



BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES

**MODELO DE MINERALIZACION  
PARA LA REGION DE  
SANTA CATARINA; B.C.**



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

**TESIS PROFESIONAL,  
que para la obtención del Título de  
GEOLOGO, presentan:  
Julio Cesar Esquer Mundo e  
Isaac Mateos Farfán  
Universidad de Sonora**



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingeniería  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

**Hermosillo, Sonora.  
Marzo de 1998.**

# 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



Marzo 25 de 1998.

**M.C. RAFAEL RODRIGUEZ TORRES**

Asesor de Tesis

Departamento de Geología

Presente.-

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

## MODELO DE MINERALIZACION PARA LA REGION DE SANTA CATARINA B.C.,

Esto es con el fin de que los alumnos: **JULIO CESAR ESQUER MUNDO e ISAAC MATEOS FARFAN**, puedan presentar su examen profesional, para obtener el título de Geólogo. Asimismo le notifico que han sido asignados los siguientes sinodales:

ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ  
GEOL. JUAN JOSE PALAFOX REYES  
M.C. RAFAEL RODRIGUEZ TORRES

ATENTAMENTE  
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

GEOL. JUAN JOSE PALAFOX REYES  
Jefe de Departamento

C.c.p. Interesados



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingenieros  
Depto. Geología  
BIBLIOTECA

# UNIVERSIDAD DE SONORA

Hermosillo, Sonora.

DIVISION DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

TEL. 59-21-10

FAX. 59-21-11



Departamento de Geología

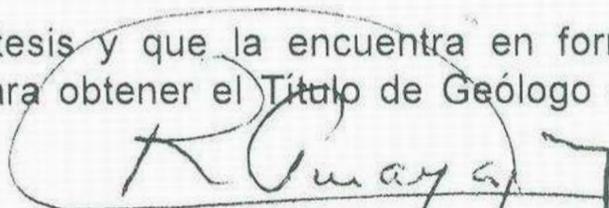
**NOMBRE DE LA TESIS:**

**"MODELO DE MINERALIZACIÓN PARA LA  
REGION DE SANTA CATARINA, B.C."**

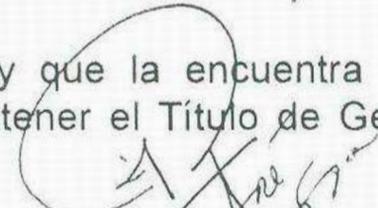
**NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES:**

**JULIO CESAR ESQUER MUNDO  
ISAAC MATEOS FARFAN**

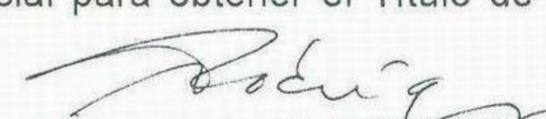
El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

  
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.

  
GEOL. JUAN JOSE PALAFOX REYES

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. RAFAEL RODRIGUEZ TORRES

ATENTAMENTE  
"EL SABER DE MIS HIJOS PARA MI GRANDEZA"

  
GEOL. JUAN JOSE PALAFOX REYES  
Jefe de Departamento



EL SABER DE MIS  
HIJOS PARA MI GRAN  
DEZA

JJPR\*ag



BIBLIOTECA  
DE CIENCIAS EXACTAS  
Y NATURALES

## Dedicatoria:

Con la presentación de éste trabajo alcanzo uno de los objetivos más anhelados de mi vida . Y humildemente lo dedico con todo respeto.

Ami madre y hermanos.

Con especial cariño a mi esposa Teresita, así como a mis hijos Julio y Ana Laura.

Y con sincera amistad a todos mis compañeros.

**Julio.**

## Dedicatoria:

Es verdaderamente satisfactorio el concluir una etapa más de mi carrera profesional; la cual, es tan solo el principio de muchos sueños por alcanzar.

Con todo mi amor lo dedico.

A mi esposa y a mi hijo: Ana Lilián e Isaac Daniel, por quienes trato de ser cada día mejor.

A mis padres y hermanos, a quienes debo su apoyo y educación en la vida.

A mis amigos y compañeros, sinceramente.

**Isaac.**

# Agradecimientos:

Primeramente agradecemos a Dios, por habernos permitido obtener este valiosísimo logro.

Al Ing. Jaime Castillo Romo y Arturo Bonillas, por todas las facilidades otorgadas para la realización de éste trabajo, así como sus observaciones.

Al M.C. Rafael Rodríguez Torres, por su valiosa dirección y consejos para llevar a cabo una buena presentación.

Al Ing. Ricardo Amaya Martínez y al Geol. Juan Palafox Reyes, por sus acertadas aportaciones.

Al Sr. Daniel Anduaga González y al Ing. Jesús Molinares Córdova, por las facilidades brindadas en el uso del equipo para captura e impresión de éste trabajo.

A la L.C.C. Aída Anduaga Morales, por las facilidades en el uso del equipo fotográfico.

Al Sr. Arnulfo Gómez López, por su colaboración en las gráficas que lo componen.

# CONTENIDO

Página

---

<b>Resumen</b>		<b>1</b>
<b>I.- Introducción</b>		<b>2</b>
	I.1.- Objetivos	
	I.2.- Trabajos previos	
	I.3.- Metodología del trabajo	
<b>II.- Generalidades</b>		<b>7</b>
	II.1.- Localización y acceso	
	II.2.- Fisiografía y clima	
	II.3.- Flora y fauna	
	II.4.- Economía y cultura local	
<b>III.- Geología Regional</b>		<b>15</b>
	III.1.- Rocas Prebatolíticas	
	III.2.- Rocas Batolíticas	
	III.3.- Rocas Postbatolíticas	
<b>IV.- Geología Histórica</b>		<b>22</b>
<b>V.- Geología Local</b>		<b>27</b>
	V.1.- Estratigrafía	
	V.2.- Geomorfología estructural	
<b>VI.- Areas Mineralizadas</b>		<b>33</b>
VI.1.- Descripción de las áreas		
	a) Litología	
	b) Alteraciones	
	c) Muestreo	
VI.2.- Relación entre áreas mineralizadas		
<b>VII.- Modelo de mineralización propuesto para la región de Santa Catarina</b>		<b>61</b>
<b>VIII.- Conclusiones y Recomendaciones</b>		<b>64</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b>		<b>66</b>
<b>Anexos</b>	* Planos	<b>69</b>

## Resumen

El presente trabajo contiene un estudio geológico de la región de Santa Catarina, que se localiza a 345 kilómetros al sur de Ensenada en Baja California.

El marco geológico del área de estudio muestra características estructurales verdaderamente interesantes, donde se manifiestan estructuras circulares (tipo caldera) que convergen con fallas de dimensiones regionales; localizando en dichas convergencias zonas de mineralización.

La mineralización de la región de Santa Catarina está alojada principalmente en rocas volcanosedimentarias del Cretácico medio, consistiendo de minerales secundarios de cobre, acompañados de una intensa alteración hidrotermal en donde también existen valores atractivos de oro, específicamente en las áreas de El Mayor - La Fortuna y Catarina - Julio Cesar. Por otra parte, en las localidades de Amelia y El Porvenir la mineralización se encuentra en rocas intrusivas del Cretácico superior, detectándose valores de cobre y oro, tanto en estructuras como diseminados en la roca encajonante.

Por último, el área Buenavista presenta características de alteración y tectónica muy atractivos, además de valores anómalos de oro en el muestreo aislado de roca.

Este ambiente geo-tectónico como producto de un evento de subducción y su respectivo arco insular respalda la propuesta del modelo geológico y de mineralización para la región de Santa Catarina en B.C.



---

*En el umbral del siglo XXI, la exploración y desarrollo de proyectos mineros es un reto cada vez más difícil, pues existen muchas concentraciones minerales no descubiertas por falta de manifestaciones superficiales. Aquellas que mostraron éstas características, hoy son grandes minas o pueblos fantasmas. Sin embargo, el reto de la geología actual es encontrar nuevos yacimientos a base de agresividad y constancia en los programas de exploración.*

## **I.- Introducción**



## I.1.- Objetivos

Basados en un estudio de reconocimiento general de una región en Baja California de aproximadamente 40 000 hectáreas, realizado en marzo de 1996 por Rodríguez Torres (trabajo inédito), se elaboró una cartografía minera y un muestreo de orientación cuyos resultados fueron muy atractivos y marcaron la pauta para la realización del presente trabajo considerando los siguientes objetivos:

- 1.- Descripción de la litología y los rasgos estructurales presentes en la región Santa Catarina.
- 2.- Descripción somera de las áreas mineralizadas: El Mayor - La Fortuna, Catarina - Julio Cesar, Amelia y El Porvenir.
- 3.- Desarrollar trabajos en nuevos blancos de exploración.
- 4.- Establecer un modelo de mineralización de en la secuencia volcano-sedimentaria de Santa Catarina.
- 5.- Como objetivo final de este trabajo es cubrir los requisitos para ser aceptado como una tesis profesional; con la cual los autores cumplan con los requerimientos para obtener el título de Geólogo en el Departamento de Geología de la Universidad de Sonora.

## I.2.-Trabajos previos

La Península de Baja California ha sido objeto del desarrollo de varios proyectos de investigación y exploración geológica.

Los proyectos de investigación, iniciaron a principio de siglo con un estudio de clasificación cuantitativa de rocas ígneas desarrollado en 1903 por Cross et al auspiciado por la Universidad de Chicago. Este trabajo fué el inicio para que muchos investigadores incursionaran y desarrollaran sus proyectos a todo lo largo y ancho de las tierras bajacalifornianas. Posteriormente Gastil desarrolló varios proyectos de investigación, siendo el trabajo más importante el de 1975.

Algunas compañías mineras han logrado concretar sus proyectos con yacimientos minerales económicamente explotables en Baja California como son: El Barril, San Felipe entre otros. En la actualidad muchas compañías mineras siguen desarrollando programas de exploración.

Específicamente en la región de Santa Catarina el Instituto de Geología de la UNAM desarrolló un estudio bioestratigráfico y de geoquímica en la zona de La Bocana y San Fernando realizado por Almazán (1988). Y, en 1992-1993, Minera Cuiculco desarrolló un trabajo de exploración el cual no concluyó (Salomón, 1993).

Es importante mencionar que en las áreas de Amelia, Catarina, El Porvenir y El Mayor - La Fortuna se han llevado a cabo trabajos de explotación a pequeña escala, extrayendo minerales de cobre y oro, siendo la mina La Fortuna la única que actualmente se encuentra en operación.

## I.3.- Metodología del trabajo

Para la realización de este trabajo se efectuó un programa que incluyó las siguientes actividades:

a) Reconocimiento general de vías de acceso, cartografía minera de la región y muestreo muy general de zonas mineralizadas. Esta etapa incluye los lotes mineros: Catarina- Julio Cesar, El Mayor, La Fortuna, Plutón, Escorpión entre otros.

b) Estudio geomorfológico, con el cual se detectaron nuevas áreas estructurales que se presentaron como blancos de exploración este trabajo se realizó a escala 1:50 000.

c) Estudio fotogeológico de la carta Santa Catarina, basado en fotos aéreas a escala 1:75 000 del SINFA (dichos vuelos realizados en 1993). Se reforzó el estudio geomorfológico anteriormente realizado, definiendo las áreas: El Salto, Buenavista y El Porvenir como nuevos blancos de exploración; coincidiendo estos con convergencias de fallamiento y estructuras circulares bien definidas. Posteriormente se generó un plano fotogeológico a escala 1:75 000.

d) Comprobación de campo para los diferentes tipos de rocas y contactos, así como un muestreo de orientación de las nuevas áreas de exploración, obteniendo resultados alentadores para continuar con la exploración geológica (plano geológico 1:50 000).

e) Realización de secciones geológicas con brújula y cinta de las diferentes áreas mineralizadas para observar su relación espacial.

f) Presentación en planos del modelo de mineralización propuesto para el área Santa Catarina.

Cabe mencionar que los trabajos de laboratorio que apoyaron el desarrollo de las actividades anteriormente descritas son:

- 1.- Análisis químicos: XRAL- Laboratorios
- 2.- Análisis petrográficos: Amaya, 1996

---

## **II.- Generalidades**

## II.1.- Localización y acceso

La región de Santa Catarina se localiza en la parte central del Estado de Baja California por la vertiente del Océano Pacífico, aproximadamente 345 km al sur de la ciudad de Ensenada B.C. ( figura 1).

La región donde se desarrolló el presente trabajo está enmarcada por las siguientes coordenadas UTM 3 265 000 - 3 292 000 de latitud norte y 662 000 - 693 000 de longitud oeste del meridiano de Greenwich de la carta topográfica HIID26 (escala 1:50 000) Santa Catarina, publicada por INEGI.

El acceso directo al área de estudio tiene dos alternativas:

La primera, saliendo de Hermosillo, Sonora (que es la vía más larga), se recorren 900 km por la Carretera Federal No. 2 rumbo al norte hasta llegar a la ciudad de Tecate B.C., después se toma la Carretera Estatal No. 3 y se recorren 120 km hacia el sur para llegar a la ciudad de Ensenada B.C., de aquí tomamos la Carretera Transpeninsular No. 1 y se recorren 345 km para llegar a Estación Guayaquil, en el kilómetro 128 del Rosario - Cataviña existe una desviación a la derecha, es un camino de terracería en buenas condiciones, en el cual se recorren 28 km para llegar a las inmediaciones del área y al rancho Santa Catarina.

La segunda alternativa, consiste en viajar de Hermosillo a Guaymas Son. por la Carretera Federal No. 15. En el puerto de Guaymas se arriva el transbordador que se dirige al Puerto de Santa Rosalía B.C. el cual en la actualidad tiene salidas martes y viernes de cada semana, de este puerto se toma la Carretera Transpeninsular rumbo al norte de la península y se recorren aproximadamente 440 km pasando por los poblados de San Ignacio, Guerrero Negro, Cataviña y Estación Guayaquil, de aquí a la izquierda se recorre la terracería descrita en la primera opción ( figura 1).

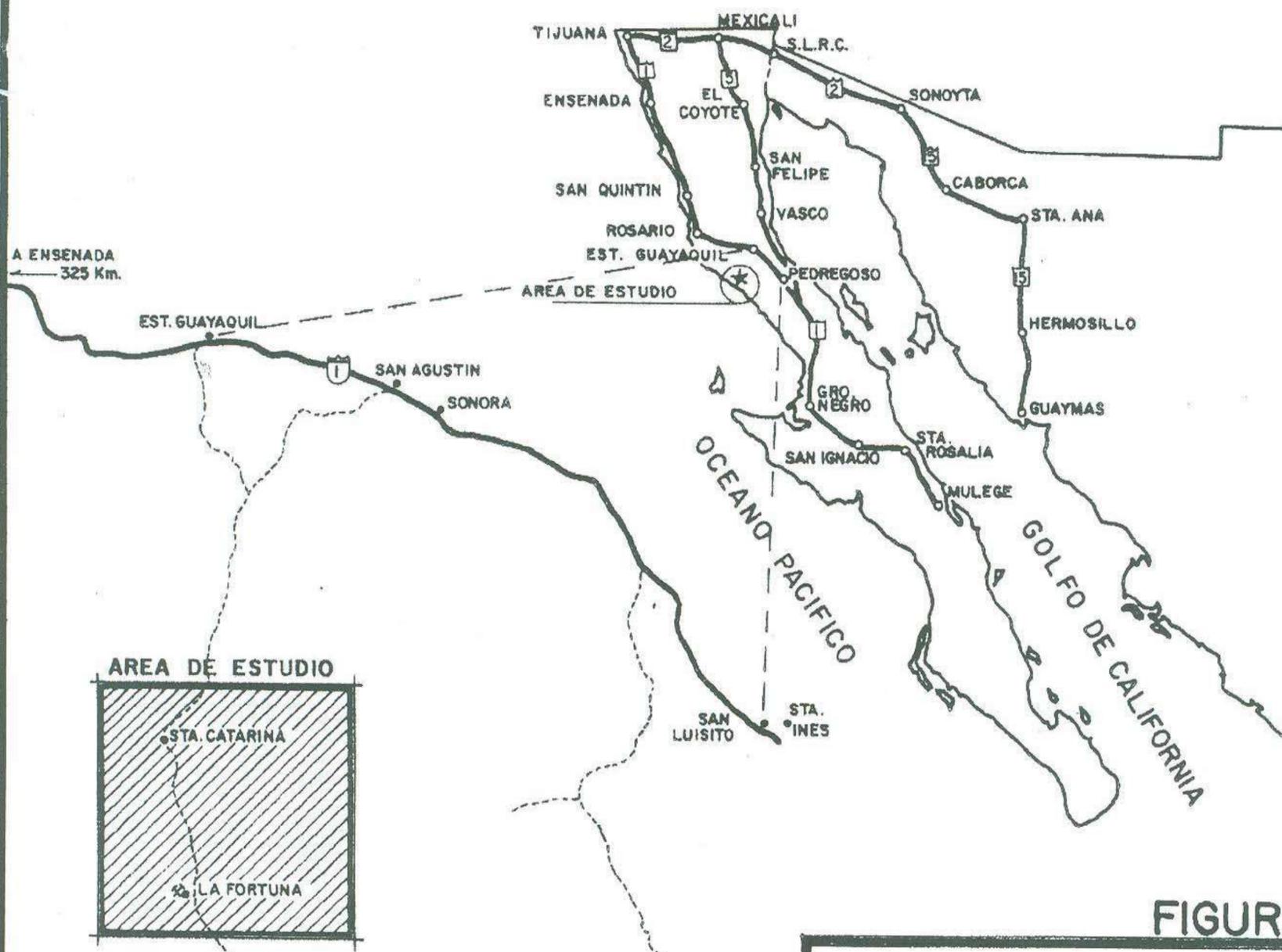
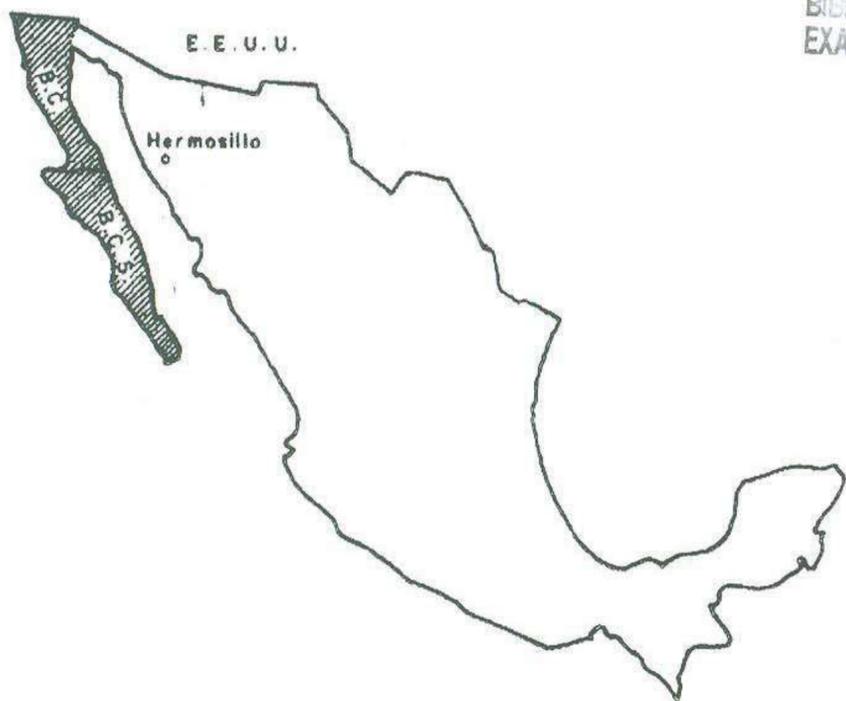
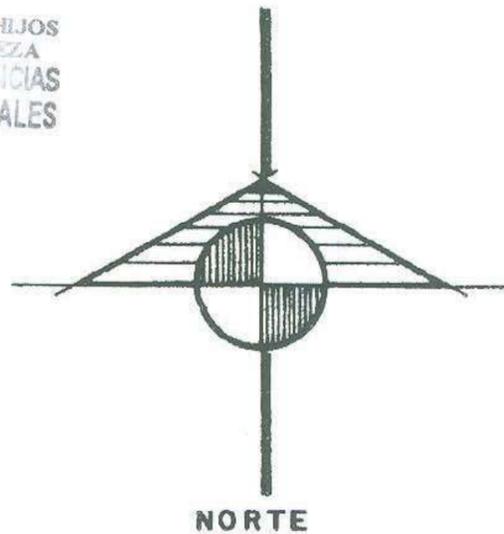


FIGURA No 1

TESIS UNI — SON		
PLANO DE LOCALIZACION		
HERMOSILLO, SON.	MARZO/1998	GEOLOGIA: J.C. ESQUER M. GEOLOGIA: ISAAC MATEOS F.



## II.2.- Fisiografía y clima

La región de Santa Catarina según la clasificación de Alvarez Jr. (1969) está dentro de la Subprovincia Fisiográfica de la Sierra Cristalina y ésta a su vez forma parte de la Provincia de las Sierras de Baja California y se extiende aproximadamente 1 300 km de longitud y con una anchura aproximada de 50 - 100 km ( figura 2).

Los principales rasgos orográficos tienen un rumbo preferencial noroeste - sureste; presentan alturas máximas de 1 700 msnm, observándose en ellas etapas de madurez temprana en las partes bajas y desarrollos de amplios valles, donde se distinguen cerros y promontorios redondeados característicos de zonas graníticas.

En gran parte, a lo largo de la Península de Baja California, se pueden distinguir grandes áreas que se interpretan como antiguas lagunas que en la actualidad son zonas evaporíticas, las cuales juegan un papel muy importante en la fisiografía de esta zona. También se observa en la región, grandes extensiones de mesetas formadas por derrames basálticos (INEGI, 1985).



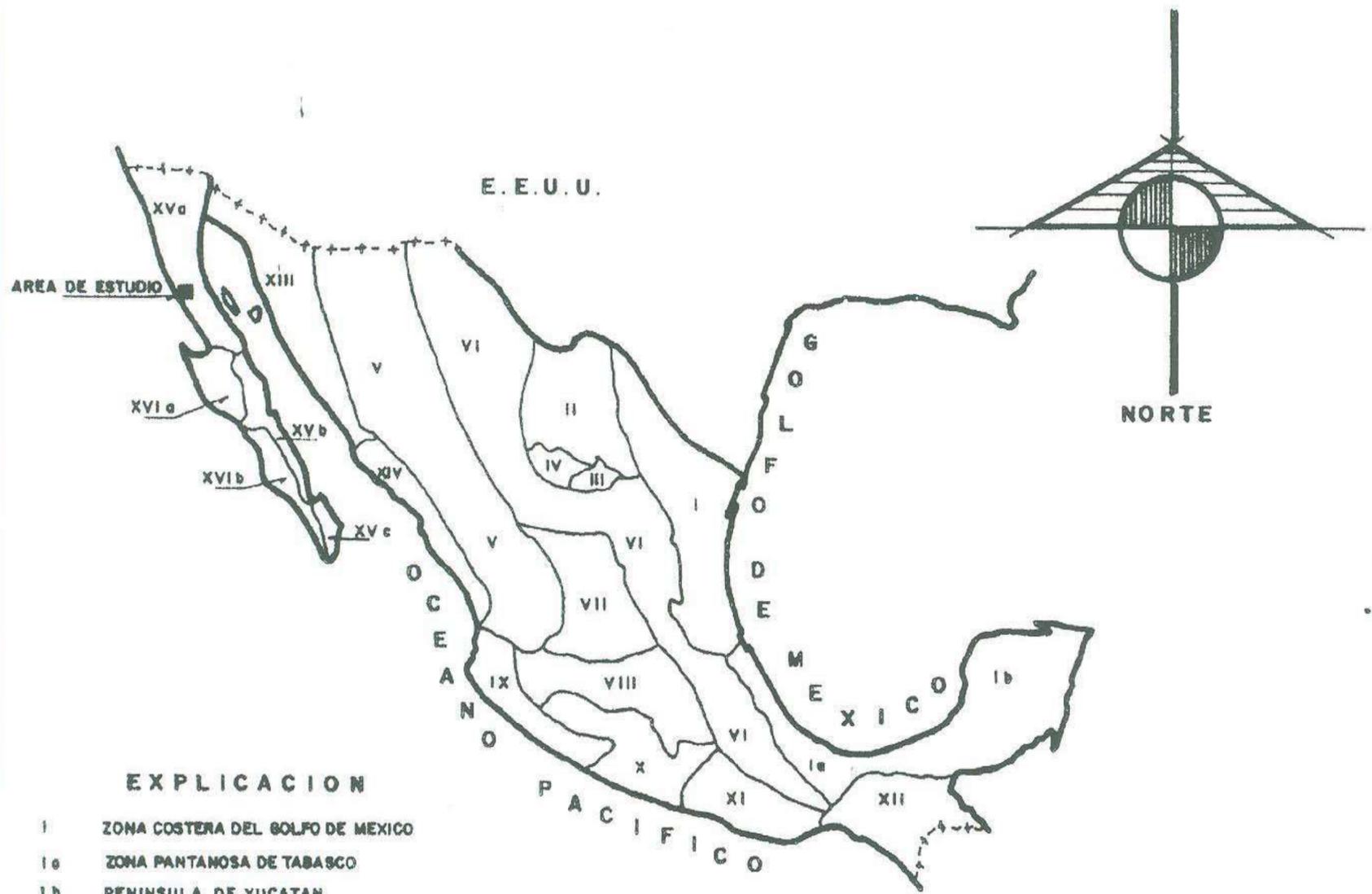
EL SABER DE NUESTROS  
HARA SU GRANDEZA  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

La hidrología de la zona de Santa Catarina se caracteriza por presentar una red hidrológica bien desarrollada, que es controlada por dos grandes afluencias; río La Bocana, el cual fluye del NE al SW y controla la parte sureste del área y el río Santa Catarina, que también fluye del NE al SW y controla la red hidrológica de la porción centro-NW de la zona. Toda esta red hidrológica descarga sus avenidas en el Océano Pacífico formando grandes abanicos aluviales en los lugares conocidos como: Punta Canoas y Puerto Santa Catarina.

El tipo de clima que se presenta en la región de la carta Santa Catarina es típico de un clima semidesértico, categorizado dentro de climas secos y en el rango de subtipo muy secos semicálidos (según Köppen), modificada por García (1973).

La región de estudio está comprendida dentro de la isoterma de 18° C, con temperaturas medias anuales que van de los 18° a 20° C, según la Carta de Temperaturas Medias Anuales elaborada por la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (1978-1980). La temperatura local varía de 5° a 20° C en invierno y de 18° a 40° C en verano.

El período de lluvias registrado ha sido principalmente en los meses de Junio a Septiembre, la región de interés se encuentra dentro de la isoyeta menor de 100mm para la precipitación total anual.



**EXPLICACION**

- I ZONA COSTERA DEL GOLFO DE MEXICO
- Ia ZONA PANTANOSA DE TABASCO
- Ib PENINSULA DE YUCATAN
- II REGION MONTAÑOSA DE COAHUILA
- III CUENCA DE PARRAS
- IV PLANICIE DE COAHUILA
- V SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- VI SIERRA MADRE ORIENTAL
- VII MESETA CENTRAL
- VIII MESETA NEO-VOLCANICA
- IX MESETA NORTE
- X CUENCA BALSAS MEXCALA
- XI REGION MONTAÑOSA DE GUERRERO-OAXACA
- XII SIERRA MADRE DE CHIAPAS
- XIII DESIERTO DE SONORA
- XIV PLANICIE COSTERA DE SINALOA
- XV SIERRA DE BAJA CALIFORNIA
- XVa CRISTALINA
- XVb VOLCANICA
- XVc DE LA PAZ
- XVI PLANICIE COSTERA DE BAJA CALIFORNIA
- XVIa SEBASTIAN VIZCAINO
- XVIb LA PURISIMA
- AREA DE ESTUDIO

**FIGURA No.2**

**TESIS UNI — SON**

**PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE LA REPUBLICA MEXICANA**

HERMOSILLO SON.

MARZO/1998

GEOL.: J.C. ESQUER M.  
GEOL.: ISAAC MATEOS F.

## II.3.-Flora y fauna

Debido a las condiciones del clima y a las bajas precipitaciones, la vegetación no es muy abundante en esta zona; sin embargo, se reúnen las condiciones propicias para el desarrollo de un vegetal actualmente considerado como fósil viviente, identificado con el nombre común de Cirio y solamente existen tres lugares en nuestro planeta donde esta planta logra sobrevivir; uno es el Monte de los Cirios en Baja California, otro es Punta Cirio en Sonora México, catalogada como zonas de reserva y el otro se encuentra en Pakistán (Asia).

A continuación un listado de flora y fauna más común en la región.

### Flora Regional:

Cirio  
Pithaya  
Cardón  
Biznaga  
Gobernadora  
Mezquite  
Torote negro  
Uña de gato  
Mala mujer  
Maguey  
Nopal  
Choya

### Fauna Regional:

Venado  
Liebre  
Conejo  
Puma  
Zorrillo  
Murciélago  
Coyote  
Víbora de Cascabel  
Coralillo

## II.4.- Economía y cultura local

Las principales actividades que se desarrollan en la región por los esporádicos asentamientos humanos existentes son:

La ganadería, siendo el ganado vacuno y caprino el que más remuneraciones económicas les deja a los habitantes.

La pesca, esta actividad es considerada como la más importante de la región, ya que su producto es comercializado en las zonas turísticas y también en grandes plantas de tratamiento para las diferentes especies marinas obtenidas por los pescadores para su distribución a nivel nacional e internacional.

La minería, en mucha menor escala que las otras pero que también contribuyen a la actividad económica regional.

La cultura de la región es muy limitada ya que son lugares muy alejados de las grandes ciudades, las cuales ofrecen mejores oportunidades de educación, empleo y servicios; que en la actualidad son conceptos importantes para el desarrollo individual y colectivo.

Existe en Estación Guayaquil un albergue escolar el cual imparte la educación primaria a los niños de diversas rancherías de la región. Al terminar su educación primaria tienen que viajar a Ensenada o Guerrero Negro para continuar sus estudios de educación media superior.

---

## **III.- Geología Regional**

## III.1.- Rocas Prebatolíticas

### Complejo Paleozoico

El terreno bajacaliforniano tiene como basamento un grueso paquete de rocas sedimentarias metamorfizadas dinámica y metasomáticamente. En las cuales, se observan características de textura, foliación y composición química que definen a estas rocas como: esquisto, gneis, mármol, pizarra y cuarcita. A estas rocas se les asigna una edad del Paleozoico y es conocido como Complejo Metamórfico de Baja California, el cual aflora en localidades como Sierra Pinta y localidad de El Mármol. La distribución de este tipo de afloramientos se presentan en la parte central del estado y el Golfo de Baja California, su espesor no ha sido aún definido.

Hirschi, 1926; fué el primero que reconoció las diferencias entre las rocas metamórficas de la vertiente del Golfo de las del lado del Océano Pacífico en la península.

Debido a que este complejo rocoso es rico en materia orgánica, se le definió una edad carbonífera, característica observada en las Montañas Santa Rosa (Wright, 1946), Valle El Borrego (Sharp, 1967) y Montaña El Coyote (Dibblee, 1954).

Posteriormente, Mc. Edowney, 1970; hizo el primer descubrimiento de fósiles del Paleozoico a lo largo de la costa peninsular. Descubriéndose así crinoideos, corales y bivalvos al norte de Sierra Pinta, datados por Langenheim y Webster, 1970 (comunicación oral en Gastil, 1975) como probable Carbonífero. Por último, David Le Mone, 1971 (comunicación escrita en Gastil, 1975), les determinó una edad Pérmico inferior.



## Formación Alisitos

En el Mesozoico, como producto del evento de subducción, se formó el arco insular que generó el material que conforma el grueso paquete volcanosedimentario (Formación Alisitos), el cual tiene un espesor aproximado de 5 000 m. Su localización en nuestra región está en el arroyo La Bocana y Los Torotes (Almazán, 1988). Este nombre lo asignaron Santillán y Barrera (1930) a una secuencia de 200 m que aflora en el rancho Alisitos en el Valle de Santo Tomás y lo asigna al Cretácico inferior, debido a la fauna encontrada en las calizas.

La localidad Los Torotes se localiza a 2 km al norte del rancho Los Torotes, donde se observa una columna estratigráfica de 3 460 m de espesor perteneciente a la Formación Alisitos (Almazán, 1988).

Parte de esta secuencia fué cartografiada por Beggs (1984) y corresponde a los dos miembros basales de esta localidad. Se puede observar que las rocas predominantes son rocas piroclásticas; como: tobas de lapilli, tobas vitrolíticas y tobas brechoides interestratificadas con calizas de rudistas y areniscas; y en menor proporción, con tobas piroconsolidadas y rocas volcánicas. Las características litológicas de esta localidad estratigráfica, permiten dividirla en seis miembros diferentes: tres volcanosedimentarios, dos volcánicos y un sedimentario.

En la localidad La Bocana, la Formación Alisitos se observa en los márgenes del río La Bocana y es una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias interestratificadas que constituyen una columna estratigráfica de 2000 m de espesor; las asociaciones litológicas descritas (Almazán 1988), de esta columna permiten diferenciar 7 miembros: cuatro volcánicos, dos volcanosedimentarios y uno sedimentario.

Correlacionando las columnas referidas anteriormente, podemos concluir que existe una continuidad estratigráfica; donde la parte basal, la forma la sección de La Bocana y la cima correspondería a las rocas del área Los Torotes; considerando que la base de la Formación Alisitos no aflora y la cima está erosionada ( figura 3).

*Explicación*

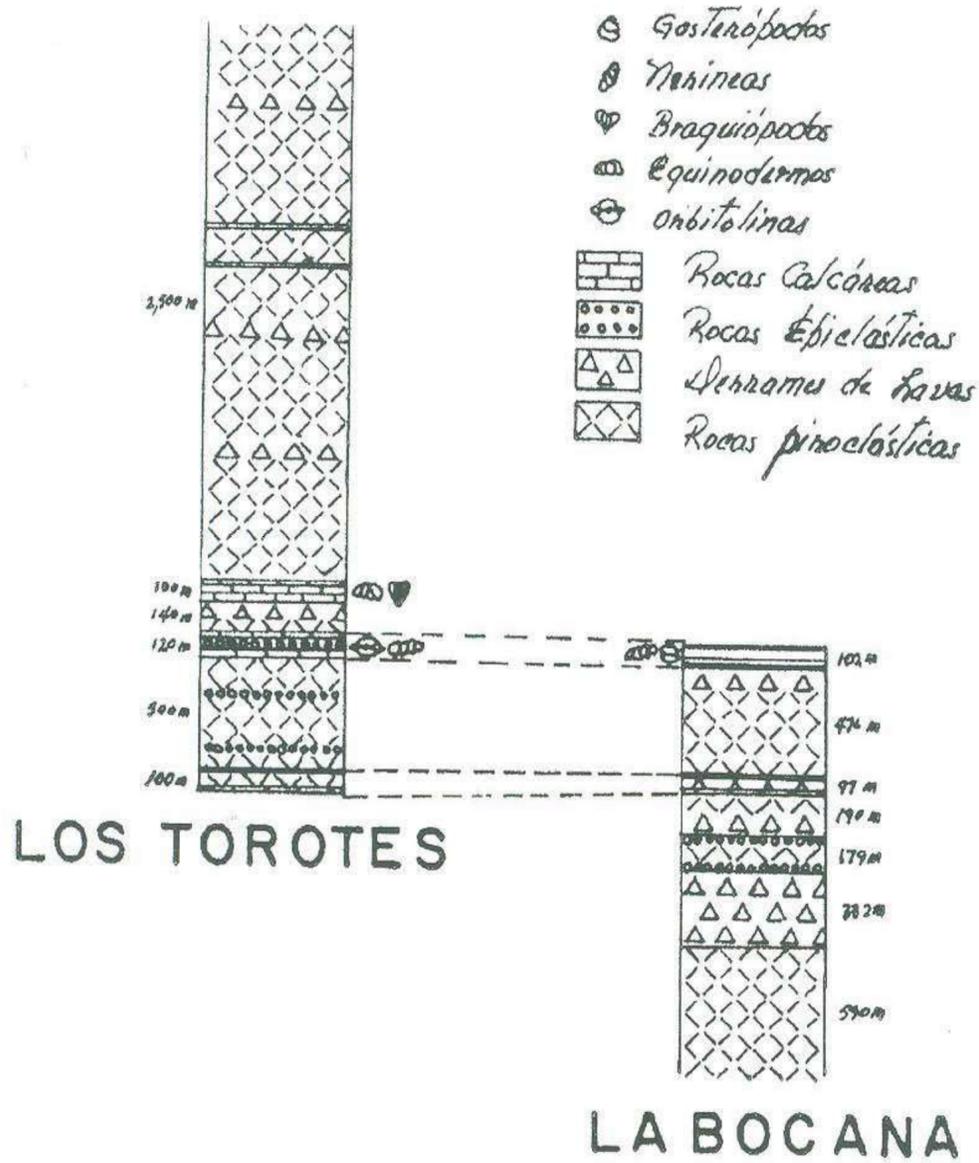


FIGURA No. 3

*Correlación estratigráfica de la Formación Alisitos entre las secciones Los Torotes y La Bocana. (Almazón, 1988)*

## III.2.- Rocas Batolíticas

El evento de procesos intrusivos en la península, se llevó a cabo en el Mesozoico superior de acuerdo a varios investigadores (Salazar, 1982). La datación de algunos intrusivos por el método de U- Pb realizado por Silver et al 1969, definió que los procesos plutónicos para la región Oeste- Central de la península son del Cretácico superior.

Según Gastil et al 1976, el origen de los batolitos bajacalifornianos tuvo lugar desde el Jurásico superior al Cretácico inferior.

En Baja California existen aproximadamente 387 intrusivos que tienen en promedio un diámetro de más de 1 km. Estos plutones cubren un área de más de 28 000 km<sup>2</sup>. Su composición varía desde gabros hasta granitos, siendo los de composición intermedia - ácida los que más afloran, de los cuales podemos mencionar el granito- granodiorita de la Sierra La Rumorosa, la granodiorita de San Pedro Mártir, y la granodiorita del desierto rocoso de la región de Cataviña.

Estructuralmente a este complejo granítico, se le asocia con el Complejo de Sierra Nevada, debido a que los dos presentan un fallamiento asimétrico al oriente (Salazar, 1982).

Al evento intrusivo del Cretácico superior, se le atribuye el modelo de mineralización propuesto en este trabajo.

## III.3.- Rocas Postbatolíticas

### Volcanismo Terciario

El volcanismo cenozoico de la porción norte de Baja California puede ser referido principalmente a cuatro zonas en donde se encuentran ampliamente expuestas rocas volcánicas que se originaron en esta era y que marcan el Mioceno como la época de mayor actividad volcánica\*.

La primera zona, ubicada en la parte sur de la Sierra de Juárez entre los paralelos 31° y 32°, presenta una interesante secuencia de rocas piroclásticas silíceas de diversos tipos, los cuales se encuentran coronados por derrames basálticos del Plioceno- Pleistoceno. La segunda zona, ubicada en el litoral del Golfo de California a la altura del paralelo 30°, está representada por secuencias piroclásticas. La tercera zona corresponde a los extensos derrames de basalto alcalino del Terciario superior - Cuaternario, ubicado en la parte central de la península a la altura de Punta Canoas. Y la última zona, la componen los afloramientos de rocas basálticas y piroclásticas de la Isla Angel de la Guarda al sur del paralelo 29°.

*Ver plano geológico regional (Escala 1:1000 000)*

---

## **IV.- Geología Histórica**

Los rasgos geológicos que se observan en la Península de Baja California son los que caracterizan a eventos tectónicos de subducción; en este caso entre la Placa Oceánica Pacífico que se subdujo bajo la Placa Continental de Norte América; generándose con ello una gran variedad de procesos geológicos trascendentales como: la formación de un arco insular con su respectiva actividad volcánica y sedimentación en las cuencas de ante-arco y post-arco; así como el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composición calco-alcalina.

Todos estos eventos se dieron lugar durante el Aptiano-Albiano, período en que dicho arco alcanzó su mayor actividad. Durante las épocas de relativa calma magmática, el medio ambiente marino tropical permitió la proliferación de colonias de organismos principalmente rudistas y corales, situadas alrededor de las islas.

La cuenca marina de ante-arco recibió considerables volúmenes de sedimentos epiclásticos y calcáreos de un mar somero, formando un grueso paquete de rocas volcano-sedimentarias, que es lo que actualmente se conoce como Formación Alisitos.



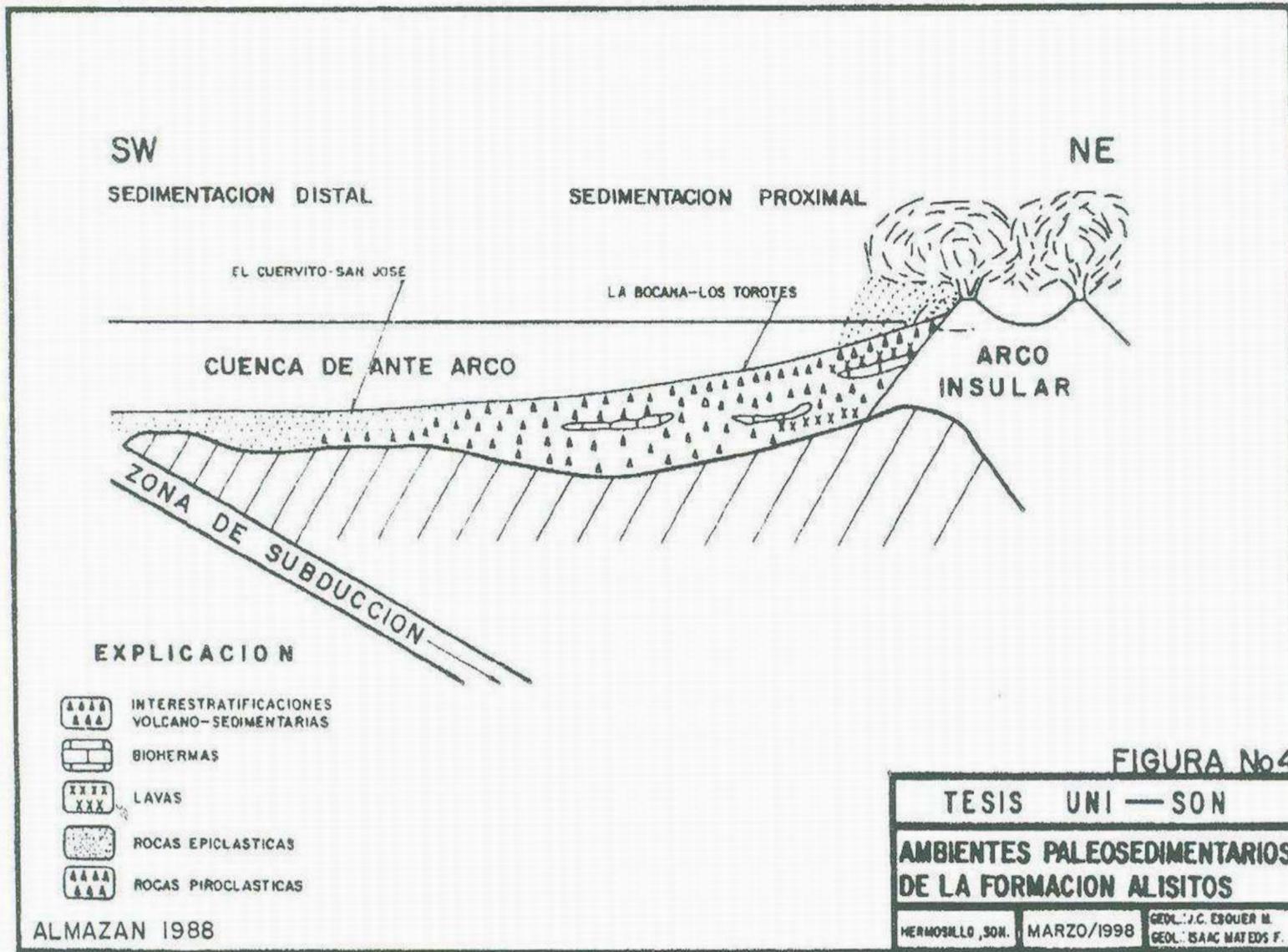
A fines del Albiano la Orogenia Oregoniana caracterizada por esfuerzos compresivos, afectó la Formación Alisitos produciendo tres fases de plegamiento:

Primera fase.- Se reconoce por su conjunto estructural desarmónico de sinclinales cerrados y recostados al oriente, éstas características se pueden observar en las localidades de Los Torotes, La Bocana y Santa Catarina. Estas estructuras están asociadas con grandes anticlinales que afectan a paquetes volcánicos de espesor considerable (Almazán, 1988).

Segunda fase.- Se desarrolla una generación de pliegues con un gran radio de curvatura en extensiones regionales, las cuales se observan en forma de monoclinales en las localidades El Cuervito y San José (Almazán, 1988).

Tercera fase.- Esta última está representada por el movimiento de fallas regionales con desplazamiento lateral, con rumbo general NW-SE, las cuales deformaron todas las estructuras anteriores haciendo sus ejes un tanto sinuosos (Almazán, 1988).

Esta dinámica tangencial permitió la superposición de los dos conjuntos litoestratigráficos que afloran en el área; es decir, los depósitos cercanos al eje del arco, ocasionando la ausencia de transición sedimentaria que debió existir entre las dos zonas ( figuras 4 y 5) Almazán, 1988.



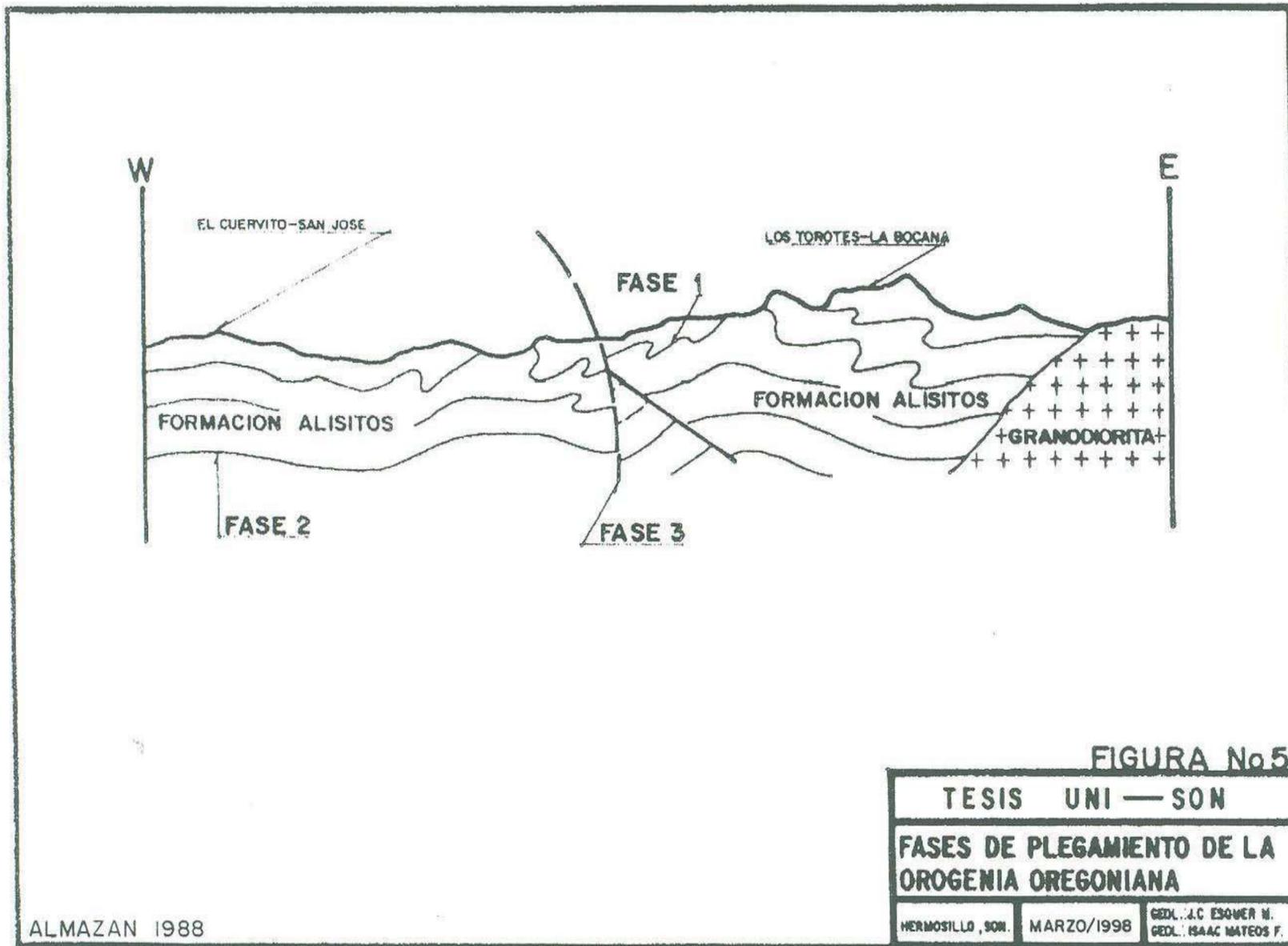


FIGURA No 5

TESIS UNI — SON		
FASES DE PLEGAMIENTO DE LA OROGENIA OREGONIANA		
HERMOSILLO, SON.	MARZO/1998	GEDL. J.C. ESQUER M. GEDL. ISAAC MATEOS F.

ALMAZAN 1988

---

*Para definir la geología local se realizaron caminamientos estratégicos para corroborar los contactos interpretados con fotogeología en los diferentes tipos de rocas. La región de Santa Catarina presenta un panorama variado en cuanto a litología; así mismo, se observan patrones estructurales bien definidos los cuales concuerdan con zonas de mineralización.*

## **V.- Geología Local**

## V.1.-Estratigrafía

La litología observada en el área de estudio se compone de cinco unidades que a continuación se describen de manera informal de la más antigua, a la más reciente:

### Rocas Híbridas

**K medio V.- Rocas volcanosedimentarias:** Estas rocas las hemos definido híbridas por la razón de que la secuencia se compone de intercalaciones de: rocas piroclásticas; tobas y derrames de lavas que varían desde andesitas, dacitas hasta riolitas de origen volcánico; horizontes de rocas carbonatadas y arenosas; lo que determina dos génesis diferentes para la secuencia. Este paquete, que tiene un espesor bastante considerable es correlacionable con las secciones de Almazán (1988) en La Bocana y Los Torotes, las cuales representan a la localidad tipo descrita por Allison (1955) en el rancho Alisitos; de ahí, el nombre de Formación Alisitos (Aptiano-Albiano).

En Santa Catarina la Formación Alisitos está conformada por tres miembros definidos en forma general de la siguiente manera:

**Un miembro basal** - compuesto por paquetes de rocas carbonatadas con fauna (?).

**Un miembro intermedio** - que lo conforman intercalaciones de rocas volcanosedimentarias con piroclásticas muy deformadas y en algunos casos con cierto grado de metamorfismo, como son: derrames de andesitas, dacitas, horizontes calcáreos, areniscas, aglomerados andesíticos y areniscas sucias.

**Un miembro superior** - compuesto únicamente por rocas de origen volcánico de composición riolítica dispuesto en algunas localidades con un intenso diaclasamiento simulando delgados pseudoestratos muy quebradizos.

El espesor promedio de este conjunto de rocas es aproximadamente similar al que se maneja en el área de Los Torotes. En Santa Catarina todas estas rocas han sufrido eventos geológicos que les han provocado deformaciones como: plegamiento, fracturamiento intenso, así como cambios metasomáticos importantes. Sus principales afloramientos se localizan en la áreas de El Mayor - La Fortuna, Catarina - Julio Cesar y Buenavista.

La correlación de las columnas estratigráficas Santa Catarina, Torotes y La Bocana nos muestra que los afloramientos de la Formación Alisitos de la región de Santa Catarina, pertenecen básicamente a la parte media- superior de esta formación y está definido por la correlación realizada en la figura no. 6.

## **Rocas Igneas**

### **Intrusivas**

**K superior Gr.-Granito - Cuarzodiorita:** de textura fanerítica holocristalina leucocrática de aspecto compacto. Distribuída en zonas muy locales y debido a la alteración la roca es muy deleznable; su color de intemperismo es rosáceo y en superficie fresca gris claro con fracturas rellenas de óxidos de hierro.

El emplazamiento de estas masas intrusivas tienen varios procesos de evolución dentro de la cámara magmática, lo que produce una variación en composición de minerales esenciales como: cuarzo, feldespatos potásico y plagioclasas; aflorando así, dioritas, granitos, cuarzomonzonitas y cuarzodioritas. Los afloramientos son extensos y algunas localidades mineralizadas están emplazadas en este tipo de rocas, como el área de El Porvenir y Amelia.

Estos intrusivos son los responsables de la mineralización observada en la región de Santa Catarina y actúan como rocas huéspedes de mineralización tanto en estructuras como diseminada. También, debido al efecto de intrusión se les considera como aportadores de mineralización diseminada en las rocas de la secuencia volcanosedimentaria (Formación Alisitos) presente específicamente en las áreas El Mayor - La Fortuna y Catarina-Julio Cesar.

### Extrusivas

**T superior - Q.- Basaltos y Basaltos andesíticos:** Rocas de color café oscuro al intemperismo variando en superficie fresca a un color gris oscuro, algunas ocasiones se observan fenocristales de olivino y también presenta vesículas características de estas rocas volcánicas; su apariencia es compacta y no muy densa; se presenta formando grandes mesetas, como la Mesa Santa Catarina entre otras.

### **Rocas Sedimentarias**

**Tmed. Cg.- Rocas sedimentarias:** secuencia formada por intercalaciones de conglomerados, areniscas conglomeráticas y areniscas sucias, con un leve basculamiento producto de la tectónica que recientemente ha afectado la región, su color de intemperismo es de un amarillo verdoso y se encuentra entre la línea de costa y al pie de elevaciones topográficas marcadas entre las curvas de nivel 100 a 300 msnm, localidad ubicada en un arroyo al suroeste (entre 7y10 km) del rancho Santa Catarina.

**Qal.- Aluvión:** Su distribución está restringida a lo largo de lechos de ríos y arroyos como son: La Bocana y Santa Catarina, así como en la desembocadura de los mismos en el Océano Pacífico formando grandes abanicos aluviales. Está compuesto por fragmentos de rocas volcánicas, ígneas intrusivas y en menor proporción fragmentos de rocas metamórficas.

**Plano geológico escala 1:50 000**

*Correlación de las columnas estratigráficas de los areas Torotes, Santa Catarina y Bocana.*  
 (Almazán 1988) modificada (Esquer Mumbó 1990)

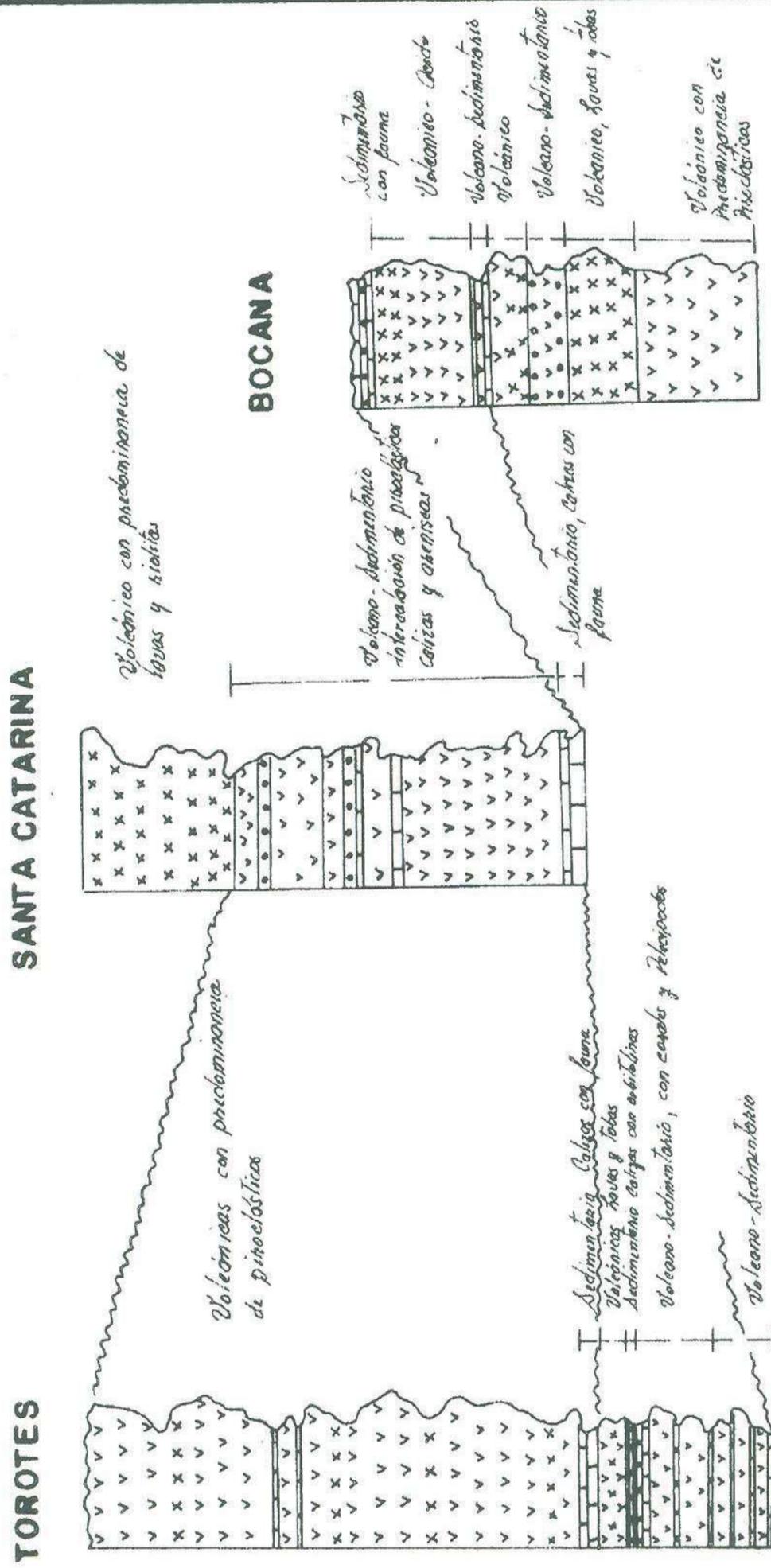


FIGURA No 6

## V.2.- Geomorfología Estructural

En la región de Santa Catarina y mediante un estudio de geomorfología y fotointerpretación, se detectó convergencia entre conjuntos de fallas regionales así como también estructuras circulares y fallas de menores dimensiones asociadas a la formación de calderas, lo que hace a esta área de estudio más atractiva. Conjugándose así características de estructura, alteración, litología y la más importante, evidencias de minerales económicos en superficie; siendo en su conjunto, la manifestación más clara que respalda el modelo de mineralización propuesto en este trabajo.

**Las características tectónicas más sobresalientes en el área se pueden resumir de la siguiente manera:**

Tres patrones de fallamiento; siendo los dos primeros de dimensiones regionales; el más antiguo caracterizado por un rumbo general NE-SW y otro posterior y más bien definido con un rumbo general NW-SE. Estos sistemas de fallas convergen en puntos específicos con estructuras circulares, dándonos como resultado zonas de mineralización y/o alteración como en la zona de El Mayor - La Fortuna y Catarina - Julio Cesar; así como el Salto y Buenavista que están catalogados como blancos de exploración.

Un tercer evento, define fallas y/o fracturas de menor magnitud pero con mayor intensidad, el cual no tiene una orientación preferencial. Presumiblemente este evento es resultado de una tectónica gravitacional debido al desgasamiento de la cámara magmática que formó estructuras circulares de dimensiones considerables. Dentro de dichas estructuras se formaron pequeñas estructuras circulares debido a eventos resurgentes, lo que denota una reactivación de la cámara magmática. Esta tectónica gravitacional preparó a la roca encajonante para recibir las soluciones hidrotermales ascendentes que permearon y mineralizaron algunas zonas de la Formación Alisitos. (plano geomorfológico y fotogeológico con escalas de 1:50 000 y 1:75 000 respectivamente).



---

EL SABER  
PARA LA PAZ  
BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
EXACTAS Y NATURALES

*Específicamente en la región de Santa Catarina se localizaron seis áreas de interés. Se describe cada una de estas áreas haciendo énfasis en su geología, alteración- mineralización y presentación de valores obtenidos en el muestreo realizado.*

## **VI.- Áreas Mineralizadas**

## **VI.1.- Descripción de las áreas**

### **Área "El Mayor - La Fortuna"**

Localizada en la parte central de la región; esta área se encuentra situado en el margen sureste de una estructura tectónica circular, las dimensiones de esta zona mineralizada es aproximadamente de: 1100 x 750 m.

#### **a) Litología.**

Las rocas que afloran en esta zona están representadas por flujos lávicos tobáceos de composición andesítica, los cuales precisamente por estar en un punto de convergencia tectónica muestran características de brechamiento e intenso fracturamiento. La roca es de color gris claro en superficie fresca y tonalidades rojizas por efecto de intemperismo - oxidación. Se puede observar una cresta pseudoestratificada en la disposición de la roca, este paquete tiene unas dimensiones de afloramiento de 230 x 500 m con un rumbo de NE 54° SW y echado de 45° al NW, y es componente litológico de la Formación Alisitos en el área de Santa Catarina.

#### **b) Alteración y Mineralización.**

La alteración hidrotermal predominante en esta zona, se presenta como una fuerte silicificación con moderados óxidos de fierro diseminados y en fracturas. Además, una moderada propilitización es representada por clorita y epidota en pequeñas concentraciones junto con una débil argilitización en zonas de fracturas.

La mineralización está caracterizada por carbonatos, silicatos y sulfatos de cobre como: crisocola, malaquita- calcantita , emplazadas a lo largo de fracturas y en pequeñas vetillas de cuarzo. También se identificó un mineral de cobre conocido como atacamita; es un mineral color verdoso dispuesto en agregados botroidales, identificado y descubierto en un yacimiento de cobre en el desierto de Atacama en Chile, América del Sur.

**c) Muestreo.**

El muestreo que se realizó en esta zona fué puntual y ubicado en algunas obras mineras existentes ( 4 frentes, 2 tiros y una pequeña zona descapotada).

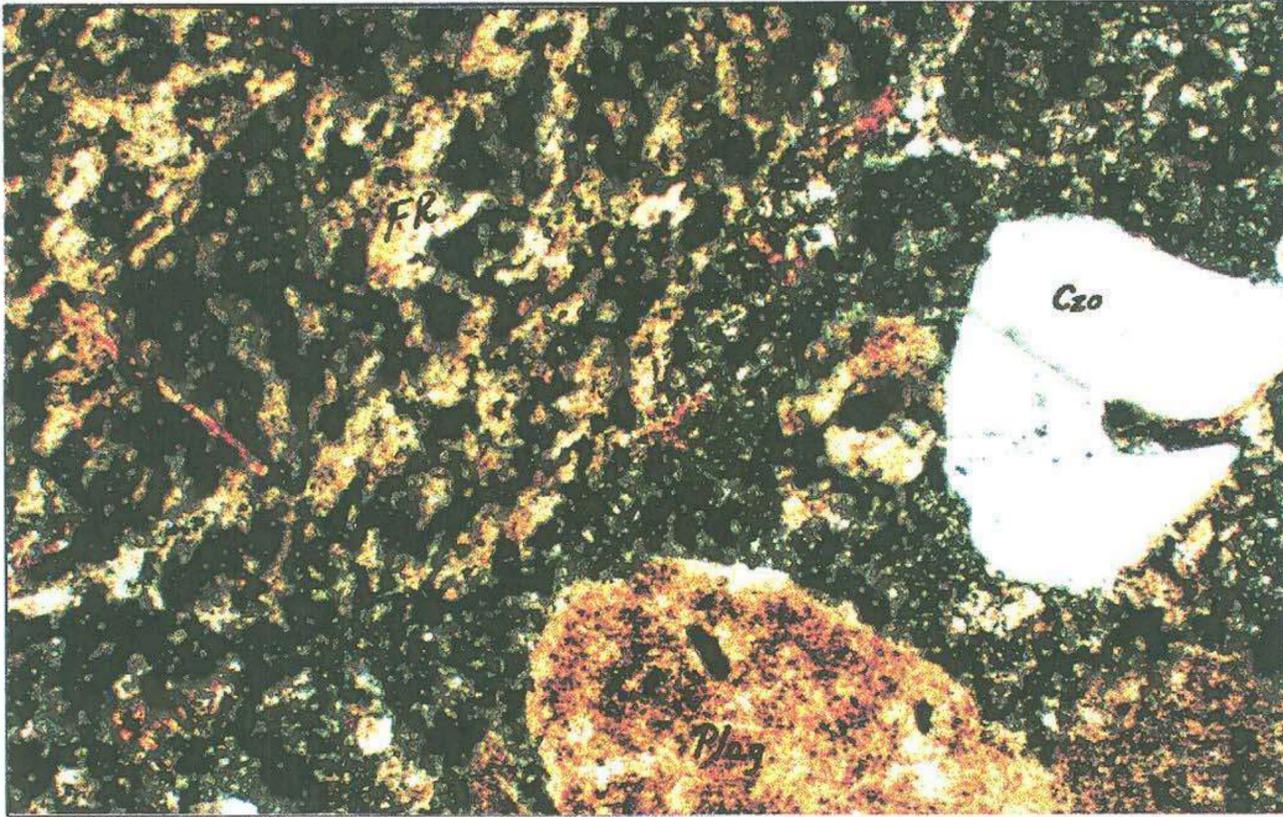
Los resultados en el área "El Mayor - La Fortuna" fueron los siguientes:

No. de Muestra	Au (P.P.M.)	Cu Tot. (%)
FCM 796-01	4.21	0.934
FCM 796-02	0.365	0.538
FCM 796-03	0.030	0.492
FCM 796-04	0.048	1.52
FCM 796-05	0.340	0.610
FCM1097-06	1.047	0.7058
FCM1097-07	0.036	0.2134
FCM1097-08	0.014	0.3362
FCM1097-09	0.013	0.1171

Las muestras FCM 796-01 y FCM 796-02 se colectaron en dos pequeños frentes que se localizan en el área.

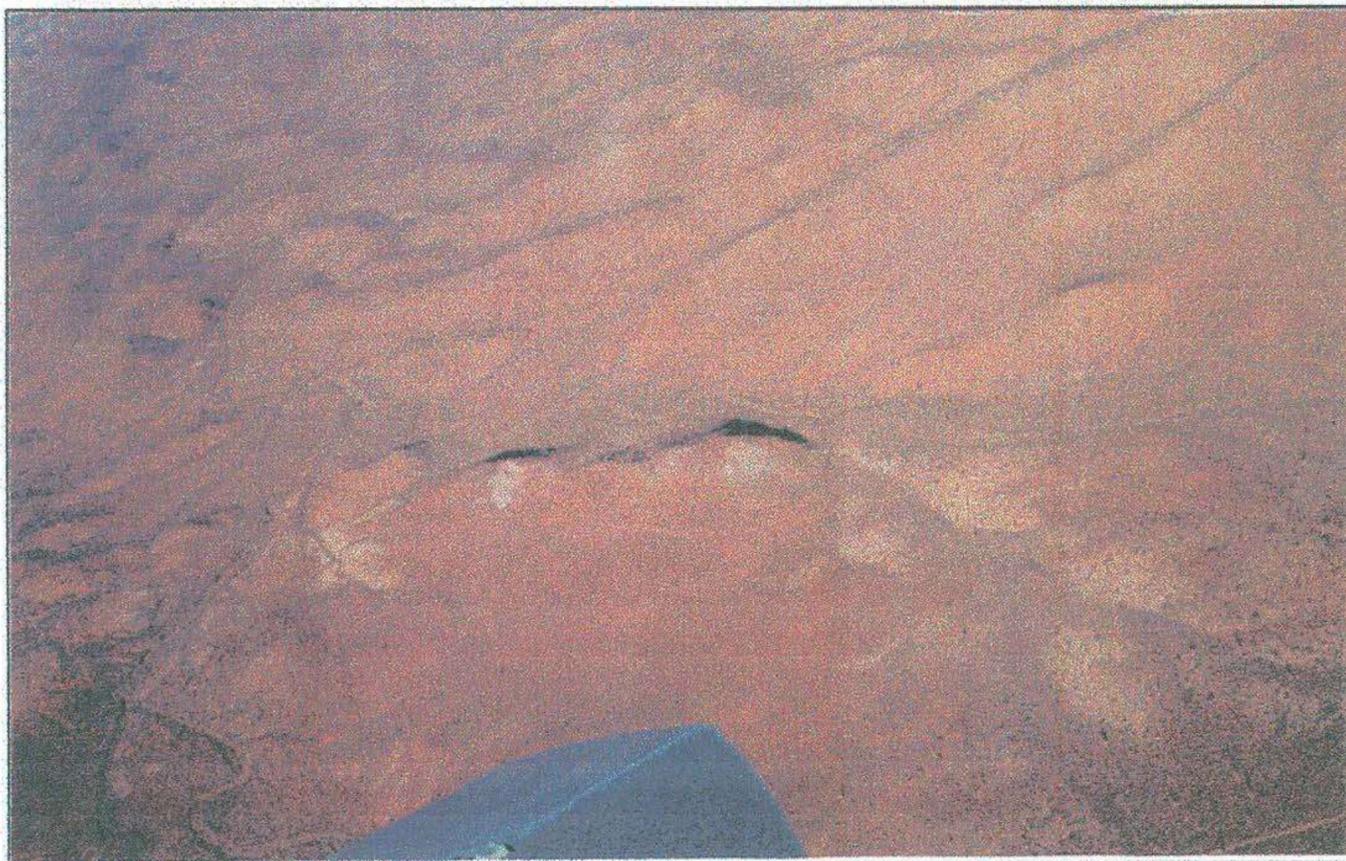
Las siete muestras restantes son muestras de afloramientos.

## Toba andesítica del área La Fortuna

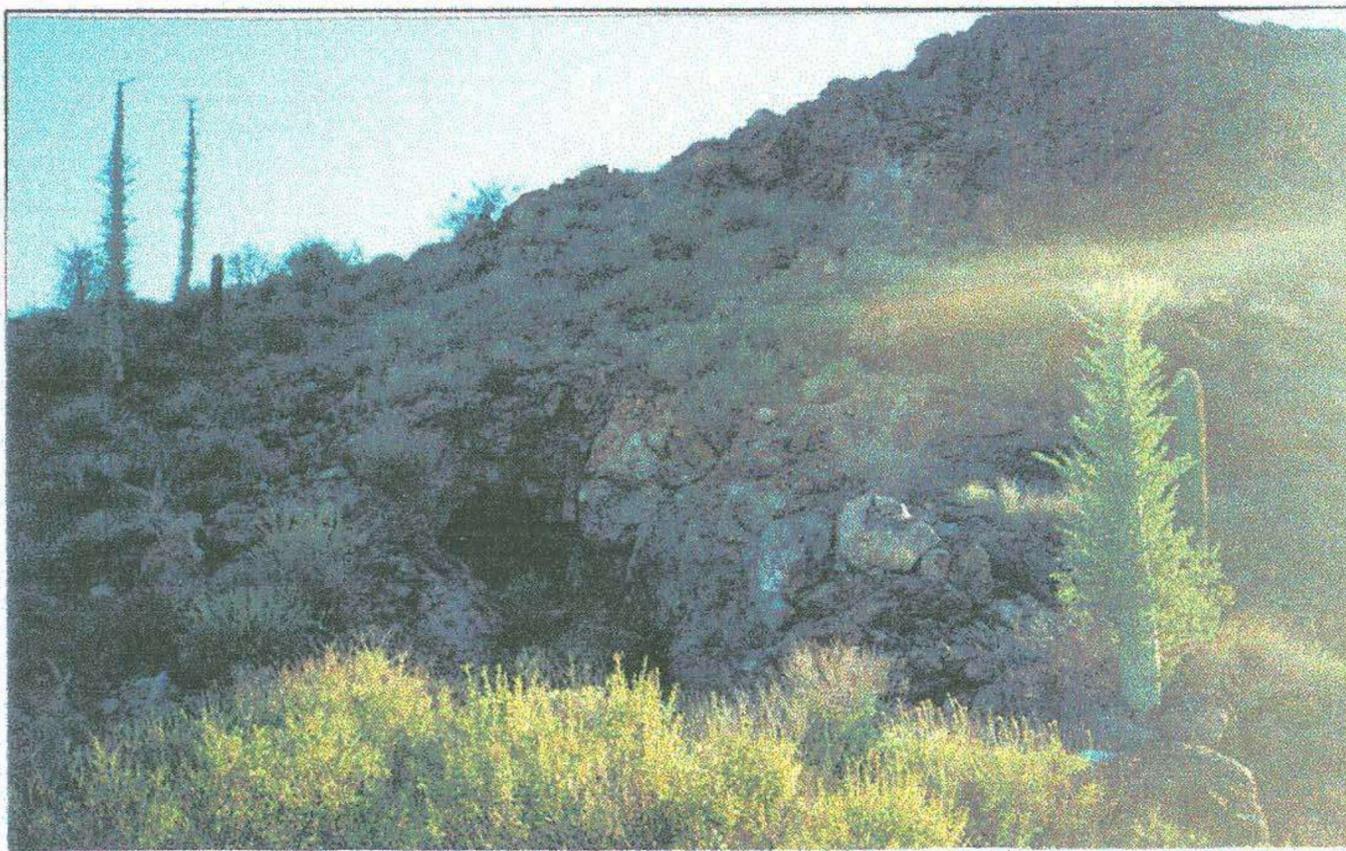
*Muestra No. F-1*

Petrográficamente, esta roca presenta una textura piroclástica, tobácea; los fragmentos de roca (FR) que se observan son principalmente volcánicos de composición andesítico y otros son dacítico-riolítico. Incluidos en una matriz micro-criptocristalina se observan fenocristales de plagioclasa (Plag) (oligoclasa-andesina) y feldespato (sanidino). La matriz está conformada por un agregado micro-criptocristalino cuarzofeldespático, asociada con microcristales de epidota, turmalina, biotita secundaria, óxidos de hierro, esfena y microvetillas de material silíceo.

Estas características la clasifican como una Toba Andesítica-Dacítica; con un origen extrusivo, piroclástico (Amaya, 1996).



*Vista aérea zona mineralizada La Fortuna*



*Pequeña obra minera y afloramiento de rocas volcánicas en La Fortuna*

AREAS MINERALIZADAS



*Trabajo de descapote área La Fortuna*



*Detalle de la mineralización observada en el área La Fortuna*

## Área "Catarina - Julio Cesar"

Esta área está localizada al S20°E y a 9 km de La Fortuna, en el extremo sureste de la región de estudio; estructuralmente se encuentra en medio de un sistema de fallas regionales de rumbo general NE-SW, las cuales tienen un sistema menor de fallas y/o fracturas que afectan a las rocas intensamente abriendo espacios para la circulación de los fluidos hidrotermales mineralizantes.

### a) Litología.

En esta zona, aflora un paquete de rocas volcánicas del Cretácico medio conformado por: andesitas, dacitas y aglomerados volcánicos; fuertemente alterados y brechados donde carbonatos y sulfatos de cobre se aprecian en superficie. También, en zonas muy locales se aprecian apófisis de una roca intrusiva del tipo pórfido, intensamente argilitizada.

### b) Alteración y Mineralización.

La alteración predominante en esta zona es la propilitización caracterizada por clorita- epidota y escasa calcita; también una moderada oxidación en donde se aprecian hematita y limonita.

La argilitización se observa en zonas locales, conteniendo valores anómalos de oro. Cabe mencionar que las obras mineras desarrolladas en esta área están sobre una zona de fuerte silicificación de la roca volcánica (falla), la cual contiene valores atractivos de cobre (muestras FCC 796-03 y FCC 796-11).

La mineralización está representada por sulfatos y carbonatos de cobre como: malaquita y calcantita dispuestos en fracturas y agregados cristalinos.

**c) Muestreo.**

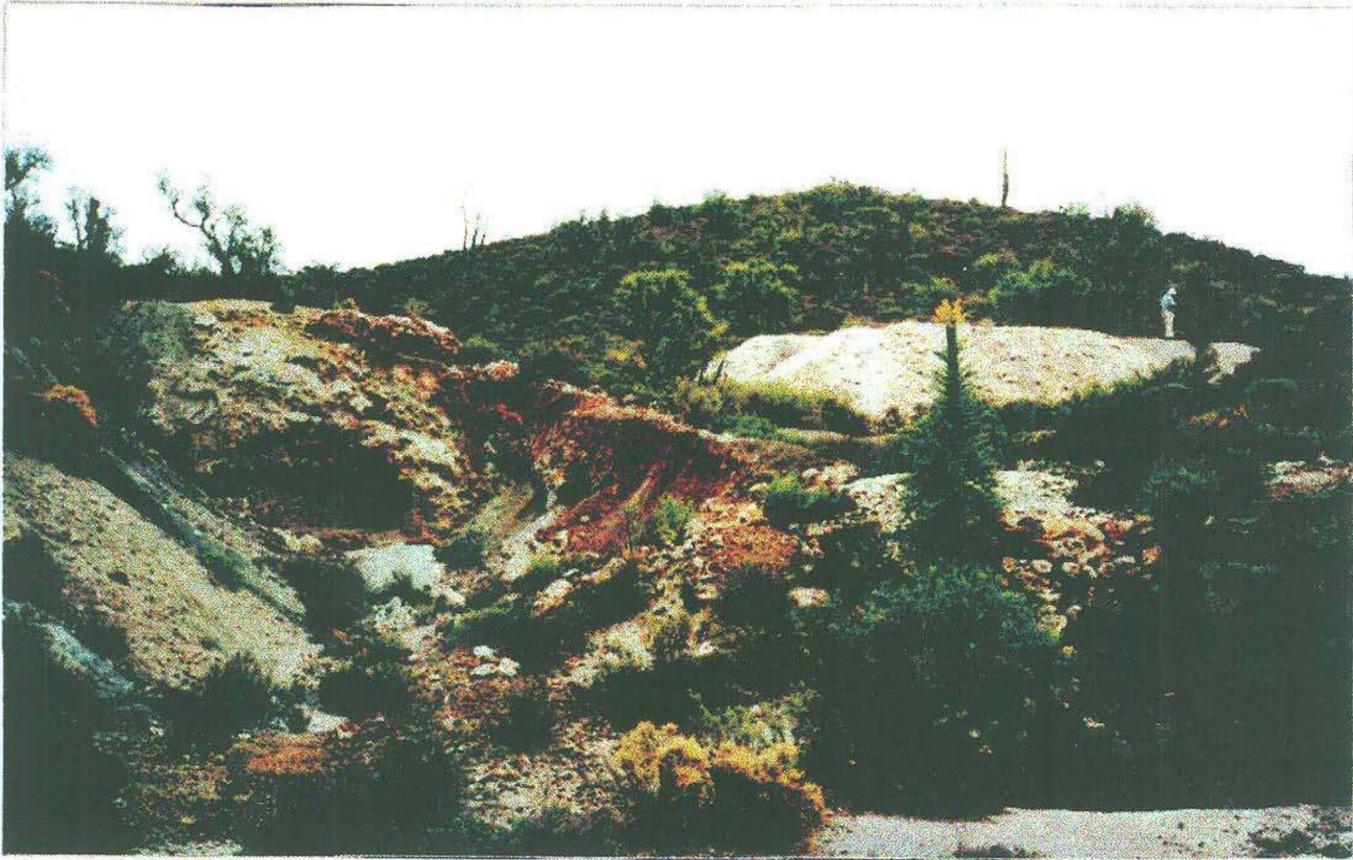
Se colectaron 12 muestras en Catarina - Julio Cesar que se enlista como sigue:

No. de Muestra	Au (P.P.M.)	Cu Tot. (%)
FCC 796-01	0.030	0.0076
FCC 796-02	0.009	0.0068
FCC 796-03	0.005	0.3900
FCC 796-04	0.009	0.0040
FCC 796-05	0.016	0.0020
FCC 796-06	0.022	12.2
FCC 796-07	0.022	0.229
FCC 796-08	0.009	0.0120
FCC 796-09	0.008	0.0680
FCC 796-10	0.007	0.0165
FCC 796-11	0.014	3.95
FCC1097-12	0.006	0.0227

La muestra FCC 796-03 fué colectada en terreros. Las muestras FCC 796-06 y FCC 796-11 fueron tomadas en pequeñas obras mineras. Las muestras restantes son de afloramientos.



*Vista aérea del área Catarina-Julio Cesar*



*Pequeña obra minera y terreros en Catarina-Julio Cesar*



*Alteración oxidación-argilización en rocas volcánicas en Catarina-Julio Cesar*



*Detalle de mineralización del área Catarina-Julio Cesar*

## Área "Amelia"

El área Amelia se localiza al N50°E y aproximadamente a 6 Km del área Catarina- Julio Cesar; en esta área no existe acceso para vehículos, es una zona diferente a las dos anteriores donde se desarrollaron trabajos mineros, extrayendo de ellos minerales de Cu y Au; se observaron en el lugar 4 a 5 obras labradas sobre estructuras mineralizadas.

### a) Litología.

Aflora una roca de color gris-rosácea en intemperismo y gris clara en superficie fresca; tiene una textura fanerítica holocristalina de aspecto compacta, con abundantes óxidos de fierro diseminados y en fracturas. En su extremo occidental entra en contacto con una gruesa secuencia volcánica (Formación Alisitos), provocando un cierto desarrollo de minerales y estructuras metamórficas. Esta roca se ha definido como un pórfido cuarzodiorítico . La mineralización está controlada por fallas y fracturas con rumbo general NW-SE.

### b) Alteración y Mineralización.

La alteración predominante en el área se define por una fuerte alteración cuarzo-sericita con abundantes óxidos de fierro. La silicificación está presente en forma moderada y al alejarse del intrusivo la propilitización se manifiesta de una manera sobresaliente.

La mineralización se caracteriza por sulfatos, carbonatos y silicatos de cobre diseminado y emplazado en fracturas; teniendo también valores de Au atractivos.

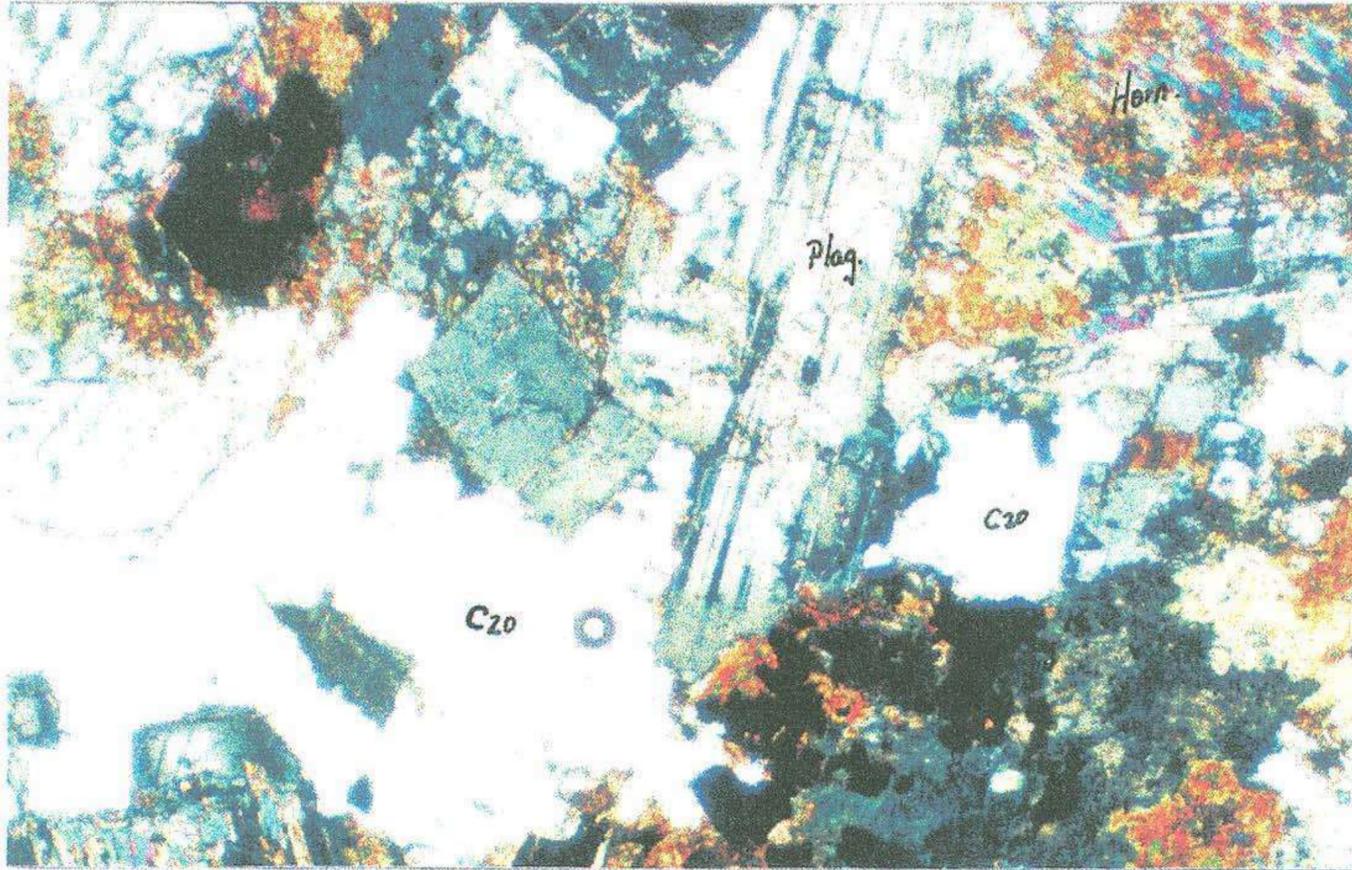
**c) Muestreo.**

En el área de la Amelia se colectaron 11 muestras que se enlistan a continuación:

No. de Muestra	Au (P.P.M.)	Cu Tot. (%)
FCA 796-01	0.087	0.108
FCA 796-02	0.020	0.0320
FCA 796-03	0.076	0.51
FCA 796-04	0.430	7.14
FCA 796-05	0.191	0.68
FCA 796-06	0.012	0.0175
FCA 796-07	0.013	0.0360
FCA 796-08	0.021	0.0420
FCA 796-09	0.550	0.572
FCA 796-10	0.021	0.0038
FCA 796-11	0.034	0.0013

La muestra FCA 796-01 fué tomada en terreros. La muestra FCA 796-03 fué colectada en una obra minera y las muestras restantes son de afloramientos.

Pórfido cuarzodiorítico del área Amelia



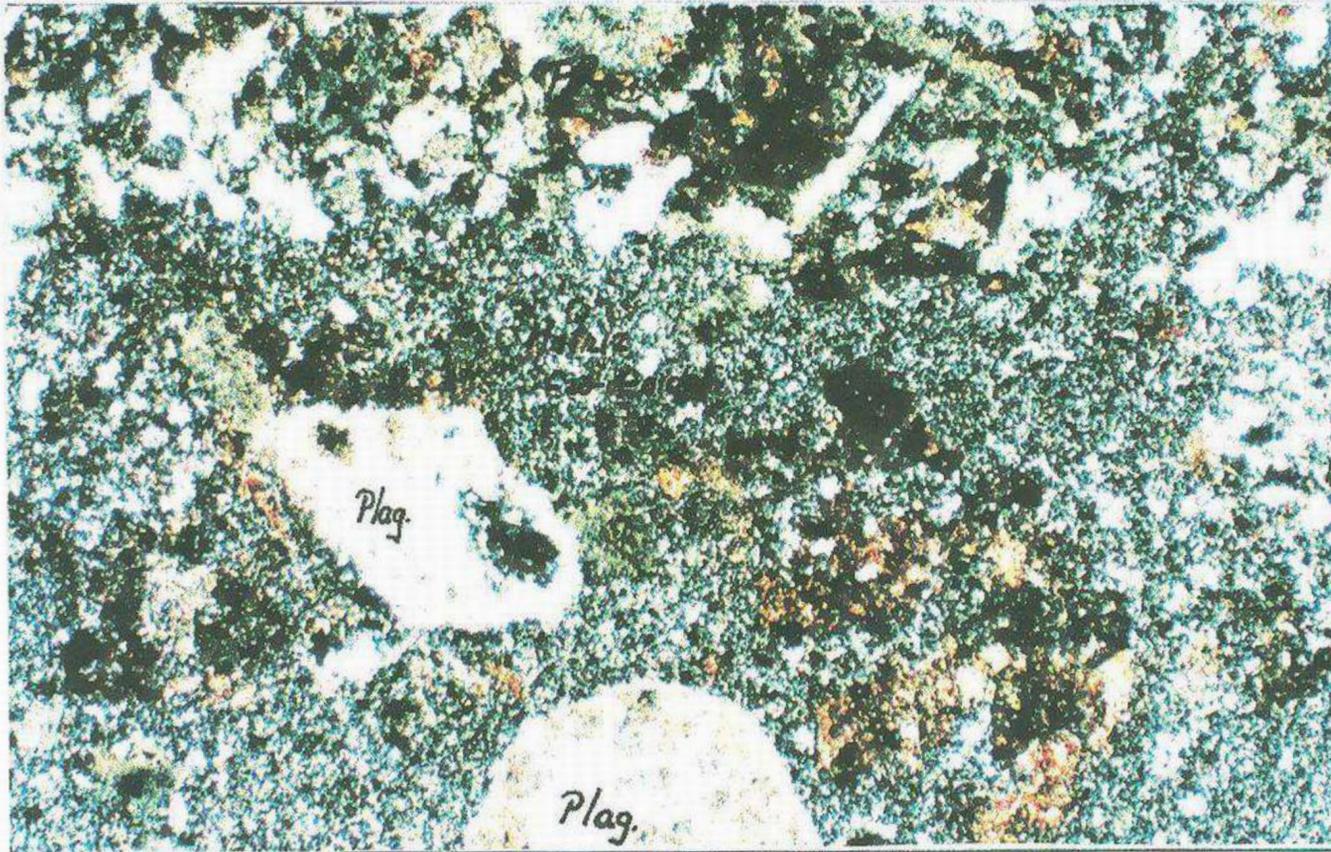
Muestra No. A-1

Esta roca bajo el microscopio presenta una textura holocrystalina, hipidiomórfica de grano medio a grueso, con una variante a porfídica. La muestra se caracteriza por presentar un mosaico equigranular-porfídico constituidos por cristales prismáticos, euhedrales de plagioclasa (Plag) (oligoclasa-andesina), presentando zoneamiento oscilatorio y muchos de ellos fracturados y reemplazados por minerales arcillo-cloríticos, óxidos de hierro y microcristales de biotita y hornblenda; la proporción de plagioclasas varía entre 40 y 60%, los cristales de cuarzo (Czo) son anhedrales y están intercrecidos dentro de los espacios de las plagioclasas en una proporción del 15 al 20%.

Cristales de biotita y hornblenda representa a la fracción de minerales accesorios de 10 a 15%. La hornblenda (Horn) es más abundante que la biotita (Biot) y forman agrupamientos policristalinos, en parte asociados a minerales opacos, principalmente sulfuros de hierro. La biotita muestra cierto grado de reemplazamiento por clorita, óxidos de hierro y minerales fibrosos del tipo tremolita actinolita.

La roca se clasifica como una cuarzodiorita de hornblenda y biotita de origen intrusivo, Amaya, 1996.

### Andesita piroclástica del área Amelia



*Muestra No. A-2*

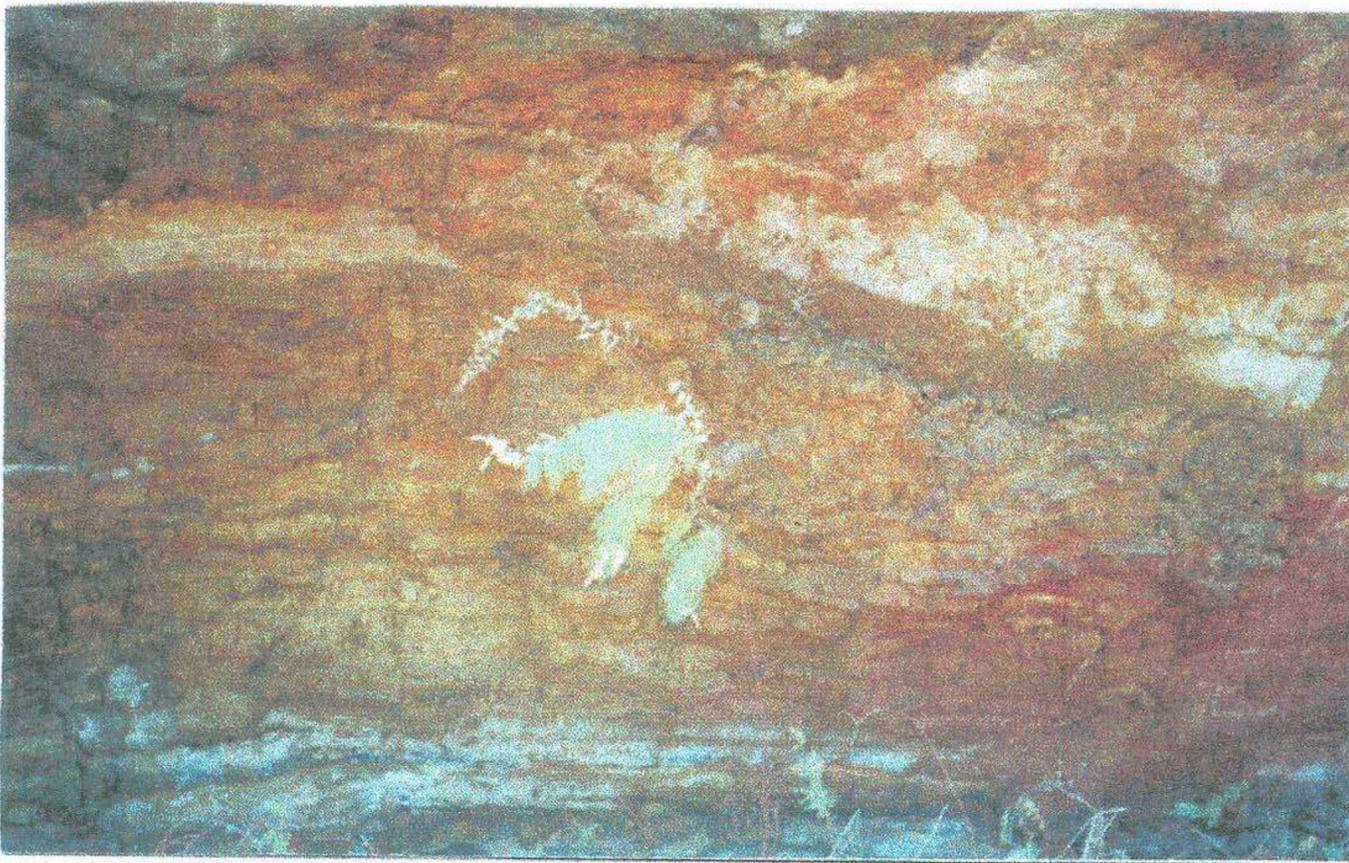
Esta roca presenta una textura granoblástica de grano fino, drusiforme y con evidencias de una textura piroclástica remanente. La textura y composición originales han sido totalmente modificadas por efecto de un intenso reemplazamiento que afecta a toda la roca, manifestándose como un intercrecimiento de grano fino, constituido por microcristales de cuarzo y epidota. los porcentajes estimativos de estas dos fases minerales se ubican: el cuarzo entre 30 y 50% y la epidota entre 25 y 40%.

El desarrollo de franjas de reemplazamiento, con diferente granulometría, así como la presencia de formas prismáticas reemplazadas y la aparente presencia de fragmentos de rocas, sustentan la consideración de que originalmente esta roca correspondería a una roca piroclástica, probablemente de composición andesítica. Dicha roca afectada por hidrotermalismo- metamorfismo de contacto, para impartirle las actuales características texturales y mineralógicas de un Hornfels (Amaya, 1996).

ÁREAS MINERALIZADAS



*Vista aérea del área Amelia*

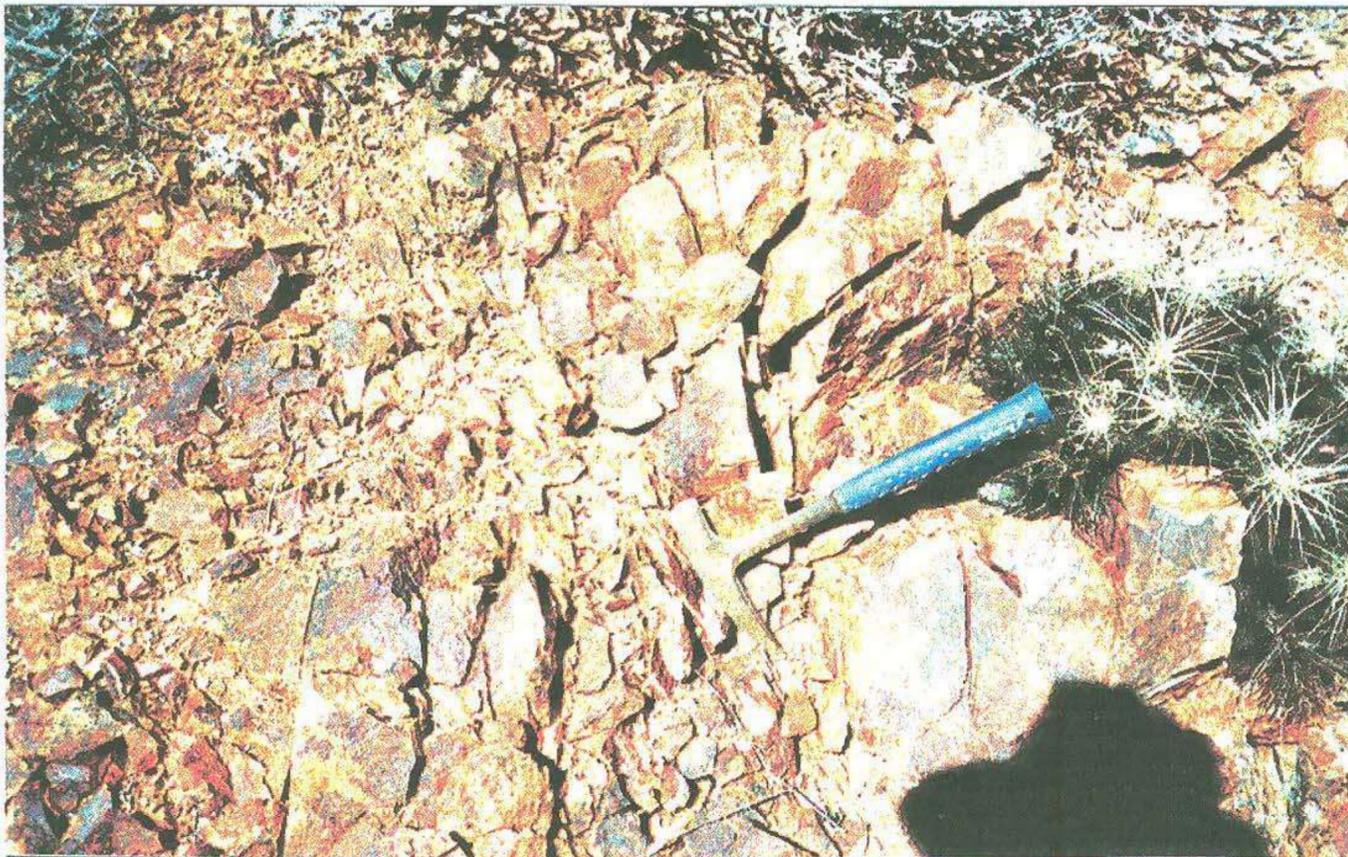


*Alteración argílica en rocas volcánicas área en Amelia*

AREAS MINERALIZADAS



*Alteración propilítica en rocas volcánicas área Amelia*



*Alteración - mineralización en estructura dentro del intrusivo cuarzodiorítico*

## Área "El Porvenir"

Localizada 3 Km al oeste del rancho Santa Catarina, aquí aflora al igual que en Amelia una roca intrusiva.

La roca presenta un fuerte fracturamiento y la mineralización está controlada por un sistema de fracturas y/o fallas con un rumbo general N-S con un espaciamiento entre ellas de 20 a 30 m, en algunas localidades se observa estructuras de brechas con abundante mineralización de cobre.

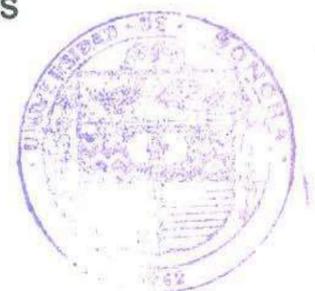
Se puede decir que la zona de El Porvenir está situada en el extremo noroeste de la estructura circular observada en el área, posición privilegiada al igual que el área La Fortuna con la diferencia, que ésta presenta otra unidad litológica .

### a) Litología.

La roca intrusiva aflorante, muestra una textura fanerítica holocristalina, compacta de grano medio a grueso, que es clasificada petrográficamente como un intrusivo granítico con un fuerte fracturamiento y fallas que controlan la mineralización.

### b) Alteración y Mineralización.

La alteración predominante es oxidación- silicificación. El fuerte fracturamiento de la roca permitió el paso de soluciones hidrotermales que depositaron los minerales de Cu y Fe, que posteriormente se lixiviaron dando origen a los sulfatos, carbonatos y silicatos encontrados ahora emplazados en fracturas y en zonas de brechas.



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA  
Escuela de Ingeniería  
Dpto. Geología  
BIBLIOTECA

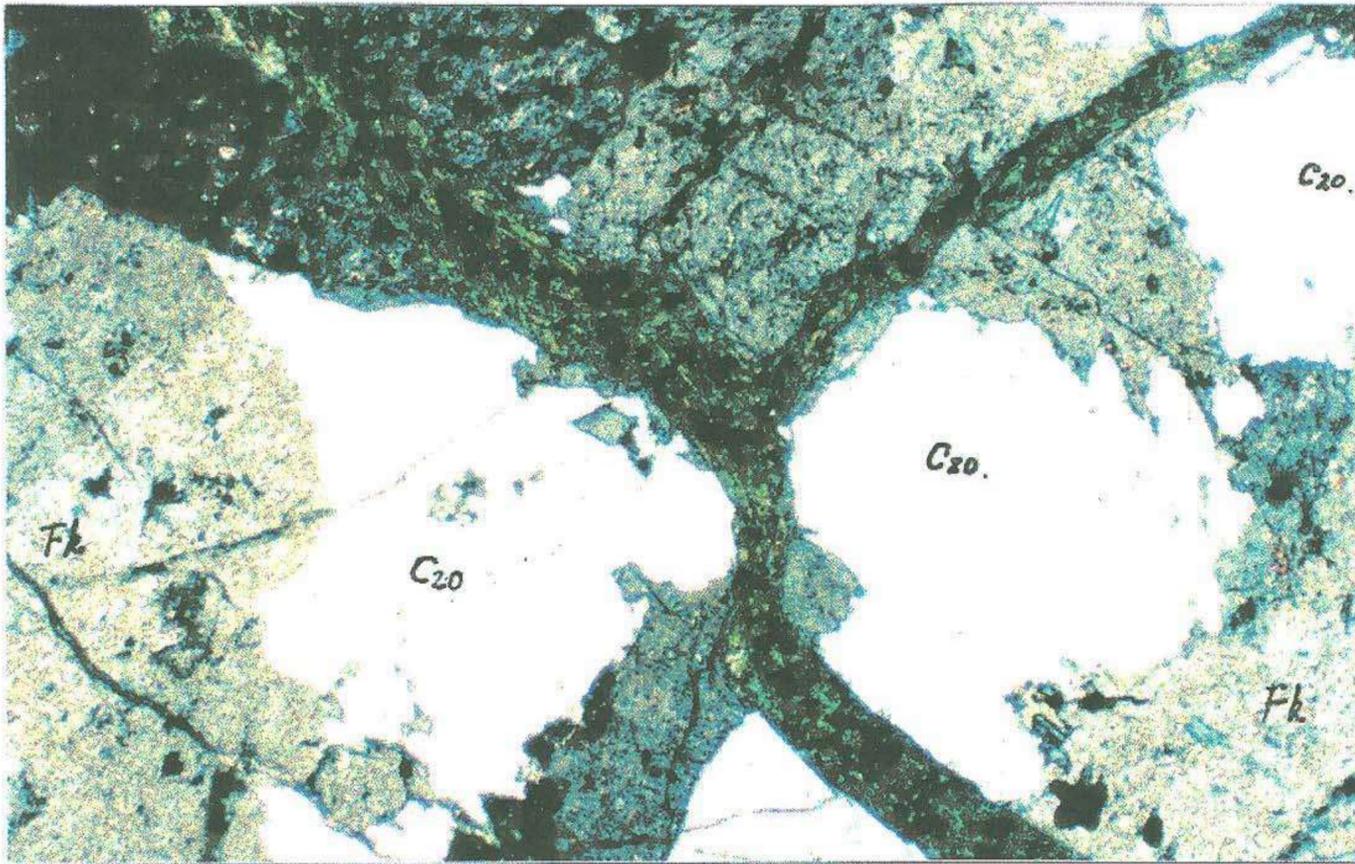
**c) Muestreo.**

En el área El Porvenir se colectaron 14 muestras que arrojaron los siguientes datos:

No. de Muestra	Au (P.P.M.)	Cu (%)
FCP 896-01	0.017	0.092
FCP 896-02	0.017	0.0220
FCP 896-03	0.005	0.959
FCP 896-04	0.005	0.0165
FCP 896-05	0.373	4.63
FCP 896-06	0.018	0.0420
FCP 896-07	0.015	0.030
FCP 896-08	0.017	0.0165
FCP 896-09	0.018	0.0072
FCP 896-10	0.014	0.0023
FCP 896- 11	0.019	0.0139
FCP1097-12	0.083	0.6119
FCP1097-13	0.015	0.1073
FCP1097-14	0.006	0.1475

Las muestras FCP 896-05, FCP 1097-12 y FCP 1097-13 fueron tomadas en obras mineras. Las muestra restantes son de afloramientos.

Granito calcoalcalino del área El Porvenir



*Muestra No. P-1*

Roca intrusiva que microscópicamente es de textura holocristalina, hipidiomórfica de grano grueso y desarrollo de variantes porfídicas y micropertíticas. Presenta fenocristales de feldespato potásico (Fk) (ortoclasa) en un porcentaje del 60 al 70%, la mayoría de ellos reemplazados por minerales arcillo-sericíticos, siendo más abundantes en los desarrollos micropertíticos. Los cristales de cuarzo (Czo) son anhedrales, en una proporción de un 20 a 40%, desarrollando una textura consertal con los cristales de feldespato potásico, llegando a englobar a algunos de ellos. Evidencias de fenocristales de biotita y hornblenda, en gran parte reemplazados por agregados de clorita, óxidos de hierro y cristales de esfena.

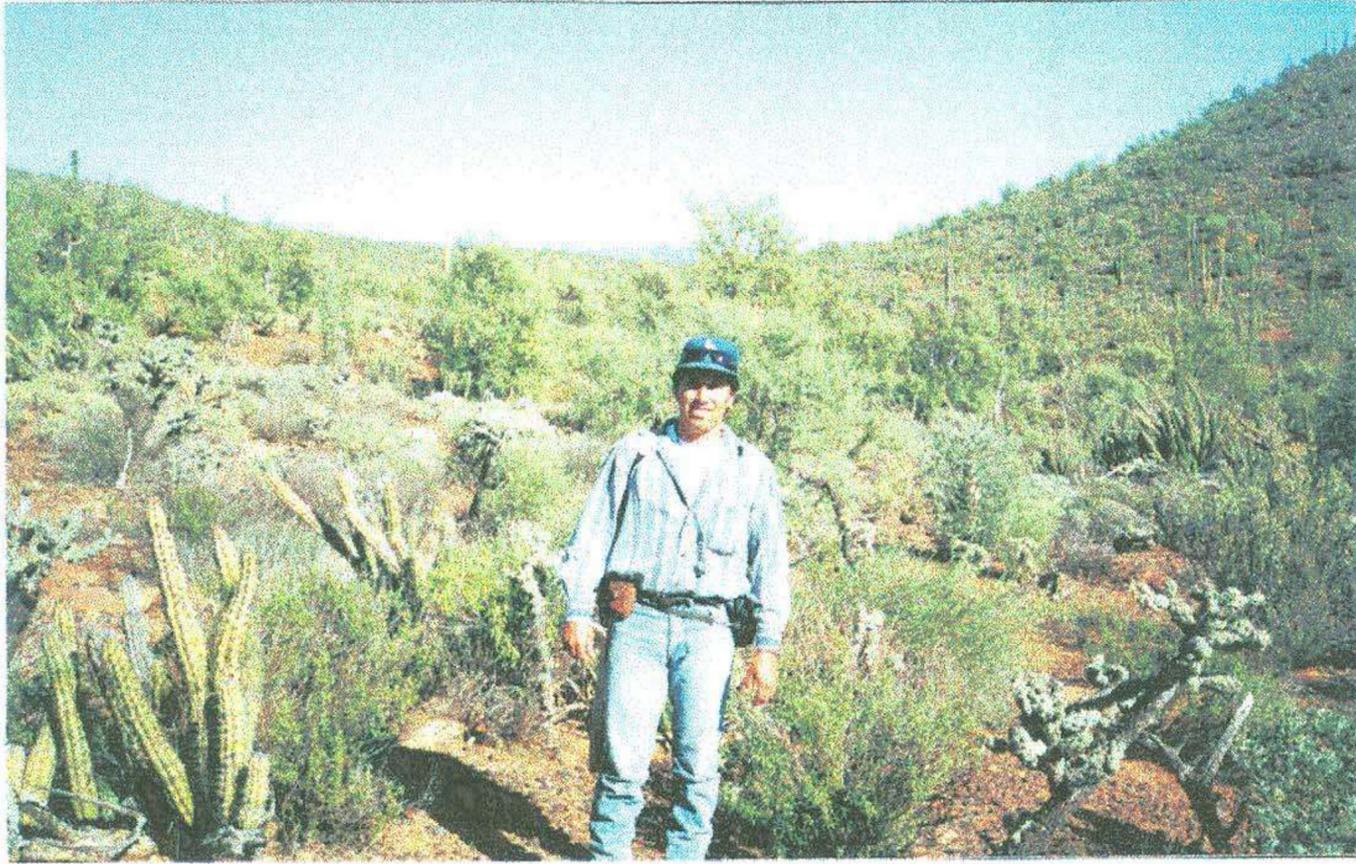
Existen microfracturas-vetillas rellenas de clorita-sericita, asociadas con carbonatos y silicatos de cobre (azurita-malaquita y crisocola). Distribuidos irregularmente se observan cristales de minerales opacos (pirita y calcopirita), algunos de ellos mostrando una tendencia paralela en las cercanías de las microfracturas. Por sus características es clasificado como un granito calcoalcalino de biotita y hornblenda (Amaya, 1996).



*Vista aérea del área El Porvenir*



*Obra sobre estructura en el área El Porvenir*



*Vista panorámica del área El Porvenir*

Las áreas siguientes se visitaron por estar localizadas en estructuras circulares y presentar características tectónicas interesantes.

## Área "El Salto"

Se localiza en el extremo suroeste de la estructura circular existente en la región, 5 Km al SW del área de El Mayor - La Fortuna; tectónicamente es una zona muy afectada por fallas y fracturas.

### a) Litología.

Las rocas que componen esta área son las que componen la Formación Alisitos. Intercalaciones de derrames andesíticos, dacíticos con horizontes calcáreos, areniscas y grauvacas muy fracturados y alterados.

### b) Alteración y Mineralización.

La alteración predominante en esta zona es la oxidación - silicificación; aunque existen zonas locales argilitizadas, la mineralización de Cu no se observa, quizá porque estamos en un nivel superior respecto a la mineralización de El Mayor - La Fortuna y Catarina.

### c) Muestreo.

Se colectaron aquí 5 muestras (todas son en afloramientos) con los siguientes resultados:

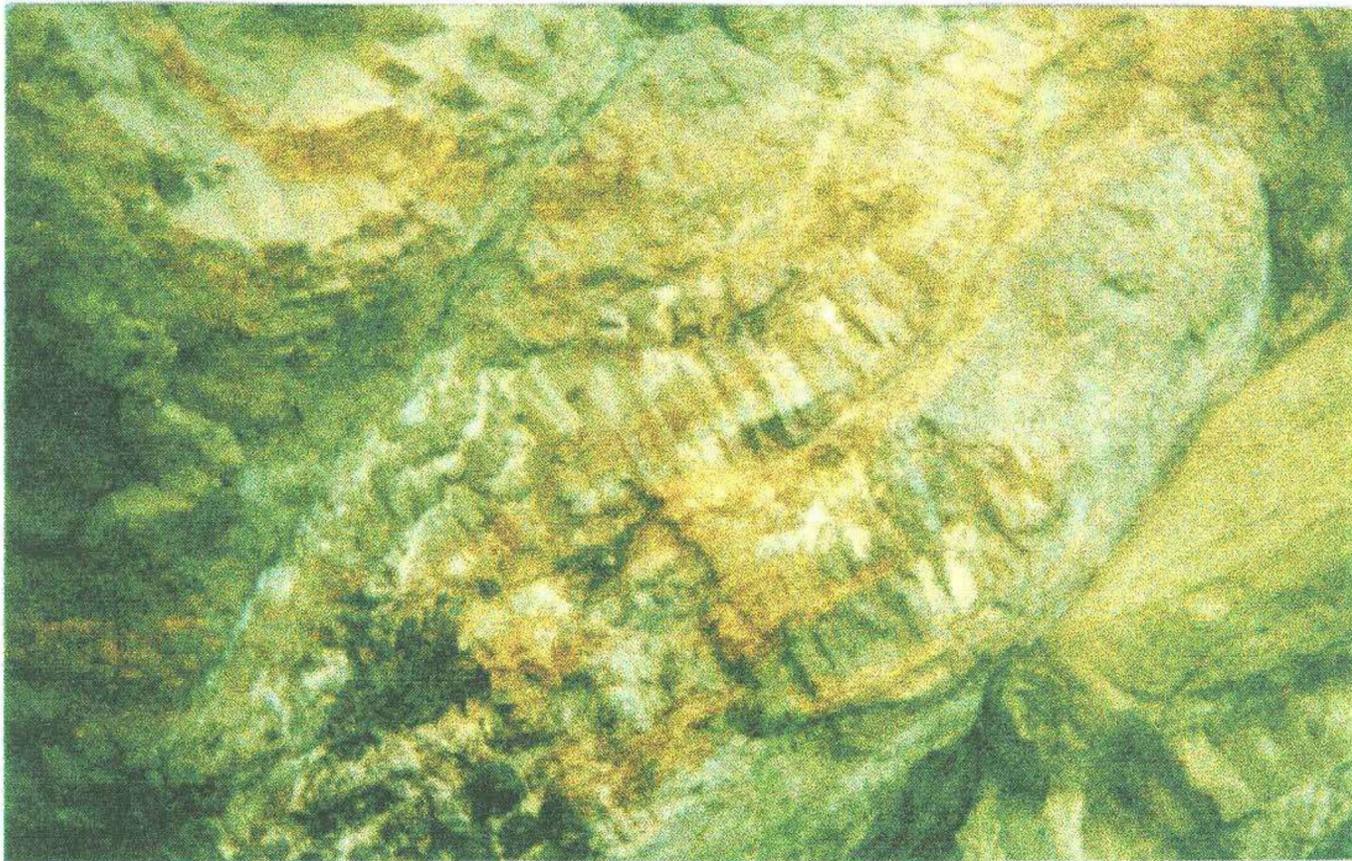
No. de Muestra	Au (P.P.M.)	Cu (P.P.M.)
FCS 796-01	0.015	37
FCS 796-02	0.017	101
FCS 796-03	0.018	28
FCS 796-04	0.012	5
FCS 796-05	0.014	41



*Vista aérea área El Salto*



*Panorámica de la alteración oxidación de El Salto*



*Detalle en falla de rocas volcánicas del área El Salto*

## Área "Buenavista"

Al margen occidental de la estructura circular, aproximadamente al N70°W y 6 Km del área El Mayor - La Fortuna, se observa otra estructura circular de menores proporciones que delimita exactamente ésta área; los afloramientos poseen un intenso fallamiento y fracturamiento.

### a) Litología.

Aquí aflora una secuencia volcánica formada por rocas lávicas de composición riolítica, las cuales muestran pseudoestratificación dispuesta en laminaciones delgadas de 20 a 30 cm de espesor, se puede intuir que estas rocas forman parte de algún miembro de la Formación Alisitos y deben ser de niveles superiores respecto a las del área El Mayor - La Fortuna y Catarina - Julio Cesar.

### b) Alteración y Mineralización.

La alteración predominante en esta área se caracteriza por una fuerte silicificación acompañada de fuerte oxidación en fracturas y diseminada. La alteración argílica también se observa en una proporción considerable.

El área muestra características de estructura y alteración muy significativas por lo que se le consideró un blanco de exploración.

### c) Muestreo.

Se colectaron aquí 7 muestras (tomadas en afloramientos) cuyos resultados se enlistan:

No. de Muestra	Au ( P.P.M.)	Cu (P.P.M.)
FCB 796-01	0.017	51
FCB 796-02	0.017	10
FCB 796-03	0.016	8
FCB 796-04	0.019	8
FCB 796-05	0.013	52
FCB 796-06	0.018	28
FCB 796-07	0.018	138

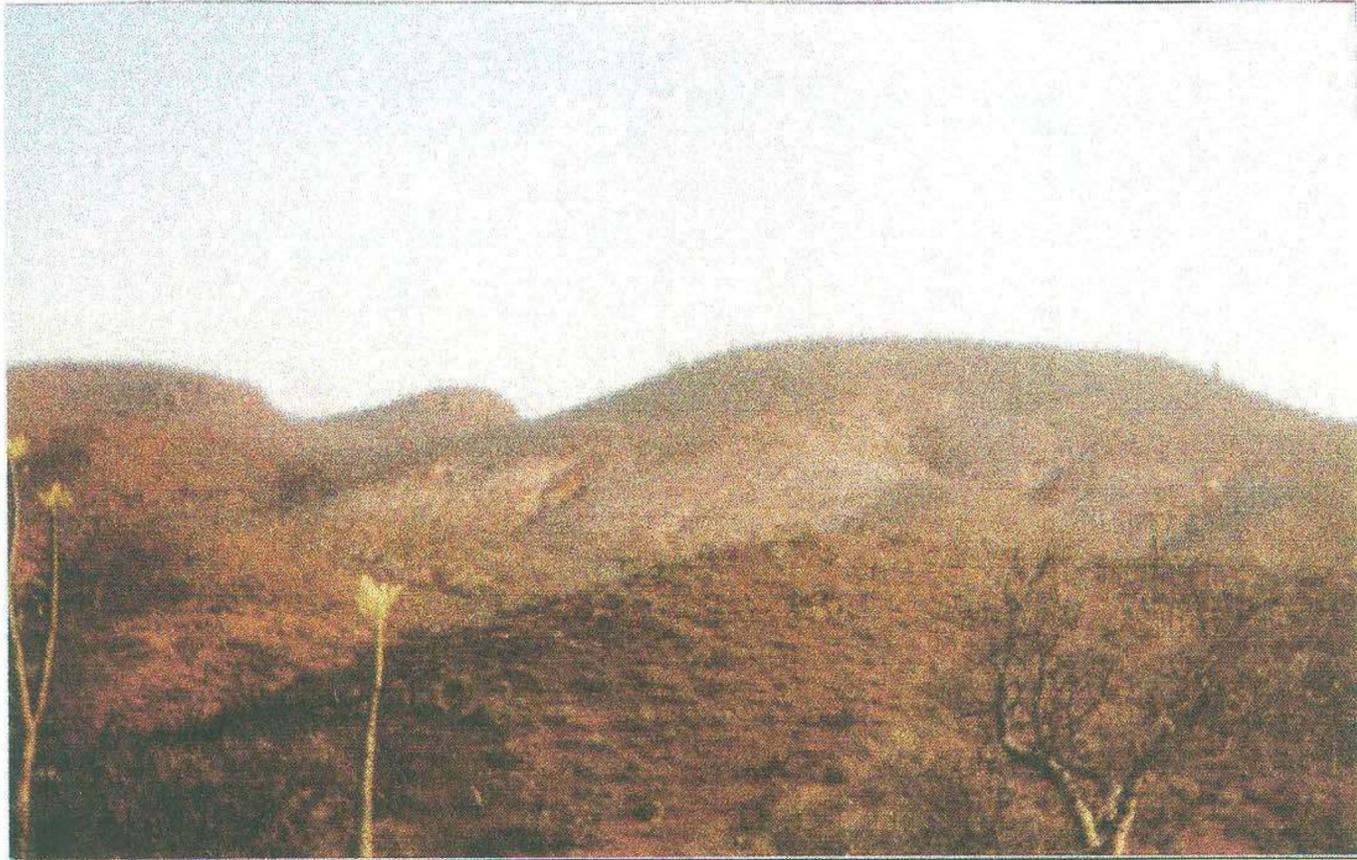
*Ver plano geológico y muestreo (Escala 1:50 000)*



*Vista aérea del área Buenavista*



*Panorámica del área Buenavista con zonas de oxidación*



*Alteración argílica y de oxidación en rocas volcánicas en el área Buenavista*

## VI.2.- Relación entre áreas mineralizadas

Analizando la columna estratigráfica de la Formación Alisitos de la región de Santa Catarina se puede inferir que:

La mineralización de las áreas El Mayor - La Fortuna y Catarina - Julio Cesar están emplazadas en las rocas de la secuencia volcanosedimentaria que componen la Formación Alisitos. Sin embargo, vistas en sección, se observa que existe una diferencia de niveles topográficos en cuanto a las dos zonas; estando Catarina - Julio Cesar en un nivel superior respecto a El Mayor - La Fortuna; este fenómeno se le atribuye a los movimientos tectónicos que afectaron el área (fallas y formación de estructuras circulares ó calderas). Así también, como las zonas de El Salto y Buenavista se sitúan en niveles topográficos y litológicos superiores respecto a las dos áreas anteriores.

Las áreas de Amelia y El Porvenir están emplazadas en rocas intrusivas; prácticamente de la misma composición, entrando aquí a los stock intrusivos generadores y portadores de mineralización.

Con la ayuda del análisis petrográfico en el intrusivo del área Amelia, se detectó poco feldespato potásico y en El Porvenir el feldespato potásico más abundante fué la ortoclasa; en cuanto al contenido de plagioclasas el intrusivo de El Porvenir según la reacción de Bowen debe de contener preferentemente albita, mientras que el intrusivo de la Amelia contiene predominantemente oligoclasa - andesina. Esto nos marca, diferencias de niveles en el emplazamiento de los cuerpos graníticos siendo el de El Porvenir el de niveles de menos presión y menos temperatura en comparación con el intrusivo de Amelia.

*Ver secciones geológicas anexas.*

**VII.- Modelo de mineralización  
propuesto para la región de Santa  
Catarina**

## Propuesta para modelo de mineralización Cu-Au

Basados en las observaciones de campo, en las que sobresalen características de alteración hidrotermal, mineralización, estructura y litología, podemos concluir que en la región de Santa Catarina se tiene un evento de mineralización diseminada en rocas volcanosedimentarias que conforman la Formación Alisitos. Esta mineralización por erosión o simplemente porque así se dió, se encuentra expuesta en superficie en la áreas de La Fortuna y Catarina-Julio Cesar, emplazada en rocas volcánicas de composición andesítica fuertemente alteradas. Este emplazamiento de mineralización se puede asociar al evento magmático que se llevó a cabo en el Cretácico superior y que generó las soluciones hidrotermales ascendentes que depositaron los minerales de Cu y Au en estos lugares.

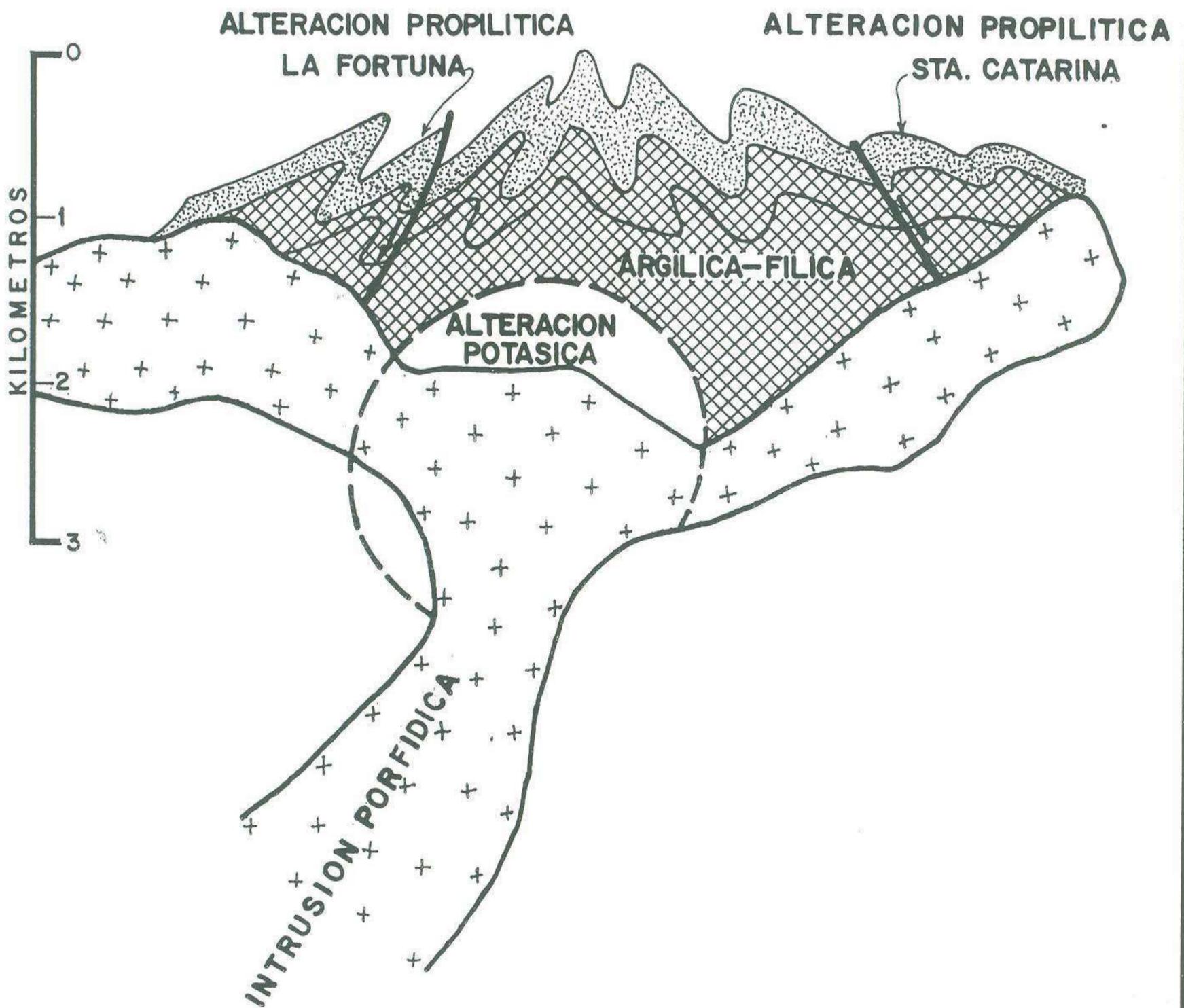
Las alteraciones que se observan en el área, están también muy bien definidas. Una alteración regional bien desarrollada con minerales de clorita, epidota y piritita representa la propilitización. En algunas zonas localizadas tenemos argilitización, caolinización y silicificación, asociadas a mineralizaciones; y ya en el afloramiento de pórfidos, cuarzo-sericita y silicificación, son las alteraciones dominantes.

Estas alteraciones son comparables con las del yacimiento de El Arco en Baja California (Echavarri, 1978).

Así mismo, las características de litología, alteración, mineralización y tectónica son similares a depósitos de cobre diseminados estudiados por Bache, 1987.

Todas estas observaciones nos llevan a proponer el modelo de mineralización tipo "Pórfido Cuprífero de Arco Insular" con su paragénesis de Cu-Au, el cual difiere de los "Pórfidos Continentales" por su paragénesis de Cu-Mo (Perez Segura, apuntes personales).

Esta paragénesis de Cu-Au define un cinturón de yacimientos alineados a lo largo de 200 km y generalmente alojados en rocas de la Formación Alisitos (CICESE, 1995).



**FIGURA No7**

**TESIS UNI — SON**

**MODELO ESQUEMATICO DE  
MINERALIZACION, REGION DE  
SANTA CATARINA B.C.**

HERMOSILLO, SON.

MARZO /1998

GEOL.: J.C. ESQUER M.  
GEOL.: ISAAC MATEOS F.

---

## **VIII.- Conclusiones y Recomendaciones**



EL SABER DE NUESTROS DIAS  
TANTA MÁS LA VERDAD  
BIBLIOTECA DE LAS  
EXACTAS Y NATURALES

## Conclusiones

Las conclusiones a las que se llegó en el área estudiada son las siguientes:

- 1.- Con el marco geológico que se conjuga en la región de Santa Catarina en B.C., podemos proponer una mineralización de Cu diseminado del tipo arco insular.
- 2.- La presencia de estructuras circulares en la región de Santa Catarina nos muestra que es una zona de fuerte actividad tectónica, donde los eventos de mineralización pueden ser posibles y llegar a formar grandes yacimientos de baja ley y gran volúmen.
- 3.- Las evidencias de mineralización y alteración observadas en superficie son manifestaciones que caracterizan eventos de mineralizaciones epitermales.

## Recomendaciones

Realizar en cada una de las áreas: La Fortuna, Catarina - Julio Cesar, Amelia, Porvenir y Buenavista programas de exploración sistemática como:

- \* Geoquímica de arroyos y de rocas.
- \* Geología de detalle (Esc. 1: 2 000) para cada área.
- \* Estudio Geofísico.
- \* Agresivas campañas de barrenación para exploración geológica y mineralización que reafirmen el modelo de mineralización propuesto.



---

EL SILENCIO DE LOS  
LIBROS ES LA PALABRA  
DE LA VERDAD  
EXACTAS Y NATURALES

## **Referencias bibliográficas mencionadas en el texto**

## Referencias bibliográficas

- Allison, E., 1955, Middle Cretaceous Gastropoda from Punta China, Baja California, México: Jour, Paleontology v. 29, p. 400 - 432.
- Almazán Vásquez E., 1988, Marco paleosedimentario y geodinámico de la Formación Alisitos en la Península de Baja California. UNAM, Instituto de Geología, Revista, vol. 7, núm. 1, p. 41-51.
- Álvarez, Jr., 1969, Apuntes de la clase de geología, paleogeografía y tectónica de México. UNAM.
- Amaya, M.R., 1996, Petrografía rocas de la región de Santa Catarina en B.C. Inédito. Hermosillo, Sonora.
- Bache, J.J., 1987, World Gold Deposits a Quantitative Clasification. Gran Bretaña. p.81,82.
- Beggs, J., 1984, Volcaniclastic rocks of The Alisitos Group, Baja California, México: in Frizzel, V. A. Jr., ed., Geology of the Baja California Peninsula Soc. Econ. Paleont. and Mineral, Pacific Sect., v. 39, p. 43 - 52.
- CICESE, 1995, Inventario de Recursos Minerales del Estado de Baja California. Universidad Autónoma de B.C.
- Cross, Withman, Iddings, J. P., Pirsson, L. V., y Washington, H. A., 1903, Quantitative classification of igneous rocks: Chicago, Univ. Chicago Press p. 185 - 231.
- Dibblee, T. W., Jr., 1954, Geology of the Imperial Valley region, California, in Jahns, R. H., ed., Geology of southern California: California Div. Mines Bull. 170, chap. 2, contr. 2, p. 21 - 28.
- Echavarri Perez A., 1978, El yacimiento Cuprífero del Arco B. C., su ambiente geológico y sus características de alteración y mineralización. Boletín del Dpto. de Geología de la UNISON, vol. 1, Octubre de 1978, p. 1-18.
- García, E., 1973, Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen Instituto de Geog. UNAM México, p. 246.
- Gastil G., Phillips R., Allison E., 1975, Reconnaissance Geology of the State of Baja California. Geol. Soc. of America (Memoir 140) 1975. 170 p.

## Referencias bibliográficas

- Hirschi, H., 1926, Beitrage zur Petrographie von Baja California, Mexiko: Schweizer. Mineralog. u. Petrog. Mitt., v. 6, p. 346 - 350.
- INEGI, 1985, Geología de la República Mexicana.
- McEldowney, R. C., 1970, An occurrence of Paleozoic fossils in Baja California Mexico: Geol. Soc. America Abs. with Programs, v. 2, p. 117.
- Perez, S. E., Apuntes de Yacimientos Minerales II. Depto. de Geología, UNISON, Hermosillo, Sonora.
- Rodriguez, T.R., 1996, Informe confidencial preeliminar del proyecto La Fortuna en B.C. Inédito.
- Salazar L.R., 1982, Estudio Geológico Minero del Area "El Barril", mina "La Sirena" municipio de Ensenada, B.C. Norte. Tesis Profesional. UNISON, Hermosillo, Sonora .
- Santillán, M., and Barrera, T., 1930, Las posibilidades petrolíferas en la costa occidental de la Baja California, entre los paralelos 30 y 32 de latitud norte: México Inst. Geología Anales, v. 5, p. 1- 37.
- Salomón, P.R., 1993, Informe confidencial de reconocimiento geológico, área El Mayor en B. C. Inédito.
- Sharp, R. V., 1967, San Jacinto fault zone in the Peninsular Ranges of southern California: Geol. Soc. America Bull., v. 78, no. 6, p. 705 - 729.
- Sillitoe, R.H., 1972, Metallic Mineralization Affiliate Volcanism: a review in volcanic process in ore genesis. Geol. Soc. London Spec. Pub: 7, p. 99 - 116.
- Silver, L. T., Allen, C. R., and Stehle, F. G., 1969, Geological and geochronological observations on a portion of the Peninsular Range batholith of northwestern Baja California, Mexico (abs.): Geol. Soc. America - Spec. Paper 121, p. 279 - 280.
- Wright, L. B., 1946, Geology of Santa - Rosa Mountain area, Riverside County, California: California Jour. Mines and Geology, v. 42, p. 9-13.