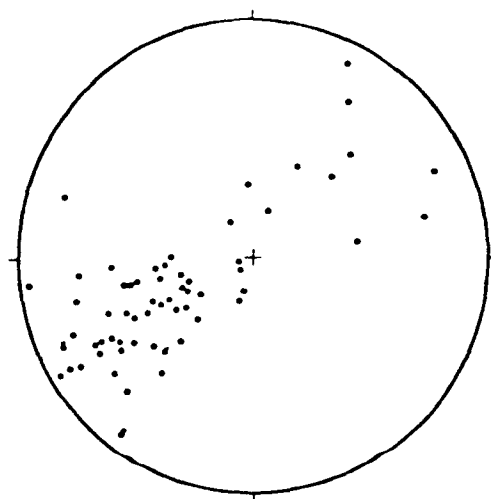


DATOS CORRESPONDIENTES A FOLIACION EN CONJUNTO  
VOLCANICO DE COMPOSICION RIOLITICA ( PORFIDO  
RIOLITICO)

**Fig.9**

### Rocas Vulcanosedimentarias:

En estas rocas la esquistosidad es de plano axial; siendo bastante fuerte, principalmente en los niveles de grano más fino, es paralela a la estratificación solo en la zona de flancos de pliegues. Se considera el término esquistosidad ya que no hay metamorfismo en estas rocas. Se midieron un total de 63 datos a partir de los cuales se reconoce un rumbo general NW-SE con echados entre  $25^{\circ}$ - $80^{\circ}$  hacia el NE.



FOLIACIONES EN GRUPO DE ROCAS  
VOLCANOSSEDIMENTARIAS.

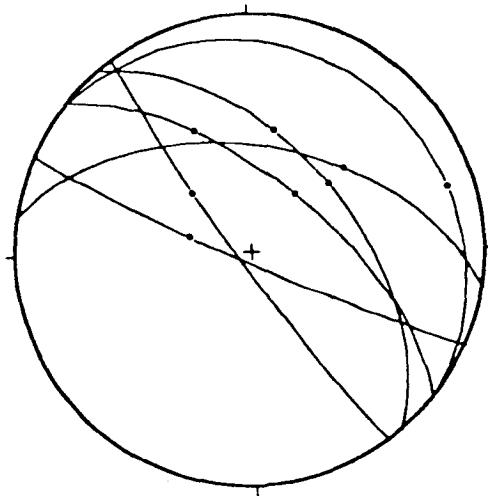
**Fig.10**

De lo anterior se deduce que las unidades sufrieron un mismo evento de deformación que se traduce por la presencia de una foliación o una esquistosidad, según el carácter litológico de las rocas.

**FALLAS NORMALES:**

Tanto el conjunto Diorítico-Andesítico como el Pórfido riolítico son afectados por un grupo de fallas normales de rumbo general NW 49° cuya componente dominante es dextral. Sobre la red se observan cinco con componente dextral, dos sinestrales y una vertical.

La siguiente figura muestra la proyección de los planos de falla y estrías sobre los mismos (pitch), correspondientes a ambos conjuntos litológicos.



DATOS CORRESPONDIENTES CON PLANOS DE FALLAS Y  
ESTRIAS EN PORFIDO RIOLITICO Y CONJUNTO VOLCANICO  
DIORITICO-ANDESITICO.

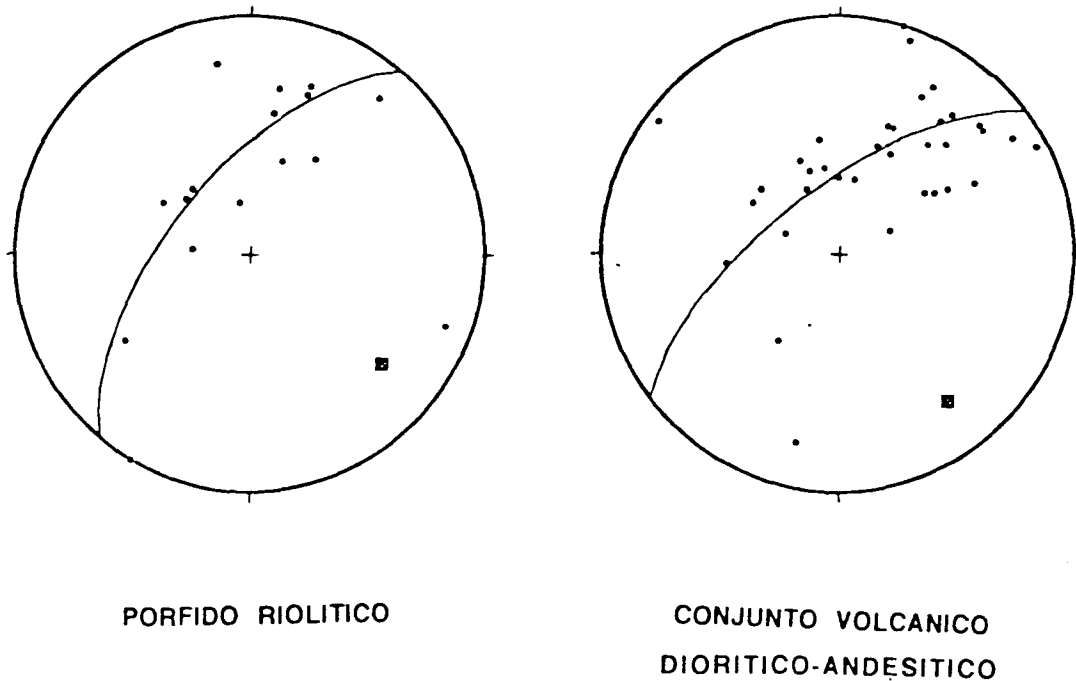
**Fig.11**



**PLIEGUES:**Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico y Pórfido Riolítico:

Se manifiesta un mismo evento de plegamiento, posterior a la foliación, en ambos grupos litológicos. El rumbo axial de este plegamiento fué determinado en base a la construcción del círculo máximo que pasa por la proyección de los polos de planos de foliación, tanto del conjunto volcánico como del Pórfido riolítico.

Los siguientes diagramas muestran estas construcciones:

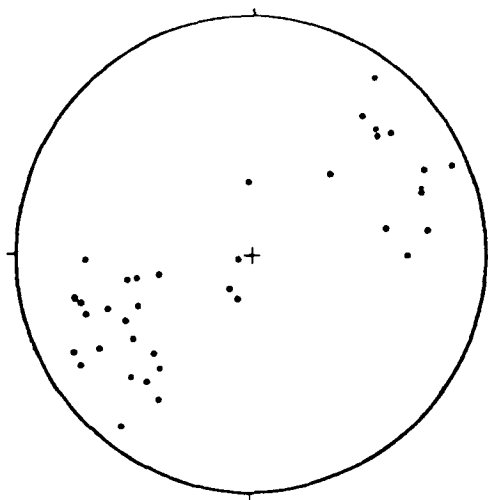


**Fig.12**

El polo de la proyección del círculo máximo indica el rumbo axial del eje de este pliegue, siendo NW 50°. Esto corresponde, también, con una segunda fase de plegamiento en el conjunto vulcanosedimentario cuyo rumbo axial es NW 55°. Ver figura 6.

### Rocas Vulcanosedimentarias:

El estilo deformacional en general muestra un comportamiento dúctil, aunque hay fallas inversas asociadas. Se presentan estructuras como micropliegues, pliegues cerrados y abiertos, con vergencia dominante al NE. El rumbo general de los planos axiales es  $143^\circ$  con echados mayores a  $40^\circ$  tanto al E como al W.



DATOS CORRESPONDIENTES A PLANOS AXIALES DE  
PLIEGUES EN ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS.

**Fig.13**

Dentro de este grupo de rocas se han reconocido al menos, tres fases de deformación. Se aclara que al utilizar el término fase no necesariamente es sinónimo de orogenia. De hecho las primeras dos siguientes corresponden a un mismo evento.

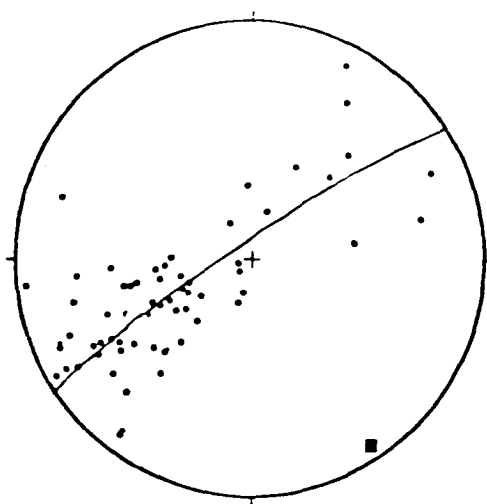
- \* Una fase de microplegamiento con esquistosidad reconocida localmente, (Pérez-Segura y Calmus, 1991).
- \* Una fase de plegamiento de tipo isoclinal concéntrico con eje axial  $NW 39^\circ$ , caracterizada por pliegues cerrados (ángulos

interflancos calculados de 37.9-38.9, según clasificación de Fleuty, 1964).

- \* Una fase de plegamiento abierto con rumbo axial NE 52.

Esta última fase se reconoció a partir de la construcción de diagramas beta donde:

- \* Se proyectó el círculo máximo que pasa por la mayoría de los polos de planos de esquistosidad y de estratificación de las rocas vulcanosedimentarias.



PROYECCION DEL CIRCULO MAXIMO

Fig.14

- \* El polo de este círculo máximo indica el rumbo axial del eje de este pliegue , el cual es NW 39 ° SE.

Se proyectaron sobre la estereofalsilla de Schmidt dos datos medidos de pliegues.

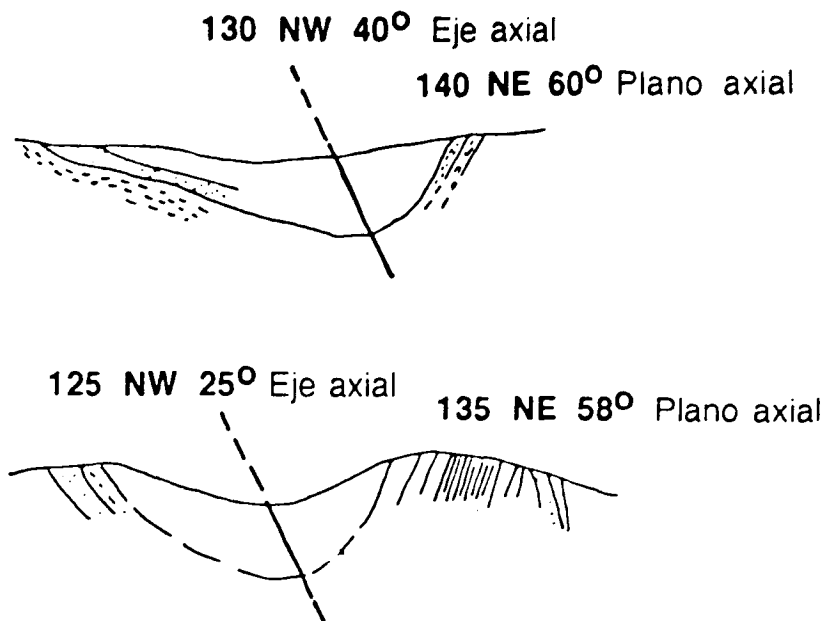


Fig.15

y el dato obtenido con el polo del círculo máximo anterior

\* Posteriormente se trazó el plano que contiene estas tres líneas. El polo de este círculo máximo determina el eje de pliegue de la última fase de deformación. Se calculó en NE 52.

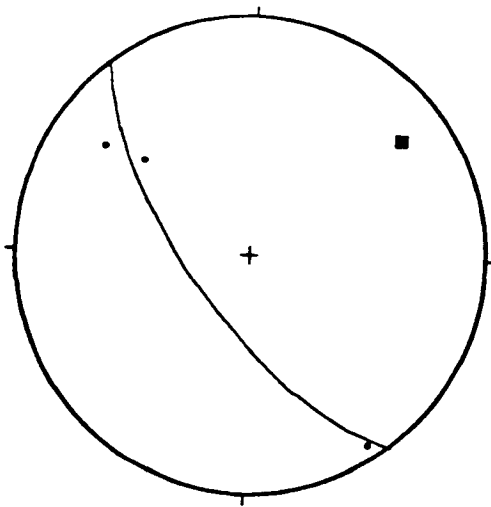


Fig.16

Este dato parece corresponder con una fase de pliegues abiertos reconocida en el campo por Pérez-Segura y Calmus (1991) y cuyo rumbo axial es NE 40.

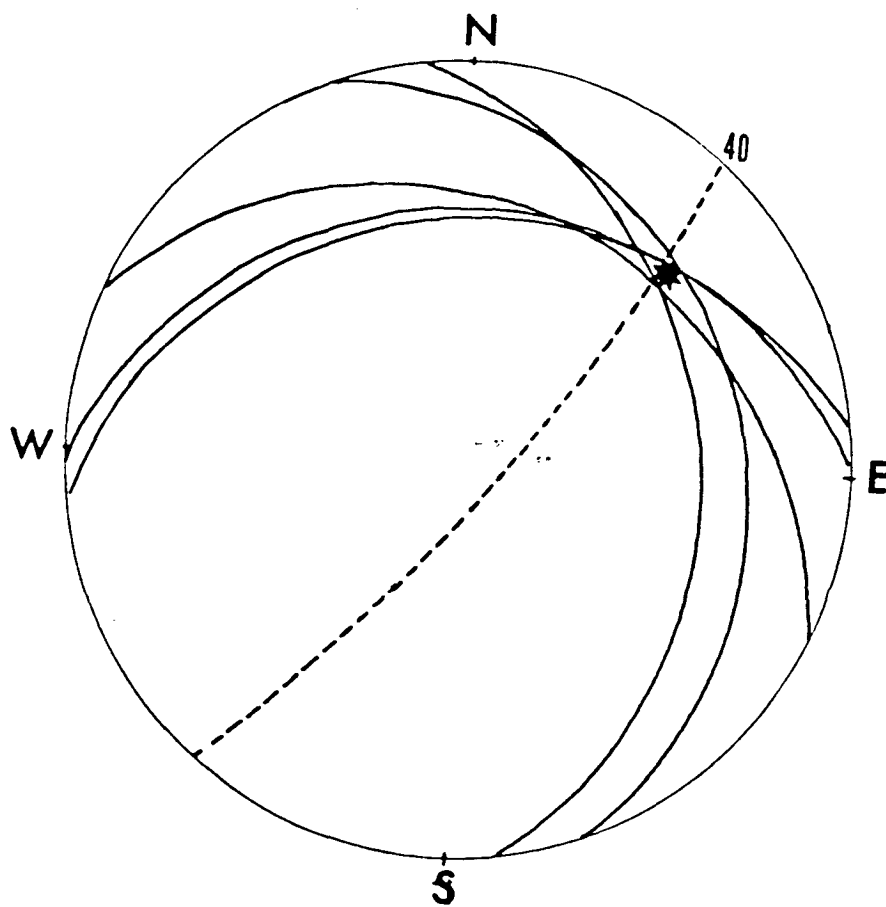


Fig.17

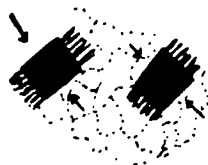
La fase de plegamiento abierto provoca una doble vergencia aparente de los pliegues de tipo isoclinal.

Resumiendo, estos conjuntos litológicos son afectados al menos por dos eventos de deformación común. Uno caracterizado por el desarrollo de una esquistosidad (caso de rocas vulcanosedimentarias) y de una foliación, cuya magnitud depende del carácter litológico de las unidades; otro, posterior, que corresponde con una fase de plegamiento de rumbo axial NW  $40^{\circ}$  -  $50^{\circ}$ .

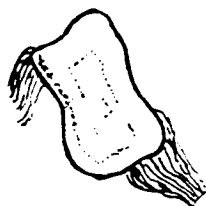
### SOMBRAS DE PRESION Y CRISTALES ROTADOS:

A nivel de lámina delgada se hacen las siguientes observaciones:

- \* En zona de vetas mineralizadas se tienen evidencias de deformación no rotacional ó cizallamiento puro . Se identificaron cristales de pirita , asociada a la mineralización, con sombras de presión manifestadas por crecimiento de fibras de cuarzo . Dichas colas de cristalización se desarrollan en actitud perpendicular a la dirección de aplastamiento.



- \* Dentro de los conjuntos volcánico diorítico-andesítico y pórfido riolítico hay manifestación de cizallamiento simple. El estilo de deformación es dúctil; hay desarrollo de sombras de presión, donde cristales de mica y feldespato también sufren rotación, además de aplastamiento. La siguiente figura ilustra lo descrito:



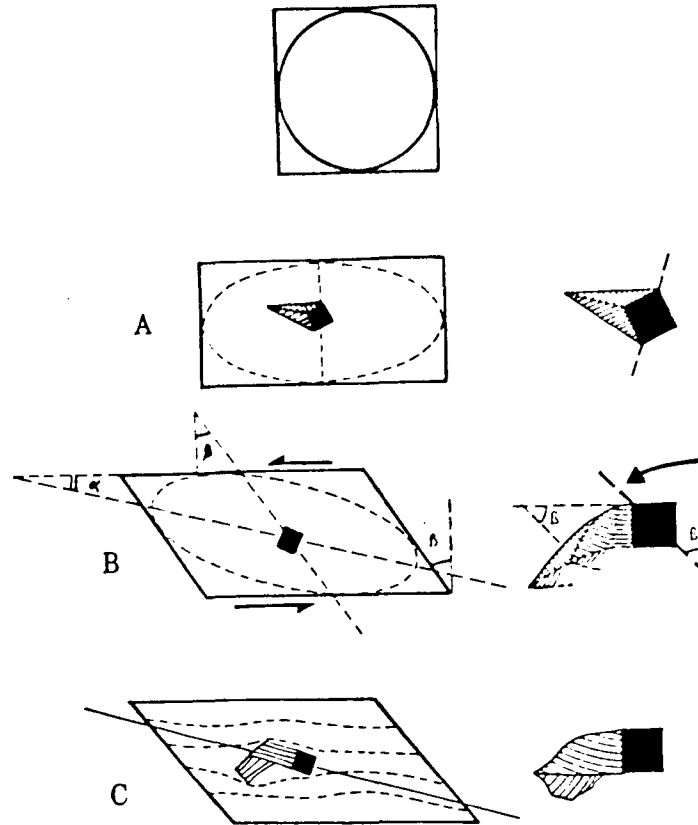


Fig.18

**MECANISMOS POSIBLES DE FORMACION DE " QUEUES EN CROCHET" (COLAS EN ANZUELO). (A): aplastamiento puro y crecimiento de fibrillas de cuarzo sobre las caras de un mineral de aspecto cúbico; (B): deslizamiento simple de amplitud  $\beta$  provocando al rotación de ejes del elipsoide de deformación y la forma progresivamente sigmoide de la cola ( estado C ).**

**Tomado de: Bard (1990)**



**RESUMEN:**

El área de estudio ha sufrido un mecanismo de deformación de carácter heterogéneo.

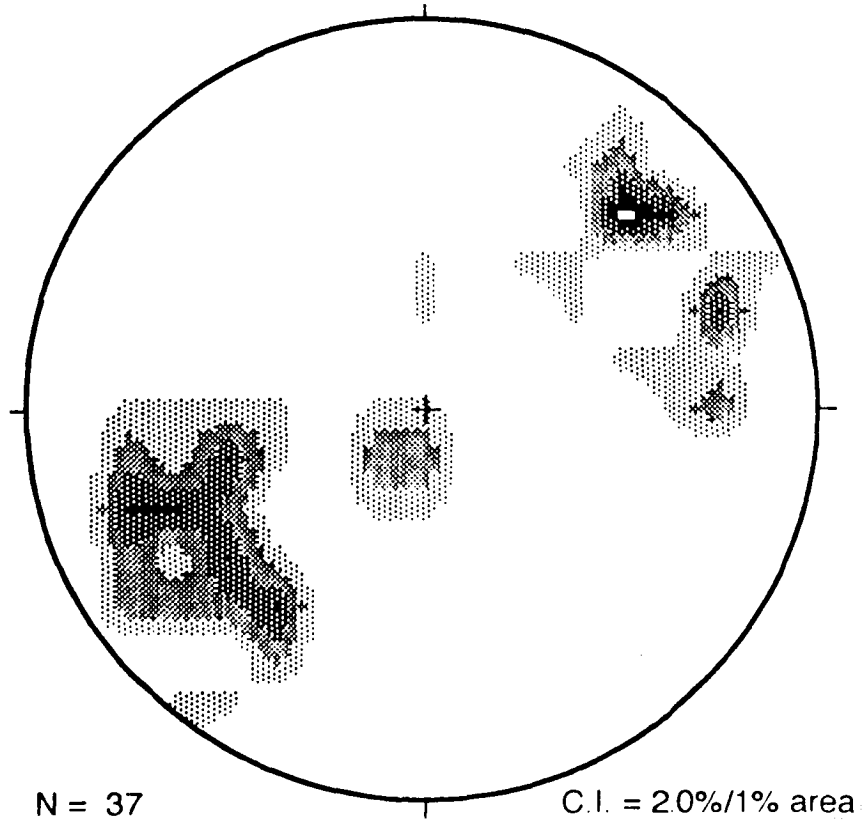
Los conjuntos litológicos principales, el conjunto volcánico diorítico-andesítico, el pórfido riolítico y las rocas vulcanosedimentarias son afectados, al menos, por dos eventos de deformación común:

-Un evento caracterizado por un plegamiento acompañado de esquistosidad ( caso de rocas vulcanosedimentarias ) y de foliación (rocas volcánicas) , cuya magnitud depende del carácter litológico de las rocas . Este evento se correlaciona con uno de metamorfismo de bajo grado, con presencia de foliación de bajo ángulo, Corona (1980), al cual se asigna una edad Jurásico medio-tardío en base a relaciones estratigráficas, comparación de estilos estructurales y correlaciones regionales.

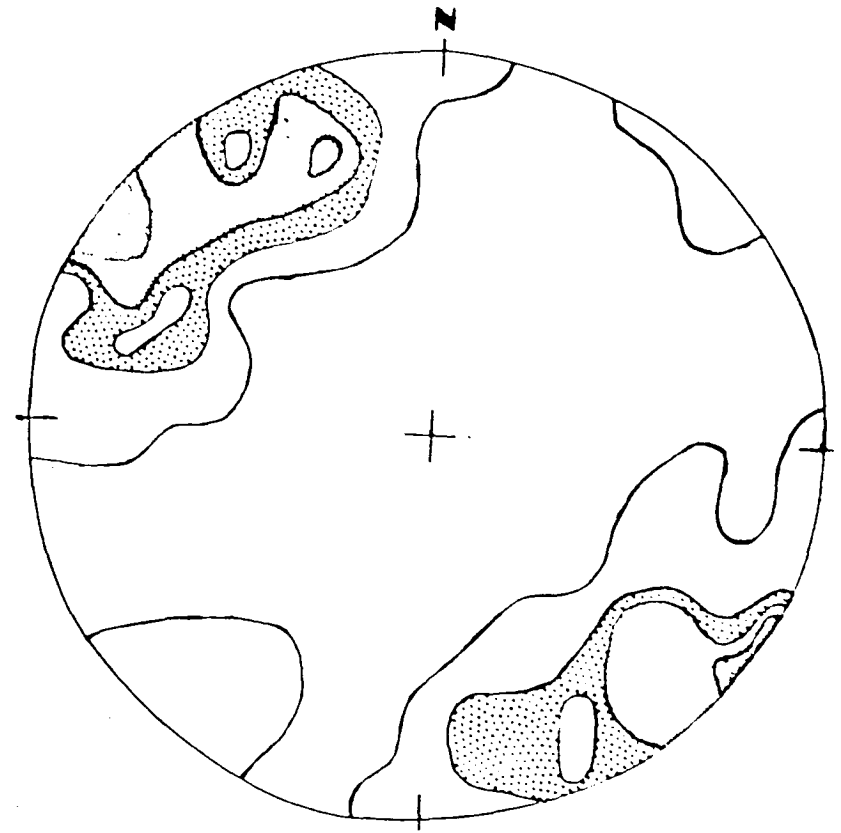
-Otro, posterior, identificado como un plegamiento con rumbo axial NW 40-50° que es semejante a un plegamiento recumbente de dirección NW 74-40° descrito por Corona (1980 ) en la Sierra La Gloria y el Cerro La Basura y al cual asigna una edad presumiblemente Jurásica. El mismo autor lo relaciona a un cabalgamiento que sugiere un acortamiento tectónico a lo largo de una línea NE-SW ( ver figura 19).

La zona se encuentra afectada por fallas normales de alto ángulo, con dirección general NW 49 °- 53 ° y componente dextral, que afectan todos los conjuntos litológicos.

Estas fallas se correlacionan con otras de rumbo NW 50-NE 40 descritas en la Sierra La Gloria y el Cerro La Basura, Corona (1980), y que cortan la secuencia jurásica.



Proyección de polos de planos axiales en rocas volcanosedimentarias del área de Tajitos.



Proyección de ejes axiales en secuencia volcanosedimentaria de Sierra La Glona y Cerro Basura (Corona, 1980)

Fig.19

Se asigna una edad Terciario medio a tardío para el fallamiento normal, en base a relaciones de campo ( rocas a las que afectan ) y correlación con patrones estructurales de otras áreas.

Las estructuras de vetas mineralizadas siguen un mismo patrón estructural que las fallas normales. Cortan la foliación y muestran evidencias de un cizallamiento post-mineralización (esto se corroboró con apoyo en la petrografía; ver: **Sombras de presión y cristales rotados**, mismo capítulo), en el campo es posible observar estrías de cuarzo post-mineral.

En lo referente a vetas no mineralizadas se reconocieron dos grupos: el primero ( cronológicamente) corresponde con un conjunto de vetillas de cuarzo plegadas que se encuentran encajonadas en rocas volcanosedimentarias. Un segundo grupo de vetas estériles, posterior al ya descrito arriba, sigue el mismo patrón estructural que las vetas mineralizadas.

## **GEOLOGIA DEL YACIMIENTO:**

En el área de estudio la principal zona explotada ha sido la mina Tajitos, extrayéndose principalmente oro y algo de plata de vetas de cuarzo de alto ángulo cuyo rumbo general es NW-SE. En partes aledañas existen numerosas minas abandonadas en la actualidad; dentro de estas podemos mencionar a la Mina República, Santa Felicitas y pequeñas minas dentro de la Sierra La Gloria y el Cerro La Basura. Regionalmente se reconocen algunas localidades mineralizadas, tales como La Mina Juárez, ubicada al oeste de Tajitos; al sureste se encuentra la Mina Santa Felicitas y al noroeste tenemos el depósito de Quitovac, en la región de Sonoyta.

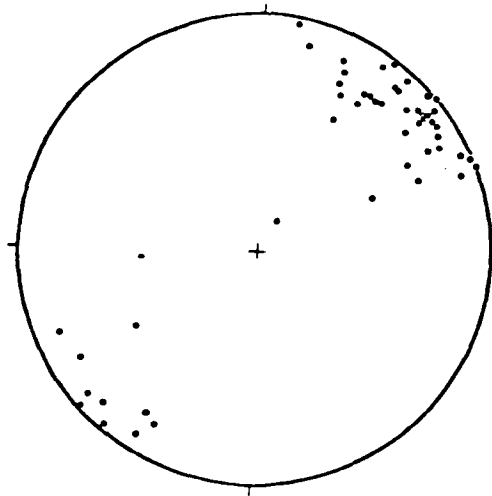
En Tajitos existen seis obras mineras de importancia: dos tiros, dos contrapozos, un tajo que conecta en su parte inferior con una obra casi horizontal, denominada "Hotel", que comunica con un frente. El yacimiento consta de nueve estructuras mineralizadas reconocidas: "El Reventón", "Los Tajos", "La Abundancia", "La Cocina", "Cinco Hermanos", "Los Puntuales", "De Gabino", "El Puerto", "Guadalupe"; las cuales siguen un rumbo general NW-SE con inclinación al sur. Las longitudes alcanzadas por las mismas son variables, desde 100 metros hasta 1 kilómetro y profundizando más de 100 metros con un espesor variable de 0.2 a 3 metros.

Se tienen valores promedio de 2-3 gr/Ton. Au y 64 gr/Ton Ag. La ley mínima fué calculada por personal de la Comisión de Fomento Minero en 1987, en un reporte interno, siendo ésta de 1 gr/Ton Au y 50 gr/Ton Ag; en el mismo trabajo mencionan una alteración propilítica de las rocas encajonantes con presencia de óxidos de fierro y manganeso.

### MORFOLOGIA:

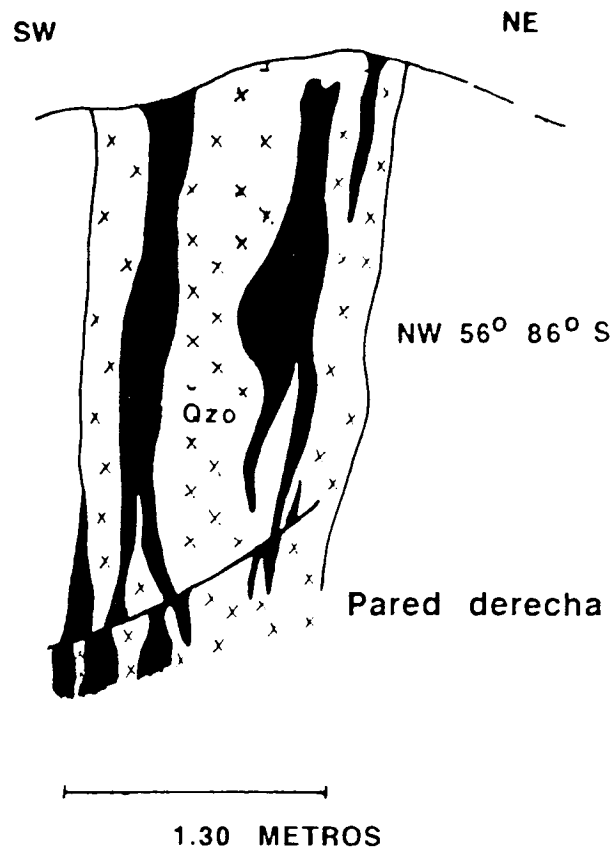
Las vetas de Tajitos aparecen a primera vista como típicas de la Provincia del Desierto de Sonora. Corresponden con estructuras de alto ángulo siguiendo una dirección general NW-SE. Pérez-Segura y Calmus (1991) indican un rumbo dominante de las estructuras mineralizadas de NW 50-60 ° con echados de 75-88 ° al sur.

En el presente trabajo se trataron 51 datos referentes a estructuras de vetas mineralizadas. Los polos de estos planos fueron proyectados en la estereofalsilla de Schmidt y mostraron una dirección general de NW 53 ° con 70-80 ° de inclinación al Sur.



Datos correspondientes a vetas ( estructuras )

**Fig.20**

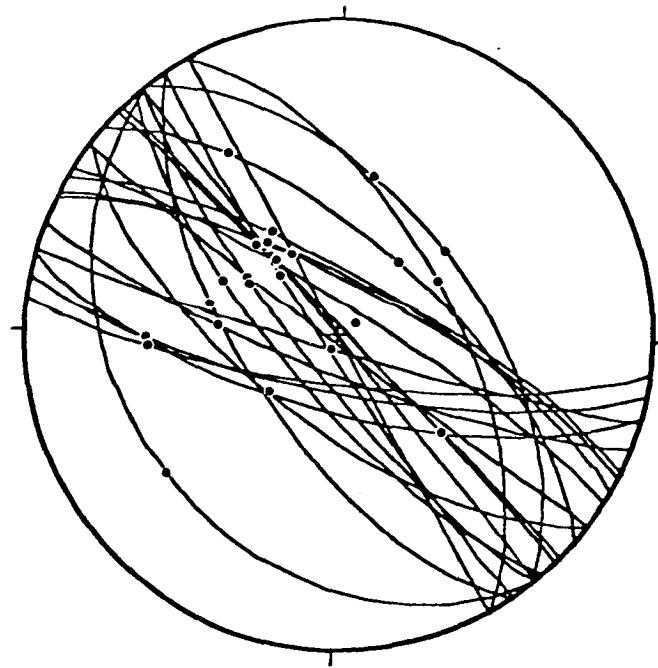


**Fig.23**  
SECCION ESQUEMATICA DE VETA MINERALIZADA Y CABALLOS DE  
ROCA ESTERIL (DIORITA) AFECTADOS POR UNA PEQUEÑA FALLA  
POSTERIOR LOCALIZADA EN LA PARTE INFERIOR DEL DIAGRAMA.  
MINA TAJITOS. ESTRUCTURA LA COCINA.

Estructuralmente el área está controlada por un sistema de fallas con rumbo preferencial NW-SE y buzamiento al SW.

El total de datos correspondientes a fallas en zona de vetas mineralizadas es 27. Se construyeron los planos proyectando sobre los mismos las estrías. La actitud de ellas indica un movimiento preferencial dextral para las fallas con echado al Sw. Las paredes de las vetas están bien definidas, Pérez-Segura y Calmus (1991) señalan que corresponden con fracturas antiguas o fallas normales.

Algunas de las fallas con echado al NE presentan una componente lateral sinistral, movimiento que puede interpretarse como conjugado al movimiento dextral de la otra familia.



Proyecciones de planos de falla

**Fig.21**

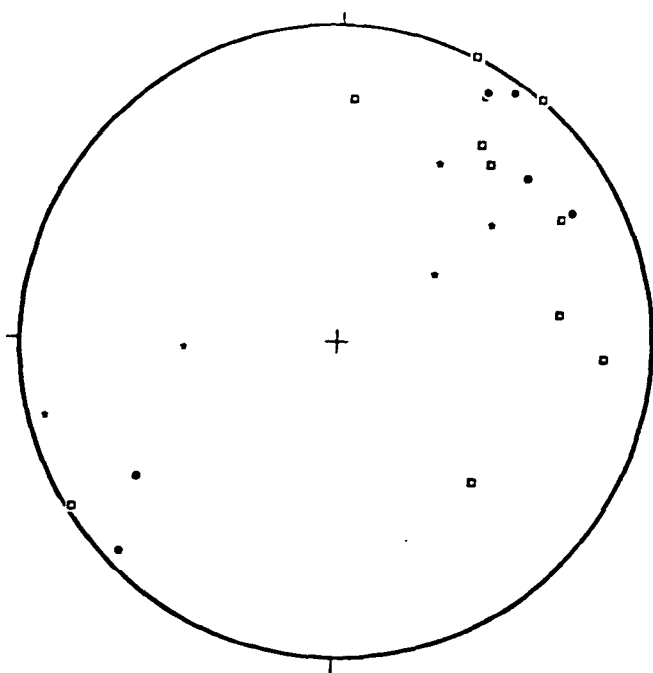
Vetas no mineralizadas presentes en los diferentes conjuntos litológicos:

Dentro del conjunto volcánico Diorítico-Andesítico se determinó, para las vetas no mineralizadas, un rumbo general NW48° con echados de 50°-80° ,tanto al E como al W. En el Pórfido riolítico las vetillas siguen una dirección dominante NW 50 con inclinación de 60-80 tanto al E como al W.

En las rocas vulcanosedimentarias se presentan grupos de vetas:

- 1) Un grupo de vetas de cuarzo no mineralizadas con dirección NW 65° y echados de 64° al W .
- 2) Un grupo de vetillas plegadas con dirección NW 47°-80°.

Las siguiente figura muestra la proyección de polos de las vetillas del primer grupo.



\* conjunto volcánico  
 ● Porfido riolitico  
 □ rocas vulcanosedimentarias

**Fig.22**

Los diagramas anteriores indican que estos grupos de vetillas siguen un patrón estructural semejante al de las vetas mineralizadas.



## ROCAS ENCAJONANTES

Se reconocen, básicamente, dos conjuntos litoestratigráficos como rocas encajonantes:

- \* Un Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico
- \* Un Conjunto Volcánico de composición riolítica constituido por el Pórfido Riolítico (cuarcífero) y un grupo de tobas riolíticas con marcada tendencia porfiroide.

### Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico:

Zonas cercanas a vetas:

La siguiente descripción corresponde a rocas de composición diorítico-andesítica que se encuentran encajonando las vetas mineralizadas.

Son muestras moderadamente foliadas, oxidadas ( 3% ), con un contenido de pirita, aproximadamente 4 % del total de roca, presentándose en cristales automorfos antecinemáticos incluidos en una matriz criptocristalina compuesta de sericita más cuarzo de 40-50% y calcita en vetillas con un porcentaje estimado en 3 %; el cuarzo de la matriz es secundario y muestra un mosaico de extinción común.

Hay escasa alteración a clorita ( 3% ) dominando la variedad penina; el mineral primario identificado es biotita, moderadamente deformada y alterada en un 80 %.

Se reconoció un contenido original del plagioclasas de aproximadamente 10-20%, alteradas en un 80 % a sericita; no fué posible estimar el porcentaje de feldespato original.

**DIAGRAMA TEMPORAL PARA MINERALES DE ALTERACION EN EL  
CONJUNTO VOLCANICO DIORITICO-ANDESITICO CON FACIES  
INTRUSIVAS DE PEGMATITAS DE DIORITA  
ROCAS ENCAJONANTES A VETAS MINERALIZADAS.**

(matriz) SERICITA	-----	----	
(vetas) CUARZO		----	----
PIRITA		----	
CLORITA	-----		
CALCITA	-----		
EPIDOTA			-----

Tabla 2.

El contenido de epidota y turmalina es menor de 1 %. La turmalina aparece en formas de fibras radiales y en cristales aciculares. La variedad presente de epidota es la pistacita, ubicándose sobre el juego mineral descrito.

### Conjunto Volcánico de Composición Riolítica:

#### Pórfido Riolítico

##### Zonas cercanas a vetas:

Esta descripción corresponde a rocas de composición félsica que están encajonando las vetas mineralizadas.

Se calculó un contenido de óxidos de 2-4 %. El contenido de pirita estimado es de 5 % del total de roca, se presenta en fenocristales automorfos incluídos en una matriz de cuarzo-sericita, la cual conforma un 40-50 %.

El conjunto de alteración hidrotermal principal es registrado por la presencia de zonas de cuarzo-sericita microgranular, concentrándose en ellas turmalina en porcentajes estimados en 2-3%, en formas aciculares y radiales.

En base a observaciones petrográficas descritas en este y anteriores capítulos se reconoce la siguiente cronología de eventos:

- \* Tanto el Pórfido riolítico como las tobas riolíticas de textura porfiroide son afectados por una fase hidrotermal que aportó cuarzo y sericita, actuando el primero como cementante y conformándose una matriz microcristalina de extinción mineral común. Relacionada a esta etapa, se tiene presencia discreta de turmalina y vetillas de cuarzo.

- \* Posteriormente se dió una fase de carbonatación con desarrollo de vetillas de calcita. Esta calcita corresponde con la que se encuentra reemplazando algunos cristales de plagioclasas y

feldespato potásico.

\* Desarrollo de epidota reemplazando porfirocristales antiguos de posibles minerales ferromagnesianos y en fracturas, no constituyendo vetillas claramente formadas sino, solamente concentrada en ciertas zonas.

## **ALTERACION HIDROTHERMAL:**

En lo que se refiere al Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico, fué posible reconocer las siguientes etapas de cuarzo hidrotermal. La primer, en orden eventual, corresponde al cuarzo que conforma la matriz y que aparece como cementante. Este cuarzo aparece también en vetillas con calcita, las cuales son cortadas por vetillas de cuarzo en cristales más pequeños ( segunda etapa ). La tercera etapa se manifiesta por un desarrollo de cuarzo creciendo perpendicularmente a las paredes de vetillas y con moderado grado de deformación.

Se identifica una cuarta etapa de cuarzo post-cinemático con desarrollo de fibras perpendicularmente a las caras de cristales de pirita.

En base a lo anterior fué posible establecer, para este grupo litológico, el orden cronológico de, al menos, los siguientes eventos reconocidos:

- \* Una fase de alteración antecinemática cuarzo-sericita que constituye la matriz.
- \* Desarrollo de vetillas de calcita y vetas de cuarzo que cortan una foliación incipiente ( reconocida a escala de lámina delgada a partir de sericita metamófica ).
- \* Enriquecimiento en sulfuros con desarrollo de cristales de pirita.
- \* Desarrollo de colas de cristalización post-cinemáticas, constituídas por fibras de cuarzo creciendo perpendicularmente a las caras de los cristales de pirita.

-Entre los dos eventos anteriores se reconoce una fase de deformación por cizallamiento puro ( ver: el capítulo sobre Geología Estructural, subcapítulo: Sombras de Presión y Cristales Rotados).

- Un último evento hidrotermal que aporta trazas de turmalina y pistacita.

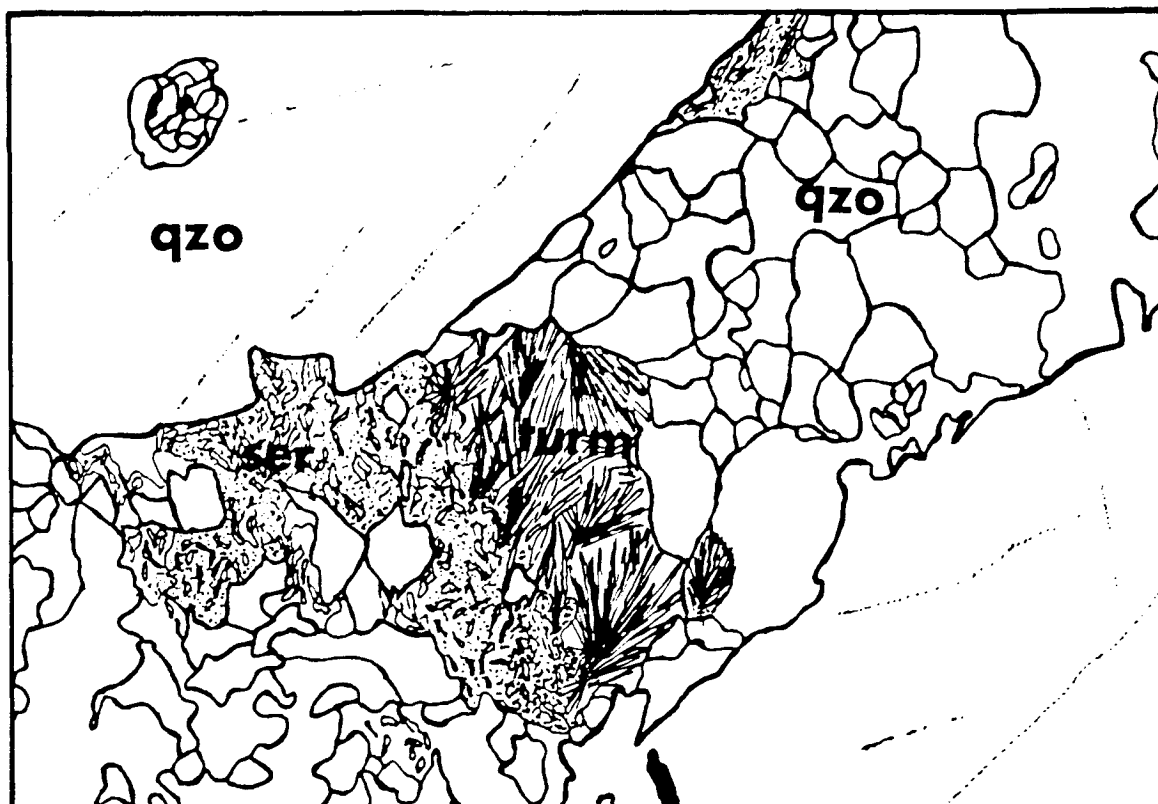
Tanto el Pórfido Riolítico (cuarcífero) como las tobas riolíticas con textura marcadamente porfiroide son afectados por los mismo eventos hidrotermales, con aporte de cuarzo, ya descritos para el Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico.

Para el caso de las rocas de composición félsica- es evidente en base a observaciones petrográficas- hay un incremento en el aporte de turmalina, relacionada a la etapa de aporte de cuarzo-sericita hidrotermal, en las cercanías a las zonas de vetas mineralizadas. Se estimó un porcentaje general de 6% del total de roca para este mineral, el cual se presenta en la variedad chorlita bajo formas radiales y diseminadamente.

El conjunto de alteración hidrotermal en las rocas de composición félsica es una asociación cuarzo lechoso-sericita y turmalina.

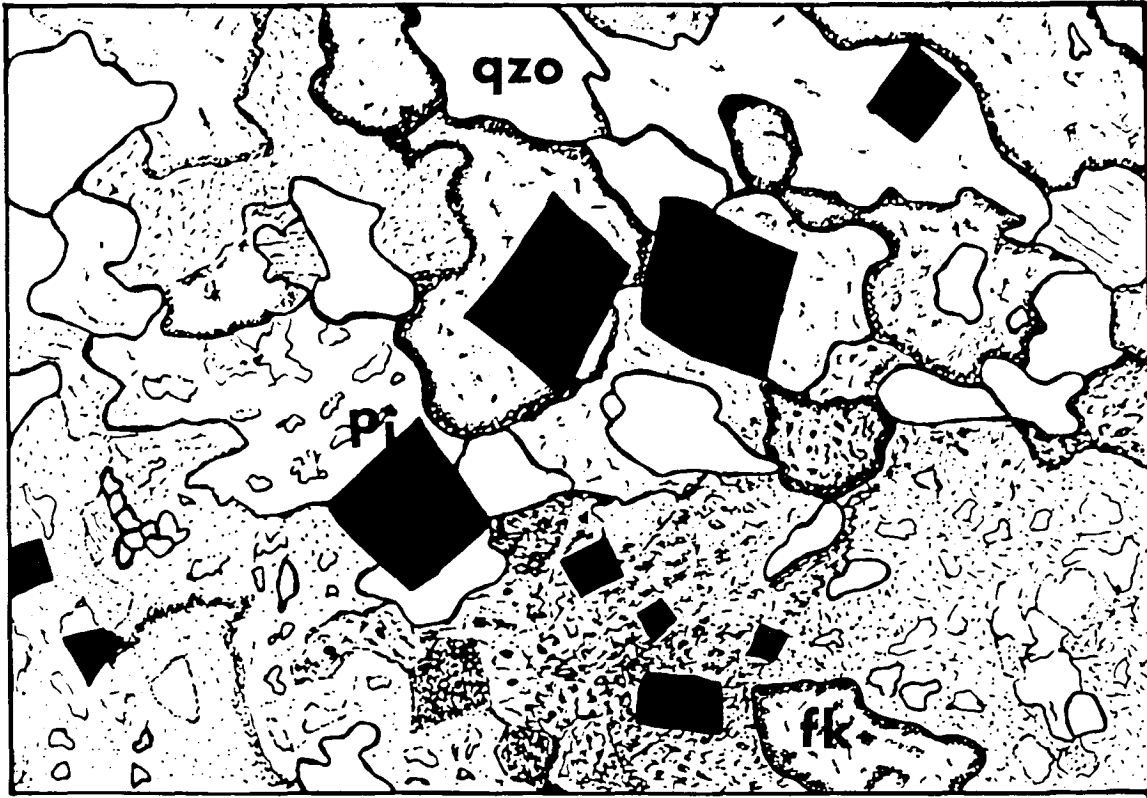
En lo que respecta al Conjunto Volcánico Diorítico-Andesítico en zonas adyacentes a vetas mineralizadas, el tipo de alteración dominante es cuarzo-sericita con un incremento en el contenido de sulfuros y presencia discreta de turmalina. En las rocas más alejadas, el conjunto de alteración principal se hace propilítico (relación cuarzo-clorita-epidota-calcita) con ausencia de sulfuros e incrementándose el aporte de carbonatos sobre el de sílice.

Con lo anteriormente expuesto, se deduce que la alteración de las rocas encajonantes a las vetas de cuarzo mineralizadas, en el área de la Mina de Tajitos, está caracterizada por una hidrólisis y carbonatación principalmente de minerales ferromagnesianos, además de presencia abundante de sulfuros y óxidos. Esta manifestación hidrotermal es evidente en el conjunto volcánico diorítico-andesítico, mientras que en el pórfido riolítico y tobas



**Fig.25**

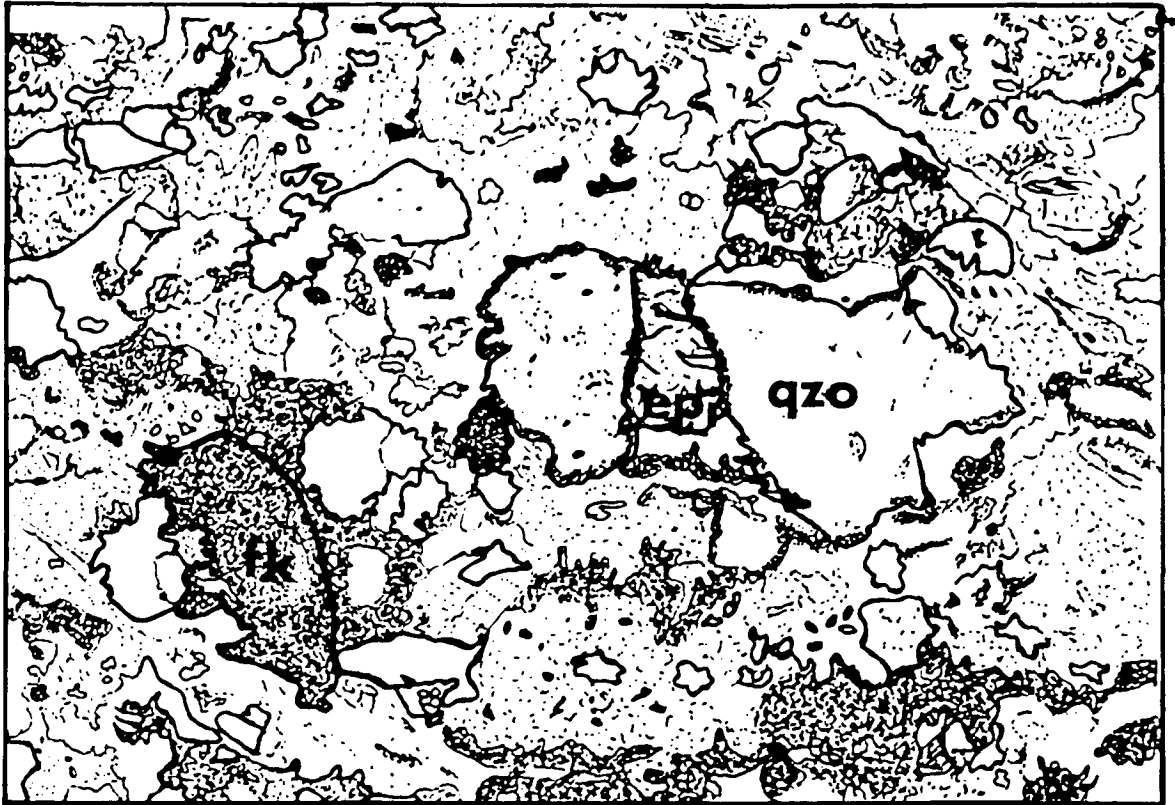
**ESTA ROCA CORRESPONDE CON EL PORFIDO RIOLITICO EN ZONAS CERCANAS A VETAS MINERALIZADAS. LA TURMALINA SE LOCALIZA EN ZONAS RICAS EN SERICITA Y CUARZO HIDROTERMAL. LA VARIEDAD IDENTIFICADA ES CHORLITA Y SE PRESENTA BAJO FORMAS RADIALES.  
(EL LENTE UTILIZADO ES 5X , LUZ POLARIZADA)**



**Fig.26** DIORITA ENCAJONANDO VETA MINERALIZADA.  
INCREMENTO EN EL CONTENIDO DE SULFUROS Y ALTERACION  
HIDROTERMAL CUARZO-SERICITA. TAMBIEN SE OBSERVAN  
FELDESPATOS ALTERADOS.

(5X)





**Fig.27** ALTERACION HIDROTHERMAL CUARZO-SERICITA-  
CALCITA EN DIORITA UBICADA A UN METRO DEL CONTACTO CON  
LA VETA MINERALIZADA.

(5X)

riolíticas es más clara una carbonatación, silicificación e incremento en el contenido de boro. Hacia las zonas más alejadas de las vetas, para ambos conjuntos litoestratigráficos, el conjunto mineralógico de alteración característico es propilítico ( relación cuarzo-clorita-sericita-epidota-calcita).

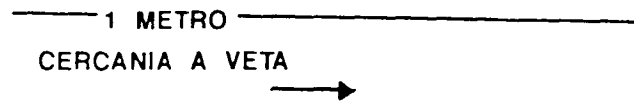
El esquema descrito anteriormente corresponde con la alteración en rocas ígneas, asociadas con depósitos en rocas de facies de metamorfismo de bajo grado, de esquistos verdes.

Se puede pensar, a partir de la comparación de tablas de rangos de estabilidad de minerales en rocas encajonantes a vetas de cuarzo auríferas que la secuencia de cambios mineralógicos de rocas ígneas de composición máfica y félsica es similar , algo parecido a lo que pasa con las rocas de los cinturones verdes de Canadá.

DIAGRAMAS INDICANDO ABUNDANCIA DE MINERALES  
EN ZONAS DE ALTERACION EN EL AREA DE TAJITOS.

CONJUNTO VOLCANICO DIORITICO-ANDESITICO  
ROCAS MAFICAS

	ZONA PROPILITICA	ZONA CARBONATADA
ACTINOLITA	+ + +	
EPIDOTA	+ + +	+ -----
CLORITA	+ + +	-
CUARZO	+ +	+ + +
ALBITA	+ +	
CALCITA	+ +	+ + +
MUSCOVITA		+ + +
PIRITA		+ + +
TURMALINA		----



FUERTE	+ + +
MODERADA	+ +
DEBIL	+
TRAZAS	---

Tabla 3.

**PORFIDO RIOLITICO (CUARCIFERO)  
ROCAS FELSICAS**

ZONA	Ch-Cb-Mus-Ep	Cb-Mus-Czo
ALBITA	+ +	-----
CLORITA	+	----
EPIDOTA	+ +	---
CUARZO	+ + +	+ + +
CALCITA	+	+ +
MUSCOVITA	+ +	+ + +
PIRITA		+ + +
TURMALINA	+	+ +


  
 1 metro
   
 CERCANIA A VETA

FUERTE	+ + +
MODERADA	+ +
DEBIL	+
TRAZAS	---

**Ch-Cb-Mus-Ep:** Clorita, carbonatos, muscovita, epidota

**Cb-Mus-Czo:** Carbonatos, muscovita, cuarzo

**Tabla 4.**

**RANGOS DE ESTABILIDAD DE MINERALES EN ZONAS DE  
ALTERACION EN ROCAS DE FACIES DE ESQUISTOS  
VERDES.**

**ROCAS ENCAJONANTES MAFICAS ( Tomado de: Fyon y  
Crocket, 1982)**

	ZONA	No alterada	clorítica	carbonatada						
TREM-ACTINOLITA	-----	---	---	---						
EPIDOTA	-----	---	---	---						
CLORITA	-----		+	+	+	+	-----			
CUARZO	-----		+	+	+	+	-----			
ALBITA	-----	---	---	---						
CALCITA			+	+	+	+	-----			
DOLOMITA							+	+	+	+
MUSCOVITA							+	+	-----	
PIRITA								+	+	+

**VETAS**

**ROCAS ENCAJONANTES FELSICAS ( Tomado de: Robert ky  
Brown, 1986)**

	ZONA:	NO ALTERADA	Ch-Cb-Mus	Cb-Mus	Cb-Ab				
ALBITA	-----			+	+	+	+	-----	
CLORITA	-----			---	---				
EPIDOTA	-----	---	---	---					
CUARZO	-----			+	+	+	+	+	+
CALCITA	-----		+	+	+	+	+	+	+
MUSCOVITA	-----		+	+	+	+	+	-----	
PIRITA				+	+	+	-----		

**VETAS**

**Tabla 5.**

## MINERALIZACION

Las estructuras internas de las vetas se componen de cuarzo lechoso masivo. Se estima un contenido de sulfuros diseminados de 1 a 2 %. El oro se presenta en placas microscópicas en el cuarzo. Como minerales de plomo se reconocieron cerussita, anglesita y galena, además de sulfosales de plomo con un poder reflector un poco menor que la galena, sin reflexiones internas, probablemente semseyita. Se observaron pirita y calcopirita, malaquita como mineral de cobre, inclusiones de tetrahedrita en galena y goethita a partir de pirita y calcopirita.

En un reporte interno de la Comisión de Fomento Minero (1987) se identifican por microscopía y rayos X cuarzo y muscovita en proporciones mayores al 90 %. Además: hematita, limonita, magnetita, calcita, feldespatos, pirita, malaquita, cerussita, anglesita y galena en porcentajes menores al 1 %.

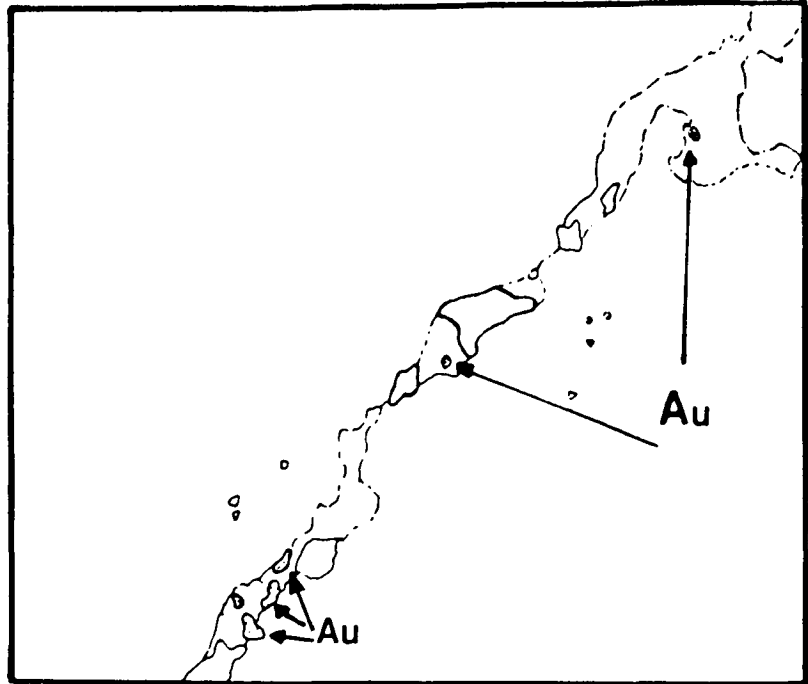
En el presente trabajo se reconoce una paragénesis metálica de oro-pirita-calcopirita-galena y tetrahedrita.

En las ilustraciones correspondientes a las superficies pulidas se observan las relaciones espaciales entre estos minerales. (Ver dibujos, mismo subcapítulo).

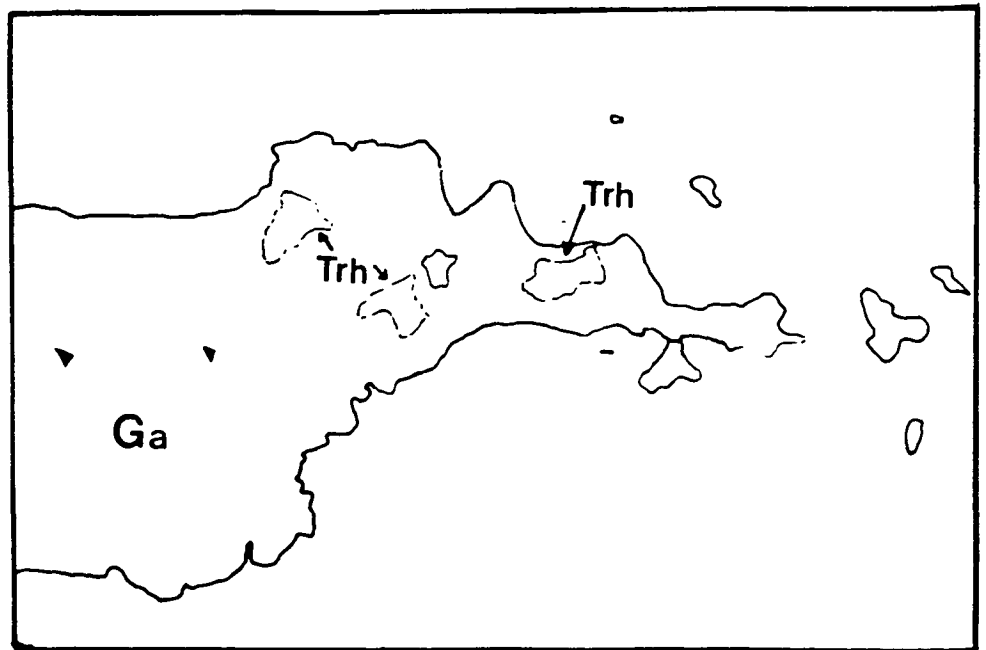
### DIAGRAMA TEMPORAL MINERALES METALICOS

Oro	-----
Pirita	-----
Calcopirita	-----
Tetrahedrita	-----
Galena	-----
Goethita	-----

Tabla 6.



**Fig. 28: SUP. 88-91' : OBJ.10X.**  
 Se observan placas microscópicas de oro en  
 zonas de contacto de cristales de cuarzo.  
 También se reconocen óxidos de hierro.



**Fig. 29: SUP. 0814: OBJ.10X.**  
 Inclusiones de tetrahedrita en galena.

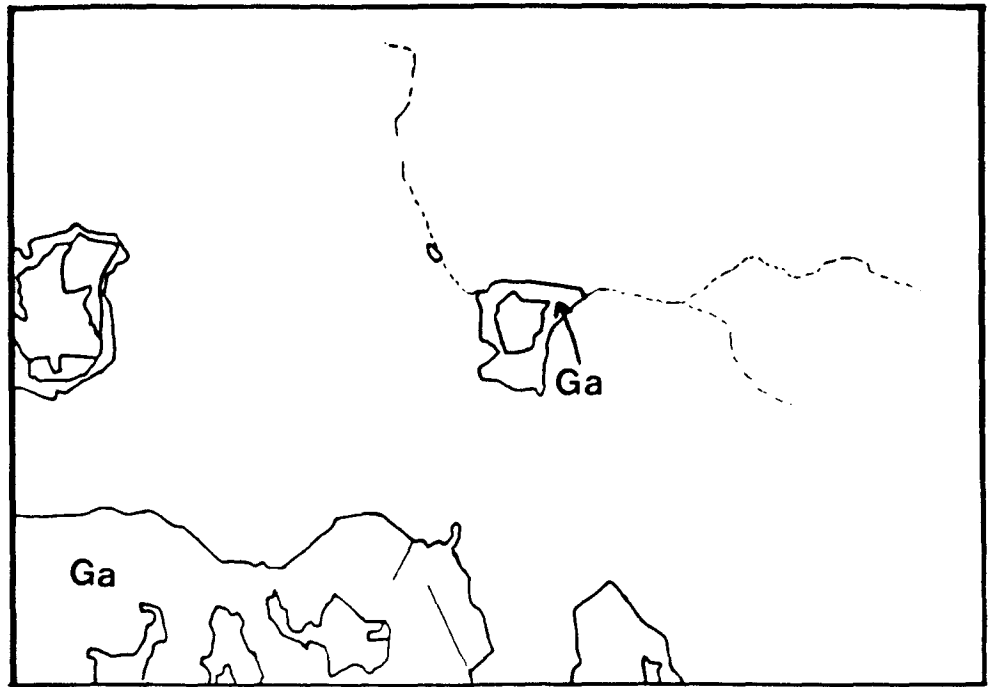


Fig. 30: SUP.0814: OBJ.10X.  
 Mineral anisotrópico con un poder reflector  
 más alto que la galena, incluido en galena.

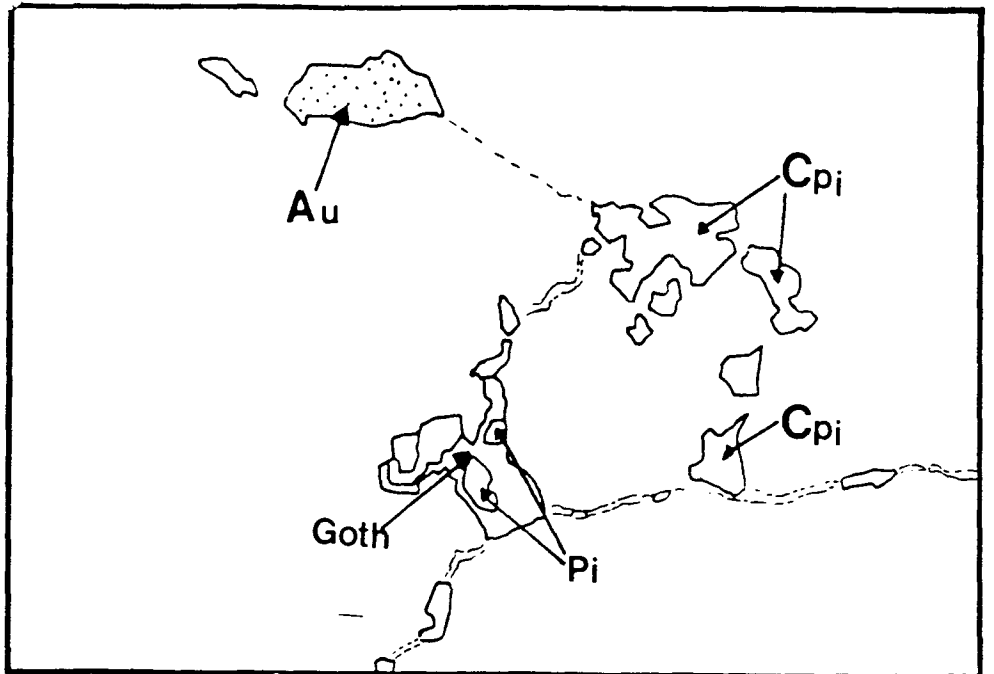


Fig. 31: SUP. 88-91': OBJ. 10X.  
 Placas de oro incluidas en cuarzo  
 Calcopirita y pirita transformándose en goethita.



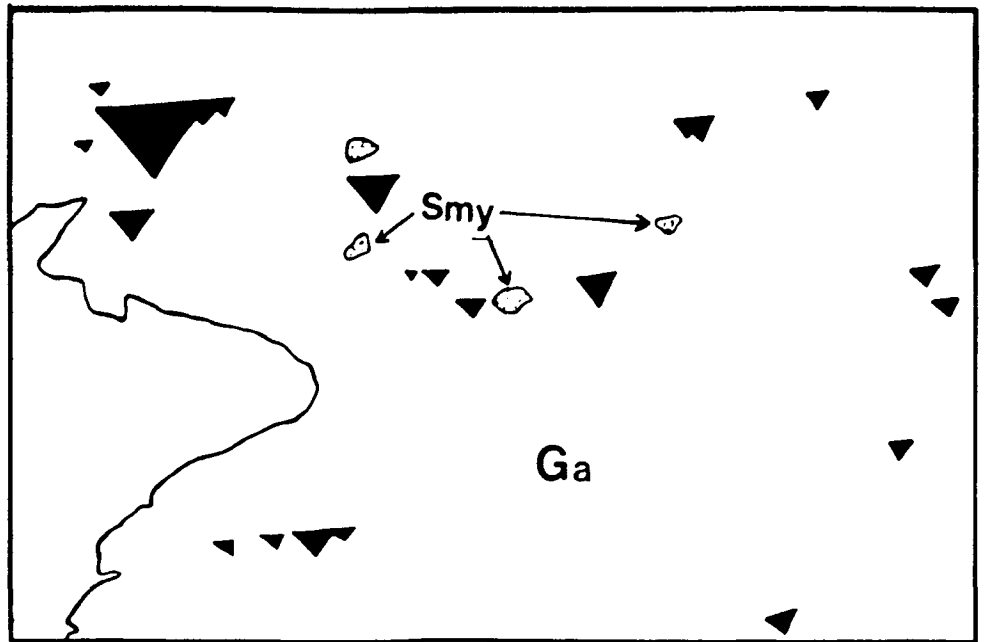


Fig. 32: SUP.0814: 10X.  
Sulfosales de plomo.  
Inclusiones de semseyita.

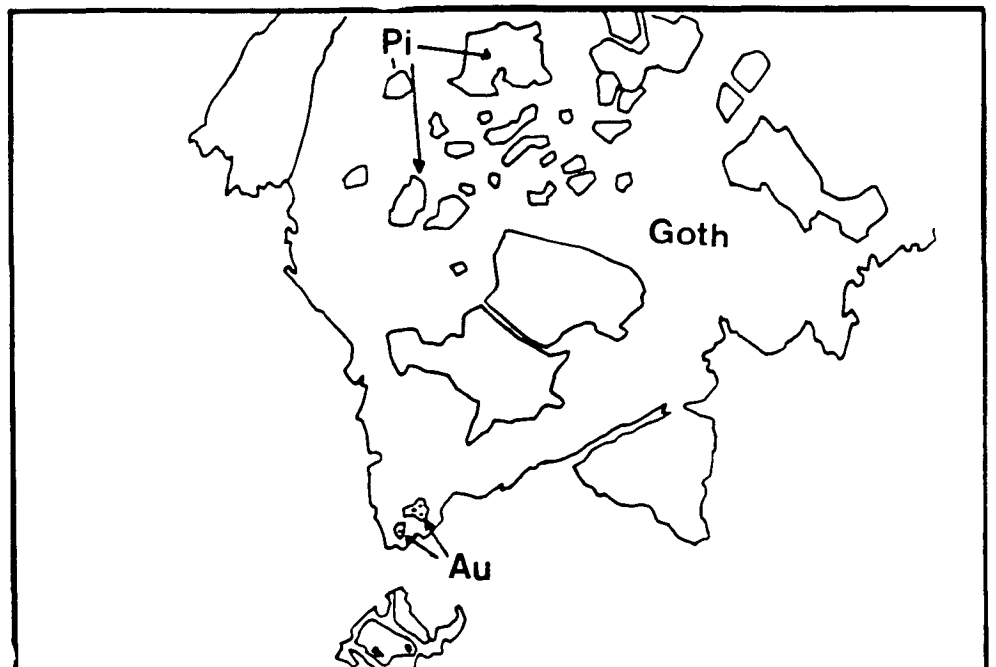
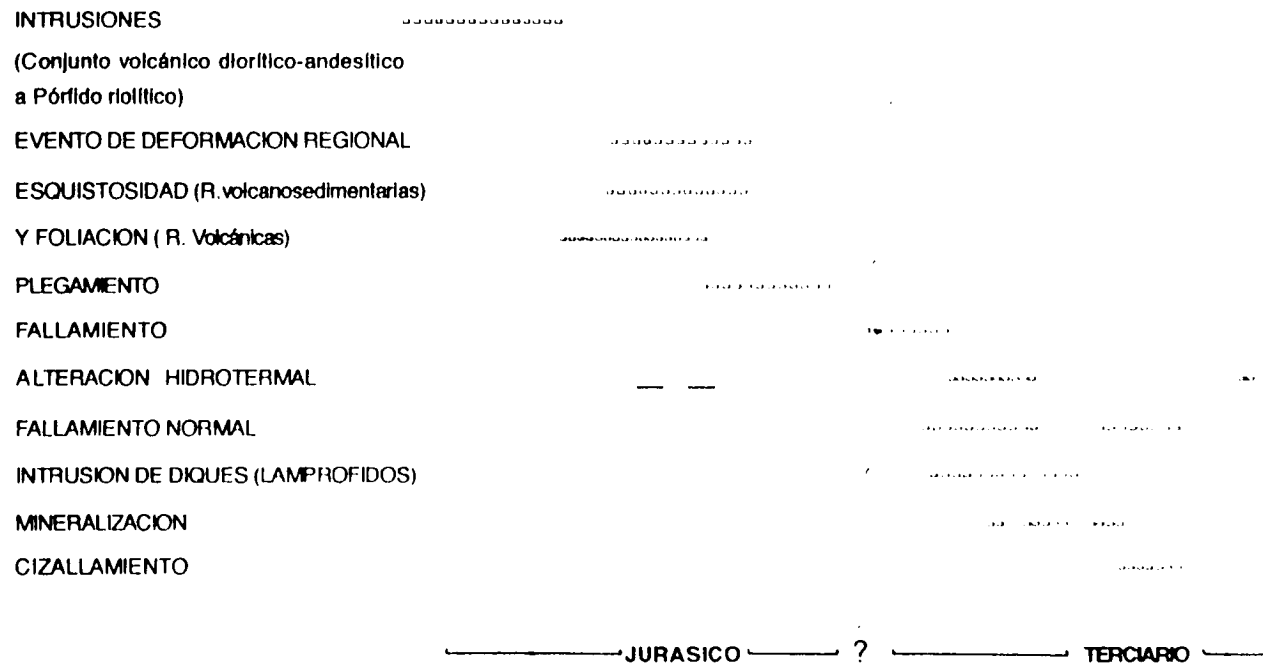


Fig. 33: SUP. 88-91': 10X.  
Oro en placas microscópicas.  
Pirita transformándose en goethita.

**.CRONOLOGIA DE LOS PRINCIPALES EVENTOS QUE AFECTARON EL AREA DE TAJITOS.**



**Tabla 7.**

## INCLUSIONES FLUIDAS

En el presente trabajo se describen cualitativamente aspectos de inclusiones fluídas reconocidas en las vetas mineralizadas del área de Tajitos. No se realizó Termometría por razones de tiempo y disposición de equipo, sin embargo, consideramos importantes algunas observaciones obtenidas al respecto:

El cuarzo de las vetas mineralizadas de Tajitos es de un tipo lechoso. Se reconocieron dos tipos de inclusiones fluídas : CO<sub>2</sub> con fases líquido-vapor y agua en fase líquida. Hay inclusiones primarias las cuales se distribuyen de manera homogénea en el cuarzo e inclusiones secundarias localizadas en cicatrices. Las inclusiones primarias constan de las tres fases: CO<sub>2</sub> líquido-vapor y agua en fase líquida . La relación líquido-vapor en las inclusiones de CO<sub>2</sub> es muy variable. En las inclusiones secundarias predomina el agua en fase líquida.



Fig.34 Sup.T92-2.CO<sub>2</sub> fases:líquido-vapor.

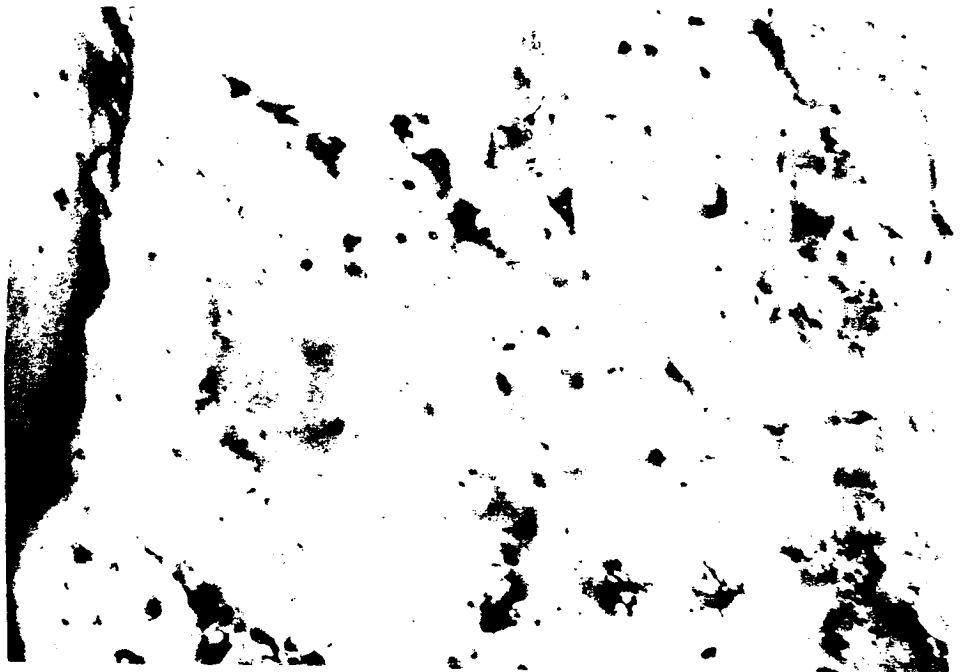


Fig.35 Sup.T92-2.CO<sub>2</sub>en fase líquido-vapor.Água en inclusiones.Fase líquida.

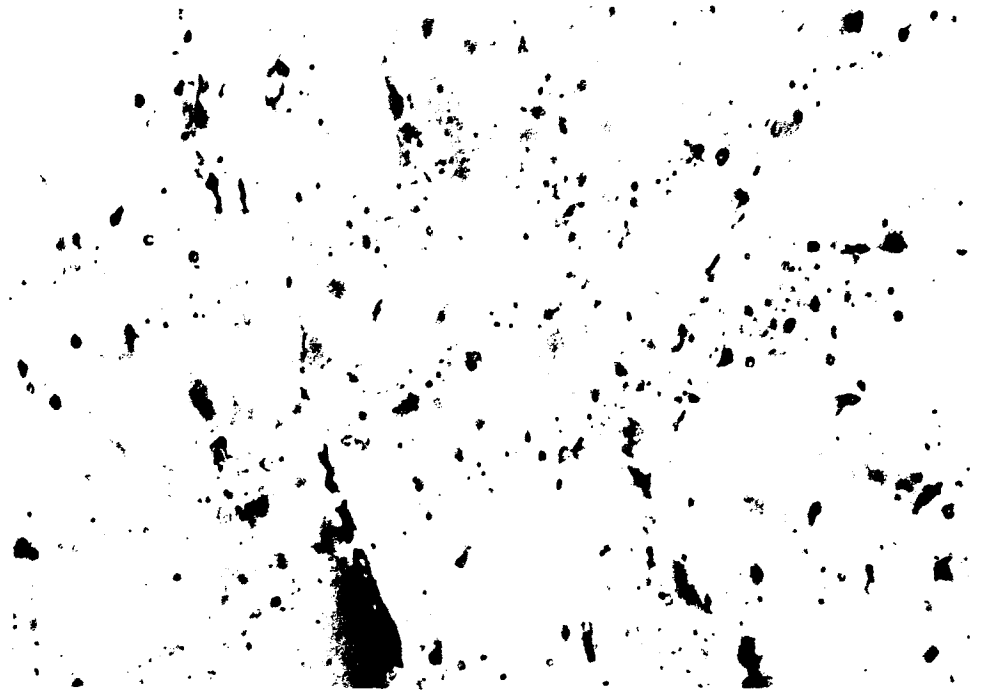


Fig.36 Sup.920204.CO<sub>2</sub>. Fase líquido-vapor. Inclusiones secundarias (en cicatrices).

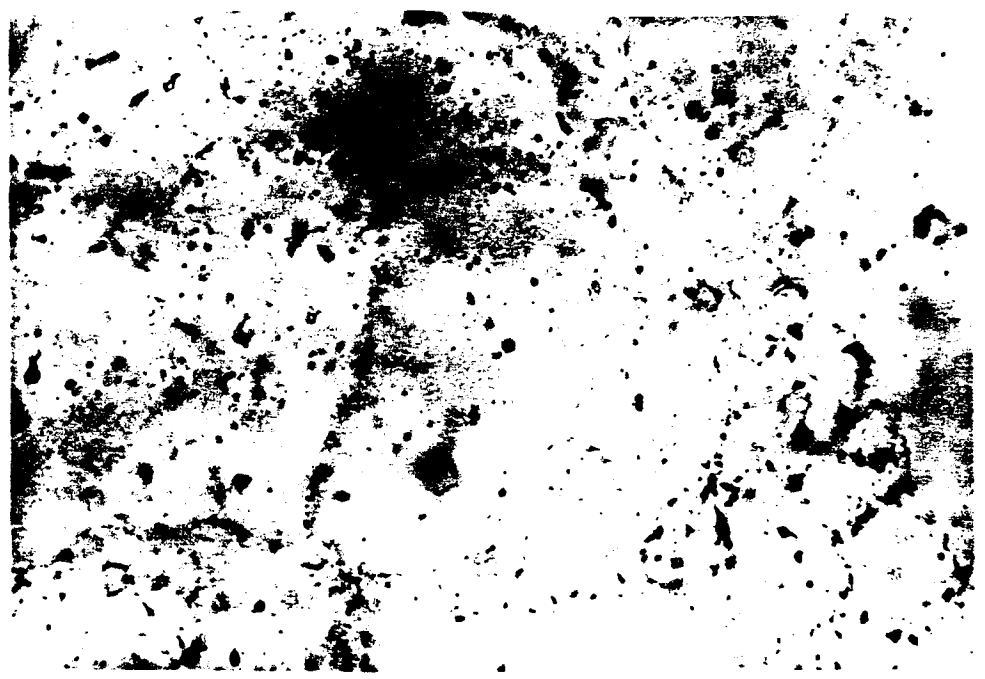


Fig.37 Sup.920204. Inclusiones primarias de agua.

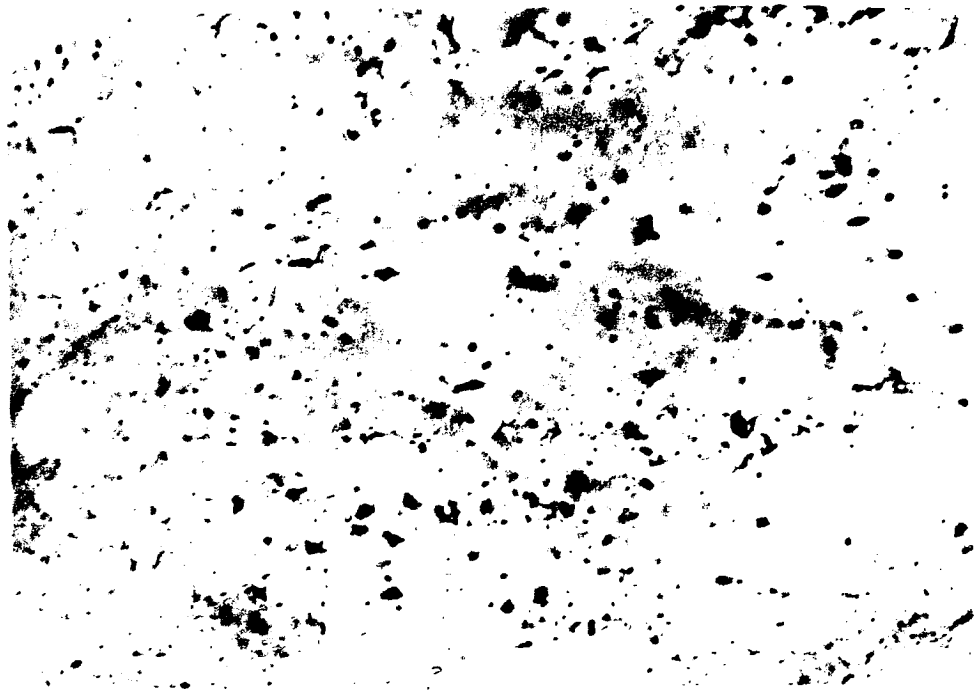


Fig.38 Sup.920204.Inclusiones primarias y secundarias de agua.

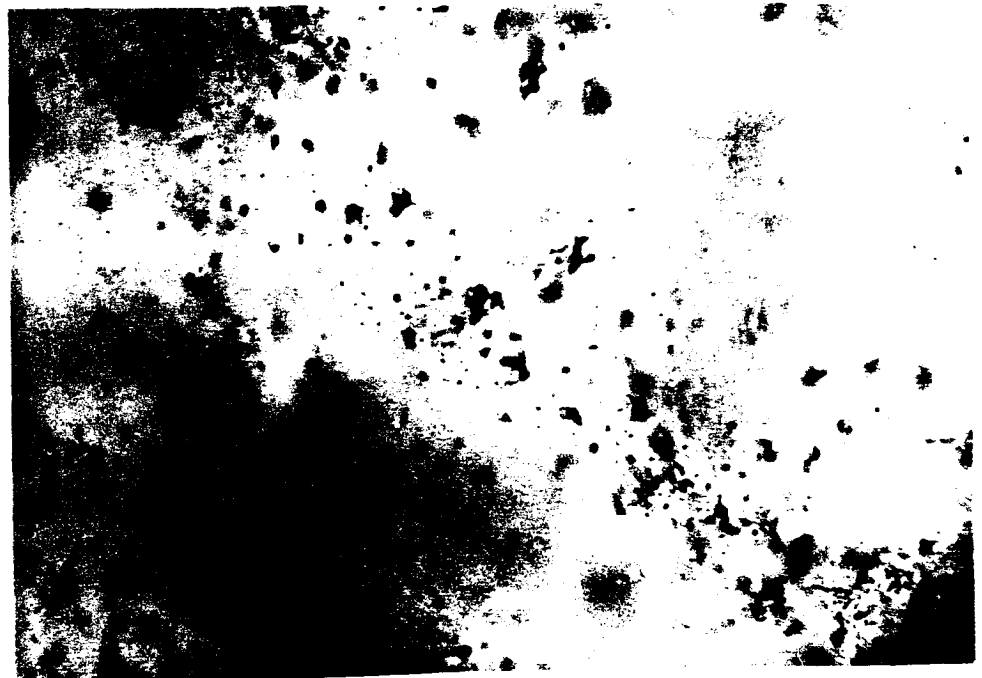


Fig.39 Sup. 920211.Inclusiones de CO<sub>2</sub> secundarias fases vapor-líquido y H<sub>2</sub>O

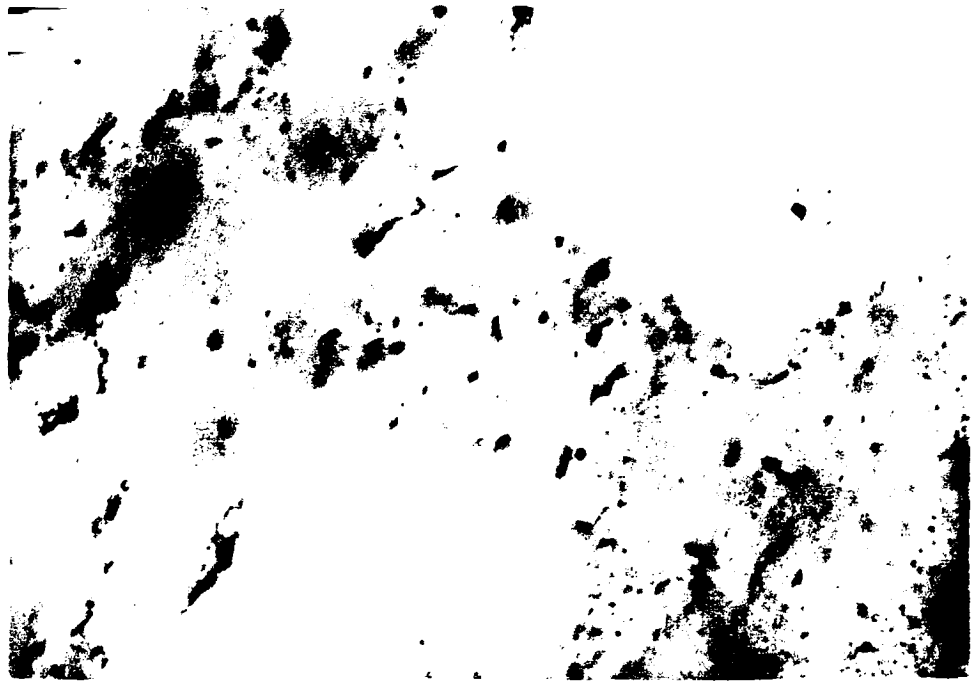


Fig.40 Sup.920204.Inclusiones fluídas primarias y secundarias de agua.

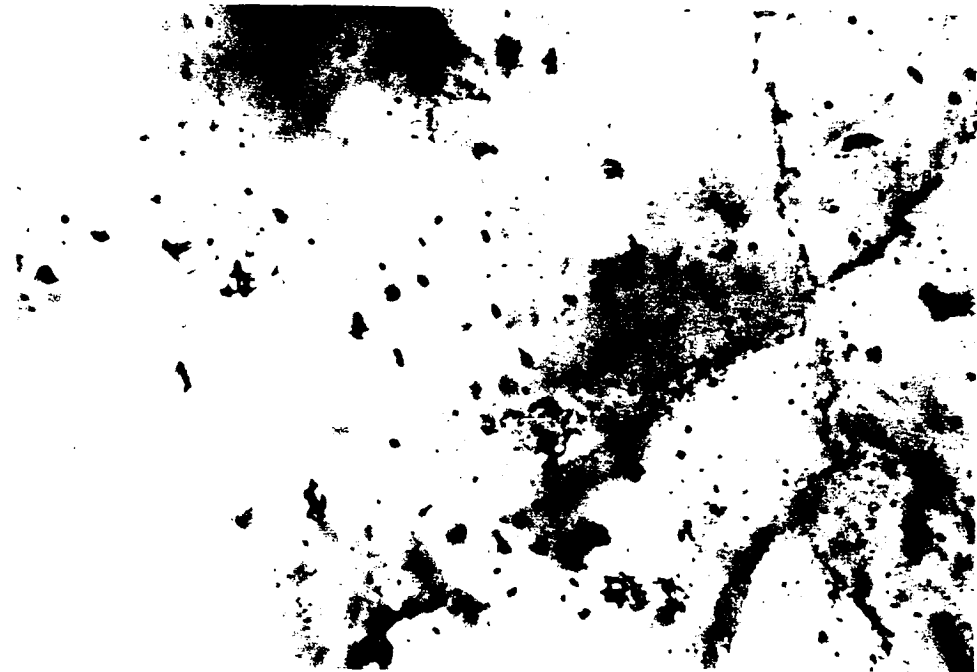


Fig.41 Sup.920211.Inclusiones fluídas H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>.

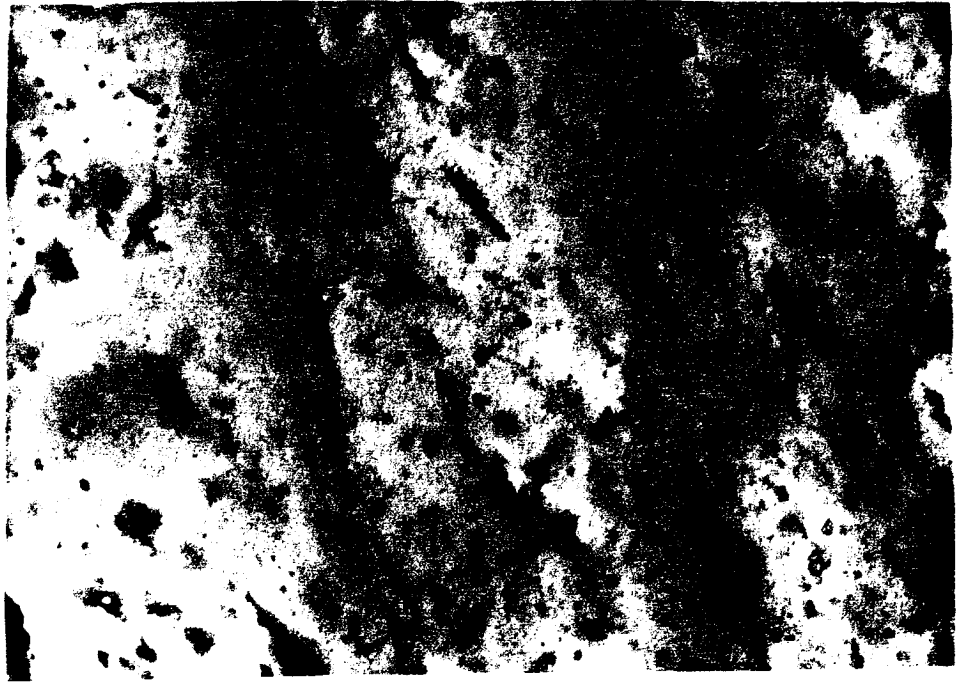


Fig.42 Sup.T92-2 Inclusiones fluidas primarias.H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>.

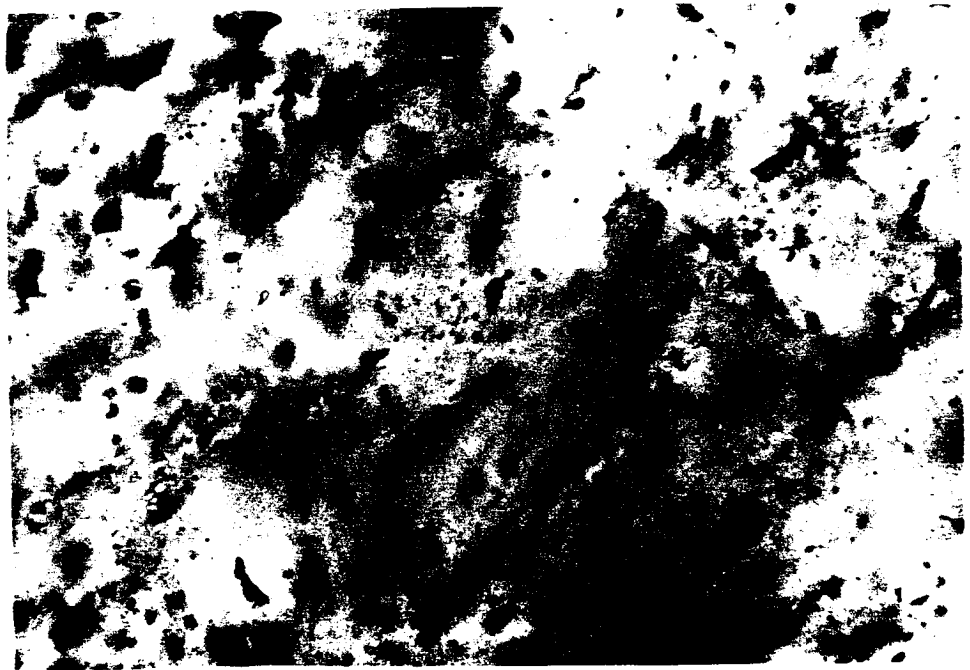


Fig.43 Sup.T92-2.Inclusiones fluidas primarias.H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>.



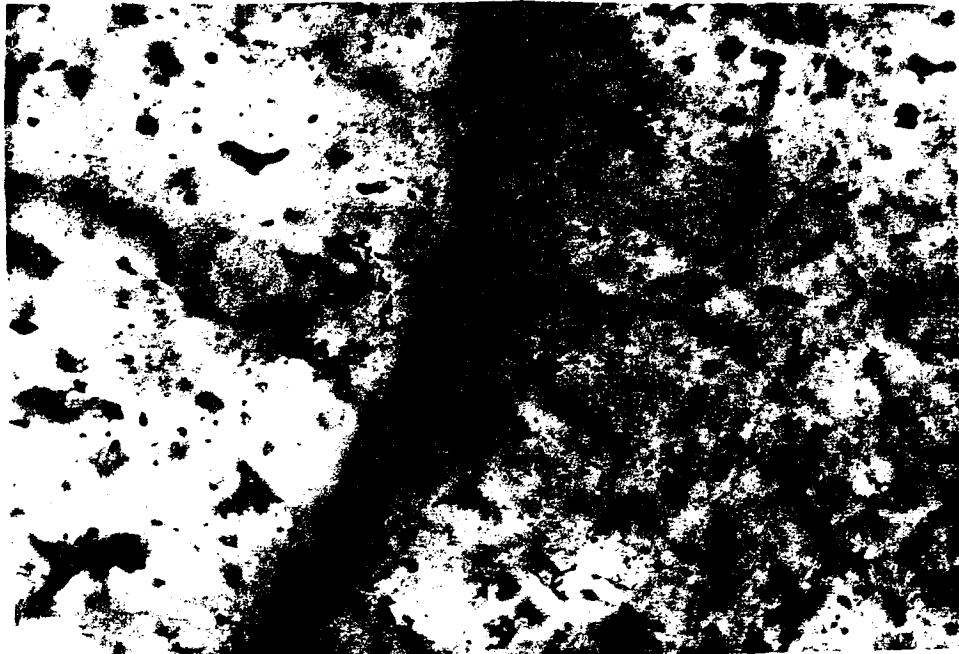


Fig.44 Sup.T92-2.Inclusiones fluídas cerca del contacto entre cristales de cuarzo.

## **ANALISIS QUIMICOS**

En el presente capítulo presentamos el tratamiento aplicado a datos químicos analizados para el área de Tajitos así como otros referentes a depósitos que forman parte del cinturón metalogénico de dirección NW-SE del Estado de Sonora.

Fueron analizados contenidos elementos traza: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Te, As, Sb, en siete muestras del depósito de Tajitos y una que corresponde con Campo Juárez.

Se consideraron análisis por contenido de los siguientes elementos traza: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, reportados por Silberman (1988) referentes a los yacimientos de Tajitos, Cerro Colorado, Banco de Oro, Altar, Quitovac, Basura, Llano, Amelia y La Ciénega, (Ver plano localización de yacimientos minerales).

También se utilizaron datos del Yacimiento San Francisco por contenido de los siguientes elementos: Au, Cu, Zn, Ba, Te y Pb. Pérez-Segura y Calmus (1990).

Utilizamos una técnica de Análisis Multivariado, el Análisis de Correspondencias, obteniéndose las corridas a partir de un programa escrito para usarse en PC. El programa incorpora muchos conceptos teóricos presentados por Avila (1991), presentando ventajas sobre programas similares contenidos en paquetes comerciales. En subcapítulos se ampliará sobre la factibilidad de aplicación de la técnica así como las razones para utilizarla en nuestro caso.

## **ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS:**

El Análisis de Correspondencias (AC) es un método de análisis exploratorio para datos multidimensionales. Ha sido llamado "Method of reciprocal averages" en Estados Unidos, "Dual scaling" en Canadá, "Quantification III" en Japón y "Analyse des correspondances" en Francia. Se aplica a datos numéricos no-negativos tabulados en forma de matriz rectangular. Comúnmente los renglones representan a las muestras y las columnas a las variables medidas ( en nuestro caso elementos traza).

El AC fué desarrollado originalmente para analizar tablas de contingencia, en donde los elementos de la matriz representan frecuencias o proporciones con respecto a dos criterios de clasificación.

Durante del década de los sesentas la técnica fué popularizada en Francia por un grupo de analistas de datos encabezados por Jean-Paul Benzécri, enfatizando una interpretación geométrica del AC y haciéndolo de esta forma una técnica descriptiva, de acuerdo con dos de los principios del Análisis de Datos de Benzécri: "Statistics is not the same as probability" y "The model must fit the data and not vice-versa".

Este punto de vista radical y una notación algebraica complicada utilizada para explicar el método, limitó el acceso al mismo en otros países.

Hill (1973) populariza el método aplicándolo a problemas de Ecología.

Durante la década de los ochentas aparecen trabajos abordando diferentes aspectos del Análisis de Correspondencias: Tennenhaus (1982), Buyse (1983), Greenacre (1984), Lebart et.al. (1984) y Tennenhaus y Young (1985), así también, comparación con otros métodos de análisis de datos.

Davis (1986) hace una introducción al AC. Avila (1991) muestra el Análisis de Correspondencias como una técnica que proporciona un modelo algebraico para matrices de datos numéricos no-negativos que puede utilizarse para reducir dimensiones. Además, presenta un juego de diagnósticos y una metodología para post-análisis evaluando la aplicación en tres juegos de datos referentes a Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente.

#### **JUSTIFICACION:**

El método puede utilizarse para juegos de datos donde las variables por definición son no-negativas, -para nuestro caso: concentraciones de elementos traza- y donde las hipótesis estadísticas son difíciles de justificar o planteadas inapropiadamente, en nuestro caso pareceríamos encontrar un control aparente del plomo o arsénico, según los datos químicos ; especialmente puede ser usado cuando las variables son heterogeneas con respecto escala, unidades u otros aspectos ( utilización de puntos suplementarios).

El programa utilizado desarrolla medidas diagnósticas incluyendo la definición de perfiles de error, los cuales sirven para una interpretación más comprensiva de los datos.

Consideramos estas como las principales razones de aplicación de la técnica a nuestro estudio, ya que nos proporciona una cierta confianza en los resultados.

## TECNICA

El objetivo del AC es obtener una representación de la matriz original de datos por medio de una expansión bilineal en términos de dos conjuntos de nuevas variables llamadas FACTORES. La expansión se usa para obtener aproximaciones óptimas a los datos, reduciendo su dimensión con un mínimo de información perdida y permitiendo una representación geométrica de los renglones (muestras) y las columnas ( variables: concentraciones de elementos traza ).

A partir de los resultados del AC se pueden proponer hipótesis sobre posibles agrupamientos de las muestras, oposiciones y correlaciones entre variables geoquímicas, y, en algunos casos ,sobre relaciones entre subconjuntos de muestras y subgrupos de variables. Esto nos permite individualizar grupos de elementos constitutivos de tipos de fases minerales, emitir hipótesis concernientes a mecanismos geoquímicos, encontrar evidencias de la existencia de elementos asociados a la mineralización ( importante en nuestro estudio) y la individualización de poblaciones que han sufrido eventos geológicos.

El caracter de estas hipótesis es exploratorio y su verificación debe estar siempre unida a la evidencia geológica.

Los factores son obtenidos maximizando una función objetivo que puede interpretarse como la variación a lo largo de una dirección en un cierto espacio multidimensional. Como los factores se ordenan de acuerdo a la variación "capturada", la proyección de los datos sobre los dos primeros factores proporciona la mejor representación posible de ellos en un plano ( espacio de dos dimensiones). Los diagramas obtenidos se examinan para facilitar la interpretación de los resultados.

Para hacer el análisis se utilizan conceptos como las

contribuciones y los perfiles de error. Las contribuciones absolutas dan el peso con que un renglon o una columna contribuye a la formación de un determinado factor. Las contribuciones relativas miden una correlación entre renglones y/o columnas y factores. Los perfiles de error son útiles para detectar posibles datos aberrantes.

Una ventaja del AC es permitir que algunas muestras y/o variables sean consideradas como suplementarias, es decir, que no sean tomadas en cuenta para la formación de los factores, pero que de todos modos se puedan proyectar sobre los planos factoriales. Esto resulta de gran utilidad cuando se detectan datos aberrantes que pueden distorsionar la configuración geométrica de los restantes datos. También resulta conveniente usar datos suplementarios para efectos de validación interna de los resultados.

## RESULTADOS

En esta sección se describen los resultados de la aplicación del análisis de correspondencias a los datos obtenidos y descritos en la presente tesis. Debe considerarse que el número de datos no es grande y aunque hay cierta confiabilidad en los resultados se sugiere en el futuro trabajar con una cantidad mayor de muestras.

En los casos en que un dato fue reportado como desigualdad, se utilizó el valor de corte.

### TAJITOS:

Se trataron los siguientes datos geoquímicos de los cuales siete corresponden al área minera Tajitos y uno al depósito de Campo Juárez. Consideramos este como un número mínimo necesario para obtener datos confiables ya que la cantidad de muestras es igual a la de variables. Ver: **tabla 8**.

Se efectuó un análisis preliminar resultando las gráficas 1 y 2 referentes a variables y muestras, respectivamente. A partir de esta se hacen las siguientes observaciones:

\* El plomo es el elemento con mayor variación y que domina el primer factor. Hay una clara oposición Pb-Zn marcada por el primer factor, así como una separación Zn de Cu, As, Sb marcada por el segundo factor. Se reconoce un control aparente del elemento Telurio sobre Au-Ag.

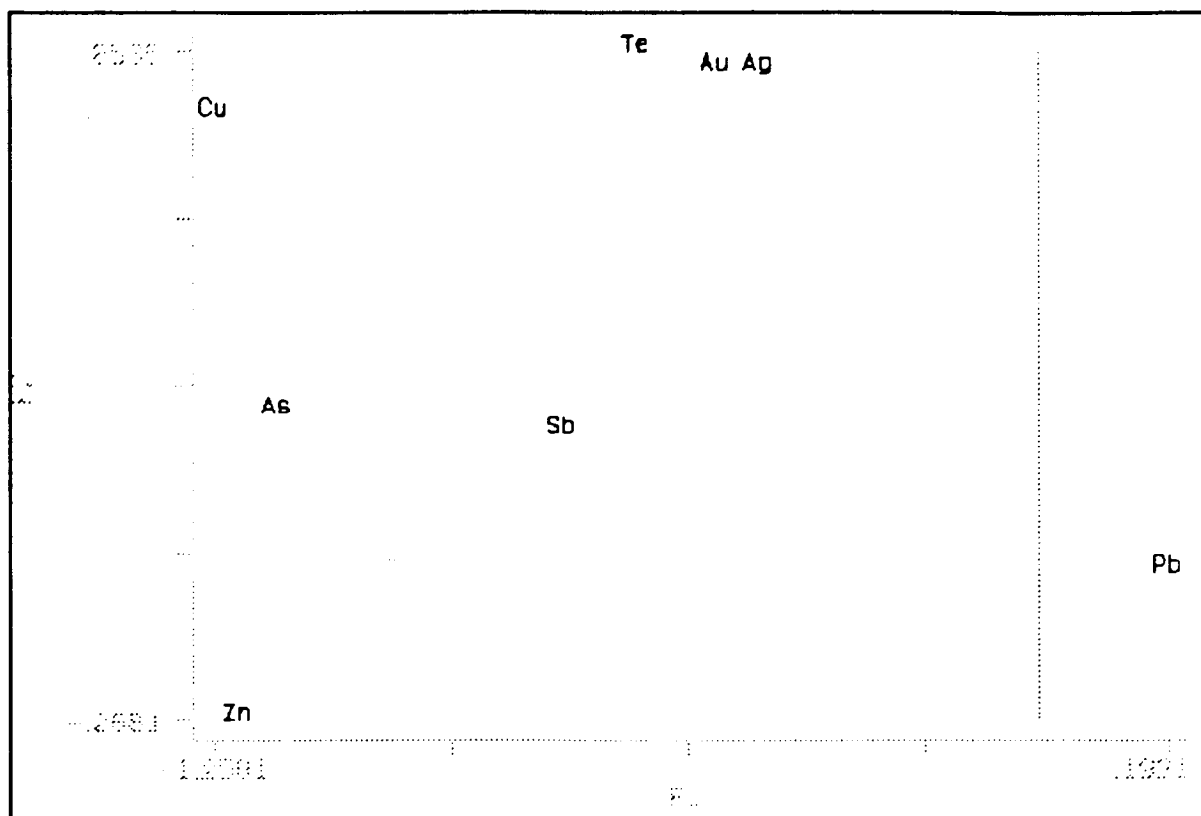
Para verificarlo se hizo suplementarios a Telurio y a la muestra 825, aparentemente aberrante.

Un elemento suplementario, como ya se dijo anteriormente, es una variable que no es usada en el análisis, es decir, que no contribuye en la formación de factores. En nuestro caso, las razones para no utilizar el Te en particular fué para evaluar el cambio en los resultados del AC sin este elemento y para captar la medida de su influencia sobre la población de datos.

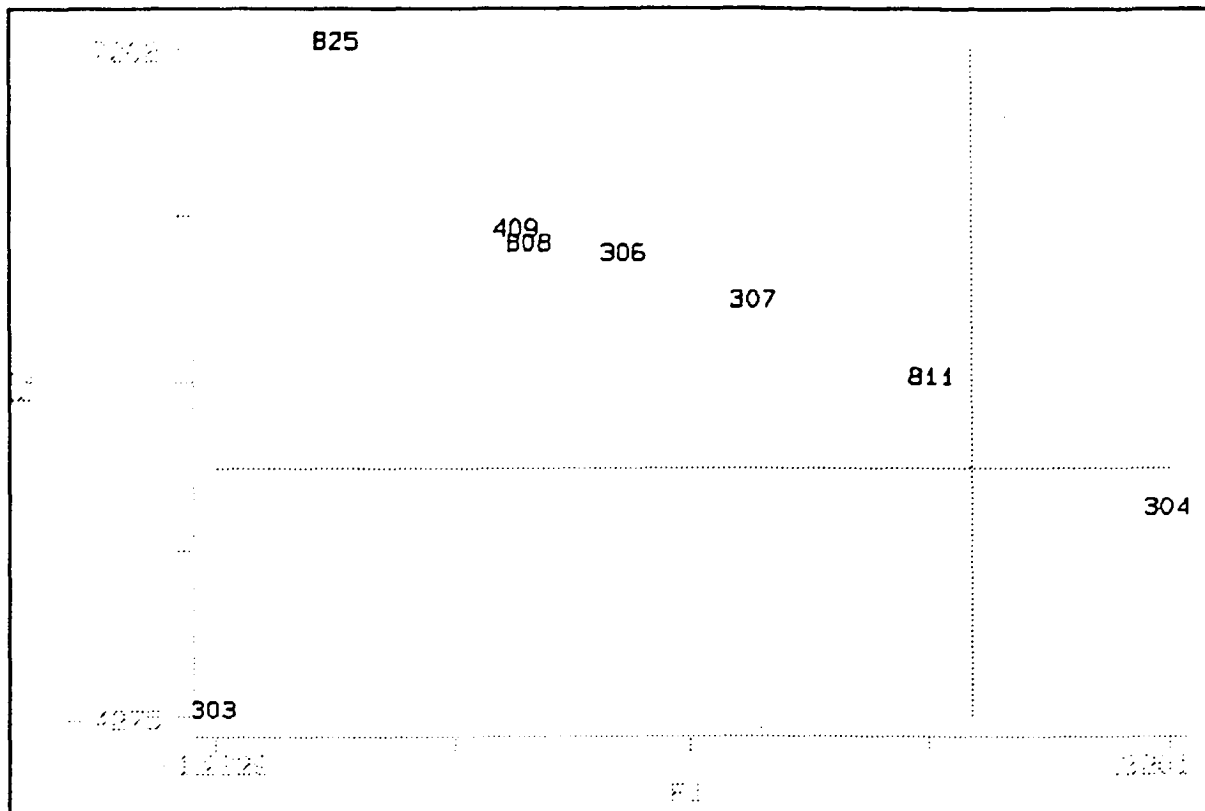
MUESTRA	ELEMENTOS							
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Te	As	Sb
303	1.10	11.00	30.00	520.00	540.00	12.00	46.00	7.00
304	1.60	57.00	10.00	8300.00	200.00	21.00	17.00	10.00
306	0.21	2.60	10.00	100.00	16.00	2.50	20.00	1.30
307	>10	185.00	50.00	1850.00	430.00	105.00	38.00	15.00
409	0.06	1.10	10.00	60.00	18.00	4.50	7.00	0.20
808	0.18	1.00	8.00	46.00	12.00	1.30	6.50	0.50
811	10	92.00	12.00	1550.00	190.00	42.00	30.00	2.00
825	0.04	0.60	12.00	28.00	10.00	1.00	2.80	0.20

**Tabla 8.** Análisis correspondientes al Area Minera de Tajitos,  
 Sonora.  
 Datos dados en ppm  
 gr/ton





**GRAFICA 1:** Se analizaron variables correspondientes con contenidos de elementos traza de la mina de Tajitos ( siete datos) y Campo Juárez ( un dato ).



**GRAFICA 2:** El dato aberrante es 825 y corresponde con la muestra de Campo Juárez. Indica cierta discrepancia con Tajitos, pero no podemos ser concluyentes por tratarse de una sola muestra.

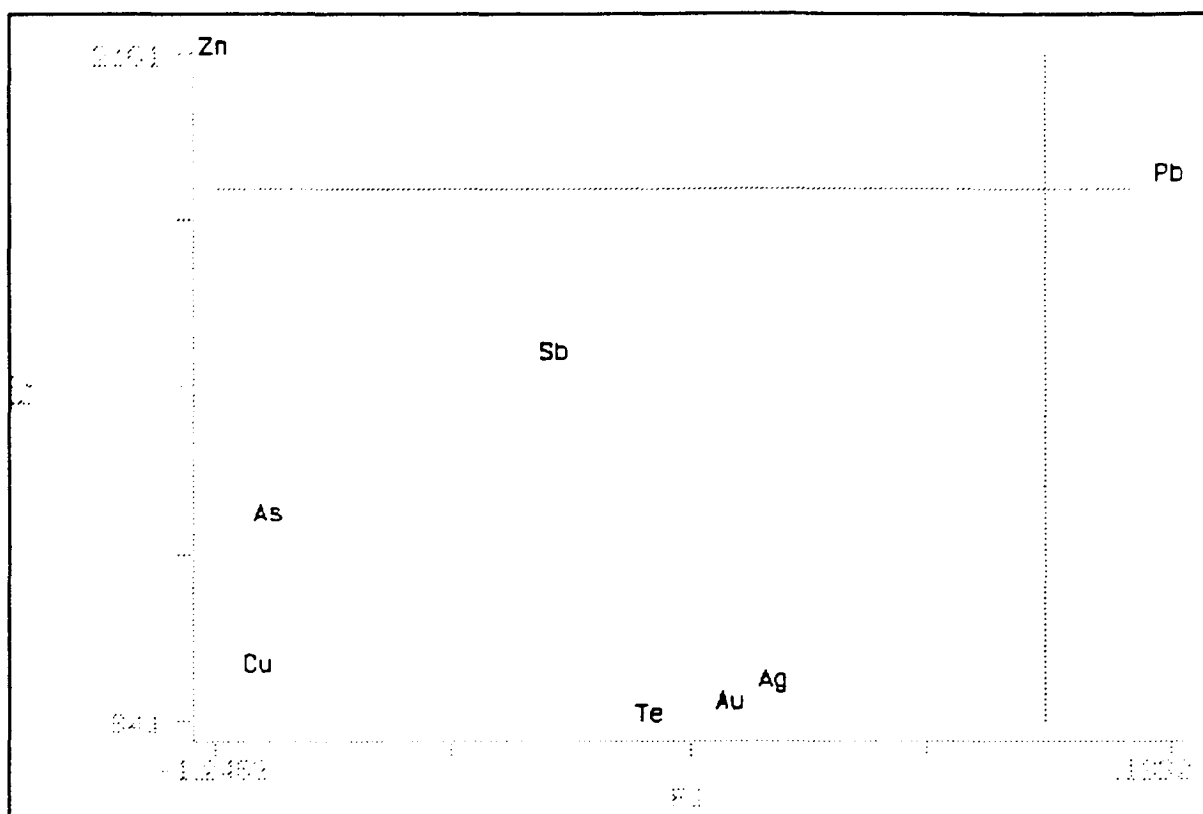
De esta manera podemos notar la influencia de un valor simple y analizar su efecto en la composición de factores.

Así resulta la gráfica 3 de la que se hacen los siguientes comentarios:

\* Plomo continúa su comportamiento como el elemento con más variación, dominando el primer factor. Este primer factor representa la oposición entre Pb y Zn capturando el 78 % de la variación. El segundo factor representa la oposición entre zinc y los demás elementos. El tercer factor ( no graficado) separa oro y plata de cobre y arsénico.

La muestra 825 es considerada un dato aberrante (ver gráfica 2). Corresponde al yacimiento de Campo Juárez. Hay que considerar el hecho de que es una sola muestra y es arriesgado afirmar que su espectro geoquímico difiere totalmente de Tajitos. La muestra 303 aparece aparentemente alejada de las muestras de Tajitos, con otras corridas de datos, cuyas gráficas no incluimos en este estudio, se verifica que sí forma parte del espectro Tajitos y su posición se atribuye a un incremento en el contenido de cobre ( comparar gráficas 2 y 3 ).

**Nota:** No hay que olvidar que establecemos comparaciones a partir de **posiciones relativas**, y que, aunque a simple vista la configuración de los factores en las gráficas cambie, lo que debemos observar es la relación de unas muestras con otras y de unas variables con el resto . Hay que intentar correlacionar todos estos elementos desde un punto de vista geométrico.



**GRAFICA 3:** El telurio es variable suplementaria. Se proyecta sobre el conjunto de datos analizados para medir su influencia. Es clara su correlación con Au-Ag.

## SAN FRANCISCO

Los resultados del análisis preliminar sobre las muestras de Tajitos y Campo Juárez nos dió la pauta para aplicar la técnica a datos geoquímicos del yacimiento San Francisco , Estación Llano, donde la correlación entre los elementos Au y Te ha sido claramente expuesta por Pérez-Segura et.al. (1990). El análisis de correspondencias constituye un punto más de soporte al establecer comparaciones entre ambos depósitos, ya que para la concentración previa y tipo de datos utilizados consideramos características geológicas y metalogenéticas comunes. Sobre estos aspectos se ampliará en un capítulo posterior.

Para el análisis se consideraron los datos de la tabla 9.

A partir de estos se construyeron las gráficas para muestras y variables, gráficas 4 y 5 respectivamente.

En la gráfica 4, correspondientes a las muestras, se observa que la 14 aparentemente es dato aberrante.

Para evaluar el efecto de esta muestra se hizo suplementaria en un segundo análisis: gráfica 6. A partir de lo cual, se hacen las siguientes observaciones:

\* El primer factor captura un 80 % de la variación y representa la oposición entre plomo y zinc y bario. Oro y telurio están relacionados con este factor. El segundo factor separa al zinc de los otros elementos, principalmente cobre y oro. Estas relaciones son claras en las gráficas 5 y 6, donde las configuraciones aparentemente cambian pero las posiciones relativas entre las variables se conservan.

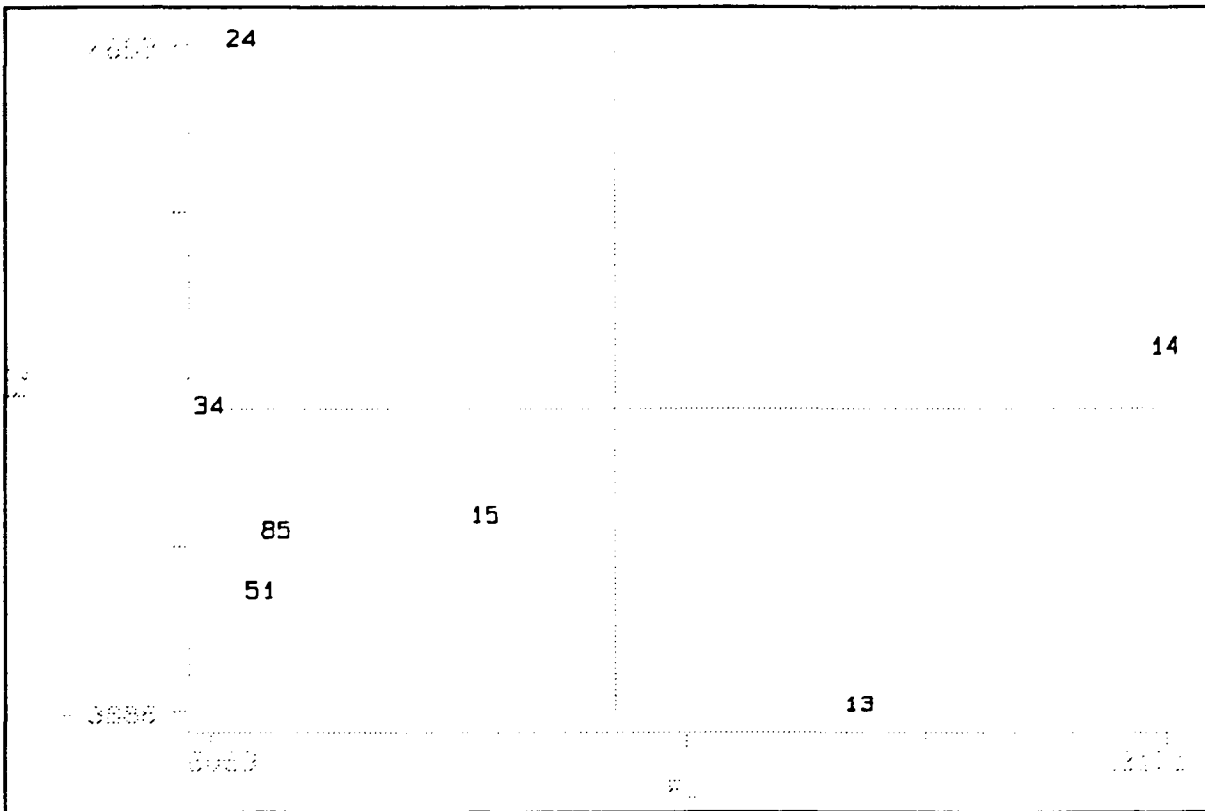
MUESTRA	ELEMENTOS					
	Cu	Zn	Pb	Ba	Au	Te
14.00	28.20	16.10	372.30	164.50	>10	24.00
24.00	<2	82.30	18.60	138.90	0.40	3.00
34.00	2.40	59.90	11.00	253.40	0.003	<1
13.00	<2	27.00	10.40	243.70	3.40	4.00
85.00	<2	9.10	<3	53.60	0.15	<1
15.00	25.90	8.00	45.10	59.90	0.92	2.00
51.00	3.80	13.30	26.30	101.30	1.40	3.00

**Tabla 9.** Análisis químicos correspondientes al depósito San Francisco, Estación Llano.

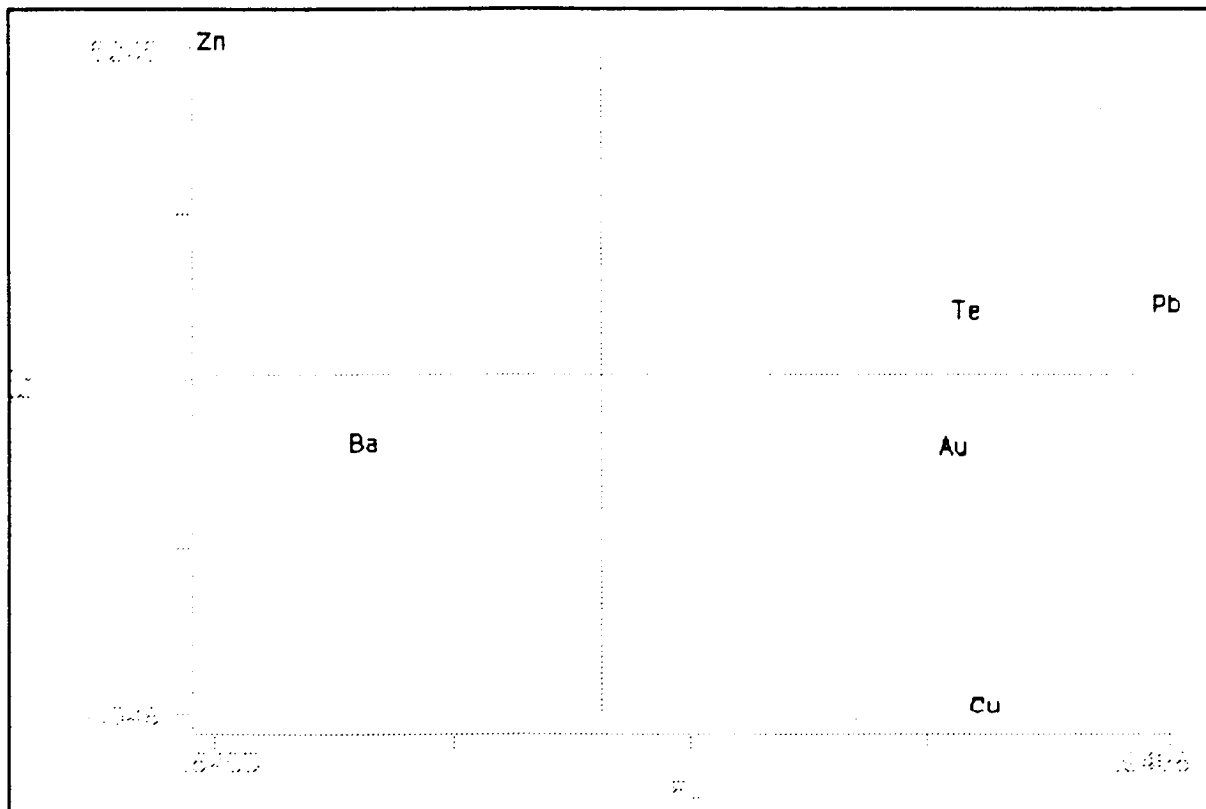
Tomado de: PEREZ-SEGURA et al. (1990)

(ppm)

**gr/ton**

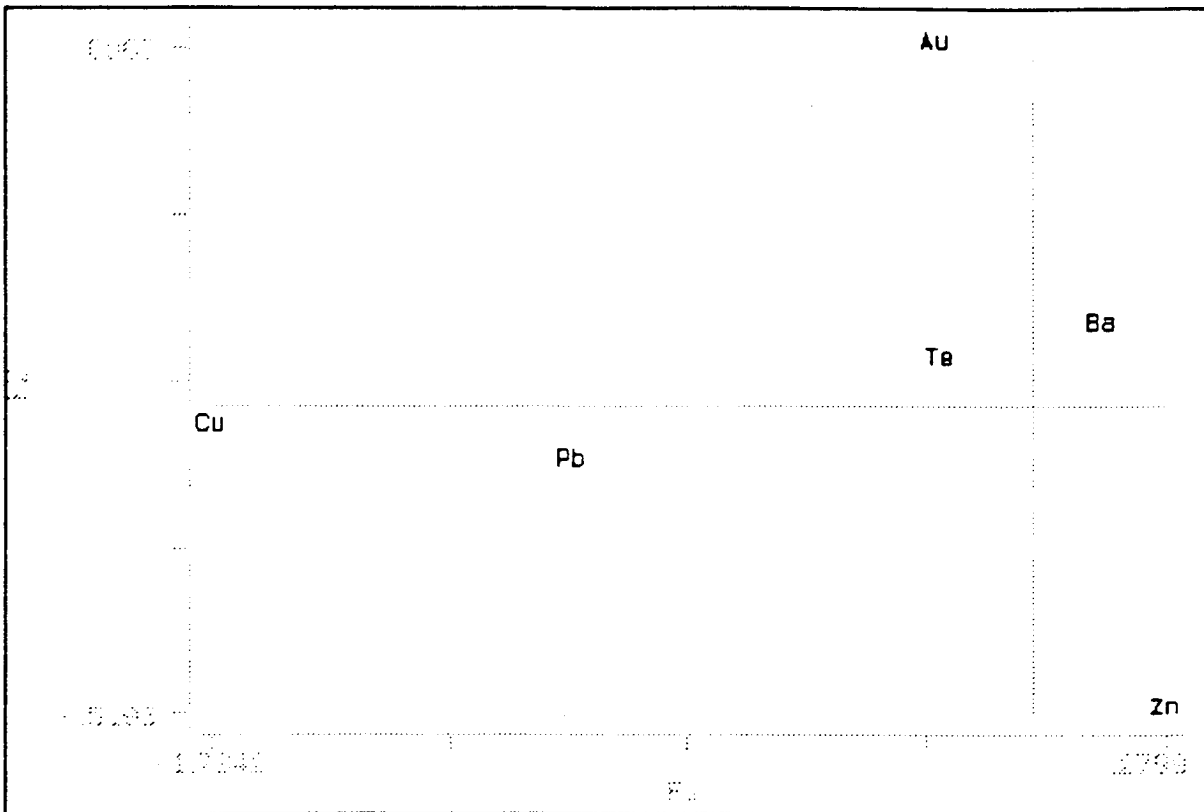


**GRAFICA 4:** Muestras correspondientes con el yacimiento San Francisco, Estación Llano. 14 dispersa debido a su contenido de plomo, 24 con mayor zinc, y 13 con mayor contenido de cobre.



**GRAFICA 5:** Se proyectaron los datos referentes a elementos químicos en el depósito de San Francisco. Hay una evidente asociación Au-Te. Una oposición Pb-Zn. Y el zinc está separado de oro y cobre, principalmente.





**GRAFICA 6:** Esta gráfica se construyó haciendo suplementaria a la muestra 14 para observar las posibles variaciones en el espectro de datos. Aún así, se conservan las relaciones descritas en la ilustración anterior: relación Au-Te, oposición Pb-Zn y separación del zinc con respecto a los otros elementos.

Comparando los resultados del análisis de correspondencias para los depósitos de Tajitos y San Francisco encontramos similitudes en el comportamiento de ambos espectros geoquímicos: un control del telurio sobre oro y plata, una oposición plomo-zinc , una oposición de cobre contra los demás elementos, etc. A partir de esto se decidió conjuntar ambos grupos de datos y aplicar la técnica como si tuvieramos un grupo único de variables y muestras .Esto se hizo con el objeto de intentar describir el comportamiento de este patrón de datos, sin asumir un modelo previo estadístico para la población general .

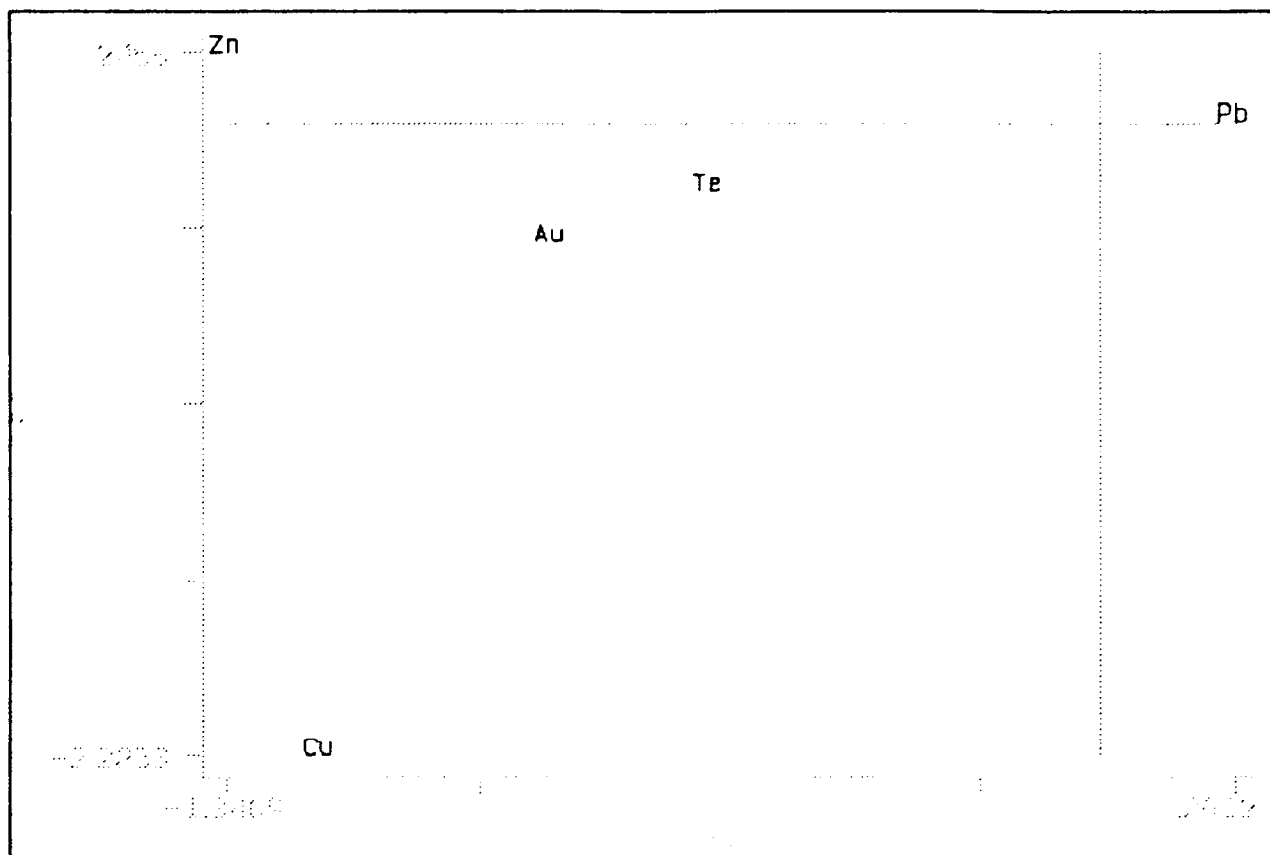
#### **TAJITOS Y SAN FRANCISCO**

Se aplicó análisis de correspondencias al conjunto de muestras de Tajitos y San Francisco, sobre los elementos comunes: oro, cobre, plomo, zinc y telurio.

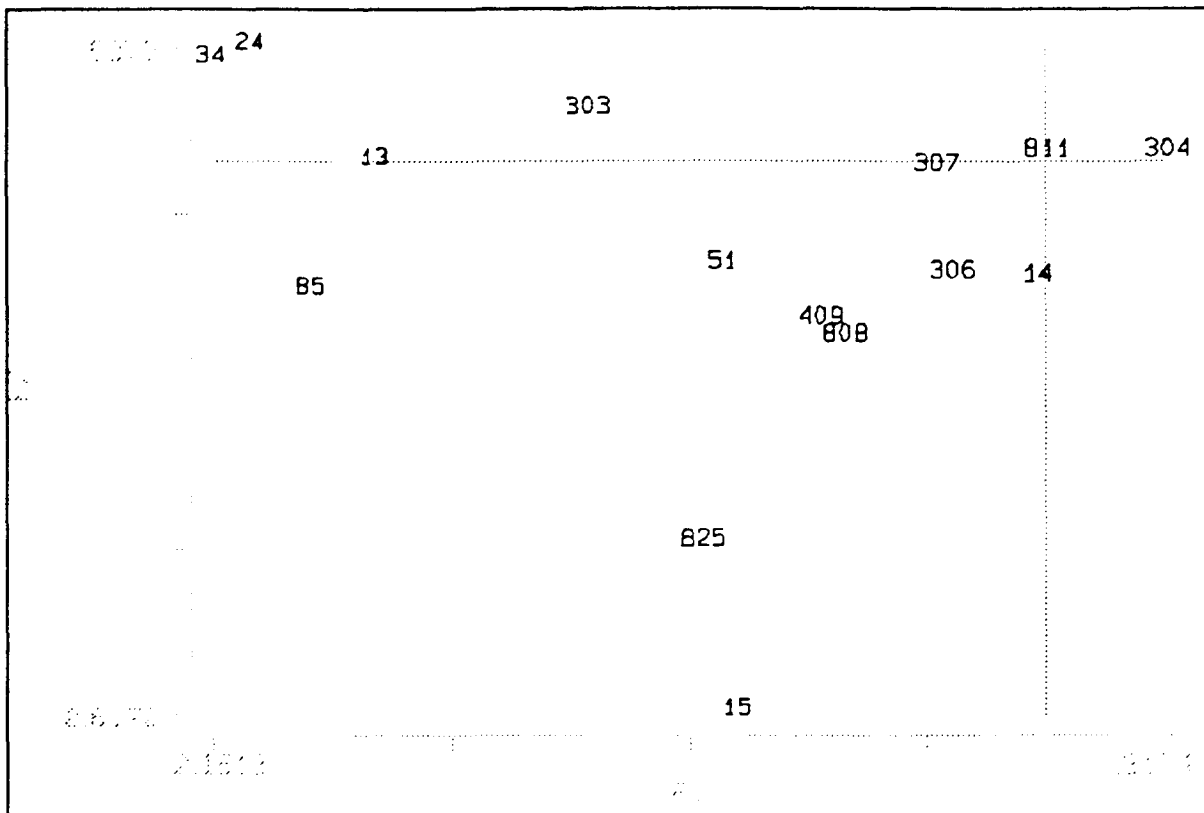
Observando la gráfica 7 nos damos cuenta que: el primer factor representa un 73 % de la variación y es principalmente zinc; el segundo representa un 20 % y es básicamente cobre. La gráfica nos describe un comportamiento similar entre oro y telurio , una clara oposición entre plomo y zinc , marcada por el primer factor y el cobre separado de los demás elementos.

La gráfica 8, corresponde con el tratamiento de las muestras. Se observa una ligera discriminación entre Tajitos y San Francisco; aún así, hay un “traslape” de las muestras de San Francisco sobre las de Tajitos.

Podemos decir , sin ser totalmente concluyentes, que a partir del análisis de los elementos, ambos depósitos describen un comportamiento similar, donde el control químico para el oro aparentemente es el telurio y que plomo-zinc no controlan la mineralización de oro, pero sí mantienen una dependencia entre ellos.



**GRAFICA 7:** Resultados gráficos del Análisis de Correspondencias para el conjunto de elementos químicos Tajitos-San Francisco. Se observa una correlación fuerte entre oro y telurio, una oposición entre plomo - zinc y una separación del cobre con respecto al resto de los elementos.



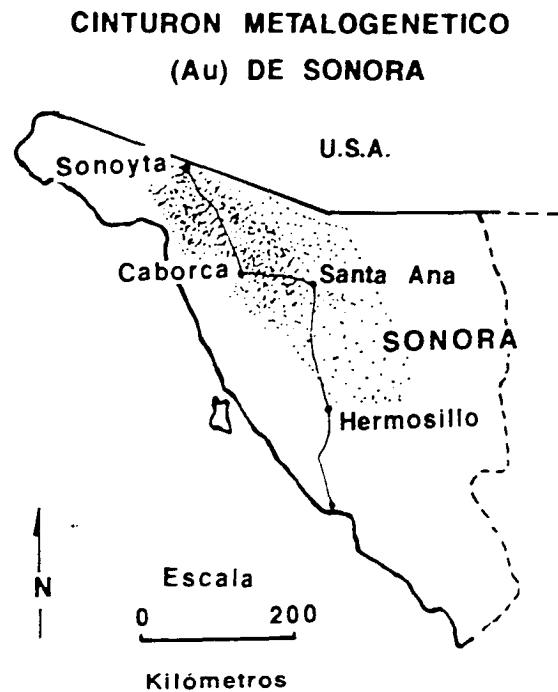
**GRAFICA 8:** Se proyectaron datos de muestras de los depósitos de Tajitos y San Francisco. Aunque aparentemente podemos definir dos zonas, hay muestras de San Francisco que se localizan en la zona donde se concentran las de Tajitos. Esto nos indica pequeñas diferencias entre los depósitos sobre las que no podemos ampliar por contar con pocos datos. Sin embargo, el comportamiento de los espectros geoquímicos de ambos depósitos es similar.

Algunos de estos puntos habían sido tratados por Pérez-Segura et.al. (1990) para el yacimiento de San Francisco. A partir del tratamiento de datos por el análisis de correspondencias fué posible establecer una correlación entre ambos depósitos, basada no solamente en características geológicas (paragénesis mineral, rocas encajonantes, alteraciones, edades, etc.) sino también en aspectos químicos y estadísticos.

Creemos en el análisis de correspondencias como una herramienta válida para apoyar este tipo de estudios en Geología; con mayores ventajas que las presentadas por la Estadística clásica ya que, como se dijo anteriormente es una técnica exploratoria que no asume un modelo previo estadístico para las poblaciones de datos.

## COMPARACION CON OTROS DEPOSITOS

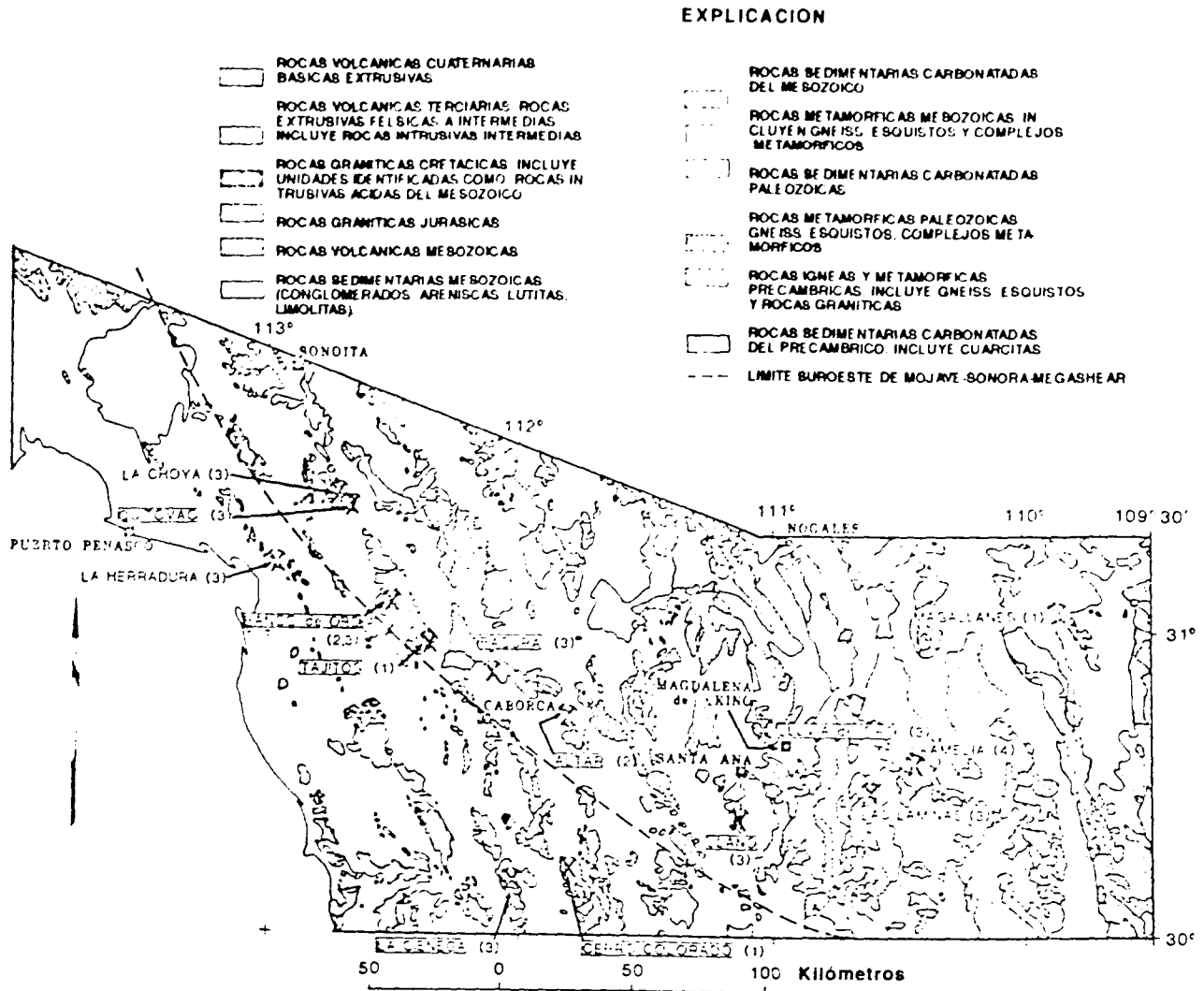
En el Noroeste de Sonora ha sido reconocido un cinturón metalogénico de rumbo NW-SE, entre Sonoyta y Santa Ana. Varios autores han mencionado la importancia de los depósitos de oro que conforman esta zona (Pérez-Segura, 1988; Silberman et al., 1988; Pérez-Segura, 1989; Albinson, 1989). Ver figura 45.



Tomado de Silberman, 1988

**Fig. 45**

Dentro de estos depósitos podemos mencionar a : Campo Juárez, San Francisco, El Tiro, Tajitos, El Antimonio, La Choya, Quitovac, Cerro Colorado, Banco de Oro, Basura y La Cienega (ver figura 46). Algunos de estos prospectos se encuentran a lo largo de la Mojave-Sonora-Megashear ( Anderson y Silver, 1979) ; en los Estados Unidos se ubican en cercanías a esta megacizalladura, depósitos muy conocidos como Picacho, Cargo Muchacho y Mezquite.



**Fig. 46** Mapa geológico del Norte de Sonora, México, modificado de Carta Geológica Tijuana, 1:1,000, 000 (1980). Tipos de depósitos: (1)= vetas epitermales y brechas; (2)= vetas discontinuas de cuarzo; (3)= Oro estructuralmente controlado; (4)= Oro diseminado con rocas encajonantes carbonatadas.

Tomado de Silberman (1988)

Silberman (1988) describe y establece una tipología para este grupo de yacimientos auríferos en base a sus investigaciones de campo durante 1984, 1985 y 1987. En su artículo publica concentraciones de elementos traza : Au, As, Sb, Zn, Cu, Ag y Pb, para los depósitos de Tajitos, Cerro Colorado, Banco de Oro, Altar, Quitovac, Basura, La Cienega, Lluvia de Oro, Llano y Amelia. En el presente trabajo aplicamos Análisis de correspondencias para observar y evaluar el comportamiento de los espectros geoquímicos de estos depósitos y establecer comparaciones entre ellos y con Tajitos.

La siguiente tabla incluye los datos analizados:

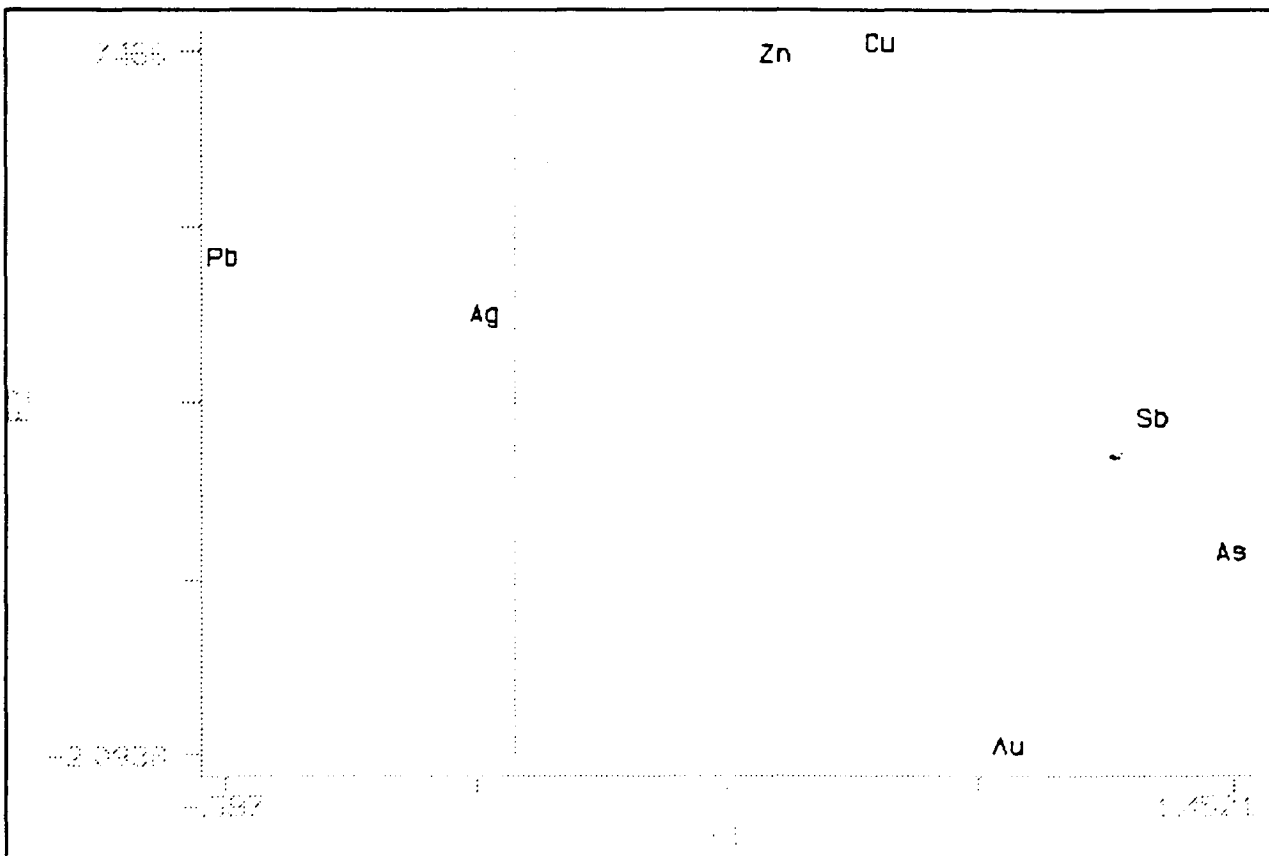
MUESTRA	ELEMENTO						
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb
Tajitos	1.40	15.00	5.00	1000.00	55.00	180.00	2.00
C. Colorado	1.60	5.00	30.00	200.00	50.00	5.00	nd
C. Colorado	4.70	10.00	70.00	700.00	190.00	50.00	10.00
Banco Oro	0.13	0.30	221.00	16.00	42.00	5.00	nd
Banco Oro	0.02	1.40	55.00	47.00	125.00	2.00	2.00
Banco Oro	0.19	1.30	12.00	78.00	7.00	1.00	2.00
Altar	2.70	1.80	24.00	14.00	18.00	2.00	L
Quitovac	3.30	100.00	1000.00	20000.00	10.00	10.00	22.00
Banco Oro	11.00	3.50	14.00	121.00	L	4.00	4.00
Banco Oro	0.28	1.60	6.00	21.00	8.00	L	2.00
Basura	6.60	3.40	28.00	21.00	26.00	32.00	2.00
Llano	0.80	0.50	8.00	4.00	7.00	L	2.00
Amelia	15.00	7.00	20.00	70.00	L	700.00	300.00
Amelia	20.00	7.00	20.00	30.00	nd	1000.00	150.00
Ivanpah	0.01	49.00	7000.00	3500.00	700.00	1500.00	800.00
Basura	3.30	1.60	14.00	8.00	17.00	11.00	2.00
La Cienega	0.45	1.50	50.00	1500.00	220.00	5.00	nd
Lluvia Oro	1.50	0.40	2133.00	227.00	379.00	173.00	11.00
Lluvia Oro	1.90	0.60	5.00	5.00	16.00	10.00	2.00

nd= no detectado

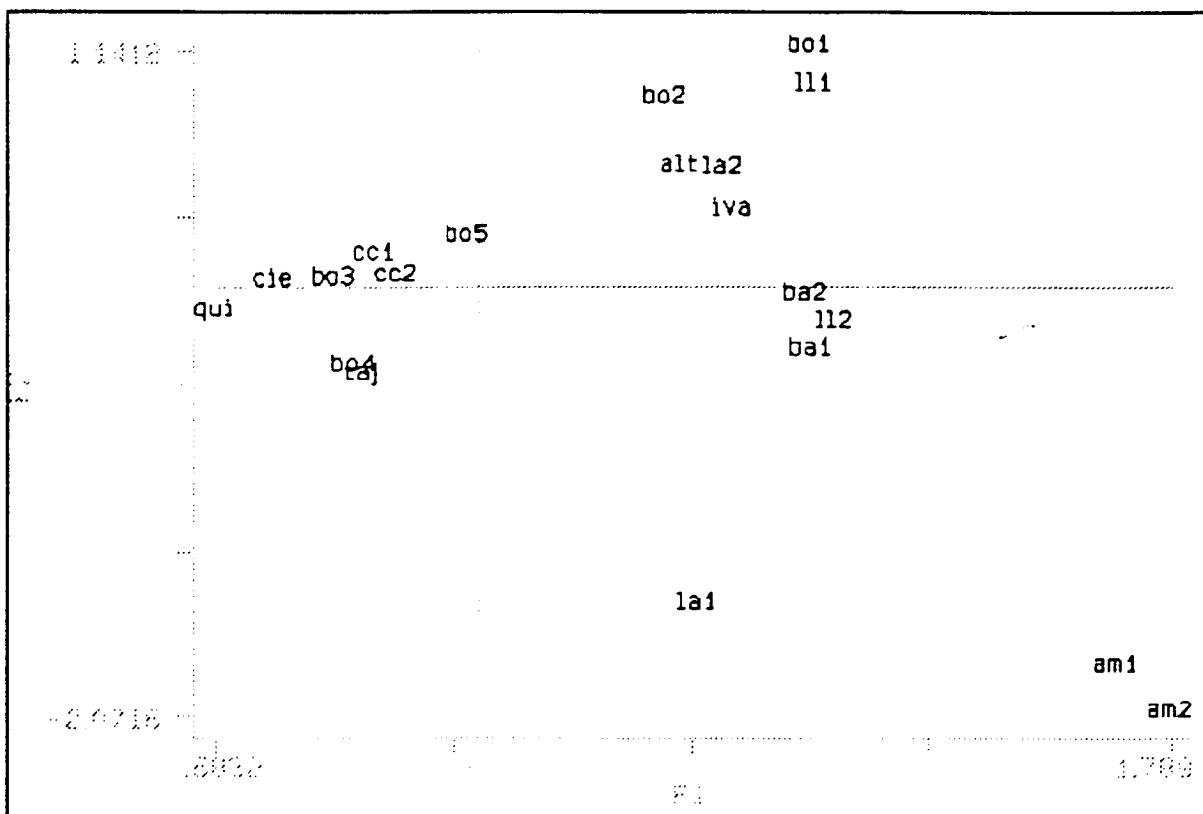
L= detectado bajas concentraciones.

ppm=gr/ton

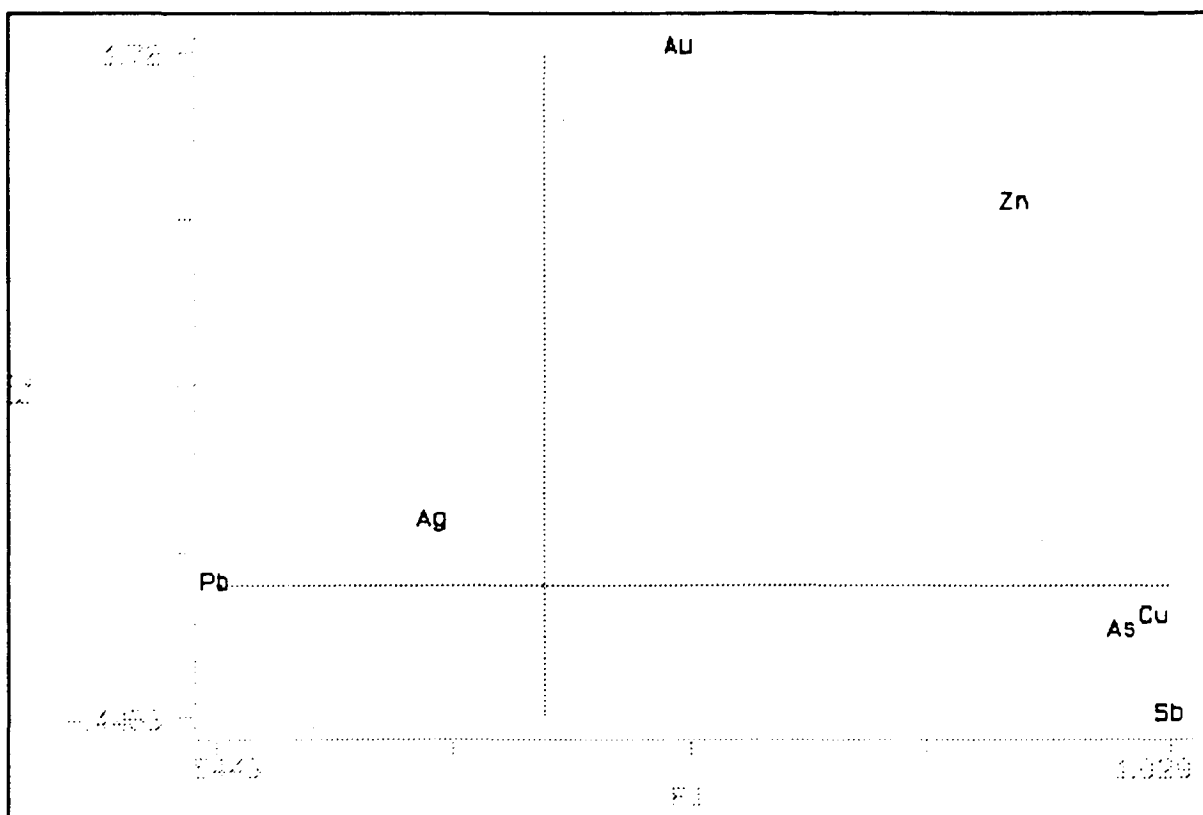




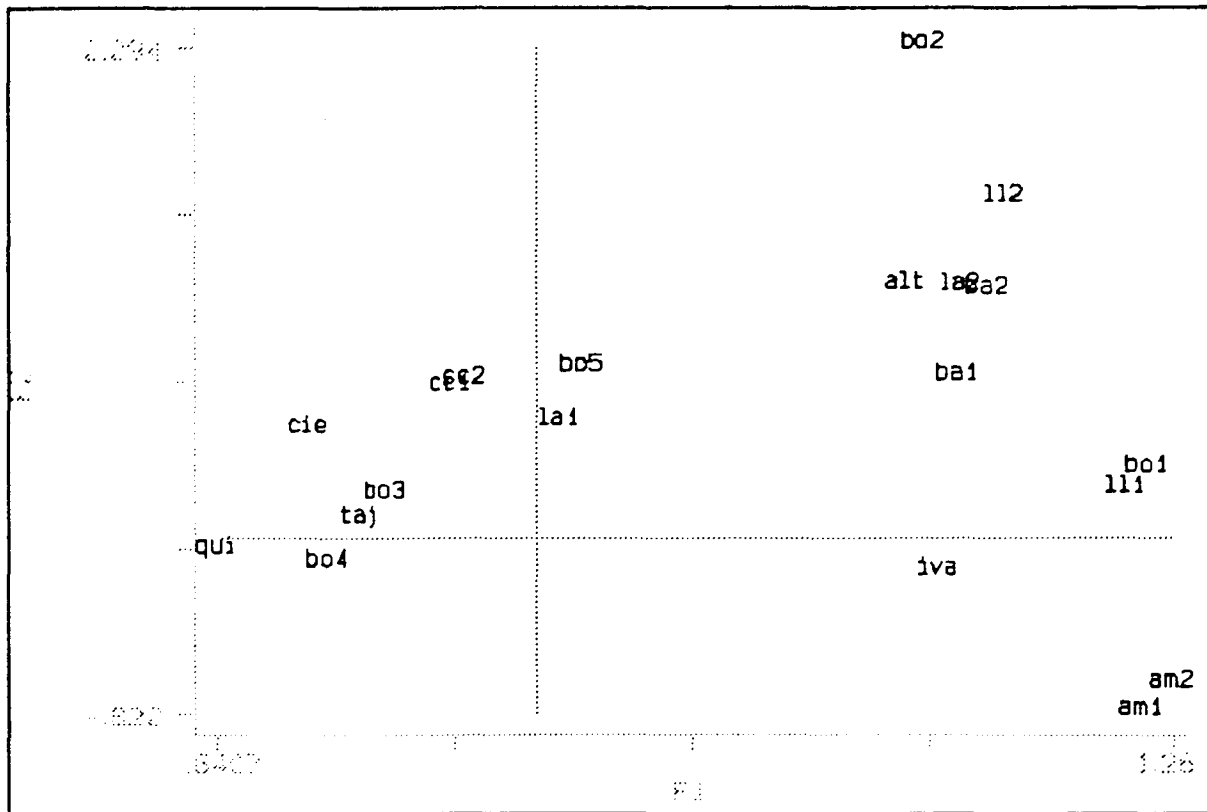
**GRAFICA 9:** Resultados del AC aplicado a elementos químicos de varios depósitos dentro del cinturón aurífero de Sonora. Ninguno de los elementos Pb, Ag, Zn, Cu, Sb y As parece tener una correlación estrecha con el oro. En los datos reportados por Silberman (1988), tomados como base para el tratamiento, no hay análisis por telurio. Esto es importante ya que no descartamos la posibilidad de que hubiera, para algunos de estos yacimientos, una correlación entre Au-Te, como en el caso de Tajitos y San Francisco. Una sugerencia es analizar el Te en varios de estos depósitos.



**GRAFICA 10:** Corresponde con los resultados del AC aplicado a muestras de los depósitos mencionados por Silberman (1988).



**GRAFICA 11:** Se hizo suplementario al oro para reconocer su comportamiento respecto al resto de variables. Ninguna presenta una correlación estrecha con el Au. Al comparar esta gráfica con la anterior se observa que la separación del yacimiento Amelia está controlada por el incremento en As, ver posiciones relativas de elementos ( variables) contra muestras (Gráficas 10, 11 y 12).



**GRAFICA 12:** Se hicieron suplementarias las muestras referentes a los depósitos Amelia y Llano. Se diferencian varias regiones de datos. Básicamente son tres: una zona donde se ubica el yacimiento Amelia de tipo epitermal-Carlin, muy diferente al resto y en el cual hay un mayor contenido de arsénico; un segundo grupo constituido por Tajitos, Ciénega, Quitovac y Banco de Oro y por último un grupo que incluye Altar, Banco de Oro y Llano.

La gráfica 9 muestra las relaciones entre las variables (elementos) de los diferentes depósitos. Hay una separación del plomo y zinc de los demás elementos, pero una oposición relativa entre ellos. El oro aparentemente no es controlado por ninguno de los elementos restantes. Hay una relación antimonio-arsénico.

Al comparar ésta gráfica con la gráfica 10 se observa una separación del yacimiento Amelia del resto. El control químico o elemento que lo diferencia de los demás depósitos es el arsénico.

En la gráfica 10, de muestras, se reconocen tres grupos de depósitos separados por el AC. Como esta figura es a partir de un análisis preliminar, se hicieron suplementarias para corroborar la validez de estos resultados.

Se hicieron suplementarias las dos muestras y dos variables correspondientes al depósito Amelia y al yacimiento de Llano. También se hizo suplementario al oro, ver gráfica 11.

El primer factor representa un 82 % de la variación y el segundo un 12 %. El primer factor separa plomo de los demás elementos y el segundo separa al zinc.

Las muestras Basura y Llano están pobremente aproximadas y posiblemente sean aberrantes. El carácter discrepante de las muestras del depósito Amelia es evidente en las gráficas. La semejanza de Tajitos, Quitovac, La Ciénega, Cerro Colorado y Banco de Oro se exhibe claramente. Altar, Basura, Ivanpah y Lluvia de Oro pueden ser consideradas en otro grupo, ver gráfica 12.

Los depósitos de la provincia metalogenética descrita por Pérez-Segura et.al. (1990), dentro de la que incluimos Tajitos, tienen una relación con zonas de cizalla frágil-dúctil en una zona de mayor deformación (MSM). La edad de las rocas encajonantes es muy variable; sin embargo, para ciertos yacimientos hay una relación espacial y genética con granitos leucocráticos y de dos micas, ejemplos: La Choya, Quitovac, San Francisco. En Tajitos existen leucogranitos cortando la secuencia Jurásica (?) y no parecen relacionarse con las estructuras mineralizadas.

Se reconoce también la presencia de diques lamprofídicos de edad Terciario ( Oligoceno) acompañando las vetas mineralizadas (Tajitos) generalmente al bajo de la estructura, o en zona minera (San Francisco).

El yacimiento Amelia (ver fig. 46) no se incluye dentro de esta provincia. Corresponde con los depósitos descritos de tipo Gold Hill-Santa Gertrudis, encajonados en sedimentos y de tipo epitermal-Carlin. La mineralogía y paragénesis de este tipo de sistema es compleja. Un mineral abundante en este tipo de depósitos es la arsenopirita, reportándose en menores cantidades galena, esfalerita, calcopirita, bornita. En este tipo de depósitos el oro se asocia comúnmente al arsénico. A partir de la aplicación del Análisis de Correspondencias a datos correspondientes al yacimiento Amelia es clara una separación del mismo del resto de los depósitos. Comparando las gráficas 10, 11 y 12 observamos que dicha separación del yacimiento Amelia del resto de depósitos está marcada por la influencia del Arsénico.

En relación con otros depósitos típicos epitermales conocidos en México, como Tayoltita, Guanajuato y Pachuca se exhiben ciertas diferencias.

Son reconocidas inclusiones fluídas primarias y secundarias con  $H_2O-CO_2$  en los depósitos de San Francisco y Tajitos. En los yacimientos de la provincia metalogenética de Sonora la relación oro sobre plata es igual o mayor a uno, es decir, son esencialmente

auríferos, mientras que en los yacimientos de Guanajuato, Tayoltita, Pachuca y Taxco son principalmente argentíferos. En estos últimos depósitos hay un control Pb-Zn, y en los de Sonora el plomo y el zinc se controlan entre sí pero aparentemente es el telurio el elemento más correlacionado al oro. El espectro geoquímico para los yacimientos del cinturón metalogénico de Sonora es Au-Pb-W-Te-Bi.

## Conclusiones

A partir de lo que se ha escrito se pueden hacer las siguientes observaciones y comentarios:

- \* Las rocas encajonantes han sufrido procesos de metamorfismo-hidrotermalismo característicos. La alteración hidrotermal más importante la constituye una relación CUARZO-SERICITA con presencia discreta de turmalina ( chorlito) en las rocas encajonantes a las vetas mineralizadas. En zonas alejadas a ellas la alteración es principalmente proplitica para el caso de las rocas máficas, mientras que en el Pórfido riolítico el tipo de alteración es cuarzo-sericita. Esto nos indica que el conjunto mineralógico de alteración está controlado por el carácter litológico de las rocas.
- \* El área ha sufrido un mecanismo de deformación de carácter heterogéneo. La deformación dúctil se caracteriza por una fase de plegamiento de tipo isoclinal concéntrico con eje axial NW 39°, caracterizada por pliegues cerrados. Además, se reconoció una fase de plegamiento abierto con rumbo axial NE 52°. La zona se encuentra afectada por fallas normales de alto ángulo, con dirección general NW 49°-53° y componente dextral y afectan a todas las rocas. Se asigna una edad Terciario medio a tardío.
- \* El patrón estructural que siguen las vetas mineralizadas y fallas normales es el mismo. Estas cortan la foliación y muestran evidencias de una fase de cizallamiento puro post-mineralización.
- \* Se reconoció una paragénesis metálica de oro-pirita-calcopirita-galena-tetrahedrita, con sulfosales de plomo (posiblemente semseyita). El oro se presenta en placas microscópicas incluidas en cuarzo lechoso, principalmente en las zonas de contacto entre cristales, y es muy probablemente de origen hidrotermal.
- \* Se asigna una edad Terciario (Oligoceno) igual o más joven en base a su relación con los diques lamprofídicos ( 27 Ma.) y correlación con otros yacimientos.



- Se reconocen inclusiones primarias de  $H_2O-CO_2$  con  $CO_2$  en fase líquido-vapor. Se sugiere un origen profundo para los fluidos mineralizantes. Probablemente ígneo-metamórfico, de la parte inferior de la corteza o superior del manto.
- A partir del Análisis de Correspondencias se evidencia una asociación Au-Te para Tajitos que nos permite correlacionarlo con depósitos como San Francisco .
- Se considera a Tajitos como un yacimiento mesotermal con diferencias con los depósitos como Tayoltita, Guanajuato, Pachuca y Taxco, considerados como de tipo epitermal clásico y ampliamente reconocidos en la literatura.
- Tajitos forma parte de una provincia de depósitos auríferos descrita por Pérez-Segura et.al. (1990), que incluye al yacimiento San Francisco y en la cual podemos pensar en el telurio como una guía importante para la prospección por oro. La mineralización para estos yacimientos ocurrió en un sistema fuertemente distensivo del Terciario que incluye metamorfismo-hidrotermalismo-mineralización.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, T.H., EELS, J.H. & SILVER, L.T. 1978. Rocas precámbricas y paleozoicas de la región de Caborca, Sonora, México. In ROLDAN-Q.J. & SALAS G.A. (editores). Libro guía Primer Simposio sobre la geología y potencial minero en el Estado de Sonora, Inst. Geol. UNAM, Hermosillo, Sonora México
- ANDERSON, T.H. & SILVER, L.T. 1981. An overview of the Precambrian rocks in Sonora. - UNAM Inst. Geol. Revista, 5, N° 2 pp. 131-139
- ARELLANO, A.R.V. 1946. Noticias geológicas del Distrito de Altar, Sonora. - Soc. Geol. Mexic. Bol. 12, pp. 53-58.
- ARELLANO, A.R.V. 1956. Relaciones del Cámbrico de Caborca, especialmente con la base del Paleozoico. - Congr. Geol. Intern., XX, México, Simposio sobre el sistema Cámbrico y el problema de su base. Parte II, pp. 509-527.
- AVILA, F. 1991. An Integrated Development of Correspondance Analysis with Applications to Environmental data. Dissertation ph.D. The University of Arizona 1991, 161 pags.
- BARD, J.-P. Microtextures des Roches Magmatiques et Métamorphiques. 2a. Ed. Edit. MASSON
- BOIRON, Marie-Christine. 1987. Geologie et Geochimie de L'Uranium mineralisations à Au, As, Sb. Alterations hydrothermales et Fluides associés dans le bassin de Villeranges ( Combrailles, Massif Central Français). Memoire N° 15 Septembre 1987. Thèse, L'Université de Poitiers.
- CASTILLO-RIVAS, J. 1992. Reporte global del Servicio Social. Estudio Geológico Area Tajitos, Sonora. Reporte interno Depto. de Geología, Universidad de Sonora. Responsable de Proyecto: Efrén Pérez-Segura. 1992
- CAUDILLO-SOSA, G. y OVIEDO-LUCERO, L.F. 1990. Geología del Area de Quitovac, Municipio de Puerto Peñasco, Sonora. Tesis Licenciatura. Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora. 1990. 87 pags.
- CEVALLOS-F.S. & WEBER, R. 1980. Arquitectura, estructura y ambiente de depósito de algunos estromatolitos del Precámbrico sedimentario de Caborca, Sonora. - UNAM, Inst. Geol., Revista, 4, N° 2, pp. 97-103.

CEVALLOS-F. S 1981 Observaciones sobre los estromatolitos del Precámbrico tardío de las capas Gamuza de la región de Caborca - UNAM. Tesis. 57 p

CEVALLOS-FERRIZ.S., SALCIDO-REYNA A & PELAYO-LEDESMA, A 1982 El registro fósil del Precámbrico -AEGUS Notas Geológicas. Hermosillo, México. N°2. pp 2-6

COOPER G.S., ARELLANO A R.V., JOHNSON J.H., OKULITCH V.J., STOYANOW A & LOCHMAN C 1954 Geología y Paleontología de la región de Caborca, norponiente de Sonora. Parte I. Paleont y estrat del Cámbrico de Caborca UNAM. Inst de Geol Bol.,58,259 p

COOPER G A, ARELLANO A R.V., JOHNSON J.H., OKULITCH V.J., STOYANOW A & LOCHMAN C. 1956. Geología y Paleontología de la región de Caborca, norponiente de Sonora - Congr Geol Intern. XX. México, pt 13, 239 p.2

CORONA.F. 1980. Reconnaissance Geology of Sierra La Gloria and Cerro Basura Northwestern Sonora, Mexico. Thesis University of Pittsburgh. Faculty of Arts and Sciences. 232 pags.

DAMON, P.E., LIVINGSTON, D.E., MAUGER, R.L., GIELETTI, B.J. and PANTOJA, A J. 1962. Edades del Precámbrico "Anterior" y de otras rocas del Zócalo de la región de Caborca-Altar, de la parte Noroccidental del Estado de Sonora. Bol. Inst. Geol UNAM. n. 64, parte 2, p. 11-31.

DAVIS,J-C. Statistics and Data Analysis in Geology. Second Edition. John Wiley & Sons Editors.

GAMPER, M.A & LONGORIA, J.F. 1979. Sobre la ocurrencia de estromatolitos en la secuencia precámbrica del Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera NW de Sonora - Bol. Depto. Geol. Uni-Son. Hermosillo, Sonora. 1,pp.95-104.

GONZALEZ-LEON,C. & JACQUES-AYALA,C. Paleogeografía del Cretácico temprano en Sonora. Actas de la Facultad de Ciencias de la Tierra UANL,Linares 4. p. 125-152, 5 figs., Oct. 1990, Linares, México.

GONZALEZ M.A. 1981. Cerros Gamuza y El Arpa. In: Longoria J., (editor). Regional geology of northwest Sonora. Geol. Soc. Amer. Cordilleran Section, Annual Meeting, Hermosillo, Sonora, México, Proceedings, pp. 119-146.

HENLEY, R.W. 1985 The Geothermal Framework for Epithermal Deposits. Geology and Geochemistry of Epithermal Systems. Reviews in Economic Geology Vol 2 Berger, B.R. & Bethke, P.M. Editors. Soc. of Econ. Geol. p. 1-21

HERRERA-URBINA, S. y PEREZ-SEGURA, E. 1990 Facies de metamorfismo en las secuencias de las inmediaciones del Poblado de Estación Llano, Sonora. Bol. Depto. Geol. Uni-Son., 1990, Vol. 7, N° 1 y 2, p. 7-28

JACQUES-AYALA, C. 1986 Las rocas cretácicas del área de Caborca-Altar y sus deformaciones. (In) Simposio nuevas Aportaciones a la Geología de Sonora. CETEN. Inst. Geología UNAM, Hermosillo, Sonora, México. 56-58.

JACQUES-AYALA, C. & POTTER, P.E. 1987 Stratigraphy and Paleogeography of Lower Cretaceous rocks, Sierra El Chanate, Northwest Sonora, Mexico. (In:) Dickinson, W.R. & Klute, M.A. (Eds.). Mesozoic rocks of Southern Arizona and adjacent areas - Arizona Geol. Soc. Digest, 18. 203-214.

LIVINGSTON, D.E. & DAMON, P.E. 1968. The ages of stratified Precambrian sequences in central Arizona and northern Sonora - Canad. J. Earth Sc., 5, pt. 2, pp. 451-464

LONGORIA, J.F. 1981. Geologic features of northwest Sonora - In: Longoria, J.F. (editor), Regional geology of northwest Sonora. Geol. Soc. Amer., Cordilleran section. Annual Meeting, Hermosillo, Sonora, Proceedings, p. 1-48

LONGORIA, J.F., GONZALEZ, M.A., MENDOZA, J.J. & PEREZ, V.A. 1978. Consideraciones estructurales en el Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW Sonora - Bol. Depto. Geol. Uni-Son., Hermosillo, Sonora, México, 1, pp. 119-144.

LONGORIA, J.F. & GONZALEZ, M.A. 1979. Estudios estratigráfico-estructurales en el Precámbrico de Sonora: Geología de los Cerros Gamuza y El Arpa - Bol. Depto. Geol. Uni-Son., Hermosillo, Sonora, México, 2, N° 2, pp. 106-149.

LONGORIA, J.F. & GONZALEZ, M.A. 1981. Description of the localities to be visited during the Geol. Soc. of Amer. field excursion n. 4 - In: Longoria, J.F. (editor), Regional geology of northwest Sonora, Geol. Soc. Amer., Cordilleran Section, Ann. Meeting, Hermosillo, Sonora, Proceedings, pp. 49-64.

McMENAMIN, M.A.S., AWRAMIK, S.M. & STEWART, J.H. 1983. The Precambrian transition problem in western North America: Part II, Early Cambrian skeletonized fauna and associated fossils from Sonora, Mexico - Geology, 11, p. 227-230.

PANSZE, A J 1981 Applied Geochemistry of Epithermal Gold Systems (In) Depósitos de Oro y Plata relacionados al vulcanismo "Distrito Sonora" AIMMG AC Hermosillo, Sonora 7-19 Octubre, 1984 52 pags

PEREZ-SEGURA.E Carta Metalogenética de Sonora 1:250 000 Una interpretación de la Metalogenia en Sonora Gobierno del Estado de Sonora, Universidad de Sonora y Dirección de Minería, Geología y Energéticos Julio 1985, Hermosillo, Sonora. 64 pags

PEREZ-SEGURA, E. & CALMUS, T. Características y significado metalogenético del Yacimiento de Oro de Tajitos, Estado de Sonora Convención sobre la Evolución Geológica de México. Primer Congreso Mexicano de Mineralogía. Pachuca, Hidalgo. Junio 23-28, 1991.

RADELLI, L. 1990. La Chaîne Nevadienne (Gilienne) et ses deformations Cretacees au NW du Mexique (Nappes d'origine gondwaniennne de Caborca et du Sonora Central). Géologie Alpine t. 66, (1990), p. 57-100.

ROBERTS, R. Archean Lode Gold Deposits Ore Deposit Models Edit. by RG. Roberts & P.A. Sheahan. Geoscience Canada Reprint. Series 3 p. 1-19.

SILBERMAN, L.M et al. 1988. Characteristics of Gold Deposits in Northern Sonora, Mexico: A preliminary report. Economic Geology. Vol. 83, 1988, pp. 1966-1974.