

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

**INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE LAS  
MINERALIZACIONES DEL VALLE DEL RÍO YAQUI  
(NAPA, SOYOPA Y SAN ANTONIO) EN EL ÁREA  
REBEICO – SOYOPA – SAN ANTONIO.**



**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
GEÓLOGO**

**PRESENTA:  
ARIEL GUILLERMO NAVARRO HERRERA**

**HERMOSILLO, SONORA**

**AGOSTO DE 2003**

# 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



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

TEL. (662) 259 21 10  
FAX 259 21 11

Agosto 21, 2003.

**M.C.. FRANCISO JAVIER GRIJALVA NORIEGA**

Jefe del Departamento de Geología

Universidad de Sonora

Presente

Por este conducto me permito someter a su consideración el siguiente tema de Tesis:

**"INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LAS MINERALIZACIONES DEL  
VALLE DEL RIO YAQUI (NAPA SOYOPA Y SAN ANTONIO) EN EL  
AREA REBEICO-SOYOPA-SAN ANTONIO"**

Esto es con el fin de que el alumno:

**ARIEL GUILLERMO NAVARRO HERRERA**

Pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título. En espera de su respuesta, quedo de Usted.

ATENTAMENTE

DR. LUIGI RADELLI ROCCO

Director de Tesis



C.c.p. Interesado

C.c.p. Archivo



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARÁ MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

Agosto 25 2003  
TEL 259 21 11  
FAX 259 21 11

**DR. LUIGI RADELLI ROCCO**

Director de Tesis  
Departamento de Geología  
Universidad de Sonora  
P r e s e n t e

Por este conducto le comunico que ha sido aprobado el tema de tesis propuesto por Usted, intitulado:

**"INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LAS MINERALIZACIONES DEL VALLE DEL RIO YAQUI (NAPA SOYOPA Y SAN ANTONIO) EN EL AREA REBEICO-SOYOPA-SAN ANTONIO"**

Esto es con el fin de que el alumno:

***ARIEL GUILLERMO NAVARRO HERRERA***

pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título. Asimismo le comunico que han sido asignados los siguientes sinodales:

**M.C. SAUL HERRERA URBINA  
DR. LUCAS HILARIO OCHOA LANDIN  
DR. LUIGI RADELLI ROCCO**

***PRESIDENTE  
SECRETARIO  
VOCAL***

Sin otro en particular, quedo de Usted.

ATENTAMENTE

**M.C. FRANCISCO JAVIER GRIJALVA NORIEGA**  
Jefe de Departamento



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
DEPARTAMENTO DE  
GEOLOGIA

C.c.p. Archivo  
C.c.p. Interesado

60 AÑOS GENERANDO FUTURO, GENERANDO SABER



ANIVERSARIO  
1942-2002



60 AÑOS GENERANDO FUTURO, GENERANDO SABER

**NOMBRE DE LA TESIS:**

**"INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LAS MINERALIZACIONES  
 DEL VALLE DEL RIO YAQUI (NAPA SOYOPA Y SAN ANTONIO) EN EL  
 AREA REBEICO-SOYOPA-SAN ANTONIO"**

**NOMBRE DEL SUSTENTANTE:**

**ARIEL GUILLERMO NAVARRO HERRERA**

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.

**M.C. SAUL HERRERA URBINA**

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.

**DR. LUIGI RADELLI**

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.

**DR. LUCAS HILARIO COHOA LANDIN**

**ATENTAMENTE  
 "EL SABER DE MIS HIJOS HARÁ MI GRANDEZA"**

**M.C. FRANCISCO JAVIER GRIJALVA NORIEGA**  
 Jefe de Departamento



## DEDICATORIAS

A mis padres, por apoyarme en mis estudios, y en todo momento de mi vida.

A mis hermanos por su apoyo y ayuda en todo momento de este trabajo.

A mi novia, por su apoyo y ayuda tan valiosa brindada en esta tesis.

## AGRADECIMIENTOS

Por fin, los agradecimientos. La primera pagina que vera el lector, pero la ultima que he escrito. El trabajo está hecho, y ya solo queda dejar constancia de todo lo que debo a tanta gente.

Esta tesis está redactada en gran parte en primera persona del plural (nosotros). No es por accidente o por razones de estilo que esto es así. Con toda seguridad, nunca podría haber realizado todo el trabajo que ella a requerido sin la ayuda de tantos amigos que me han animado, apoyado y ayudado.

Quisiera agradecer a **Dios** por haberme protegido en campo y en todo momento de este trabajo, por darme salud a mí y a los míos y permitirme terminar satisfactoriamente esta tesis.

A mis **padres Alberto Navarro Mayer y Martha Herrera Armenta**, gracias por su apoyo incomparable a lo largo de mi vida, gracias por todos esos grandes consejos que me han ayudado a crecer, gracias por darme la valiosa oportunidad de ser alguien de provecho, gracias por tanto amor y afecto brindado, gracias por transmitirme todos sus sabios conocimientos, por todo gracias.

A mis **hermanos Manuel Alberto y Daniel Ernesto**, gracias por su comprensión y apoyo brindado, por su solidaridad con migo en los momentos de desesperación, gracias por su ayuda física, material, intelectual y moral, gracias por aguantar mis enojos, por desvelarse con migo, por preocuparse con migo y por todo lo que pasamos juntos en este trabajo, gracias.

A mi **director de tesis Dr. Luigi Radelli Rocco**, gracias por toda la confianza depositada en mi para la realización de este trabajo, gracias por todos los conocimientos brindados a lo largo de mi carrera y en esta tesis gracias por los consejos, anécdotas, regaños y porras, y sobre todo gracias por permitirme ser su amigo.

A mi **novia Ana Laura Gallardo Ybarra**, gracias por su apoyo incondicional en todo momento, por ser mi mano derecha en este y todos los trabajos de mi carrera, gracias por los ánimos brindados en el momento preciso y por la confianza depositada en mí, gracias por aguantar tantos desvelosos, gracias por creer en mí sin siquiera dudarlo un instante, gracias por aguantar los enojos y malos momentos pero sobre todo gracias por estar a mi lado.

A mis **amigos Manuel Alberto Navarro Herrera, Aldo Izaguirre Pompa, Manuel Ruiz Domínguez, Miguel Angel Dórame Navarro, Sergio Iturbe Rabago, Ana Laura Gallardo Ybarra, Jorge Alberto Avila León**, por su apoyo incondicional brindado en campo, gracias por compartir conmigo su sabiduría, por aguantar mis malos guisos, mis enojos, gracias por dejar por un rato lo que estaban haciendo para acompañarme a campo, gracias a ustedes esta tesis pudo ser realidad, espero algún día poder pagarles algo tan grande como es esto, su amistad, muchas gracias por ser mis amigos.

A mis **sinodales M.C. Saúl Herrera Urbina, DR. Lucas Hilario Ochoa Landin**, por sus correcciones tan acertadas en esta tesis, todo lo transmitido a lo largo de mi carrera, por compartir conmigo sus conocimientos, gracias por sus acertadas correcciones y consejos.

Al **maestro Carlos Duarte y Cristal Palafox**, por su ayuda en la realización de los análisis de difracción de rayos x.

**A todos los que me ayudaron directa o indirectamente, muchas gracias.**

## INDICE

Introducción.....	(1)
Las Mineralizaciones.....	(3)
Vías de acceso.....	(5)
Geología.....	(6)
Geología del área Rebeico-Soyopa.....	(7)
El Autóctono.....	(7)
La secuencia Jurásica.....	(7)
Cuarcitas del basamento.....	(7)
El Alóctono.....	(9)
(a) La Plataforma.....	(9)
(b) Napa Soyopa.....	(11)
(c) Napa San Antonio.....	(12)
Geología del área Soyopa-San Antonio.....	(13)
Las formaciones de cobertura.....	(15)
Grandes fallas normales que no afectan los sedimentos terciarios.....	(16)
Limite Napa San Antonio-Napa Soyopa en la parte Sur del área.....	(17)
Los elementos fundamentales de la geología del área de estudio.....	(18)
Las Mineralizaciones.....	(19)
(a) Las mineralizaciones del bloque Rebeico-Soyopa.....	(19)
(a <sub>1</sub> )Mineralizaciones de la Napa Soyopa.....	(19)
San Cristóbal.....	(19)



Morfología de la mineralización.....	(21)
Noche Buena.....	(26)
Tepehuaje.....	(27)
Primeras Conclusiones.....	(33)
Mineralizaciones de la Napa San Antonio.....	(34)
Montaña de Oro.....	(34)
Gallo de Oro.....	(37)
(b) Las Mineralizaciones del bloque Soyopa-San Antonio.....	(40)
La Prietita.....	(40)
La Prieta (o Las Prietas).....	(43)
Guadalupe e Hidalgo.....	(43)
Conclusiones.....	(46)
Bibliografía.....	(52)

## INTRODUCCION

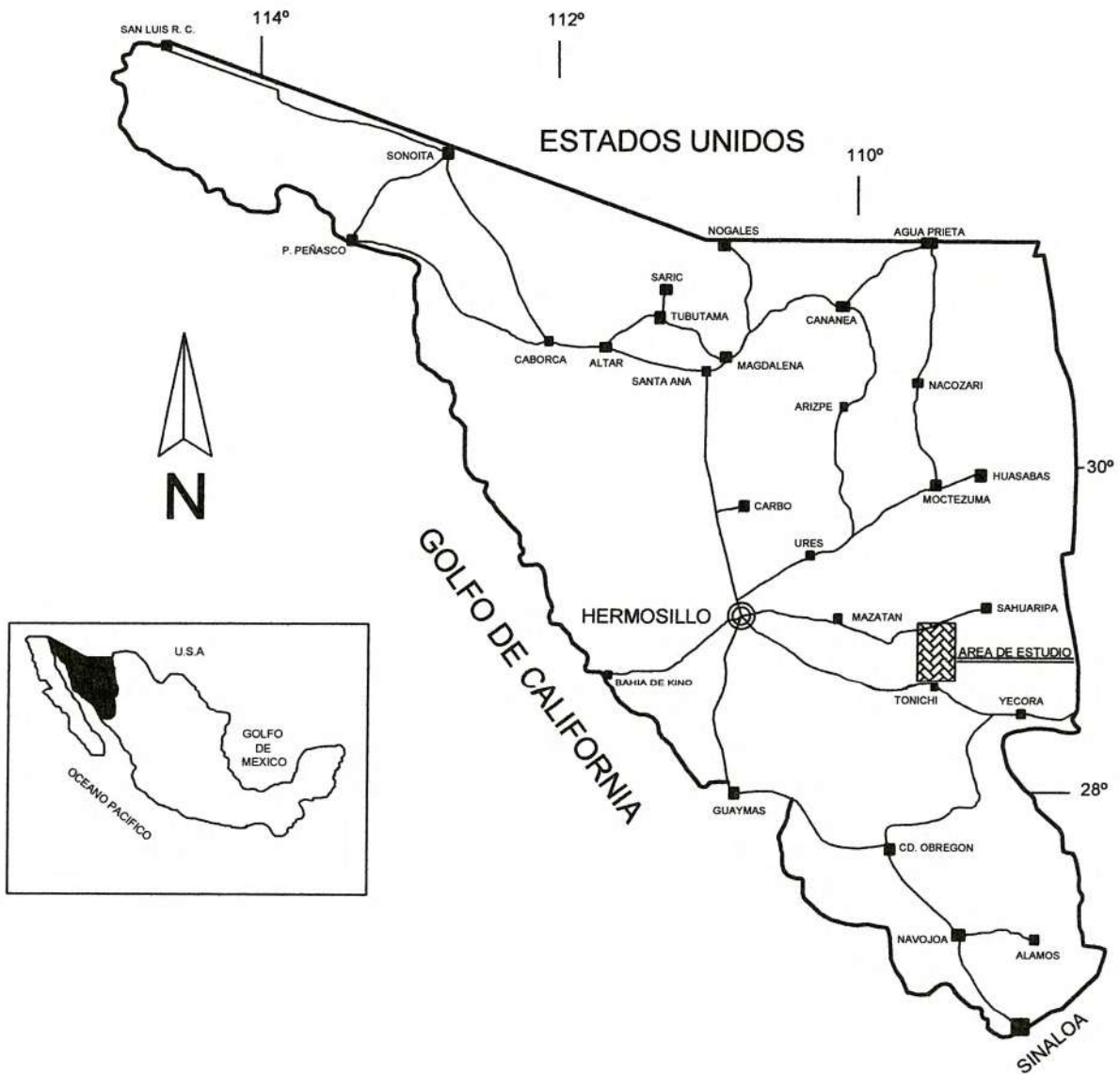
El objeto de este trabajo es el estudio de las mineralizaciones, que existen en el área indicada en la (figura 1); las cuales parecen estar asociadas a las napas emplazadas durante el Triásico Inferior arriba de la Plataforma Paleozoica calcareo-arenacea de Sonora (Radelli et. al., 1987). Varias son las minas que se encuentran abandonadas y no tienen nombre. Pero entre las obras mineras conocidas tenemos:

- Montaña de Oro (Au), ubicada aproximadamente a 8km al Este de Rebeico.
- San Cristóbal (Ag) y Gallo de Oro (Au), ubicada a 5 km al Noroeste de la cabecera municipal de Soyopa;
- San Miguel o Mina del Río (Ag), ubicada aproximadamente a 4 km al Noroeste de Soyopa;
- Noche Buena (Ag), ubicada aproximadamente a 8 km al Norte de Soyopa;
- Santo Niño (Ag), ubicada aproximadamente a 5.5 km al Suroeste de Soyopa;
- Tepehuaje (Au), ubicada aproximadamente a 4km al Nor-Noreste del poblado de Soyopa;
- La Prieta y La Prietita (Ag), ubicadas aproximadamente a 5 km al Suroeste de Soyopa;
- Hidalgo y Guadalupe (Ag), ubicada aproximadamente a 6 km al Suroeste de Soyopa;
- La Barranca (Au, Ag), ubicada aproximadamente a 4 km al Noroeste del poblado La Barranca.

De todas estas mineralizaciones han sido escogidas, para este estudio introductivo, las de: La Montaña de Oro, San Cristóbal, Gallo de Oro, San Miguel o Mina del Río, Noche Buena, Tepehuaje, La Prieta (vieja), La Prietita, Santo Niño, Hidalgo y Guadalupe, las cuales son localizadas en la figura 2.

La geología estructura del área ha sido definida por Soto Contreras, L. y Navarro Martínez, L. (1987), Barrera Moreno, E. y Domínguez Perla, J. (1987), Radelli et al. (1987). Estos autores comprobaron que la estructura de la región en cuestión se debe al empílamiento sobre la Plataforma Paleozoica de Sonora de tres

# PLANO DE LOCALIZACION



grandes napas, a saber: Napa Soyopa, Napa San Antonio y Napa Chinos, esta última aflorando al Norte de nuestra área de estudio.

Sucesivamente ha sido comprobado (Radelli et al. 1993; Dórame, 2003), que la Plataforma Paleozoica es a su vez alóctona y emplazada, ya cargada de las Napas Soyopa, San Antonio y Los Chinos, sobre las formaciones autóctonas de Norte América, incluyendo el Cretácico Inferior.

Por otra parte, el trabajo de Dórame (2003) muestra que las formaciones indicadas como Infra-Cámbrico por Radelli et al. (1987) corresponden en realidad a depósitos jurásicos del margen pasivo de Norte América.

Esos nuevos datos obligaron naturalmente a revisar el mapa geológico de Radelli et al. (1987).

Acerca de las mineralizaciones objeto de este estudio, los únicos documentos bibliográficos encontrados son:

una tesis de licenciatura de García Cortez, J. (2003), en la cual estas mineralizaciones están citadas, más no discutidas; y un mapa de geoquímica de MagmaChem Exploration Inc., (1999), en el cual se indican sin discusión alguna como depósitos tipo Carlin. Por lo cual se realizaron análisis de difracción de rayos X en el Laboratorio de Cristalografía y Geoquímica de la UniSon bajo la supervisión del maestro Carlos Duarte

***Una advertencia es necesaria.***

***Debido a grandes dificultades de acceso y a la falta del tiempo requerido para superarlas, no ha sido posible definir mineralógicamente de manera sistemática los cuerpos mineralizados objeto de este estudio. Se espera que lo serán en una segunda etapa del mismo.***

***Aquí, por “cuerpo mineralizado” hay que entender y se entiende un cuerpo definido por los trabajos mineros efectuados para su explotación en el pasado (próximo o remoto.)***

## **LAS MINERALIZACIONES**

Las mineralizaciones de las cuales se trata se conocen en realidad gracias a trabajos mineros (“minas”) realizados en sus afloramientos. Esta actividad

minera, se ha llevado a cabo en parte desde el tiempo de la Colonia. Por ejemplo, los trabajos de La Prieta fueron realizados en el periodo Colonial cuando se fundó el Real Viejo, a 1.5 km aproximadamente al Sur del pueblo actual de Soyopa, que era entonces un pueblo indio. Otras fueron trabajadas especialmente en la época pre-revolucionaria, y de éstas algunas se trabajaron de manera discontinua hasta nuestros días.

Todos estos trabajos han sido efectuados esencialmente por gambusinos hasta la actualidad, y siempre y solo a partir de afloramientos mineralizados. Como consecuencia de esa situación nunca ha sido considerada la posibilidad de que dos "minas" correspondan a una sola mineralización, siendo una la extensión de la otra, dislocada eventualmente por la tectónica, (como por ejemplo, podría ser el caso entre San Cristóbal y Noche Buena). Mucho menos ha sido tomado en cuenta y menos aún tratado el problema de la génesis de estas mineralizaciones. De hecho, estas mineralizaciones nunca han sido situadas y consideradas en su marco geológico (Estratigrafía y Tectónica).

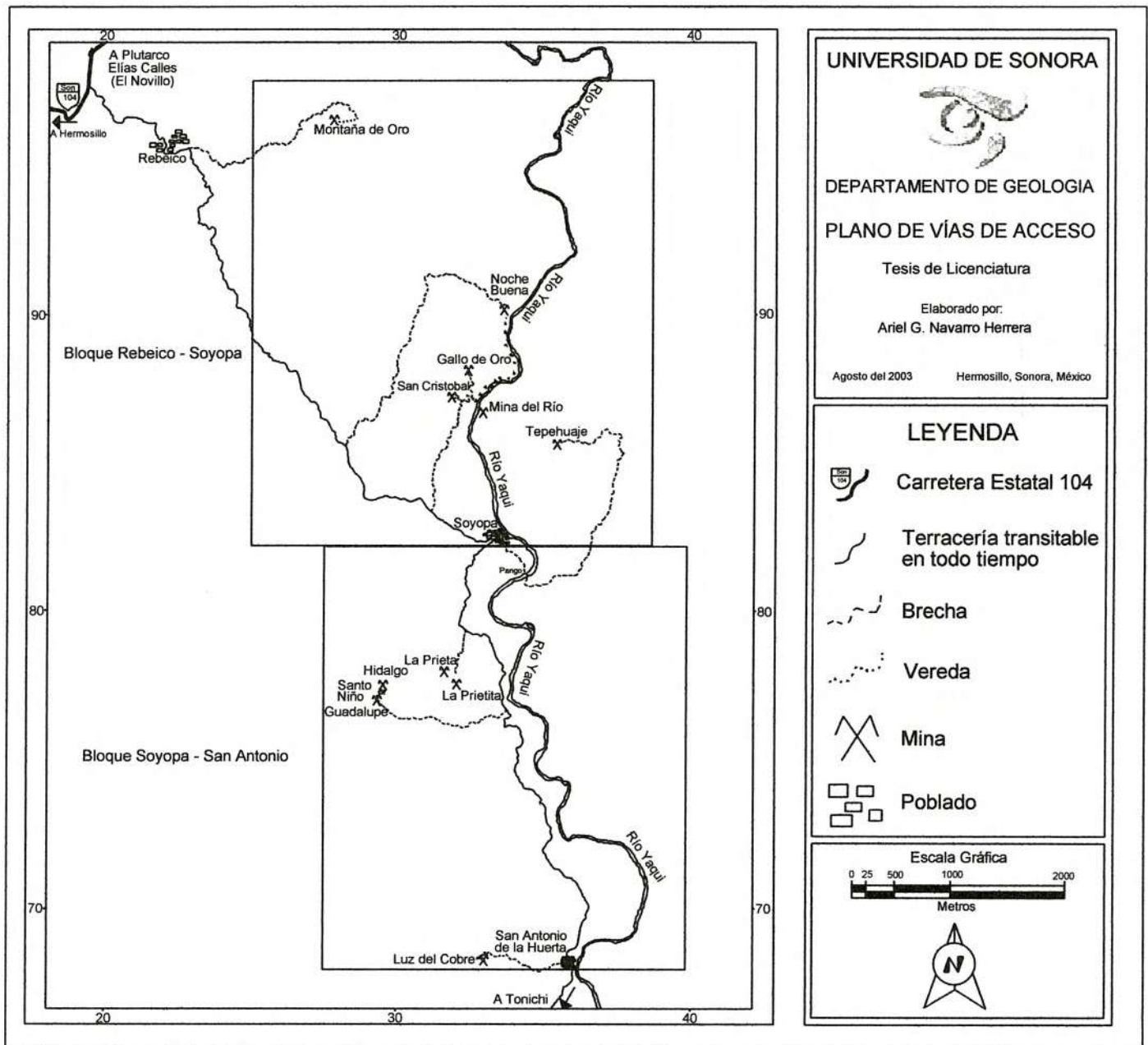
El objetivo de este estudio es tratar de realizar por primera vez este trabajo geológico-estructural fundamental, para reconocer la verdadera naturaleza de las mineralizaciones en presencia. Parece ser que para la comunidad geológica sonoreNSE, estas mismas mineralizaciones se consideran como Laramídicas y relacionadas con la "brecha pipe" de la mina Luz del Cobre, que ocurre en las cercanías del poblado de San Antonio de la Huerta (Clark, Damon e Islas, 1981).

Por otro lado, observaciones preliminares (Radelli, comunicación personal), sugerían la posibilidad de un control estratigráfico de esas mismas mineralizaciones, mientras que quedaba completamente sin estudiarse sus relaciones con las deformaciones de las napas que las contienen.

La razón de este estudio ha sido entonces la de analizar estos puntos para tratar de establecer si se trata de mineralizaciones epigenéticas posteriores al emplazamiento de las Napas, o de mineralizaciones ya existentes en los cuerpos ahora alóctonos y emplazadas junto con ellos.

Por razones de claridad del texto y debido a que el enfoque de la parte geológica de este estudio es ampliamente tectónico-estructural hemos reducido a un mínimo las descripciones estratigráficas de las diferentes unidades.

### VIAS DE ACCESO (figura 2)



El área está cubierta por las cartas topográficas:

- Rebeico (H12D54), 1:50,000 de INEGI
- Bacanora (H12D55), 1:50,000 de INEGI
- Tecoripa (H12D64), 1:50,000 de INEGI
- Tonichi (H12D65), 1:50,000 de INEGI

Debido a que, como se constató, varios de los caminos indicados en las cartas topográficas de INEGI ya no existen, se muestran los caminos existentes en la figura anexa

## **GEOLOGÍA**

La estructura regional determinada por Radelli et al. (1993) y Dórame (2003), se debe a la sobreposición de dos eventos compresivos sucesivos:

(a) El cabalgamiento, ocurrido durante el Triásico Inferior, de tres napas de rocas del Paleozoico Inferior de facies "profunda" (de cuenca) emplazadas arriba de la Plataforma Paleozoica calcáreo-arenácea de Sonora; estas napas son:

La Napa Soyopa [(a) cuarcita Soyopa, (b) calizas, lutitas, cuarcitas], la Napa San Antonio [(a) cuarcita San Antonio, (b) alternancia de calizas, cuarcitas, lutitas], y la Napa Los Chinos [(a) barita detrítica, (b) alternancia de argilitas, margas, lutitas, calizas arenosas y areniscas], de las cuales solamente las primeras dos ocurren en el área de estudio.

(b) El cabalgamiento ocurrido durante el Oregoniano (Meso-Cretácico), del conjunto Plataforma Paleozoica más Napas (Soyopa, San Antonio y Los Chinos), sobre diferentes términos de las secuencias autóctonas, incluyendo el Cretácico Inferior; situación esta que se puede observar más al Este en el área de Sahuaripa y Arivechi.

Por las razones que se indicarán mejor posteriormente, hubo que revisar el mapa de Radelli et al. (1987); también por esta razón tratamos por separado la

geología del área de Rebeico-Soyopa y el área de Soyopa-San Antonio en la ribera derecha del Río Yaqui.

### (1) **GEOLOGÍA DEL ÁREA REBEICO-SOYOPA** (figura 3).

#### **El Autóctono**

En esta área al autóctono corresponden dos secuencias sedimentarias: una que, con base en la litología se puede atribuir al Jurásico (Jurásico Americano), (Dórame, 2003), y otra que constituye el basamento:

- **La secuencia Jurásica**

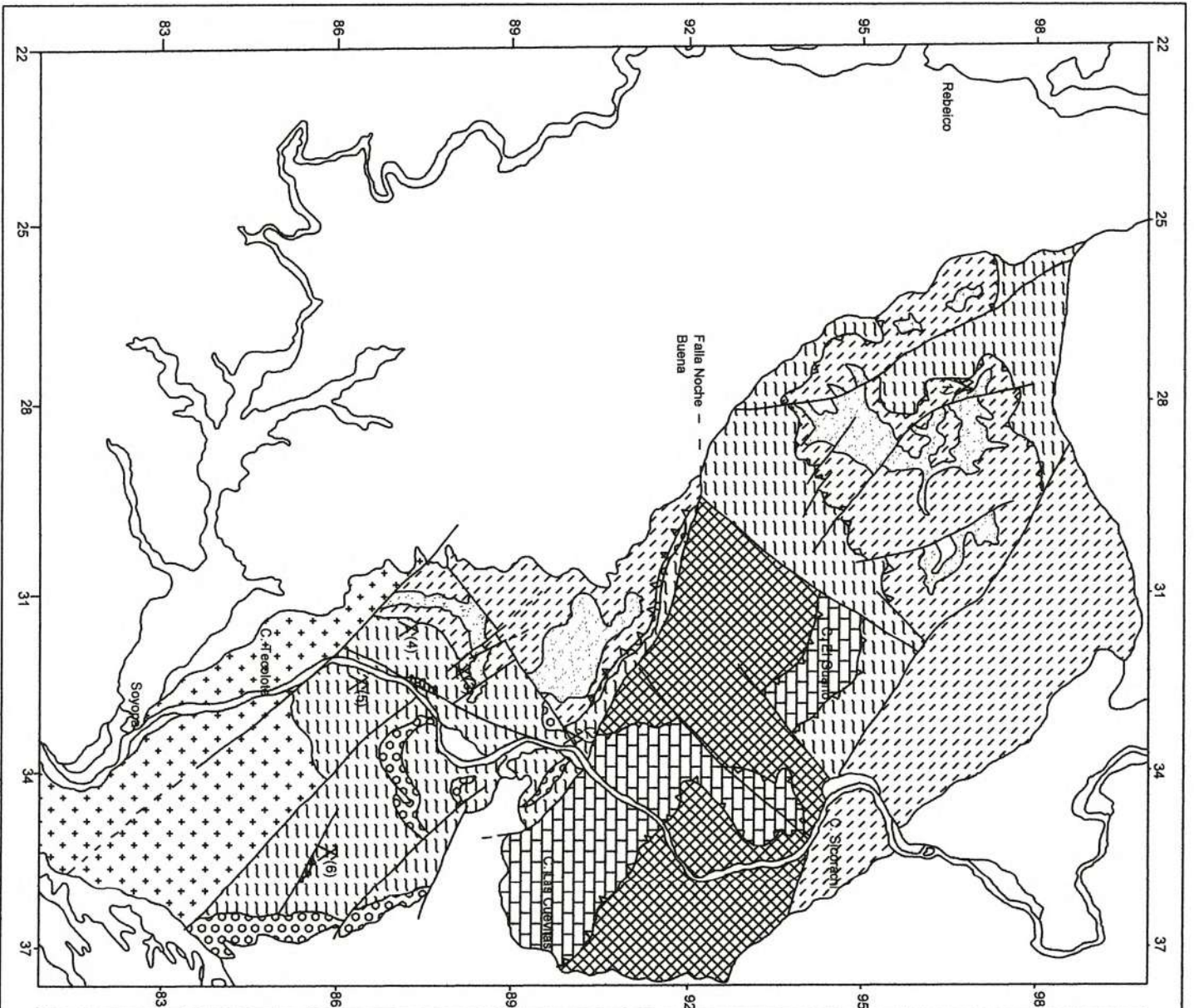
Está constituida por una secuencia de areniscas de cuarzo de grano fino, con abundantes minerales opacos. Las rocas son estratificadas y presentan una coloración oscura (negra), debido a su gran contenido de fierro. Estas rocas no presentan pliegues, pero sí una muy fuerte fracturación. En estos afloramientos no se encontraron fósiles; sin embargo, se le asignan al Jurásico por analogía de facies con la secuencia de la Sierra de la Campanería, atribuida a este periodo por Radelli et al. (1993), y que también están cabalgadas por la Plataforma Paleozoica.

Por otro lado; la facies de esa secuencia es completamente distinta a la del Jurásico alóctono (Dórame, 2003), reconocida en otras partes de Sonora. Cabe mencionar que esta secuencia está afectada por pequeñas intrusiones de rocas ígneas de edad desconocida, o posiblemente Eoceno, con las cuales están en relación algunas manifestaciones de molibdeno.

- **Cuarcitas del Basamento**

En las cercanías del poblado de Soyopa afloran en ambos lados del Río Yaqui rocas cuarcíticas. Se trata de rocas finamente estratificadas y muy plegadas





UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

PLANO GEOLOGICO-ESTRUCTURAL

Bloque Rebeico - Soyopa

Tesis de Licenciatura

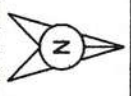
(figura 3)

Elaborado por:  
Ariel Guillermo Navarro Herrera

Agosto del 2003 Hemosillo, Sonora, México

**LEYENDA**

- Cuaternario - Terciario
- Jurásico
- Afloramientos puntuales de rocas ígneas
- NAPA SAN ANTONIO**
- Cuarcitas (Parte Superior)
- Cuarcitas, Calizas y Lutitas (Parte Inferior)
- NAPA SOYOPA**
- Cuarcitas (Parte Superior)
- Calizas, Lutitas, Cuarcitas, Pedernal (Parte Inferior)
- Basamento
- Plataforma Calcareo-Avenácea Paleozoica
- Otras Minas**
- (1) Montaña de Oro
- (2) Noche Buena
- (3) Gallo de Oro
- (4) San Cristóbal
- (5) San Miguel
- (6) Tepahuaje
- Falla
- Cabalgamiento
- Río Yaqui
- Obra Minera



Escala Gráfica



en las que se observa una fuerte esquistosidad. Y que presentan un color variable entre rojizo y claro.

Radelli et al. (1987) atribuyeron estas rocas a la Napa Soyopa. Sin embargo a poca distancia, en las pequeñas ventanas tectónicas del Tepehuaje y San Cristóbal (figura 3), donde se observa que la Napa Soyopa descansa sobre la Plataforma Paleozoica, no existen los depósitos de los cuales se trata. Sus afloramientos están enmarcados por grandes fallas (Ver más adelante). Conviene entonces atribuir estas rocas al autóctono y por su deformación, que no ocurre en las rocas del Jurásico, al Paleozoico (o Precámbrico?) Americano.

## **El Alóctono.**

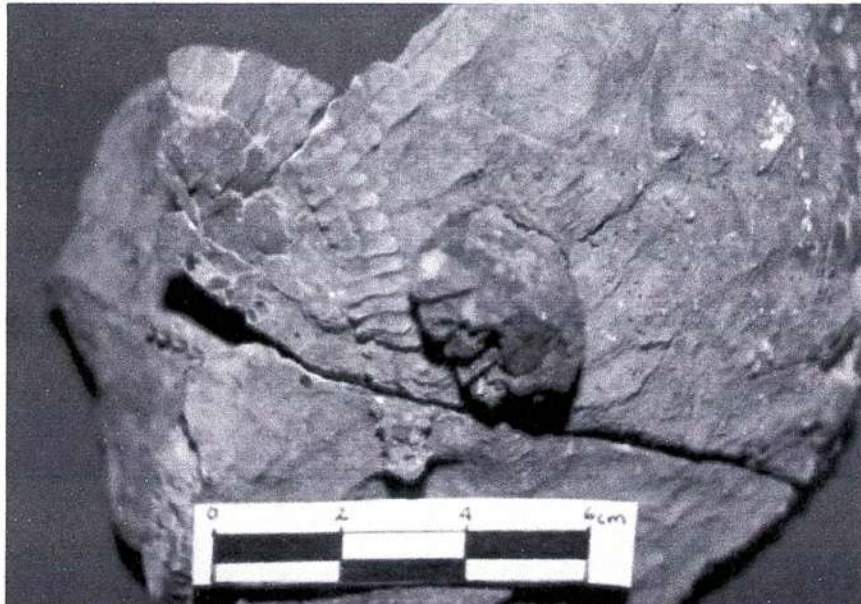
### **(a) La Plataforma**

Los depósitos de la Plataforma afloran ampliamente al Noreste de Soyopa, desde el Cerro Las Cuevitas hasta aproximadamente 4 km al Noroeste de este cerro, y más al Noroeste en el Cerro El Guano. Además se encuentran en tres pequeñas ventanas tectónicas, descubiertas durante los trabajos de esta tesis; una al pie Sureste de los Cerros de la Mina San Cristóbal, otra en las inmediaciones de la Mina Tepehuaje (figura 3), y otra al pie Sur-Sureste de la mina Hidalgo (figura 5).

Estos depósitos consisten de calizas grises en bancos potentes, que no presentan esquistosidad y descansan tectónicamente sobre el Jurásico autóctono, y más al Este, sobre el Cretácico Inferior (cabalgamiento Oregoniáno), y están cubiertas por la Napa Soyopa (cabalgamiento del Triásico Inferior).

Estas calizas contienen abundantes fósiles: en los afloramientos indicados arriba, como en el Cerro de Las Cuevitas, se trata de fusulínidos y crinoides de hasta 13 cm de largo y 2 cm de ancho, fauna que indica el Pérmico Inferior (Pérez, 2001).

En la ventana del Tepehuaje se encontraron briozoarios, equinodermos, crinoides, braquiópodos, moluscos y algas rojas; y por primera vez en México unos ejemplares de artrópodos del género *Arthropleura* determinado por la Dra. Blanca E. Buitrón. (figura 4).



Es interesante comparar las características estratigráficas de esta Plataforma en nuestra área, en la Sierra de La Campanería, en la Sierra de Los Chiltepines y en el área de Arivechi.

Aparentemente en nuestra área están representados solamente los términos del Pérmico Inferior. En la Sierra de La Campanería (Vega y Araux, 1985) están representados sus términos desde el Devónico hasta el Pérmico Inferior ambos inclusive; en la Sierra de Los Chiltepines están representados los términos desde el Cámbrico hasta el Pérmico (Himanga J.C., Geology of the Sierra Chiltepin, Sonora, México, 1997).

Lo anterior significa que durante su traslado (Oregoniano), la Plataforma ha sido amputada de sus términos Pre-Devónicos en la Sierra de La Campanería, y de todos sus términos Pre-Pérmicos en nuestra área.

## **(b) Napa Soyopa**

En nuestra área la Napa Soyopa aflora al Norte de Soyopa en el área del Cerro Tepehuaje, y en la parte Sur del Cerro San Cristóbal; y al Este de Rebeico en la parte inferior de los Cerros del Rancho San José El Carrizo (figura 3).

La Napa Soyopa consiste de una alternancia de calizas, lutitas y cuarcitas. Sus calizas se encuentran estratificadas con capas de un espesor que va desde los cm hasta las decenas de cm. Estas calizas son silíceas, y presentan un alto fracturamiento y una coloración que varía de negro a gris. Las lutitas son de color negro, presentan a menudo vetillas milimétricas de calcita y también presentan un fracturamiento. Las cuarcitas intercaladas con estas facies son de color gris claro a rojizas, de grano fino; ocurren en capas centimétricas y presentan productos de oxidación debido a su material ferrífero. Las cuarcitas terminales se encuentran en cuerpos de hasta 15 m de espesor y constituyen crestas que dibujan pliegues en la parte alta de los cerros. En estas cuarcitas son comunes los óxidos de fierro. Presentan formas de erosión que dan lugar a cuevas.

Todas las facies de la Napa Soyopa están afectadas por una fuerte esquistosidad de flujo, la cual se encuentra predominantemente paralela a la estratificación, de tal manera, que a veces es difícil diferenciar la estratificación de la esquistosidad. En una fase sucesiva estas estructuras han sido replegadas (esquistosidad plegada), el resultado siendo una estructura en cartera de huevo. Sin embargo, al nivel de las cuarcitas terminales y sin duda debido a la mayor competencia de estas, la esquistosidad se refractó disponiéndose casi verticalmente, y volviéndose en realidad una simple esquistosidad de fractura, y no de flujo.

La Napa Soyopa descansa directamente sobre la Plataforma Paleozoica, que aflora en por lo menos tres ventanas tectónicas.

La Napa Soyopa está cortada por intrusiones de granitoides (Cerro La Higuera) y cuerpos filonianos de rocas ígneas de poca profundidad de tipo andesítico. Las rocas de estos cuerpos no presentan - y esto es importante -

esquistosidad alguna, ni otra deformación penetrativa. Eso indica con toda claridad que se emplazaron después de la deformación de la Napa. Buenos ejemplos de esos cuerpos ocurren en la vertiente Oeste del cerro en el cual se encuentra el Rancho San José El Carrizo (Mina Montaña de Oro); otros han sido reconocidos en el interior de algunos de los trabajos mineros del Tepehuaje (Radelli, com. pers., 2002).

### **(c) Napa San Antonio**

La napa San Antonio es la mas alta del edificio estructural del área estudiada, descansando tectónicamente sobre la Napa Soyopa. En nuestra área, esta Napa aflora:

- (a) al Noreste de una línea que del Cerro San Cristóbal va a la Mina Noche Buena.
- (b) en las partes altas de los relieves del Rancho San José El Carrizo.
- (c) al Noroeste de una línea que de la base Suroeste del Cerro Sicorachi se prolonga al Noroeste hasta unos 2–2.5 km del Rancho San José El Carrizo.

Como ya se indicó, la Napa San Antonio incluye: una alternancia de cuarcitas, calizas y lutitas en su parte inferior; y una potente unidad de ortocuarcitas en su parte superior, de espesor variable que va de los 15 a 20 m.

Existe una fuerte “disarmonía” entre estas dos partes de la Napa misma.

Las alternancias inferiores están intensamente plegadas; las ortocuarcitas superiores lo son mucho menos. Puede que esta “disarmonía” corresponda a un despegue; pero no es imposible que se trate en realidad de dos napas independientes. Este problema, no está tratado aquí, puesto que no tiene un impacto directo sobre las mineralizaciones, tema de este trabajo.

Las alternancias de la parte inferior de la Napa San Antonio están intensamente plegados, pero a diferencia de los de la Napa Soyopa no presentan

una esquistosidad regionalizada. Esta oposición permite trazar el límite entre esas dos napas a pesar de la similitud litológica que existe entre ellas.

La Napa San Antonio está afectada por diques de tipo andesítico, y pequeñas masas intrusivas hipabisales. Ninguno de esos cuerpos presenta deformación, por lo cual son claramente posteriores al emplazamiento de la Napa San Antonio misma.

En la hipótesis de que estos cuerpos pertenezcan a la misma familia de los que afectan al Jurásico autóctono, con los cuales están relacionadas pequeñas mineralizaciones de molibdeno, está permitido pensar que se trata realmente de intrusiones del Eoceno (Radelli, 1988).

## **(2) GEOLOGÍA DEL ÁREA SOYOPA-SAN ANTONIO DE LA HUERTA (figura 5).**

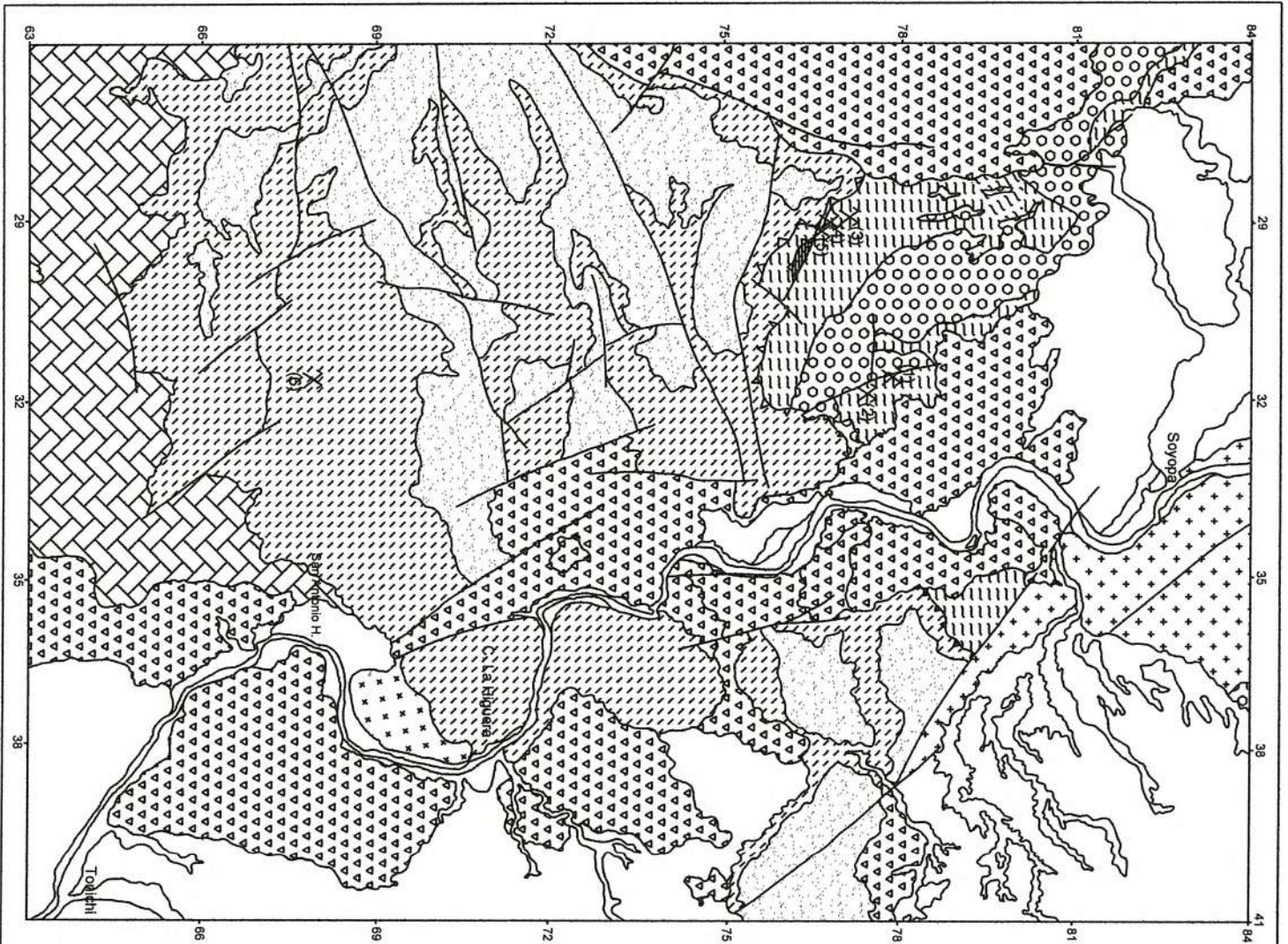
La mayoría de los afloramientos de esta área corresponden a la Napa San Antonio, con sus dos términos: el inferior, constituido por una alternancia de calizas, lutitas, cuarcitas y pedernales; y el superior, constituido esencialmente de ortocuarcitas.

Las ortocuarcitas superiores terminales son prominentes en la morfología, coronando la mayoría de los cerros. Las lutitas de la parte inferior de la misma Napa son ocasionalmente fosilíferas, conteniendo graptolitos, los que permiten asignar esta secuencia al Ordovícico.

Hacia el Norte esta Napa cabalga la Napa Soyopa, cuyo autóctono relativo, la Plataforma Paleozoica aflora en una pequeña ventana (figura 5). En esta área las cuarcitas de la Napa Soyopa son más desarrolladas y espesas que en el área Rebeico-Soyopa.

Discutiremos mas adelante el limite actual entre esas dos unidades.

Hacia el Sur, la Napa San Antonio desaparece en discordancia abajo del Triásico Superior del Grupo Barranca.



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
 PLANO GEOLOGICO-ESTRUCTURAL

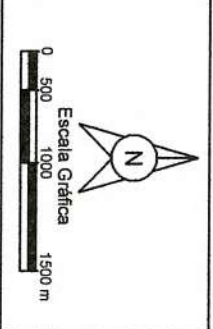
Bloque Soyopa - San Antonio de la Huerta  
 Tesis de Licenciatura  
 (figura 5)

Elaborado por:  
 Ariel Guillermo Navarro Herrera

Agosto del 2003 Hermosillo, Sonora, Mexico

**LEYENDA**

- Cuaternario - Terciario
  - ▴ Andesitas (Form. Tarahumara)
  - ▤ Grupo Barranca
  - Granitoides
  - ⊗ Afloramientos puntuales de rocas ígneas
- NAPA SAN ANTONIO**
- ▨ Cuarzitas (Parte Superior)
  - ▧ Cuarzitas, Calizas y Lutitas (Parte Inferior)
- NAPA SOYOPA**
- ▩ Cuarzitas (Parte Superior)
  - ▦ Calizas, Lutitas, Cuarzitas, Pedernal (Parte Inferior)
  - ▧ Basamento
  - ▨ Plataforma Calcáreo-Arenácea Paleozoica
- Otras Minas**
- (1) Pírita
  - (2) Pírrita
  - (3) Hierro
  - (4) Cuarzido
  - (5) Somo Niño
  - (6) Luz del Cobre
- Falla
  - ~ Cabelgamiento
  - ~ Río Yequi
  - ✕ Obra Minera



Los conglomerados de la primera Formación de la base de este Grupo, la Formación Arrayanes, están constituidos esencialmente de clastos de las ortocuarcitas superiores de la Napa San Antonio.

Es manifiesto por lo tanto que, posterior a su emplazamiento en el Triásico Inferior, la Napa San Antonio ha sido sometida en el Triásico Superior a una fuerte fase distensiva, la que justamente abrió la Cuenca de la Barranca.

En esta área, durante el evento Laramídico, la Napa San Antonio ha sido afectada por intrusiones más importantes que en el área Norte. Cabe mencionar los granitoides del Cerro La Higuera, y las rocas ígneas a las cuales está asociada la brecha de colapso cuprífera de La Luz del Cobre, [probablemente parte de un pórfido cuprífero profundo Clarck et al. (1981)] que dio una edad radiométrica (K-Ar) de  $57.4 \pm 1.4$  Ma. Damon et al. (1983).

### **Las Formaciones de Cobertura**

El estudio de estas Formaciones se excluyó de este trabajo por que no tienen ninguna relación genética con las mineralizaciones objeto del mismo. Recordamos sin embargo que estas Formaciones de cobertura incluyen:

- (a) Grupo Barranca: Formación Arrayanes (alternancia de conglomerados, areniscas de cuarzo y lutitas), Formación Santa Clara (lutitas carbonosas fosilíferas intercaladas con horizontes de areniscas de cuarzo, mantos de grafito y carbón antracítico) y Formación Coyotes (conglomerados intercalados con horizontes de areniscas y pequeñas capas de lutitas)(Alencaster, 1961) (esta última no aparecen en el área considerada en el mapa de la figura 5).
- (b) Las rocas riolítico-andesíticas de la Formación Tarahumara de edad  $70 \pm 1$ Ma (Cretácico Superior-Paleoceno), como indicado por McDowell et al. (1994).



- (c) La Formación Belleza de edad 21-23 Ma, (Oligoceno terminal-Mioceno inferior) (Calles, 1999)
- (d) La Formación Baúcarit del Mioceno.
- (e) Las riolitas de la Formación Lista Blanca de 12-10 Ma, (Bartolini et al. 1991).

### **Grandes fallas normales que no afectan los sedimentos terciarios**

Dos familias de fallas normales afectaron el edificio Oregoniano sin afectar los sedimentos terciarios contiguos.

Las de la primera familia son fallas Noreste-Suroeste, que afectan al autóctono y a las Napas sobreyacentes; las de la segunda familia son grandes fallas Noroeste-Sureste que interceptan a las primeras.

A por lo menos una de las fallas de al primer familia (Noreste-Suroeste) debemos la pequeña ventana en la cual se puede observar la Plataforma Paleozoica; la cual se encuentra en el área de la Mina San Cristóbal-Mina Noche Buena. (figura 3)

Las de la segunda familia (Noroeste-Sureste), que interceptan las primeras, se reparten en dos grupos: un grupo de fallas subverticales por un lado y una gran falla lítrica (Falla Noche Buena) por el otro, (figura 3).

Las fallas subverticales del primer grupo se encuentran al Suroeste de la Mina San Cristóbal y al Noreste de Saporoba, es decir en la parte central de nuestra área de estudio.

El resultado principal de estas fallas ha sido el de levantar el basamento antiguo y de deformar las fallas de la primera familia que interceptan (por ejemplo: la que determinó la pequeña ventana de San Cristóbal).

Hay que considerar aparte la falla Noroeste-Sureste que hemos llamado Falla Noche Buena por correr a lo largo del arroyo Noche Buena.

A lo largo del arroyo Noche Buena, esta falla baja todo el edificio de la Napa Soyopa y San Antonio al nivel del Jurásico.

Su echado es al Suroeste. Arriba de esta falla todos los pliegues que se han podido observar en la Napa Soyopa presentan un plano axial de echado al Noreste. Debido a la vergencia de las Napas no se puede pensar que este echado de los planos axiales de los pliegues sea el relacionado con el emplazamiento de las mismas Napas, las cuales no pudieron provenir desde el Noreste, puesto que en esa región se encontraba de hecho el autóctono Americano [Zona externa de los Orógenos Nevadiano y Oregoniano, Dórame (2003)]. Por lo tanto hay que pensar que la actitud actual de dichos planos axiales se debe a una rotación, por lo cual la Falla Noche Buena debe ser interpretada como una falla lítrica.

#### *Límite Napa San Antonio-Napa Soyopa en la parte Sur del área.*

En el mapa correspondiente a esta parte del área figura 5, por razones de claridad hemos representado este límite como un plano de cabalgamiento (líneas con dientes), por que de hecho la Napa San Antonio sobreyace la Napa Soyopa. Sin embargo, a lo largo de este límite no aparece la cuarcita terminal de la Napa Soyopa, como se esperaría en el caso de un cabalgamiento puro y simple.

En realidad, para explicar su ausencia a lo largo de este límite, hay que pensar que el contacto actual corresponde de hecho a una falla lítrica distensiva. Parece correcto atribuir esta fase tectónica a la distensión que en el Triásico Superior afectó el área en cuestión para abrir la Cuenca de la Barranca.

Cabe notar que debido a esa falla lítrica muchas de las estructuras de la Napa San Antonio rotaron de tal forma que sus planos axiales tomaron un echado hacia el Nor-Noreste.

## Los elementos fundamentales de la geología del área de estudio.

Los rasgos fundamentales del área se deben a:

- (1) Cabalgamiento de edad Triásico Inferior de las Napas Soyopa y San Antonio (depósitos del Paleozoico de cuenca) sobre la Plataforma calcáreo-arenácea Paleozoica. La Napa Soyopa presenta una clara y fuerte esquistosidad, carácter que no se observa en la Napa San Antonio.

Sigue en el Triásico Superior una distensión que abrió la cuenca del Grupo Barranca, dando lugar a *fuertes rotaciones de la Napa San Antonio*.

- (2) Cabalgamiento Oregoniano (Mesocretácico) por grandes cizallas planas de la Plataforma Paleozoica junto con las Napas y el Triásico Superior del Grupo Barranca sobreyacente, arriba del autóctono Americano (Basamento y Jurásico).

Durante su traslado la Plataforma Paleozoica (Cámbrico a Pérmico) ha sido en partes amputada de sus términos inferiores. Por ejemplo, en nuestra área solo existe su término Pérmico, mientras que en la Sierra de La Campanería incluye del Devónico al Pérmico, mientras que en la Sierra de Los Chiltepines está presente también su término Cámbrico.

- (3) El edificio Oregoniano ha sido entonces afectado antes del Terciario por dos familias de fallas: (a) Fallas Noreste-Suroeste, (b) Fallas Noroeste-Sureste que interceptan y deforman las primeras. Las fallas de la familia (b) son en su mayoría fallas subverticales, pero una de ellas, la Falla Noche Buena es una falla probablemente lítrica de echado al Suroeste, misma que dio lugar a una rotación de los pliegues de la Napa Soyopa.
- (4) Durante el ciclo Laramídico, las rocas indicadas arriba han sido afectadas por intrusiones (por ejemplo: Luz del Cobre y Cerro La Higuera), siendo estas intrusiones claramente pos-tectónicas, puesto que no presentan deformación alguna.

Este es el marco geológico-tectónico de las mineralizaciones que hay que tener en cuenta en la discusión de las mineralizaciones tema de este trabajo.

## **LAS MINERALIZACIONES**

Así como se hizo la descripción y el análisis en el capítulo sobre la geología del área de estudio se tratará ahora por separado las mineralizaciones de los bloques Rebeico-Soyopa y Soyopa-San Antonio (Figura 2).

### **A) LAS MINERALIZACIONES DEL BLOQUE REBEICO-SOYOPA.**

De esta área se estudiaron las mineralizaciones de:

- en la Napa Soyopa
  - 1) San Cristóbal y Noche Buena,
  - 2) Tepehuaje.
- en la Napa San Antonio
  - 3) Montaña de Oro,
  - 4) Gallo de Oro.

#### ***Mineralizaciones de la Napa Soyopa.***

##### **1) San Cristóbal**

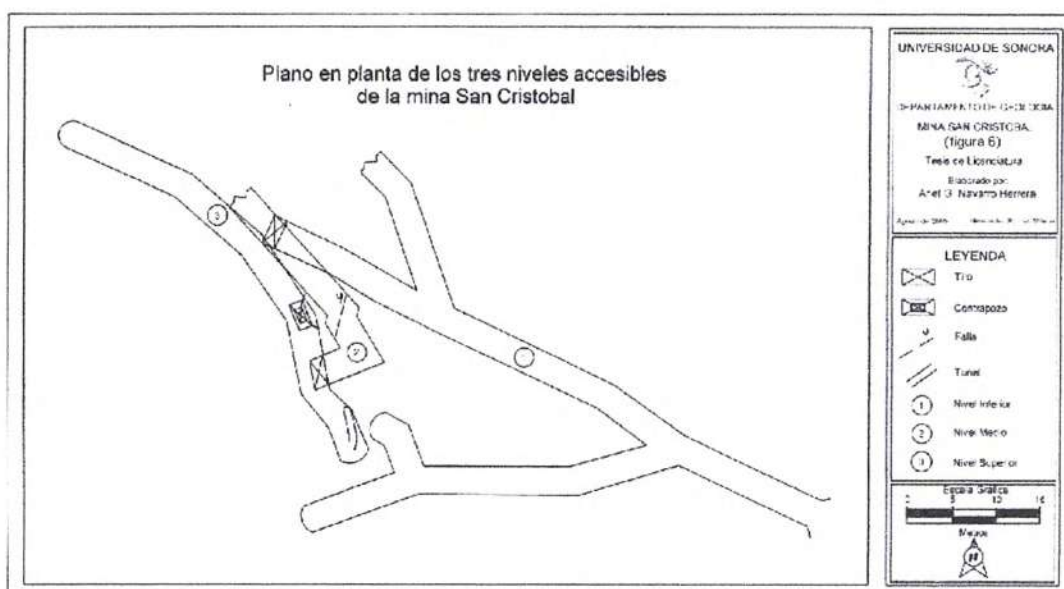
Esta mineralización se encuentra a unos 5 km al Noroeste de Soyopa en la ribera derecha del Río Yaqui, y puede ser alcanzada por un camino de terracería. Se hospeda en la Napa Soyopa, arriba de la Plataforma, que aflora en una de las ventanas que ya hemos mencionado.

En el pasado ha sido objeto de trabajos mineros por obras de gambusinos que la explotaban por plata.

Actualmente está en gran parte derrumbada e inundada, de tal manera que su observación es difícil.

Los trabajos accesibles consisten en unos túneles de entre 30 y 100 m de largo y/o contrapozos verticales o inclinados, de hasta 20 m de largo.

Ha sido posible levantar los trabajos accesibles de tres niveles (figura 6) separados uno del otro por unos 15 m, encontrándose el nivel inferior a unos 220 m de altura sobre el Río Yaqui.



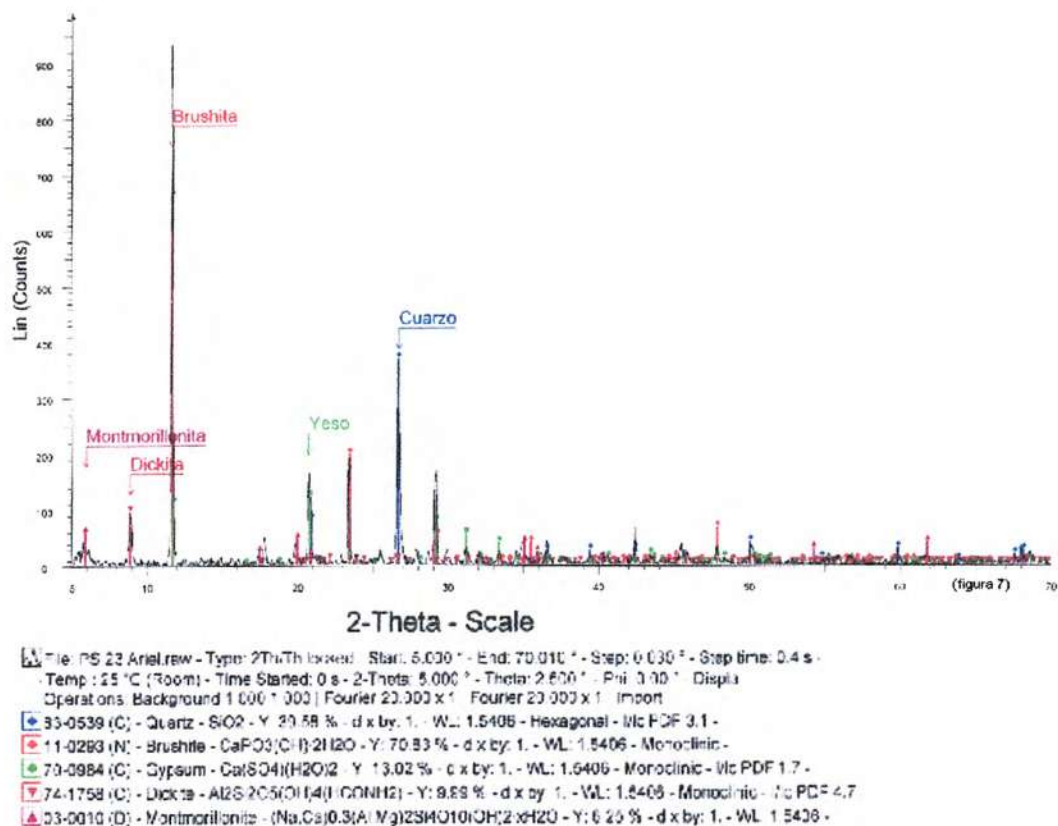
La disposición relativa de estos 3 niveles de explotación indica ya de por sí que el cuerpo mineralizado tiene un rumbo general NW-SE y un echado hacia el NE. Sé verá sin embargo que en el detalle su rumbo y echado varían en realidad de un punto a otro, al igual que lo hacen los de las rocas encajonantes.

El cuerpo mineralizado tiene una altura que se puede estimar aproximadamente en unos 3 m.

La mineralización metálica primaria consistió de pirita, calcopirita, galena, tetrahedrita, freibergita, posiblemente polibasita (?), siempre acompañada por cuerpos cuarzosos. Los minerales metálicos han sido abundantemente oxidados por circulación de aguas superficiales; naciendo así hematita, goetita, carbonatos

de cobre y tal vez carbonatos de plomo con plata. Esta alteración confiere a la mineralización colores negro-amarillentos, los cuales de hecho permiten su reconocimiento. Cabe señalar que estos colores se encuentran como manchas en la roca.

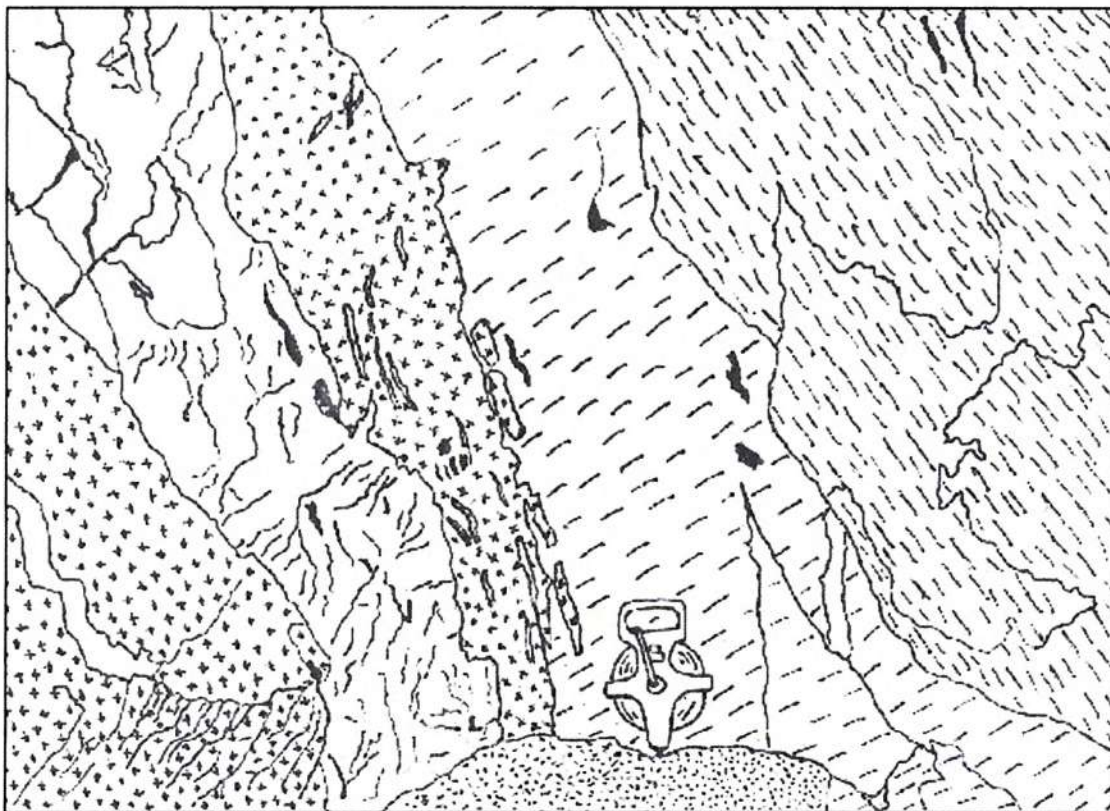
Los gambusinos aprovechaban esencialmente la parte central y más rica del cuerpo mineralizado; según informes orales obtenían un producto comercial con 6% de Cu, 15 kg de Ag y 2 gr de Au por tonelada. Un análisis de difracción de rayos x dió el resultado que se muestra en la figura 7.



### **Morfología de la Mineralización.**

El límite entre la mineralización y su encajonante no es neto: en realidad se ve que desde la periferia hacia la parte axial la caliza misma se enriquece progresivamente de minerales metálicos.

En otras palabras, la mineralización empieza y termina con una diseminación débil de minerales metálicos hacia la caliza. Hay que agregar que en los 3 m de espesor del cuerpo mineralizado se intercalan lentes de caliza con más o menos abundante mineralización metálica. (figura 8)

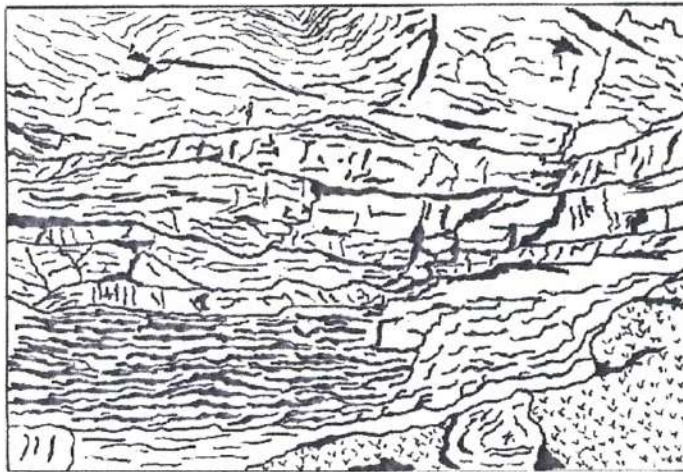


(figura 8)

calizas negras    masa cuarzosa    calizas gris oscuro con vetillas de calcita y cuarzo  
 cuerpo mineralizado principal    calizas gris claro

Figura 8 .- Mina San Cristóbal, nivel superior de las obras accesibles (figura 6). Anatomía del cuerpo mineralizado. La cinta topográfica da la escala. Dibujo sobre foto.

Confirmando lo anterior se puede decir, y se observa, que el cuerpo mineralizado es concordante con la estratificación de las calizas. (figura 9 y 10)



(figura 9)

Figura 9 .- Mina San Cristóbal. Estructura de la mineralización en el techo del nivel superior de las obras accesibles (figura 6). Nótese la concordancia del cuerpo mineralizado con las rocas encajonantes. Cuerpo mineralizado y rocas encajonantes están afectados por una misma esquistosidad S1|| S0. Dibujo sobre foto de una superficie de aproximadamente 3.75m x 2.75m.

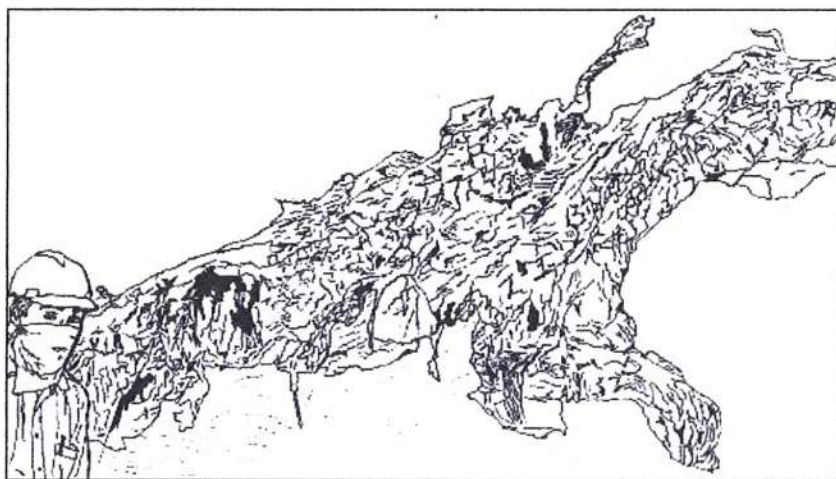


(figura 10)

Figura 10 .- Mina San Cristóbal. Nivel inferior de las obras accesibles (figura 6). Se observa un pilar en el cual aparece el cuerpo mineralizado y su encajonaste mostrando un pliegue isoclinal. Nótese la concordancia del cuerpo mineralizado con su encajonaste. Dibujo sobre foto.



El cuerpo mineralizado ha sido afectado por una esquistosidad paralela o subparalela a los planos de estratificación, al igual que las calizas encajonantes y junto con éstas ha sido sucesivamente afectado por un plegamiento. Debido a su mayor competencia el cuerpo mineralizado ha sido deformado de manera distinta a la de las calizas encajonantes (figura 11) dando lugar en particular a estructuras de tipo <<pinch and swell>> (figura 12) y hasta budines (figura 13).



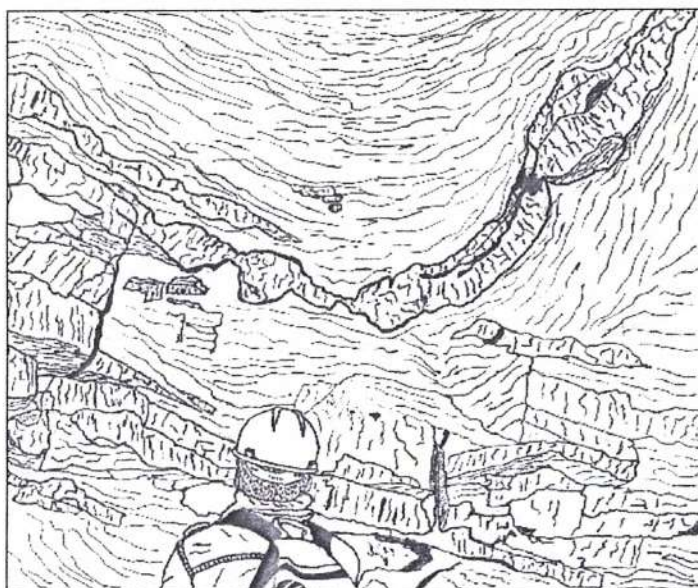
(figura 11)

Figura 11 .- Mina San Cristóbal. Nivel intermedio de las obras accesibles (figura 6). Estructura del cuerpo mineralizado debido a su mayor competencia con respecto a su encajonante. Nótese como el cuerpo mineralizado cambia de espesor en poco espacio. Dibujo sobre foto.



(figura 12)

Figura 12 .- Mina San Cristóbal. Nivel intermedio de las obras accesibles (figura 6). Estructura en <<pinch and swell>> de una parte cuarzosa del cuerpo mineralizado. Dibujo sobre foto.



(figura 13)

Figura 13 .- Mina San Cristóbal. Nivel inferior de las obras accesibles (figura 6). Estructura del cuerpo mineralizado. Nótese (a) los budines y (b) el plegamiento que afectó el nivel con los budines. Dibujo sobre foto.

Estas estructuras de pinch and swell y los budines se encuentran además plegadas. En particular esto se observa en las masas de cuarzo que acompañan la mineralización. Debido a esta sucesión de hechos estructurales si bien, como se ha dicho, la parte conocida de la mineralización tiene un rumbo NW-SE y un echado al NE, aunque en el detalle presenta cambios sustanciales con respecto a esta actitud pudiendo ponerse sub-horizontal y/o mostrando pequeños pliegues métricos.

Según nuestras observaciones el cuerpo mineralizado aumenta de espesor en las charnelas de estos pliegues: son las “bolsas” de los gambusinos de la región, “bolsas” que son las partes más ricas del cuerpo mineralizado mismo. Uno de estos pliegues métricos está expuesto en la bocamina del nivel inferior de la Mina San Cristóbal.

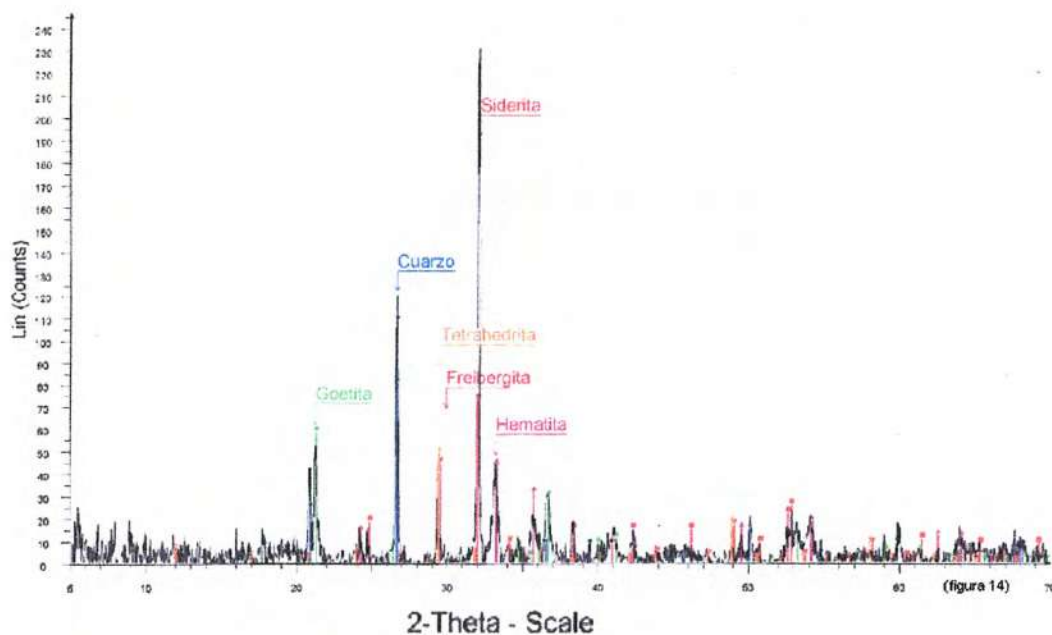
Cabe recordar que al igual que todos los pliegues que afectan la Napa Soyopa, incluyendo la mineralización en cuestión, esta también ha sido rotada por efecto de la Falla Noche Buena.

## Noche Buena.

Esta mineralización se encuentra ubicada a unos 8 km al Noroeste del poblado de Soyopa, en la ribera derecha del Río Yaqui, casi en su unión con el arroyo Noche Buena. (figura 3)

Para su acceso existe un camino de terracería, que no coincide con el marcado en el mapa de INEGI (Carta Topográfica Bacanora H12D55), que era el de la antigua mina. Se puede alcanzar también a pie por una vereda que bajando de la Mina San Cristóbal sigue por la ribera derecha del Río Yaqui.

Esta mineralización ha sido objeto de trabajos mineros de cierta relevancia en el pasado. Según la tradición oral, existían 7 niveles, pero de esos trabajos es todavía accesible solamente una pequeña parte, un túnel de 20 m, todo lo demás está derrumbado, y se conoce que fue explotada por plata. Un análisis de difracción de rayos x dio el resultado que se muestra en la figura 14.



File: P15B1A1e1rav - Type: 2Th/Th locked - Start: 5.000 ° - End: 70.010 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 0.4 s -  
 Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - Phi: 0.00 ° - Dispa  
 Operations: Background f (300,1.000) - Pounet 20.000 x 1 | Import

- 25-0696 (\*) - Siderita - FeCO<sub>3</sub> - Y: 31.35 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Rhombohedral -
- 83-0639 (C) - Quartz - SiO<sub>2</sub> - Y: 46.67 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Hexagonal - IIC PDF 3.1 -
- 25-0713 (I) - Goethita - Fe+3O(OH) - Y: 25.00 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Orthorhombic -
- 78-0007 (C) - Hematita - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Y: 18.75 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Rhombohedral - IIC PDF 3.3 -
- 73-1184 (C) - Freibergita - Ag<sub>1.4</sub>Cu<sub>10.8</sub>Sb<sub>4</sub>S<sub>13</sub> - Y: 16.75 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Cubic - IIC PDF 8.1 -
- 86-1649 (C) - Tetrahedrita - Cu<sub>7.88</sub>Ag<sub>2.12</sub>Fe<sub>1.44</sub>Sb<sub>2.70</sub>As<sub>1.30</sub>913 - Y: 20.63 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Cubic - IIC PDF 7.3 -

El cuerpo mineralizado tiene un rumbo NE50°SW y un echado SE35°, y es concordante con las capas encajonantes. El cuerpo mineralizado está completamente oxidado. Se presenta prácticamente como una masa de color café oscuro a negro (figura 15).



(figura 15)

Figura 15.- Mina Noche Buena. Aspecto y actitud del cuerpo mineralizado como se aprecia en un pilar. Dibujo sobre foto.

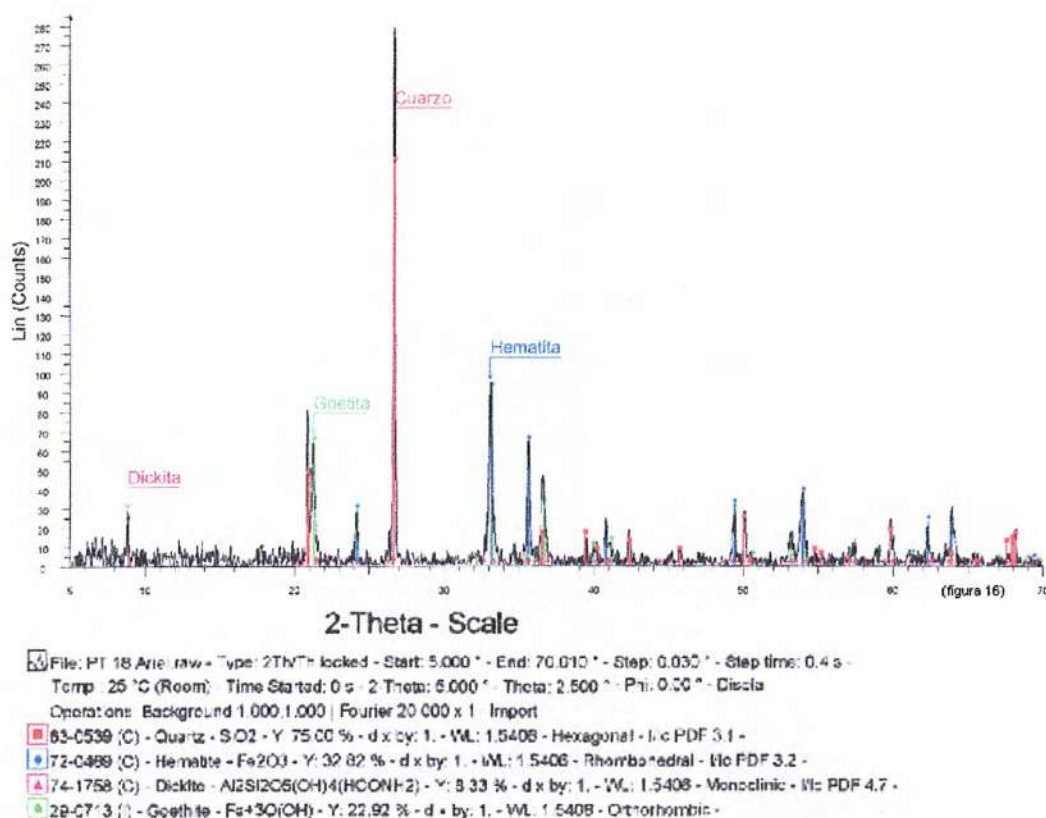
## 2) Tepehuaje

La mineralización del Tepehuaje se encuentra ubicada a unos 4 Km al Noreste del poblado de Soyopa.

Para llegar a ella es necesario cruzar el Río Yaqui, lo que se hace por medio de una panga cuando el Río Yaqui lleva agua, o por un vado cuando el Río Yaqui está seco. Cruzado este río, se sigue un camino de terracería que al comienzo va por el lecho del arroyo La Higuera, y después sube hacia el Oeste hasta llegar a las obras mineras.

Esta mineralización ha sido explotada por oro en diferentes épocas, la última de ellas prácticamente en nuestros días, por gambusinos y/o muy pequeños mineros. Según la tradición oral, el mineral seleccionado y/o pepenado tenía leyes

de unos (o de hasta) 100 gr/Ton. Un análisis de difracción de rayos x dió el resultado que se muestra en la figura 16.



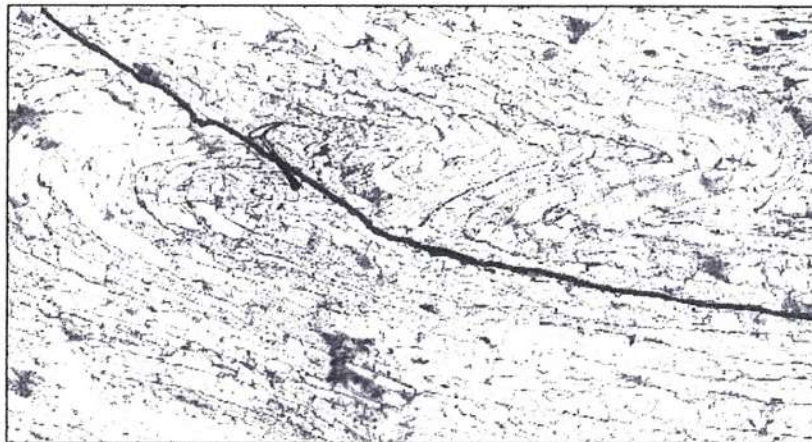
La mineralización se encuentra en la Napa Soyopa inmediatamente arriba de su contacto con la Plataforma Paleozoica.

Por su proximidad con la Plataforma Paleozoica consideramos que se trata de la parte inferior de la Napa Soyopa.

La mineralización del Tepehuaje se encuentra en una secuencia relativamente monótona de calizas de color gris generalmente claro y calizas arenosas en capas en promedio de 10 cm de espesor y ocasionalmente hasta 20 cm. [En comparación con la parte de la Napa en la cual se encuentra la mineralización de la Mina San Cristóbal faltan aquí las calizas negras, lutitas y pedernal que constituyen el encajonante de la San Cristóbal. Según observaciones preliminares es posible que esta misma secuencia de calizas grises ocurra entre el nivel de la Mina San Cristóbal y el Río Yaqui.]

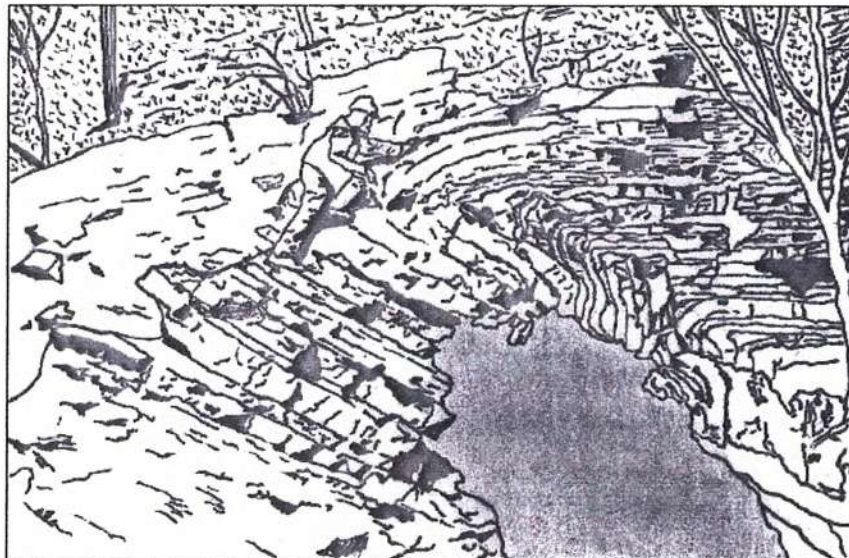
Al igual que las rocas que afloran en la mina San Cristóbal, estas capas también están afectadas por una esquistosidad esencialmente paralela a la estratificación. Debido a la mayor competencia de estas rocas la esquistosidad se ve menos que en San Cristóbal, lo que permite reconocer mejor el plegamiento.

Como en San Cristóbal, aquí también las rocas de la Napa Soyopa están afectadas por pliegues isoclinales (figura 17 y 18) de plano axial echado al NE.



(figura 17)

Figura 17.- Mina Tepehuaje. Pliegues isoclinales fallados de las calizas que hospedan la mineralización. Dibujo sobre foto.



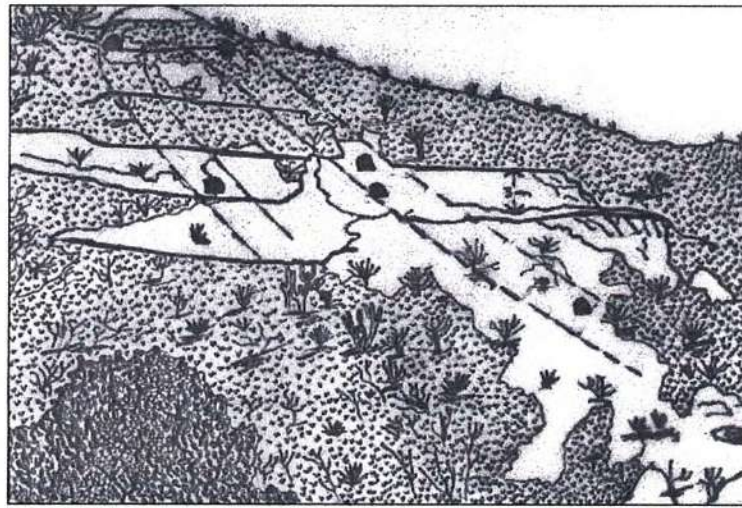
(figura 18)

Figura 18.- Mina Tepehuaje. Plegamiento isoclinal de las calizas que hospedan la mineralización. Dibujo sobre foto.

Aquí también atribuimos esta actitud a una rotación pos-napa ligada a fallas lístricas echadas al SW.

Además están afectadas por fallas, a veces espectaculares, de rumbo NE-SW y echado subvertical que ponen en contacto esta Napa, incluyendo su mineralización, con la Plataforma Paleozoica.

En esta área se reconocen todavía las entradas de 20-25 túneles. Estos están a poca distancia horizontal (unos 10 m o menos) y sobre todo vertical (de 3 a 5 m) uno del otro, como se muestra en la (figura 19).



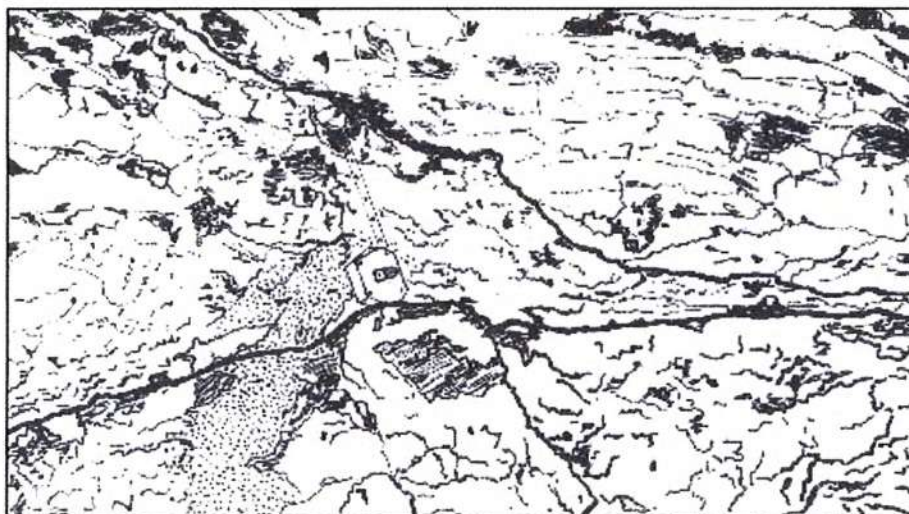
(figura 19)

Figura 19.- Mina Tepehuaje. Se observan varias bocaminas a pequeña distancia la una de la otra. En nuestra interpretación esta disposición de las obras mineras se debe a que el cuerpo mineralizado está afectado por un pliegue isoclinal como se indica. Dibujo sobre foto.

El cuerpo mineralizado consta de una alternancia de calizas negras y rojizas, con masas irregulares de cuarzo lechoso con niveles ferruginosos muy oxidados, que por efecto de las aguas circulantes, mancharon de un color rojizo a ocre el conjunto del cuerpo mineralizado.

El oro está contenido en estos niveles ferrosos. Se puede estimar el espesor primitivo del cuerpo mineralizado en unos 2 m. Sin embargo, debido a la

esquistosidad, plegamiento y fenómenos asociados (budinaje) el espesor actual varía desde pocos cm hasta los 4 m (figuras 20, 21, 22, 23 y 24).



(figura 20)



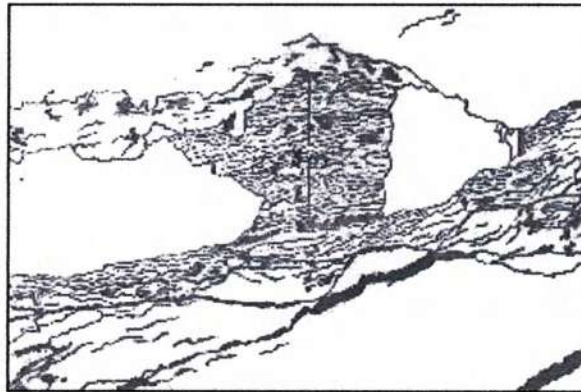
(figura 21)

Figuras 20 y 21.- Mina Tepehuaje. Cambios de espesor del cuerpo mineralizado. En la figura 20 el cuerpo mineralizado está indicado por la posición de la cinta métrica. En la figura 21 el cuerpo mineralizado está indicado por las cruces. Nótese la concordancia entre el cuerpo mineralizado y las rocas encajonantes. Dibujo sobre foto.





(figura 22)



(figura 23)



(figura 24)

Figuras 22,23,24.- Mina Tepehuaje. Cambio de espesor del cuerpo mineralizado desde 1m (figura 22) a 3m (figura 23) hasta 4m (figura 24). Nótese en las tres figuras la concordancia del cuerpo mineralizado con las rocas encajonantes. Dibujo sobre foto.

Los espesores mayores se encuentran en las charnelas de los pliegues (bolsas de los gambusinos), los menores en los flancos estirados de los pliegues mismos donde puede llegar a desaparecer.

El cuerpo mineralizado corresponde a un cambio estratigráfico en la secuencia. Tanto al piso como al techo se encuentran las calizas grises estratificadas como ya se mencionó en capas de 10 a 20 cm de espesor; en cambio en el cuerpo mineralizado mismo se encuentran calizas oscuras de sedimentación fina y cuerpos irregulares de cuarzo lechoso.

Tanto al piso como al techo los contactos son netamente estratigráficos. Esto indica claramente que la génesis de la mineralización está ligada a un cambio en las condiciones de sedimentación, posiblemente con una fase de inestabilidad de la cuenca. Se trata por lo tanto de una mineralización de tipo singenético, sea cual fuera el origen de los elementos metálicos.

La mineralización desaparece brutalmente hacia la profundidad. Lo demuestran varios tiros y/o "inclines" que bajan desde el nivel inferior de los trabajos antiguos. Estos trabajos, evidentemente realizados para seguir o volver a encontrar la mineralización nunca alcanzaron este objetivo. Hay que concluir que la mineralización ha sido truncada por el plano o los planos de cizalla a que se debe el cabalgamiento de la Napa Soyopa sobre la Plataforma Paleozoica.

### **Primeras Conclusiones**

Conviene subrayar lo que está implícito en lo anterior, es decir que en la Napa Soyopa existen, en el bloque considerado, dos niveles mineralizados: el nivel del Tepehuaje (nivel inferior) y el nivel de la San Cristóbal (nivel superior).

De esos dos niveles el inferior parece existir solamente en el Tepehuaje mismo. En cambio el nivel de San Cristóbal parece mucho más extendido.

Al Noreste parece extenderse en el subsuelo hasta incluir la mineralización de la Obra Noche Buena.

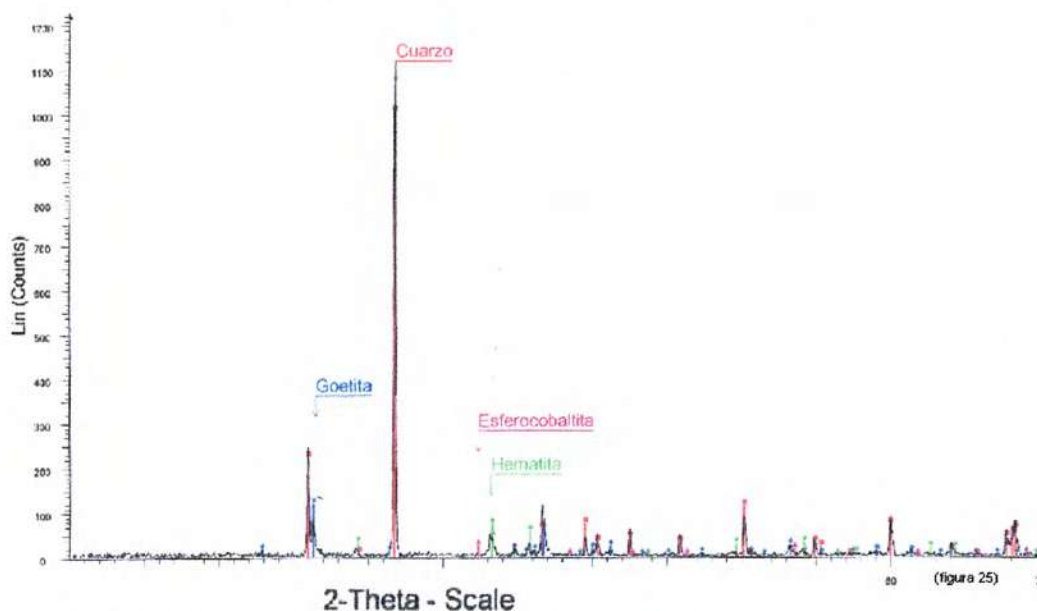
Hacia el Sur el nivel San Cristóbal parece existir entre dicha mina y el Cerro Tecolote, es decir sobre una distancia de entre 1- 1.5 km donde existieron trabajos de explotación en el tiempo pasado ("San Cristóbal Viejo"), trabajos de los cuales no quedan trazas.

Esta mineralización también parece extenderse al Sureste de la mina San Cristóbal en la rivera izquierda del Río Yaqui, donde existieron obras mineras llamadas San Miguel o Mina del Río, obras que incluían un molino.

### ***Mineralizaciones de la Napa San Antonio.***

### **3) Montaña de Oro**

La mineralización de la Montaña de Oro, fue explotada en el pasado por oro, y está ubicada a unos 8 km al Este del poblado de Rebeico. Un análisis de difracción de rayos x dió el resultado que se muestra en la figura 25.

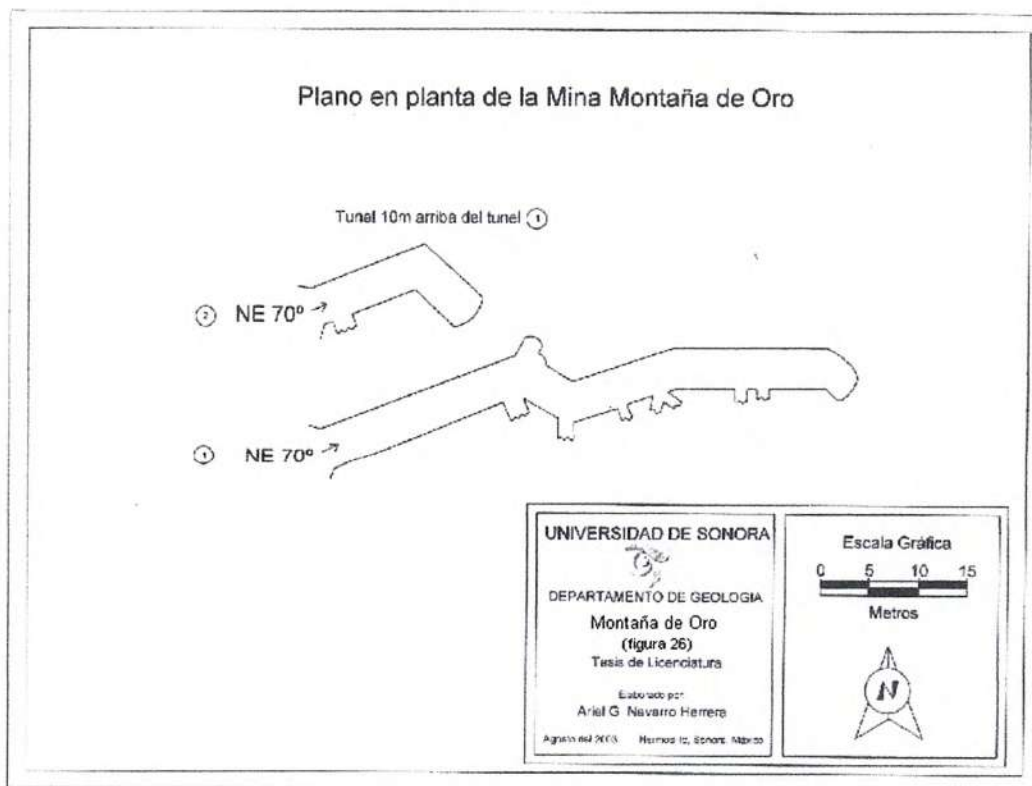


File: PR 3 Aris.raw - Type: 2Th/Th lockon - Start: 5.000° - End: 70.010° - Step: 0.030° - Step time: 0.4 s -  
 Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 5.000° - Theta: 2.500° - Phi: 0.00° - Display  
 Operations: Background 1.000, 1.000 | Fourier 20.000 x 1 | Import  
 85-CB30 (C) - Quartz - SiO2 - Y: 80.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - Iic PDF 3.1 -  
 29-C713 (I) - Goethite - Fe3O(OH) - Y: 10.42 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic -  
 85-C599 (C) - Hematite - Fe2O3 - Y: 6.25 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombohedral - Iic PDF 2.9 -  
 C1-1020 (D) - Sphaerocobalite - CoCO3/CoO CO2 - Y: 2.56 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombohedral -

Desde el punto de vista geológico la mineralización está hospedada en la Napa San Antonio.

Recordemos que esta Napa está constituida esencialmente por alternancias de cuarcitas gris claro, calizas grises, lutitas y niveles de pedernales, terminándose con una potente ortocuarcita, por lo menos despegada, la ortocuarcita San Antonio. Las alternancias mencionadas arriba presentan un plegamiento isoclinal de rumbo NE-SW con planos axiales de echado al NW y una esquistocidad débil en comparación con la de la Napa Soyopa.

La mayoría de los trabajos mineros en los cuales aparecía la mineralización están derrumbados, así que su observación directa es limitada y difícil (figura 26).



Por lo que se puede observar, la mineralización está constituida por un cuerpo tabular aparentemente concordante con las capas de cuarcita, calizas y lutitas en las cuales se encuentra, y ha sido plegada junto con estas (figuras 27 y 28).



(figura 27)

Figura 27.- Mina Montaña de Oro. Cuerpo mineralizado en la bocamina del nivel inferior (figura 26). Nótese la concordancia de este cuerpo con las rocas encajonantes. Dibujo sobre foto.



Figura 28.- Mina Montaña de Oro. Nivel inferior (figura 26). Nótese el cambio de echado del cuerpo mineralizado con respecto a como se observa en la (figura 27). Nótese la concordancia del cuerpo mineralizado con las rocas encajonantes. El dibujo muestra como el cuerpo mineralizado se desarrolló hacia la obra del nivel superior (figura 26). Dibujo sobre foto.

Sin embargo, su piso está afectado también por una serie de fallas paralelas, ligeramente discordantes con la estratificación y la mineralización. Estas fallas podrían ser fallas conjugadas a las grandes fallas NW-SE.

Este cuerpo tiene un espesor de aproximadamente 1 m de ancho y pudo ser seguido en una de las obras por 51 m. En los primeros 21 m tiene un rumbo NE70°SW y en los siguientes 30 m un rumbo casi E-W, lo que da directamente una idea del plegamiento que lo afectó.

A este plegamiento en el plano horizontal se acompaña un plegamiento en el plano vertical. Esto se deduce de las observaciones siguientes:

A pequeña escala, si se proyecta el cuerpo mineralizado con su rumbo y echado hacia la parte inferior del cerro y se busca entonces donde debería aflorar, se constata que no aparece más abajo del nivel de los trabajos existentes. Esto se puede explicar solamente suponiendo que él cuerpo mineralizado cambió su echado haciéndose más vertical, lo cual implica un plegamiento.

Por otro lado, y a otra escala, no existen trazas de trabajos mineros debajo de la curva de nivel 1000, que se encuentra a unos 100 m arriba del plano de cabalgamiento de la Napa San Antonio, plano que evidentemente interceptó también la mineralización que esta Napa contiene.

El cuerpo mineralizado es un cuerpo cuarzoso con intercalaciones calcáreas. Tanto el cuerpo como la caliza contienen minerales de fierro, cuyos productos de alteración imprimieron al conjunto del cuerpo colores variables entre amarillo-ocre-rojizo. Pero también se alcanzan a observar a la lupa pequeños restos de pirita y probablemente calcopirita. La experiencia de los gambusinos enseña que el oro está ligado a estos minerales.

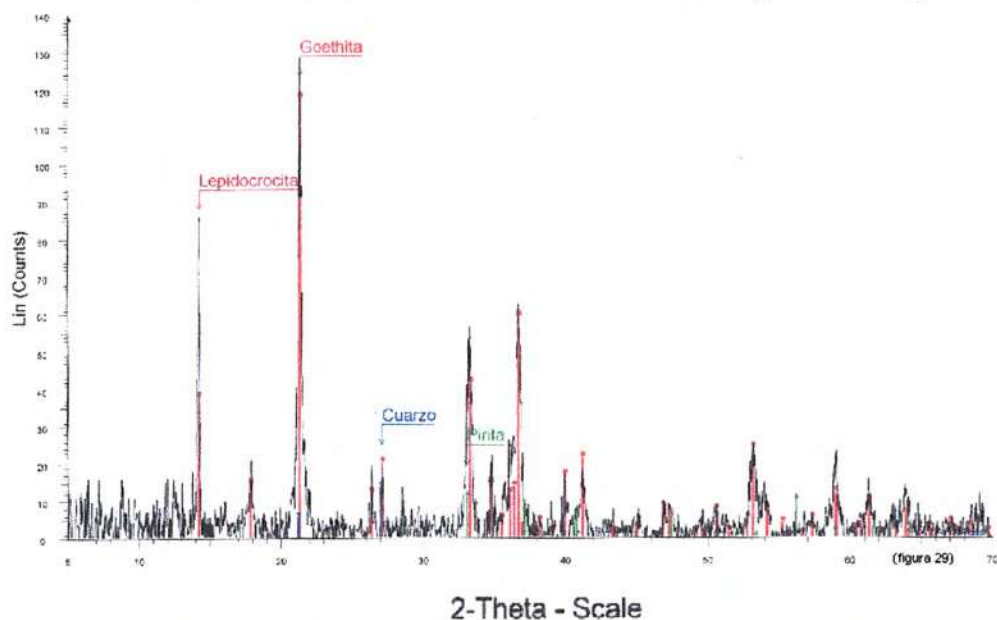
Según la tradición oral, el cuerpo presenta leyes de Au de más de 100 gr/Ton, pero se trata probablemente de la ley del mineral pepenado.

#### **4) Gallo de Oro.**

La mineralización de esta obra minera se encuentra aproximadamente a 6 Km al Noroeste, en línea recta, del poblado de Soyopa, en la ribera derecha del

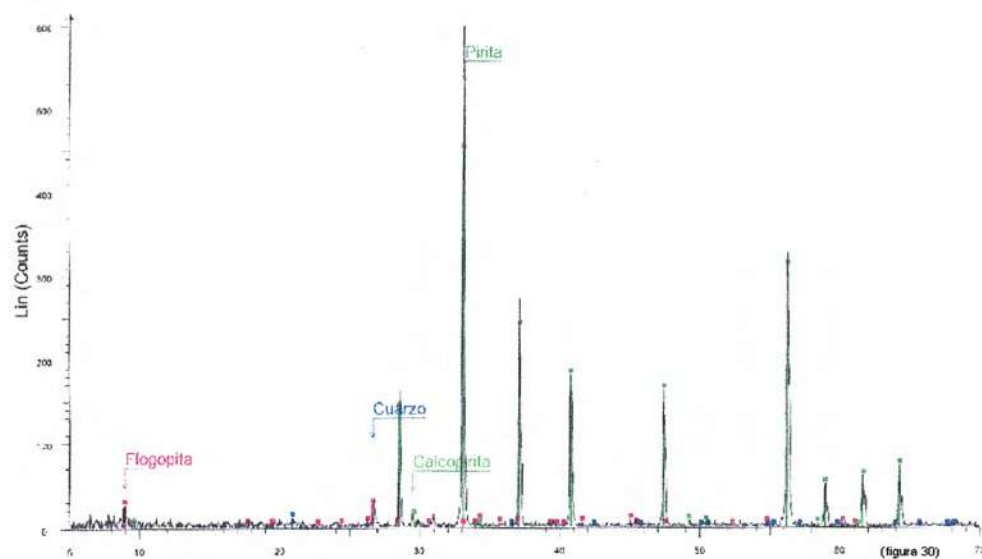
Río Yaqui. Se llega a ella por el camino a la Mina San Cristóbal, y siguiendo por 1.5 km hacia el Norte y a 160 m más arriba de San Cristóbal.

Esta mineralización, al igual que la mayoría de las del área en estudio, ha sido explotada por los gambusinos de la región, que aquí obtenían oro. Unos análisis de difracción de rayos x dieron los resultados siguientes. figuras 29 y 30.



File: A:\el Py Ox 3 Oro raw - Type: 2Th:Th locked - Start: 5.000 ° - End: 70.010 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 0.4 s -  
 Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - Phi: 0.00 ° -  
 Operations: Background: 1.000, 1.000 | Founch: 20.000 x 1 | Import

- 29-0713 (I) - Goethite - Fe<sub>2</sub>O(OH) - Y: 81.57 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Orthorhombic -
- 85-2489 (C) - Quartz - SiO<sub>2</sub> - Y: 11.42 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Hexagonal - I/c PDF 0.6 -
- 74-1677 (C) - Lepidocrocite - FeO(OH) - Y: 29.17 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Orthorhombic - I/c PDF 4.2 -
- ▲ 71-1680 (C) - Pyrite - FeS<sub>2</sub> - Y: 8.33 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Triclinic - I/c PDF 0.9 -

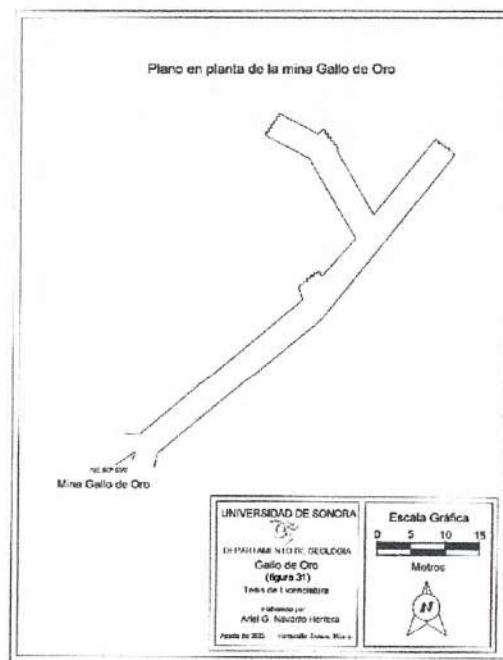


## 2-Theta - Scale

File: Ariel Py G Oro raw - type 2' with locker - Start 5.000 ° - End 70.210 ° - Step: 0.330 ° - Step time: 0.4 s -  
 Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 0 s - 2-Theta: 5.000 ° - Theta: 2.500 ° - Phi: 0.00 ° - Dia:  
 Operations: Background \* (00.1 000) Founar 20 000 x 1 Import  
 42-1340 (\*) Pyrite - FeS<sub>2</sub> - Y: 75.00 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Cubic - I/c PDF 1.6 -  
 83-2465 (A) - Quartz - SiO<sub>2</sub> - Y: 4.17 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Hexagonal - I/c PDF 0.6 -  
 10-0455 (J) - Phlogopite-1M - <Mg<sub>3</sub>(Si<sub>3</sub><sup>A</sup>)O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub> - Y: 4.17 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Monoclinic -  
 75-0253 (C) - Chalcopyrite - CuFeS<sub>2</sub> - Y: 2.08 % - d x by: 1 - WL: 1.5406 - Cubic - I/c PDF 7.7 -

Actualmente los trabajos mineros se encuentran casi completamente derrumbados, lo cual hace difícil su observación.

Se puede visitar solamente una obra de unos 65 m aproximadamente. Se trata de un túnel de rumbo NE45°SW, desde el cual a los 44 m, sale otro túnel de rumbo NW (figura 31).



El cuerpo mineralizado presenta una actitud entre subvertical y un fuerte echado al NW.

A diferencia de la mineralización de la Mina San Cristóbal, la mineralización de la Mina Gallo de Oro se encuentra hospedada en la parte inferior de la Napa



San Antonio, encontrándose a escasos 30 m del límite Napa Soyopa-Napa San Antonio.

El cuerpo mineralizado es esencialmente tabular y tiene un espesor aproximado de 2 m. Está constituido por una alternancia de capas de cuarcita y caliza, impregnadas de minerales de fierro, en las cuales se intercalan bandas con exclusivamente remanentes ferrosos.

Los minerales de fierro, primitivamente por lo menos en parte pirita y poca calcopirita, están oxidados lo cual confiere a todo el cuerpo colores amarillo-ocre-rojizo. Según información oral recogida en el lugar, el oro explotado por los gambusinos se encontraba esencialmente en las bandas ferrosas mencionadas arriba.

Un rasgo típico de esta mineralización está dado por una serie de fallas con un echado de 40° a 45° al SE, que afectan dislocando el cuerpo mineralizado.

A primera impresión esta mineralización parece igual a la de la Montaña de Oro. Sin embargo, hay entre las dos mineralizaciones una diferencia importante en el sentido de que mientras en la Montaña de Oro, el oro es ligado, en el Gallo de Oro el oro parece ser libre. Esto está sugerido por el hecho de que en esta última mina los gambusinos lo concentraban (o preconcentraban) con la "maquina de viento mexicana," mientras que en la Montaña de Oro el oro tenía que ser o fundido, cianurado o amalgamado.

## **B) LAS MINERALIZACIONES DEL BLOQUE SOYOPA-SAN ANTONIO.**

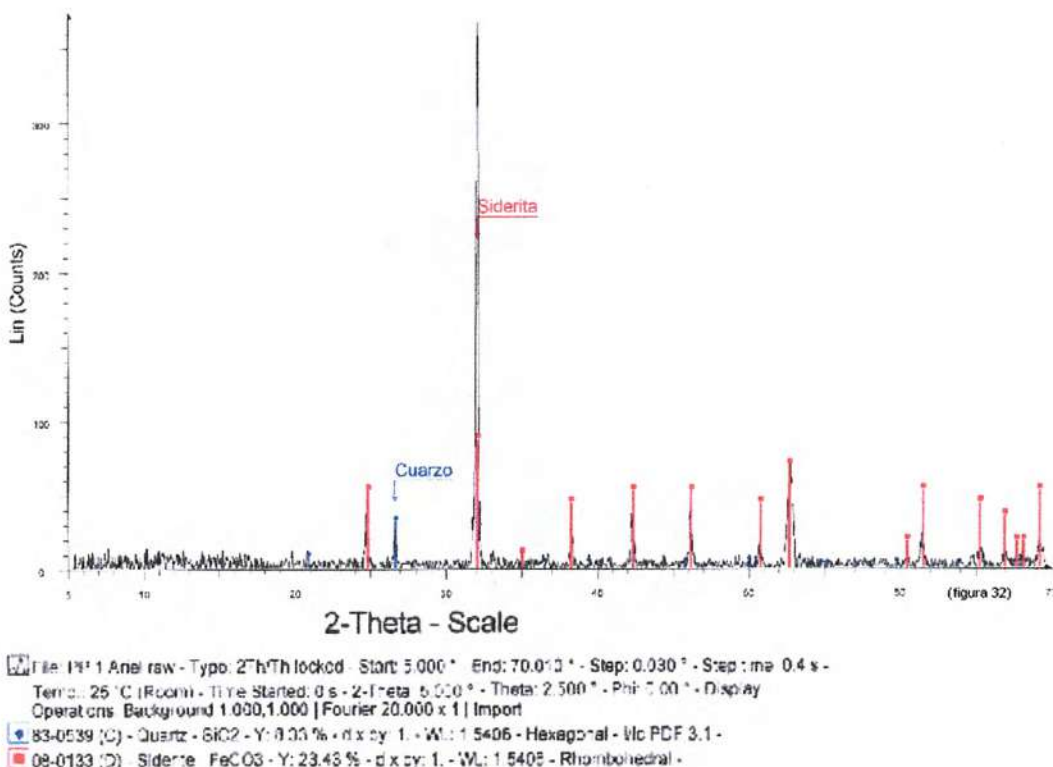
De esta área se estudiaron las mineralizaciones de:

- 1) La Prietita y La Prieta Ag(Au)
  - 2) Guadalupe e Hidalgo Ag(Au)
- todas ellas hospedadas en la Napa Soyopa

### **1) La Prietita.**

Esta mineralización se encuentra a unos 5.5 km al Suroeste de Soyopa. Se llega a ella por un camino de terracería (figura 2) que pasa a pocos metros de los

trabajos mineros relativos. Ha sido explotada por Plata desde la época colonial (Real Viejo). Un análisis de difracción de rayos x dió los resultados que se muestran en la figura 32.



Se reconocen todavía 5 bocaminas en forma de tiros inclinados (“inclines”) de 45° al NE.

Desafortunadamente, en la actualidad estas obras están en gran parte derrumbadas y unas de ellas están inundadas. Solamente ha sido posible recorrer unos 20-25 metros: 8 a 10 metros de “incline”, seguidos por unos 15 metros de desarrollo sub-horizontal.

El cuerpo objeto de la explotación está encajonado en rocas carbonatadas sobreyacidas por cuarcitas en capas de entre 3 y 15 cm de espesor. Todas estas rocas, y el cuerpo mineralizado que contienen, han sido afectadas por una esquistosidad paralela o subparalela a sus planos de estratificación. El rumbo general de todas estas rocas es NW-SE con echado al NE. Pero en el detalle su

rumbo y echado varían de un punto a otro debido a su plegamiento (figura 33) que los afectó posteriormente a la esquistosidad (esquistosidad plegada).



(figura 33)

Figura 33 .- Mina Prietita. Pliegue fallado en las cuarcitas. Dibujo sobre foto

El cuerpo objeto de la explotación se caracteriza por una coloración de café a negro. Se observa en él un gran contenido de calcita con impregnaciones de carbonato de cobre y de óxidos de hierro.

Este cuerpo se encuentra entre las cuarcitas al techo y las calizas al piso, siendo concordante en estas facies. Su espesor varía entre 1.5 y 2 m. Desaparece paulatinamente tanto hacia arriba, en las cuarcitas, como hacia abajo, en las calizas.

Al igual de lo que se observó en la mineralización de San Cristóbal, también en La Prietita la mineralización se vuelve más importante en las charnelas de los pliegues; son las "bolsas" de los gambusinos de la región.

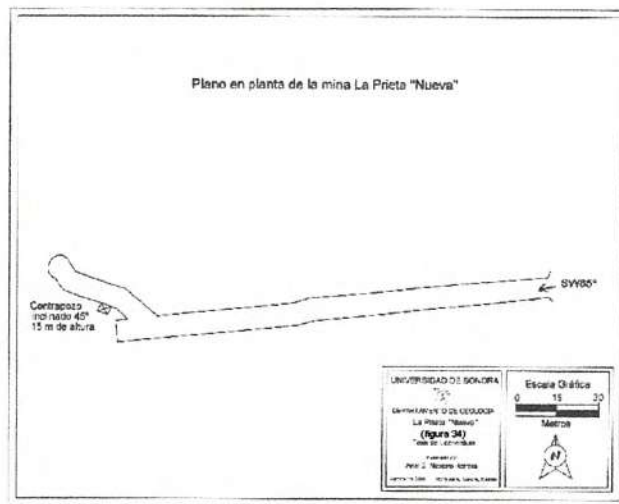
Según la tradición oral, en estas bolsas se encontraban hasta 13 Kg de Ag por tonelada.

Debido a la falta de acceso, desafortunadamente no estamos todavía en condición de indicar en cual mineral o en cuales minerales se encontraba esta Ag.

## La Prieta (o Las Prietas)

Esta mineralización se encuentra ubicada aproximadamente a unos 5 km al Suroeste de Soyopa. Se llega a ella por el mismo camino de terracería que lleva a La Prietita (figura 2).

La mina de La Prieta es una vieja mina cuyos trabajos son actualmente inaccesibles, la cual, según la tradición oral, tenía hasta 20 kg de Ag por tonelada. Para alcanzar los niveles correspondientes, en los años 1970 unos pequeños mineros trazaron, a unos 500 m del camino de terracería antes mencionado, un túnel de rumbo SW. Este túnel tiene una longitud de 170 m, del cual, a los 160 m, se desprende otro túnel de unos 24 m con rumbo NW, al final de los cuales se encontró la mineralización. Indicamos estos trabajos con el nombre de Prieta Nueva. (figura 34)



## 2) Guadalupe e Hidalgo

Estas "minas" se encuentran a unos 6.5 km al Suroeste de Soyopa. Se puede llegar a ella siguiendo el camino indicado en la figura 2.

Han sido explotadas en el pasado, y hasta hace unos pocos años (década de los 80's), por Ag acompañado por (poco) Au.

De todas las consideradas en este trabajo, estas "minas" de Guadalupe e Hidalgo son sobre las cuales la información geológica colectada es la más pobre. Esto se debe esencialmente a problemas de acceso: las obras relativas están derrumbadas muy cerca de las bocaminas o cerradas por muros de piedra construidos por sus últimos dueños, como protección de su mineral. Además las "minas" derrumbadas no tienen ventilación y se encuentran llenas de gases tóxicos.

Realmente se han podido visitar solamente unos "inclines": 2 en la Hidalgo, 1 en la Guadalupe.

La mineralización se encuentra hospedada en calizas grises o negras con algunas intercalaciones de calizas rosadas, siempre con muchas vetillas de cuarzo y nódulos de pedernal (figura 35).



(figura 35)

Figura 35.- Mina Hidalgo. Actitud y aspecto del cuerpo mineralizado. Dibujo sobre foto

Se trata de una secuencia que por similitud de facies parece lógico atribuir a la Napa Soyopa. Esta conclusión por otro lado se apoya también en el hecho de que

una ventana tectónica permite ver que el substrato de dicha secuencia es la Plataforma Paleozoica, en la cual se encontraron crinoides y briozoarios.

En el cuerpo explotado se reconocen macroscópicamente: pirita, calcopirita y carbonatos de cobre.

Donde ha sido posible observarlo, este cuerpo tiene un espesor de  $\pm 2$  m, y presenta una relación transicional con las calizas que lo hospedan tanto al piso como al techo, siendo su parte central la más rica. Dicho cuerpo es concordante con las calizas que lo hospedan y ha sido plegado junto con ellas.

Conviene insistir sobre el plegamiento que afectó la mineralización y la secuencia que lo contiene.

Las "minas" Hidalgo y Guadalupe a unos 500 m la una de la otra, han sido consideradas localmente como dos minas distintas. Geológicamente, sin embargo, aparecen como dos partes de un único cuerpo mineralizado, deformado por el plegamiento. Tomando en cuenta el hecho de que los "inclines" han sido trazados en el cuerpo mineralizado, su misma disposición pone en evidencia el plegamiento de dicho cuerpo mineralizado y así mismo su continuidad como se muestra en la figura siguiente figura 36.



Además, esta continuidad está comprobada por la existencia de varias obras mineras intermedias, actualmente derrumbadas.

En el bloque Rebeico-Soyopa se pudo poner en evidencia que en la Napa Soyopa existen dos niveles mineralizados: el nivel del Tepehuaje (nivel inferior) y el nivel de San Cristóbal (nivel superior).

De la misma manera, en este bloque Soyopa-San Antonio también parece existir en la Napa Soyopa dos niveles mineralizados: el nivel Hidalgo-Guadalupe (nivel inferior) y el nivel de Las Prietas (nivel superior).

Esto se deduce claramente de la distancia estratigráfica entre estos dos niveles y las cuarcitas sobreyacentes. De hecho mientras el nivel superior está directamente en contacto con dichas cuarcitas el nivel inferior se encuentra a una distancia vertical de unos 250 m de la misma. Además por lo que se puede observar en la proximidad de la Guadalupe, el nivel Hidalgo-Guadalupe se encuentra a no más de unos 50 m arriba de la Plataforma Paleozoica sobre la cual descansa la Napa Soyopa.

## CONCLUSIONES

Conviene resumir las observaciones anteriores, efectuadas sobre los cuerpos mineralizados del área Rebeico-Soyopa-San Antonio de la Huerta.

- Todos los cuerpos mineralizados examinados se encuentran en las Napas emplazadas, durante el Triásico Inferior, arriba de la Plataforma calcáreo-arenácea Paleozoica de Sonora:
  - Napa Soyopa, directamente arriba de dicha plataforma;
  - Napa San Antonio, sobrepuesta a la Napa Soyopa;
- Ambas Napas están constituidas por secuencias Paleozoicas (Cámbrico a Pérmico) de agua profunda, por lo menos en comparación con los de la Plataforma.

- En dichas Napas los cuerpos mineralizados observados se reparten como siguen:
  - Napa San Antonio: Gallo de Oro (Au), Montaña de Oro (Au).
  - Napa Soyopa:
    - nivel superior: “Prietas” (Ag (Au)), San Cristóbal-Noche Buena (Ag (Au))y sus extensiones (San Cristóbal vieja, San Miguel o Mina del Río); todas explotadas en el pasado por plata;
    - nivel inferior: Tepehuaje (Au), Hidalgo-Guadalupe (Ag, (Au)).
- Todos los cuerpos mineralizados se caracterizan por:
  - (a) son concordantes con las rocas encajonantes;
  - (b) han sido afectados, conjuntamente con ellas, por una esquistocidad prácticamente paralela a la estratificación, acompañada frecuentemente por fenómenos de boudinaje;
  - (c) han sido sucesivamente plegados junto con las rocas encajonantes (esquistocidad plegada), y se concentraron volumétricamente en las charnelas (“bolsas” de los pequeños mineros locales).
- Los cuerpos mineralizados están afectados por fallas subhorizontales (cuyos desplazamientos son los “brincos” de los pequeños mineros locales). Esto se observa particularmente bien en el Gallo de Oro.
 

Es posible, pero aún no comprobado, que estas estructuras (o, por lo menos, algunas de ellas) están en relación con la compresión oregoniana (Mesocretácico), (cabalgamiento de la Plataforma sobre el Autóctono Americano).
- En ningún caso un cuerpo mineralizado pasa de una napa a la otra o de una napa a la Plataforma. Todos estos cuerpos están realmente limitados por los planos de cizalla que definen y separan las napas y la Plataforma. Esto puede ser observado en el Gallo de Oro (límite Napa San Antonio-Napa Soyopa) y en el Tepehuaje (límite Napa Soyopa-Plataforma). En el Tepehuaje, en algunos viejos tiros, realizados para seguir un cuerpo mineralizado hacia la profundidad, se puede ver, que la mineralización desaparece en correspondencia de planos de cizalla al acercarse a la Plataforma.



- Existen en el área diferentes cuerpos ígneos como, por ejemplo: el granitoide del Cerro La Higuera; el cuerpo hipabisal de la Luz del Cobre, diques de tipo andesítico que se observan al Norte de la Falla Noche Buena y hasta el interior del Tepehuaje.

Pero en ningún caso los cuerpos mineralizados objeto de este trabajo tienen alguna relación genética con dichos cuerpos ígneos. La prueba de esto está en que dichos cuerpos ígneos nunca presentan las deformaciones que hemos ampliamente comentado y que afectan los cuerpos mineralizados y su encajonante, de los cuales, por lo tanto, son posteriores.

[Y por razones de claridad conviene agregar que en el área estudiada no se encontró, ni ha sido citada en la literatura geológica, alguna roca ígnea con la cual podrían estar genéticamente relacionadas las mineralizaciones objeto del presente estudio.

La única excepción podría ser la de unos afloramientos de rocas básicas y ultrabásicas que nos ha situado M.C. Rafael Rodríguez Torres al Este de nuestra área, (comunicación personal) que no hemos todavía estudiado por falta de tiempo.]

Con base en las observaciones anteriores, las mineralizaciones parecen ser singenéticas. Este carácter singenético está subrayado por el hecho de que ha sido posible observar en varios casos que, desde el piso hacia el techo, la mineralización aumenta progresivamente hasta un máximo para entonces disminuir también progresivamente.

Por otro lado, también en la espera de una investigación específica (que seguirá), las mineralizaciones examinadas aparecen como hidrotermales, lo que significa que los metales han sido aportados por fluidos (Pelissonnier, 1995).

El depósito de los metales estuvo entonces controlado como en todos estos casos por el pH y la fugacidad de oxígeno de las soluciones (Anderson, 1975). Por

lo menos en los que se encuentran asociados con los carbonatos (cuerpos mineralizados de la Napa Soyopa), el depósito de los elementos metálicos ha sido probablemente relacionado con un aumento del pH de los fluidos al llegar en los niveles carbonatados, en condiciones reductoras (baja fugacidad del oxígeno).

En el marco geológico indicado más arriba, está permitido postular que los metales de los cuerpos mineralizados considerados fueron aportados por fluidos que percolaron "perascensum" a través de fallas del zócalo de las cuencas originales del contenido de las Napas. Como, durante su traslado, la secuencia de dichas Napas perdieron toda conexión con su zócalo, no hay esperanza alguna de poder observar estos conductos.

Se puede postular también que la temperatura de estos fluidos mineralizantes subió debido a un "ascenso" de la astenósfera.

Cabe anotar que estos mecanismos son perfectamente congruentes con la evolución geológica regional.

Aunque su significado paleogeográfico quede todavía por ser precisado, como ya anotado por Radelli et. al. (1987) y Radelli et. al. (1993), el contenido estratigráfico de la Napa Soyopa, San Antonio y Los Chinos corresponde sin lugar a dudas a diferentes partes de una gran cuenca sedimentaria Paleozoica. Algunas de sus facies, y en particular la abundancia de los pedernales que caracterizan sobre todo la secuencia de Los Chinos sugieren fuertemente que dicha cuenca tenía influencias oceánicas. Es ésta una noción cuya validez está confirmada por las rocas básicas y ultrabásicas señaladas por M.C. Rafael Rodríguez Torres al Este de nuestra área de estudio.

De hecho, son parte integral de esta evolución, los procesos siguientes:

- (a) la necesaria fracturación del zócalo, durante las diferentes facies de la apertura de la cuenca,

- (b) un ascenso astenosférico capaz de proveer la temperatura indispensable para la puesta en solución de los elementos metálicos y para la sucesiva migración de estos fluidos hasta las áreas de depósito.

Los tres parámetros fundamentales para la definición de un yacimiento: origen, transporte y concentración (trampa) de su contenido metálico pueden ser definidos, en el caso de un cuerpo; como sigue:

origen: percolación de fluidos conteniendo probablemente los metales en complejos clorurados en las fisuras del zócalo, abiertas por la distensión.

transporte: circulación de fluidos debido al aumento de la temperatura ligado al ascenso astenosférico.

concentración (trampa): estratigráfico – geoquímico, controlada por pH y  $fO_2$ .

En el marco geo-tectónico ya indicado, es del todo normal que este proceso de concentración, esencialmente singenético, se haya repetido en el tiempo debido a sucesivas fases distensivas que afectaron la cuenca: se explica así la ocurrencia de distintos niveles mineralizados, como los que se observan.

Como ya se ha dicho, en la Napa Soyopa se han reconocido dos niveles mineralizados, tanto en el bloque Rebeico-Soyopa como en el bloque Soyopa-San Antonio:

#### Bloque Rebeico-Soyopa

Nivel superior San Cristóbal-Noche Buena (Ag)

Nivel inferior Tepehuaje (Au)

#### Bloque Soyopa-San Antonio

Nivel superior Las "Prietas" (Ag)

Nivel inferior Hidalgo-Guadalupe (Ag, (Au))



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES

Por su posición estructural con respecto a la Plataforma Paleozoica, es posible pensar que los dos niveles mineralizados de los dos bloques son equivalentes. Se tendría entonces un nivel superior: San Cristóbal-Noche Buena "Prieta" y un nivel inferior: Tepehuaje-Hidalgo-Guadalupe.

Esto está lejos de estar comprobado, pero cabe mencionar que es ampliamente posible. Los dos bloques se encuentran en lados opuestos del valle del Río Yaqui. Como lo indican muy claramente sus depósitos clásticos de las Formaciones Belleza y Baúcarit, este valle es una estructura distensiva Cenozoica como tal, está ligado a cizallas trans-tensivas que permiten el desarrollo de sistemas de Riedel (Valenzuela, 2003).

Está permitido pensar, entonces, que la separación actual de los bloques Rebeico-Soyopa y Soyopa-San Antonio se debe a un desplazamiento inducido por dichas cizallas.

De confirmarse esta hipótesis de trabajo estaríamos en presencia de unas mineralizaciones realmente importantes. Este es un hecho que escapó – y seguirá escapando – a los que consideran y los que siguen considerando estas mineralizaciones como "vetas" epigenéticas.

Esta modalidad genética general de yacimientos singenéticos en contexto sedimentario ya es bien conocida y ha sido discutida en el caso de

- (a) los de tipo Mississippi Valley, en plataformas calcáreas;
- (b) los de tipo Kupferschiefer y Copper Belt de Zambia, en secuencias transgresivas (areniscas, lutitas y margas: areniscas y dolomías), en borde de cuenca;
- (c) yacimientos de Uranio en areniscas continentales con buen contenido de materia orgánica.

Aparece ahora que a estos tres tipos hay que agregar el aquí descrito, con una mineralización en una cuenca "profunda", relacionada con una distensión habiendo podido llegar a crear, no demasiado lejos, condiciones "oceánicas".

En la segunda etapa, que seguirá, de este trabajo se tratará de ver si otros casos como el presente han sido descritos en la literatura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alencaster de Cserna, G., 1961, Estratigrafía del Triásico Superior de la parte Central del Estado de Sonora, *Paleont. Mexicana, Instituto de Geología, UNAM.*, parte 1, 18 p.
- Anderson, G.M., 1975, Precipitation of Mississippi – Type ores. *Econ. Geol.*, 70: 937-942.
- Araux-Sánchez, E., Vega-Granillo, R., 1985, Geología y yacimientos minerales de La Sierra La Campanería Municipio de Bacanora, Sonora Central. Tesis Profesional, *Depto. de Geol., UniSon.*, Hermosillo, Sonora, México, p. 159.
- Barrera-Moreno, E., Domínguez-Perla, J.E., 1987, Geología de la Carta TonichiH12D65, porción Central del Estado de Sonora, con énfasis en el Paleozoico, Tesis profesional, *Depto. de Geol., UniSon.*, Hermosillo, Sonora, México, p. 1-50.
- Calles-Montijo, R., 1999, Evolución tectonosedimentaria de las cuencas terciarias: Porción Sur Cuenca de Ures y Punta de Agua, Sonora Central, México, Tesis Maestría, *Depto. de Geol., UniSon.*, Hermosillo, Sonora, México. , p. 63-95.
- Clark, K. F., Damon, P., Islas L., J., 1981, Geology and Mineral Deposits of Southern Sonora and the Sonoran Sierra Madre Occidental, *Geological Society of América, Cordilleran Section, Estación regional del Noroeste, Instituto de Geología, U.N.A.M.*, Hermosillo, Sonora, México, p. 367-426.
- Damon, P. E. , Shafiqullah, M., Roldán, J. , Cocheme, J. J., 1983, El Batolito Laramíde de México, A. C., Mem. Guadalajara, p. 63-95.
- Dorame-Navarro, M.A., 2003, Orogenias Nevadiana y Oregoniana en el Noroeste de México, Tesis de Maestría, *Depto. de Geol., UniSon*, Hermosillo, Sonora, México, p. 1-154.
- García-Cortez, J.A., 2003, Geología y Yacimientos Minerales de La Carta Tecoripa, Escala 1:250,000; Estado de Sonora y Chihuahua, Tesis Profesional, *Depto. de Geol, UniSon.*, Hermosillo, Sonora, México, p. 1-50.
- Himanga, J. C., 1977, Geology of the Sierra Chiltepin, Sonora, México., M. S. Th.,

- Northern Arizona University.
- King, S., 1999, Mineral Systems in the Tecoripa Quadrangle (H12-12), MagmaChem Exploration Inc., Bellevue, WA.
- McDowell, F. W., Roldán-Quintana, J. & Amaya-Martínez, R., González, C., 1994, The Tarahumara Formation, a neglected component of the Laramide magmatic arc in Sonora, GEOS, Unión Geofísica Mexicana. Bol. Epoca II, vol. 14, núm. 5, pp. 76-77.
- Pelissonnier, H., 1995, Les Gisements Minéraux Hydrothermaux en Contexte Sédimentaire, *Bulletin de la Société belge de Géologie*. T. 104 (3-4), p. 199-244.
- Pérez-Ramos, O., 2001, Bioestratigrafía del Pérmico en Sonora y consideraciones Paleogeográficas, Tesis Doctoral, *Posgrado Ciencias de la Tierra, UNAM.*, México D. F., p. 173.
- Radelli, L., 1988, El arco magmático de Sonora y sus mineralizaciones, *III Seminario Minero 2000, A.I.M.M.G.M.A.C.*, p. 81-96.
- Radelli, L., Menicucci, S., Mesnier, H.Ph., Araux, E., Calmus, T., Amaya M., R., Barrera M., E., Dominguez P., E., Navarro M., L., Soto C., L., 1987, Allochthonous Paleozoic bodies of Central Sonora, *Bol. Depto. Geol., UniSon.*, Vol. 4, N° 1y2, p. 1-15.
- Radelli, L., Desmons, J. & Castro-I, T., 1993, The rotation of Laurenita and the Nevadian Orogeny of NW México and SW USA, *Bol. Depto. Geol., UniSon.*, Vol. 10, núm. 1, pp. 63-110.
- Soto-Contreras, L.A., Navarro-Martínez, L.A., 1987, Geología de la Carta Tecoripa H12D64, porción Este Central del Estado de Sonora, nuevas contribuciones al Paleozoico, Tesis profesional, *Depto. de Geol., UniSon.*, Hermosillo, Sonora, México, p. 1-73.
- Valenzuela-Rentería, M., 2003, Sistema Riedel en la evolución tectónica terciaria de Sonora, México, Tesis Maestría, *Depto. de Geol., UniSon.*, Hermosillo, Sonora, México, p. 105.