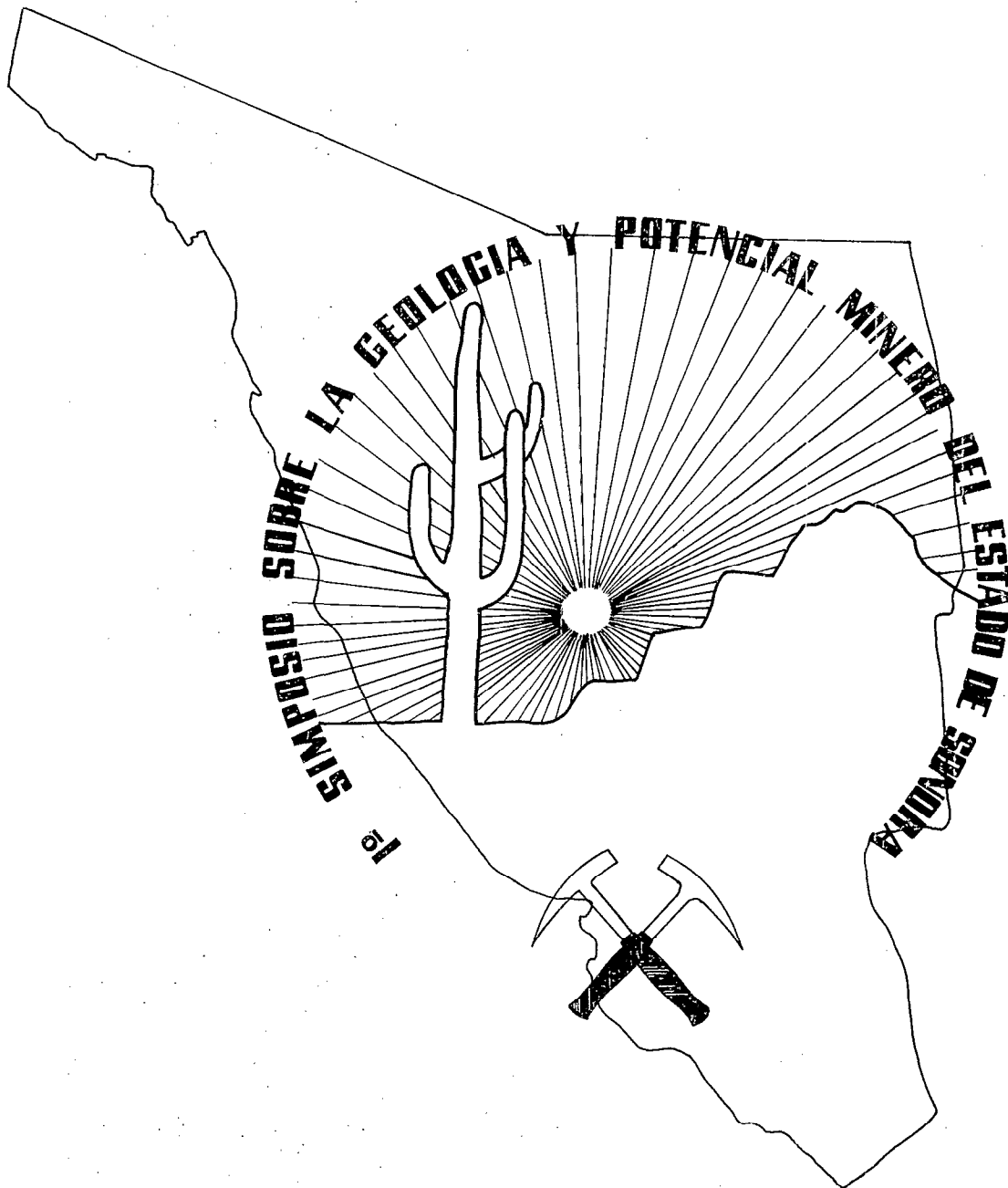


RESUMENES



Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: ~~AX~~ 14804 Ex:

unique

ANS/ANG

INSTITUTO DE GEOLOGIA, U.N.A.M.

Hermosillo, Sonora, México, Mayo de 1978.

DACG

P R O L O G O

Los resúmenes incluidos en este volumen han sido sometidos al Comité Organizador del Primer Simposio sobre la Geología del Estado de Sonora y su Potencial minero antes del día 10 de abril de 1978. Están presentados por orden alfabético de los autores (o del primero cuando son varios autores). Al final está un índice alfabético de todos los autores participantes.

Algunas modificaciones se hicieron para uniformizar y armonizar los términos geológicos y topográficos. Por ejemplo, los términos "superior" e "inferior" fueron cambiados por "tardío" y "temprano" en la mayoría de las notaciones estratigráficas.

Siempre se ha tratado de respetar las ideas expresadas - aún cuando se modificó la puntuación o cuando se condensó ligeramente el texto de los resúmenes enviados.

No obstante los esfuerzos del Comité de lectura y de las secretarías, quedan seguramente imperfecciones y errores diversos. De antemano rogamos al lector que nos disculpe por eso.

Jesús Nájera-Garza

Luc Ortlieb

Oficina Regional del Noroeste, Instituto de Geología, UNAM
Hermosillo, 11 de Abril 1978.

C O N T E N I D O

Página

Palinoestratigrafía preliminar del Grupo Cabullona (Cretácico tardío) en el Noroeste de Sonora , México.	
L. Almeida L., E. Martínez H.	7
The nature and extent of precambrian rocks in Sonora, Mexico.	
T. H. Anderson, L. T. Silver	9
Estudio hidrogeoquímico en el área de Navojoa, Sonora.	
J. A. Arroyo Q., A. Lozano C.	11
Petrología de algunos basaltos del Golfo de California y su implicación para los procesos tectónicos que lo originaron.	
R. Batiza	13
Inferencias cronoestratigráficas del Arqueozoico-Proterozoico temprano en el noreste de Sonora.	
S. Bazán B.	15
Algunas altas mineralizaciones relacionadas a provincias geoquímicas en la porción septentrional del Estado de Sonora.	
J. A. Benítez Muro, J. L. Lee Moreno, P. K. Theobald, R. L. Turner.	19
La pequeña minería: un elemento importante para el desarrollo de Sonora.	
R. Beutelspacher, colaboración A. Echávarri.	21
La explotación de recursos naturales en Sonora, una historia ilustrativa.	
B. Braniff.	25
Geología de la región cuprífera del Transvaal , Municipio de Cumpas, Sonora.	
F. Cendejas, C., A. Bárcenas R.	27
Fissure-vein deposits in Sierra Madre Occidental province, Mexico.	
K. F. Clark	31
Fábricas de rocas metamórficas.	
R. R. Compton.	35

Página

Geology, geochemistry and mineralization of the Washington Mine area, Huépac, Sonora.	
A. C. Daco.	39
Mineralization in time and space in northwestern Mexico and southwestern United States.	
P. E. Damon	41
The role of rock-solution reactions in the origin of ore and gangue components.	
F. W. Dickson.	45
The cordilleran thrust belt (Laramide Orogeny) between Nevada and Chihuahua.	
H. Drewes.	49
Yacimientos minerales de Sonora y su metalogénesis	
A. Echávarri.	53
Economic significance of Oligocene-Miocene Ignimbrite cauldrons of southwestern New Mexico and adjacent regions of Mexico.	
W. E. Elston	57
Exploración geofísica de detalle en el Tecolote, Municipio Pitiquito, Sonora.	
R. Farías G.	59
Animals and plants of the Sonoran Desert	
R. S. Felger.	61
The migration of the axis of Pacific Margin magmatism across Baja California, Sonora and Chihuahua.	
G. Gastil, D. Krummenacher.	63
Geology of the Puerto la Bandera area, Imuris, Sonora	
N. L. Gilmont, A. S. Coter.	65
Rocas sedimentarias del área de Arizpe, Sonora.	
C. González León.	67
Análisis y perspectivas económicas de la carta geológica a escala 1:250 000.	
A. Guerrero Cruz, D. J. Morán Zenteno, H. González Mejía.	69
Posibilidades petrolíferas del Estado de Sonora.	
A. E. Guzmán.	71

Petrología y geología del depósito "La Caridad", Na cozari, Sonora.	
J. Hernández Peña.	73
Geology of southern Río Bacanora valley, Sonora, Me- xico.	
R. K. Hewitt, G. Schmidt, A. S. Coteria.	77
Geology of the Sierra del Chiltepín and Cerro Macho area, Sonora, Mexico.	
J. C. Himanga, D. L. Flinn, A. S. Coteria.	79
Exploración por carbón en el Estado de Sonora	
J. Islas López.	81
Minas en producción, minas en preparación y depósi- tos con reservas o menos conocidas en el Estado de Sonora.	
S. Maravilla Soltero.	85
Geology and tectonics of the region of Caborca, So nora Mexico.	
R. Merriam.	89
Carta geológica Detenal, Escala 1:250,000 área de Nogales-Cananea.	
D.J. Morán Zenteno, A. Guerrero Cruz, H. González Mejía.	91
Geología del distrito minero del Tecolote, Sonora	
J. Oñate de León.	93
Neotectónica y paleogeografía cuaternaria de las costas de Sonora.	
L./Ortlieb.	95
Tectonic model for mineral exploration, northern Sonora, Mexico.	
G. L. Raines, P. K. Theobald, M. D. Kleinkopf, J. L. Lee Moreno, M. de la Fuente Duch.	99
Geología de Sonora y sus relaciones con áreas ad- yacentes.	
C. Rangin.	103
Consideraciones sobre el Paleozoico sonorense.	
F. Rangin.	107

	Página
Las rocas volcánicas jurásicas en el norte del Estado de Sonora, México.	
J. Roldán Quintana, C. Rangin.	111
Potencial minero de Sonora.	
G. P. Salas.	113
Volcanic geology of the region between Guaymas and Kino Bay, Sonora.	
M. F. Sheridan, R. T. Wilson, G. D. Johnpeer. . . .	115
Mesozoic magmatism and tectonism in northern Sonora and their implications for mineral resources.	
L. T. Silver, T. H. Anderson	117
Aspectos regionales en la exploración de pórfidos cupríferos en Sonora.	
B. Solano Rico.	119
El futuro de la geología en el distrito minero de Cananea, Sonora.	
J. R. Velasco.	121

PALINOESTRATIGRAFIA PRELIMINAR DEL GRUPO CABULLONA
(CRETACICO TARDIO) EN EL NORESTE DE SONORA, MEXICO

Lucia ALMEIDA L.
Enrique MARTINEZ H.

Instituto de Geología U.N.A.M.
Ciudad Universitaria,
México 20, D. F.

El objetivo del presente trabajo es establecer una secuencia bioestratigráfica que permita conocer la edad relativa del Grupo Cabullona y de los Depósitos Mesa que los cubren discordantemente, con el fin de datar los movimientos Larámide.

Los palinomorfos recuperados son escasos y mal preservados, lo que indica el grado de metamorfismo al que han estado sujetos como consecuencia de la actividad ígnea y tectónica del área.

El material identificado contiene grupos de Algas-Esporas-Triletes y granos de polen de Gimnospermas y Angiospermas. El conjunto florístico indica con cierta seguridad una edad Cretácico tardío (pre-maestrichtiana) para la porción basal y media de la parte inferior del Grupo Cabullona. Entre los palinomorfos identificados se encuentran: Chomotriletes fragilis, Cyathidites minor, Monocolpopollenites, Pityosporites elongatus, Araucariacites esp., Cedripites esp., Retitricolpites minutus, Eucommiidites esp., Sporopollis esp., Steriosporites esp. .

Los Depósitos Mesa presentan muy pocos palinomorfos, y aunque esta escasez impide asignar una edad definitiva, la palinoflora parece ser también del Cretácico tardío. Consecuen-

temente, si al tectonismo Larámide en esta zona, lo marca la discordancia de los Depósitos Mesa sobre el Grupo Cabullona, estos movimientos se situarían en el Cretácico tardío.

Paleoecológicamente se han encontrado restos de algas dulceacuícolas que señalan un ambiente lacustre.

Es necesario el estudio detallado de las otras unidades litológicas de este Grupo, principalmente en su porción superior donde ya se encontraron palinomorfos para obtener conclusiones definitivas.

THE NATURE AND EXTENT OF PRECAMBRIAN ROCKS IN SONORA, MEXICO

Thomas H. ANDERSON

Dept. Earth & Planetary Sciences
University of Pittsburgh
Pittsburgh, PA 15260, E. U. A.

Leon T. SILVER

Division of Geological and Plane-
tary Sciences, California.
Institute of Technology
Pasadena, California 91109, E.U.A.

Reconnaissance geological and geochronological studies of crystalline rocks in northwestern Mexico have established the regional nature and extent of the Precambrian craton. The oldest stratified rocks recognized in NW Sonora (and Mexico) are deformed muscovite-quartz schists, quartzites, and biotite-quartzofeldspathic gneisses near Caborca, which are cut by calcalkaline intrusives ranging from 1710 to 1750 m.y. in age. Nearby upper amphibolite facies layered quartzofeldspathic and amphibolitic gneisses were apparently deformed and metamorphosed at about 1660 ± 15 m.y. ago, concealing original lithologies and ages. This suite comprises the older part of biparite precambrian basement, which is composed mainly of two mutually exclusive and chronologically distinctive belts of crystalline rocks. In NE Sonora, the younger belt, comprised of eugeosynclinal strata about 1680 ± 20 m.y. old, was tightly folded and metamorphosed to greenschist facies about 1650 m.y. ago. These northwestern and northesastern precambrian suites appear to be separated by a jurassic magmatic arc, and a postulated shear structure of large displacement. Both suites correlate

northward into related belts in the SW United States.

Numerous granitic plutons were intruded into the Precambrian of Sonora about 1410 to 1440 m. y. ago, without recognizable associated regional sedimentation or deformation. Rare, small plutons of micrographic granite added to the precambrian crystalline complexes, about 1100 m. y. ago, are the youngest precambrian igneous rocks recognized. They limit the age of a thick miogeoclinal sequence of unmetamorphosed quartzose sandstones, carbonates with numerous stromatolite horizons, and shales which rest nonconformably on them. The sequence is overlain without unconformity by a fossiliferous lower cambrian section.

No precambrian crystalline rocks have been recognized west of a northwesterly trending line that extends subparallel to the Sonoran coast between the vicinity of Yuma, Arizona and a point about midway between Hermosillo and Kino Bay. Termination of Precambrian exposures also occurs along an east-west line, north of Hermosillo. These abrupt boundaries suggest major -- younger tectonic features which we suspect played important but undefined roles in the apparent absence of precambrian basement under much of northern and west central Mexico. In northeastern Sonora, precambrian rocks extend almost to the state of Chihuahua, where they disappear under younger cover.

ESTUDIO HIDROGEOQUIMICO EN EL AREA DE NAVOJOA, SONORA.

J. A. ARROYO Q.
A. LOZANO C.

Instituto de Geología,
Universidad Nacional Autónoma de México,
Ciudad Universitaria,
México 20, D.F.

Se llevó a cabo un estudio hidrogeoquímico en el área de Navojoa, situada en la planicie costera del Golfo de California y localizada en la porción sur del Estado de Sonora; está limitada hacia el E por las primeras estribaciones de la Sierra Madre Occidental, las cuales presentan una orientación general NW-SE.

La región presenta una fisiografía senil, constituida por extensas llanuras aluviales. El Río Mayo, que corre en una dirección general NE-SW, atraviesa el área estudiada y pasa a una distancia de 2 km al N de la Ciudad de Navojoa, la precipitación es de 385 mm y la temperatura media anual es de 25.9°C.

Geológicamente, el área estudiada comprende principalmente depósitos aluviales de edad cuaternaria, así como algunos cuerpos volcánicos terciarios, los cuales se presentan especialmente en la parte NE.

Se encontraron altas concentraciones de elementos metálicos, esencialmente manganeso en el agua de la red de distribución de la Ciudad de Navojoa (0.19 - 0.85 p.p.m.), en los pozos de abastecimiento localizados en puntos cercanos al Río Mayo (0.5 - 2.1 p.p.m.) y en los sólidos en suspensión del agua de la ciudad (18.7 - 49.2%).

Los estudios se realizaron mediante técnicas de análisis de espectometría de absorción atómica, de difracción y fluorescencia de rayos X y espec

tometría de emisión.

Los resultados obtenidos, son de importancia tanto en la rama de la salud pública, debido al contenido en el agua que abastece a la Ciudad de Navojua del Oligoelemento Manganese, que excede a las recomendaciones establecidas (0.05 p.p.m.) por el U. S. Public Health Service Drinking Water Standards, 1962; así como desde el punto de vista geológico, ya que la determinación de contenidos anómalos metálicos en el agua y la identificación de minerales manganíferos (birnesita, todorokita, psilomelano) contenidos en el sólido en suspensión, indican la posibilidad de delimitar zonas que pueden ser promisorias para la localización de depósitos minerales.

PETROLOGIA DE ALGUNOS BASALTOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU
IMPLICACION PARA LOS PROCESOS TECTONICOS QUE LO ORIGINARON.

Rodolfo BATIZA

Washington University
St. Louis, MO 63130,
E. U. A. .

Mucha evidencia de investigaciones geológicas y geofísicas indican que el Golfo de California ha sido formado por medio de procesos extensivos. Además, se supone que el Golfo se está ampliando de manera semejante a los océanos más grandes. No obstante, los procesos en el Golfo parecen ser más complejos en detalle, que los que ocurren en los mares profundos. Por ejemplo, en el Golfo no se han encontrado señales magnéticas con simetría como las que existen a los lados del Alto del Pacífico Oriental (APO) . Una razón puede ser que el Golfo tiene una cubierta de sedimentos muy gruesa. Otra consecuencia de esta cubierta de sedimento es que es muy difícil obtener muestras de las rocas volcánicas que existen debajo de los sedimentos. A pesar de esta dificultad, han sido recobradas muestras de rocas volcánicas del Golfo, algunas, por medio de dragas submarinas, en las largas fallas transformes del Golfo y otras forman el volcán de la Isla de Tortuga. La composición mineralógica, química e isotópica de las rocas de Tortuga comprueban la semejanza petrológica entre el APO y los basaltos del Golfo. Además, los elementos estructurales que han controlado el desarrollo del volcán de Tortuga tienen la mis-

ma orientación que las de la Cuenca de Guaymas. En fin, la evidencia petrológica, aunque no es abundante, está de acuerdo con la idea de que los procesos tectónicos del Golfo son muy parecidos a los procesos que ocurren en los mares más grandes (y viejos) . Así que en el Golfo la oportunidad singular existe para investigar el desarrollo tectónico y petrológico de un mar relativamente nuevo .

INFERENCIAS CRONOESTRATIGRAFICAS DEL ARQUEOZOICO-PROTEROZOICO
TEMPRANO EN EL NORESTE DE SONORA.

Sergio BAZAN B.

Inst. Nacional de Energía Nuclear
Insurgentes Sur 1079
Colonia Nochebuena
México 12, D. F.

Análisis isotópicos de Pb-U Pb-Th y Pb-Pb a escala mundial, revelan que los depósitos de uranio sedimentario de tipo singéntico y diseminado en conglomerados Oligomicticos de cuarzo derivados de terrenos arqueanos se acumularon antes de 2000 m. a. (Roberston, 1977). Su formación estuvo controlada por la naturaleza físico-química de los ambientes de depósito, en combinación con la prevaleciente atmósfera sin oxígeno, habiéndose acumulado detríticamene minerales de oro, torio (monacita), y uranio (uranita), entre los límites críticos de 2600-1800 m. a., del Precámbrico (Rutten, 1974), cuando se suscitaron grandes - cambios orogénicos y sedimentarios.

Los depósitos que pertenecen a esta época, comprenden conglomerados de cuarzo interestratificados en cuarcitas y meta-arcosas de las provincias de: Witwatersrand Reefs, Sudáfrica; Sierra de Jacobina, Brasil; Blind River, Canadá; Alligator Rivers, Australia y Tarkwaian, Ghana, de significativa variación en cuanto a su posición geográfica y fisiográfica, donde la edad difiere poco; sin embargo, tienen una estratigrafía similar con desarrollo mecánico sedimentario restringido al Proterozoico.

temprano, el que yace en gran discordancia erosional sobre esquistos verdes y rocas metavolcánicas del arqueozoico global. La época metalogenética es sincrónica a escala terrestre y se apoya en varias investigaciones geocronométricas realizadas en los escudos arqueanos de Africa, Canadá, Australia y Brasil.

Las secciones de cuarcitas uraníferas cubren las márgenes y plataformas de escudos precámbricos estables, donde los conglomerados contienen depósitos detríticos de placer, acumulados singenéticamente por el agua en una atmósfera sin oxígeno, con asentamiento de los minerales pesados, como son: oro, uraninita, pirita, torianita, monacita, brannerita, tucolita, y magnetita. La base de las cuarcitas presenta estratificación cruzada y hacia la cima, terminan en horizontes hematíferos ("iron-formation"), ampliamente desarrollados por el incremento del oxígeno, después de 1800 m.a.

El anterior evento se contempla en la secuencia precámbrica que afloran en la Sierra de las Mesteñas, Ajos, Morita, Cienegueta, Chémali, y Cabullona, al noreste de Sonora, donde muestran relaciones litológicas, estratigráficas, estructurales y mineralógicas similares, en un área de más de 4000 km.², donde el uranio (80 gr/ton), oro (1 gr/ton), y torio (450 gr/ton), están homogéneamente diseminados en tres horizontes de conglomerado oligomíctico de cuarzo, dispuestos en la parte basal de la Cuarcita Magallanes, que yacen en gran discordancia erosional sobre los Esquistos Cabullona y el Granito Mesteñas.

La Cuarcita Magallanes está cubierta discordantemente por una sección marina indiferenciada del Paleozoico temprano. Esta discordancia ambiental de depósito, representa el lapso de más de 1200 m.a., que asignan a la Cuarcita Magallanes al Proterozoico temprano, por los rasgos metalogenéticos, petrológicos y estructurales señalados, de ahí su importancia para la paleogeografía y estratigrafía de México; sin embargo, no se tiene conocimiento de extensión al vecino estado de Arizona con las características señaladas.

En cambio, el Esquisto Cabullona que se asigna al Arqueozoico, muestra propiedades litológicas que coinciden en grado deformacional con las facies esquistosas de similar contextura de las series y grupos: Vishnú, Yávapai y Pinal de Arizona y con los de Altar y Coyotillo de Sonora, pero en edad absoluta para los sedimentos o fases de metamorfismo, datos geocronométricamente por la huella de la deformación más intensa.

Datos geocronométricos de U-Pb, Rb-Sr y K-Ar en rocas precámbricas de la provincia "Basin and Range", reportan cuatro de formaciones tectono-magmáticas, la más temprana, entre 2200-1900 m.a. (Shakel, 1972), de 1760-1660 m.a. (Silver, 1963), otra de 1450-1400 (Anderson, 1973) y la más tardía hacia 1150-1100 m.a. (Damon, 1967). Por otra parte, eventos magmáticos durante el Fanerozoico han datado edades radiométricas entre 75-55 m.a., y 35-15 m.a. (Damon, 1967), confinadas a la revolución Laramide.

Los valores radiométricos anteriores confirmar paleogeografía

ficamente un cratón estable o hedreocratón al oriente de Sonora y Arizona, entre la última deformación precámbrica y la primera del Fanerozoico, o sea aproximadamente entre 1200 m.a., y 100 m.a., lo que explica la sucesiva y continua sedimentación del Proterozoico y el Fanerozoico en la cuenca precámbrica de Caborca y la existencia de una conspicua discordancia, ligeramente angular, entre el Proterozoico temprano y el Paleozoico, hacia la región de Mesteñas-Cabullona, que definen la parte marginal o plataforma de la cuenca del Precámbrico que prevaleció al oeste de Sonora.

ALGUNAS ALTAS MINERALIZACIONES RELACIONADAS A PROVINCIAS
GEOQUIMICAS EN LA PORCION SEPTENTRIONAL DEL ESTADO DE SONORA.

Jorge A. BENITEZ MURO
José Luis LEE MORENO

Consejo de Recursos Minerales
Niños Héroes N° 139
México7, D. F. .

Paul K. THEOBALD
Robert L. TURNER

Unites States Geological Survey
Denver Colorado 80225,
E. U. A. .

Un proyecto de exploración e investigación multidisciplinaria llevado a cabo por el Consejo de Recursos Minerales y el United States Geological Survey, patrocinados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el National Science Foundation, ha identificado cuatro grandes provincias en la porción septentrional del Estado de Sonora. Estas provincias pueden estar directamente relacionadas a acumulaciones de metales y minerales de importancia económica potencial.

Las provincias identificadas son:

- (1) Una gran provincia de cobre que se extiende al sureste, a partir de la frontera México- E. U. A., un poco al este de Nogales, cruza Cananea y termina justo al sur de El Alacrán.
- (2) Una provincia de bario con rumbo sureste, que se extiende desde El Alacrán, hasta un poco al este de Nacozari, la cual puede ser la expresión de la continuación a profundidad de la provincia de cobre.

- (3) El "Lineamiento Nogales", que se caracteriza por una variedad de metales base y elementos relacionados que sugieren profundidades mixtas de mineralización, a lo largo del lineamiento. Esta provincia se extiende al suroeste de las vecindades de Nogales hasta Sáric inclusive.
- (4) Una asociación de metales raros, especialmente tierras raras, torio y niobio, que se localizan cuando menos en cuatro zonas separadas a lo largo de una línea oeste-noroeste que coincide sensiblemente con el rumbo de la línea fronteriza entre Sonoyta y Sásabe .

LA PEQUEÑA MINERÍA: UN ELEMENTO IMPORTANTE PARA EL
DESARROLLO DE SONORA.

Roberto BEUTELSPACHER

Consejo de Recursos Minerales
Calle López del Castillo N°14
Hermosillo, Sonora, México. /

Colaboración de Ariel Echávarri

Muchas de las minas que se explotan en México se encuentran en zonas donde los primeros trabajos fueron hechos por gambusinos y pequeños mineros. Sonora no es la excepción y aquí también las catas o zanjias de los gambusinos han conducido al descubrimiento de cuerpos minerales importantes.

La falta de tecnología les impide conocer los depósitos, explorarlos, ubicar sus reservas, o prepararlos y aún explotarlos racional y adecuadamente; la ausencia de financiamiento y con ésta la de administración, no les permite disponer de recursos para comprar tecnología y la ausencia de infraestructura económica, les obliga a mover pequeñas cantidades de material muy escogido de la mejor ley posible. Sus problemas no se limitan sólo a eso, porque la comercialización de sus productos se hace frecuentemente a través de intermediarios que les imponen condiciones sumamente desventajosas, enajenándoles una gran parte de la ganancia que su trabajo produce.

En el transcurso del tiempo se han hecho planes y esfuerzos para ayudar al progreso de los gambusinos y muy pequeños mineros. La permanencia de las condiciones innobles en que con

tinúa su existencia son pruebas del fracaso de unos y otros.

Las proposiciones que se formulan en este trabajo, pretenden servir de base para la elaboración de un programa integral que ayude a la solución real del sempiterno problema de la muy pequeña minería, de donde se pueden derivar minas o centros mineros importantes, que se sumen al proceso de productividad económica.

Con la información metalogenética de que se dispone actualmente en Sonora, es posible esbozar un plan que ayude a mejorar, en un plazo mediano, a este sector social que puede devenir importante en la economía estatal. Con la información mencionada y con propósitos de integración económica regional, se puede dividir el Estado de Sonora en 6 zonas principales: Caborca, Rio Sonora, Nacozari, Sahuaripa, La Colorada y Alamos.

El problema tecnológico se trata de resolver con los organismos existentes efectuando los mismos trabajos y servicios que desarrollan actualmente, pero dándoles mayor cohesión y coordinación dentro de un programa integral y considerando factores que pueden tener fuertes repercusiones económicas, formulan do una ruta crítica, ajustada a parámetros más reales, con obje to de aprovechar en una forma efectiva y racional los recursos financieros.

La fase inicial se relaciona con la exploración, cubica ción de reservas y preparación de las minas que resulten via bles para la explotación formal. En esta fase el papel del -

Consejo de Recursos Minerales es decisivo pues sus funciones cubren totalmente los requisitos arriba señalados.

La segunda fase del problema tecnológico y primera del financiero se abordarán a través de las instituciones pertinentes, utilizando extensamente el sistema de pignoración del material obtenido en la preparación de las minas que se puedan explotar, de modo que los mineros cuenten con fondos que les permitan seguir adelante en el desarrollo de sus minas y también con la idea de asegurar un mínimo de mineral que garantice con los menores riesgos el establecimiento de plantas concentradoras por flotación, gravedad o hidrometalúrgicas.

LA EXPLOTACION DE RECURSOS NATURALES EN SONORA
UNA HISTORIA ILUSTRATIVA.

Beatriz BRANIFF

Inst. Nacional de Antropología
e Historia.
Centro Regional del Noroeste
(S.E.P.) Paliza N°51
Hermosillo, Sonora, México.

El antropólogo tiene como meta el llegar a conocer los diferentes patrones culturales de una entidad tanto en el tiempo (historia, arqueología, etc.) como en el presente (etnología, antropología social, etc). Al hacer estos estudios trata de determinar las pautas de desarrollo con el objeto de predecir hasta cierto punto el futuro, recomendando modificaciones a dichas pautas para que sirvan a un mayor beneficio social.

Uno de los renglones más importantes del patrón cultural es el de cómo el hombre se adapta a su medio y como emplea los recursos para resolver el problema de la supervivencia. Este tipo de estudios está apenas en sus inicios en Sonora, pero algunos patrones y características comienzan a esbozarse.

Desde el punto de vista del medio ambiente, Sonora queda fuera de los Trópicos y dentro de una zona en su mayoría desértica. La zona serrana al oriente del Estado si bien recibe lluvia en abundancia, lo abrupto del terreno limita las áreas de cultivo. En esta forma el ambiente natural no permite poblaciones de gran tamaño ni tampoco mayores desarrollos culturales. Desde el punto de vista de la agricultura esta situación preva-

leció hasta el siglo XX.

Tanto en épocas prehispánicas como en la Colonia y sobre todo hoy en día, han sido explotados los recursos mineros de la entidad para surtir los requerimientos de los mercados del Sur. En época colonial y reciente la ganadería también ha surtido los mercados mexicanos y norteamericanos. Finalmente en este si glo, y específicamente en la década de los cuarentas en adelante la aplicación de las modernas técnicas de irrigación han permitido la explotación en grande de los recursos agrícolas en las zonas costeras, generalmente áridas, cuyos productos surten los mercados mexicanos del centro de la República.

A pesar de la gran riqueza que toda esta explotación y producción significa, Sonora no ha percibido una retribución compatable, y por otro lado la explotación agrícola, ganadera y minera han contribuido a una alarmante destrucción del medio.

Siendo Sonora una zona ecológicamente frágil los proyectos futuros de explotación requerirán de planteamientos adecuados a la conservación del medio y a un usufructo más equilibrado de los bienes.

GEOLOGIA DE LA REGION CUPRIFERA DEL TRANSVAAL, MUNICIPIO
DE CUMPAS, SONORA.

Francisco CENDEJAS C.
Alejandro BARCENAS R.

Consejo de Recursos Minerales
López del Castillo N°14
Hermosillo, Sonora.

La zona mineralizada del Transvaal, se localiza a 150 km al NE de Hermosillo, entre las poblaciones de Cumpas y Baviácora, en la parte central de la Sierra Margarita, que pertenece a la subprovincia fisiográfica de Sierras y Valles Paralelos.

Las rocas que afloran en el área son andesitas, dacitas, tobas andesíticas, tobas líticas, riolitas y traquitas, intrusionadas por troncos de granodiorita y por diques riolíticos. Por correlación con otras áreas del Estado, se determinó que las rocas volcánicas probablemente son de edad Cretácico tardío a Terciario temprano. Las rocas intrusivas son ligeramente más jóvenes que las volcánicas.

La mineralización es de origen hidrotermal y está representada principalmente por pirita, calcopirita, molibdenita, bornita, galena, esfalerita, tetraedrita, hematita, freibergita (?) y cantidades pequeñas de magnetita y arsenopirita. Se presenta diseminada, en vetillas o zonas de fracturamiento intenso, en vetas a lo largo de fallas o fracturas y en brechas.

La alteración hidrotermal presente en la zona es de los siguientes tipos: potásica, cuarzo-sericítica, propilítica,

silicificación y turmalinización. La alteración hidrotermal se encuentra distribuída de tal forma que parece seguir una zonación de acuerdo al modelo propuesto por Lowell y Guilbert (1970).

En las porciones SW y NE del área, el fracturamiento principal sigue un rumbo NE-SW, mientras que en las porciones N y SE sigue un rumbo NW-SE. En la parte central de la zona, el fracturamiento es intenso y llega a constituir, una vez mineralizado, un "stockwork".

Las brechas hidrotermales son estructuras de importancia dentro del área, destacando algunas de ellas, por contener mineralización de cobre y molibdeno, y otras por presentar evidencias superficiales favorables para manifestarla a profundidad; sobre todo las que se localizan dentro de la zona de alteración potásica y en sus alrededores, dentro de la zona de alteración cuarzo-sericítica, a excepción de la brecha Cobre Rico, que está en la zona propilítica.

Las brechas mineralizadas, más importantes, presentan características que hacen suponer que fueron originadas por el colapso de una columna de roca, situada en la parte superior de un cuerpo ígneo intrusivo.

Existen varias obras de importancia desde el punto de vista minero: San Judas, El Transvaal, La Verde, El Cobre Rico, El Buckeyes, Las Cabezas, El Archipiélago y Las Chanzas. En las cuatro primeras la mineralización se encuentra en brechas y consiste de molibdenita y calcopirita, principalmente.

En las últimas se encuentra en fracturas y consiste de calcopirita, covelita, bornita, tetraedrita, galena, esfalerita, arsenopirita, freibergita (?) y valores de oro.

Por las características litológicas, estructurales, de alteración y de mineralización; se concluye que en el área existe un yacimiento del tipo pórfido cuprífero, con mineralización de cobre y molibdeno que puede ser económicamente explotable.

Para determinar con mayor exactitud las zonas con mineralización económica, se recomienda programar estudios detallados de geología, alteración y mineralización, seguidos de la realización de barrenos de exploración que comprueban y , en su caso, delimiten y desarrollen estas zonas, dando primacía a las estructuras brechadas.

FIGURE-VEIN DEPOSITS IN SIERRA MADRE OCCIDENTAL
PROVINCE, MEXICO

K F. CLARK

Department of Geology
University of Iowa
Iowa City, Iowa 52242
E. U. A.

Sierra Madre Occidental Province of northwestern Mexico is located between the frontier of the southwestern United States and the Neovolcanic Axis of Central Mexico. Areal, the province is 1,200 km long by 200-300 km wide, the long axis trending northwesterly, paralleling the Gulf of California and forming a dissected volcanic plateau with maximum surface elevation in excess of 3,000 m above sea level. The Sierra is bounded on the east by the Mesa Central and to the west by the Coastal Plain of Nayarit and Sinaloa, and also by the Sonoran Desert Province.

Lithologically, a lower volcanic series approximately 1 km thick, predominantly of andesitic composition and of Paleocene-Eocene age ((?) 63-33 m.y.), unconformably overlies folded Mesozoic strata or late Paleozoic terrane. In a few localities, metamorphosed or hydrothermally altered intermediate composition lavas are intercalated with Aptian-Albian age limestones. In the western flank of the Sierra, intrusion of batholithic bodies with composition varying from quartz diorite to granite commenced in late Cretaceous time (100 m.y.) and temporally overlapped the andesitic epoch. Smaller, stocklike siliceous and intermediate composition intrusives, associated with mineralization,

were emplaced as late as late Oligocene (30-28 m. y.) time. - The lower volcanic series and batholiths are unconformably overlain by the upper volcanic series, predominantly consisting of ash-flow tuffs, approximately 1 km in thickness, of Oligocene-Miocene age (34-23 m. y.). Late Miocene and Pleistocene-Recent basalts occur sporadically within and at the margins of the Sierra.

Included within this igneous- tectonic - metallogenic province are several classes of metaliferous deposits. The fissure-vein class contains the most abundant and widespread ores and has been the main economic target. Elements recovered include Au, Ag, Pb, Zn, Cu, W, Mo, Mn, Sn, U, Sb and CaF_2 .

Several deposits had been discovered by the indigenous - people prior to the colonial period. Among some of the earliest producers in pre-Independence times are Sta. Bárbara, Chihuahua (1547) and Sombrerete, Zacatecas (1555). Production of precious and related base metals in these and several other districts - has been virtually continuous to the present day.

In 1966, Edward Wisser formerly recognized the basic stratigraphic and structural controls of the precious-metal epi-thermal deposits that are predominantly located in the western flank where the mineralized terrane has been exposed by erosion. Representative districts included in this belt are: El Tigre, Lampazos and Alamos in Sonora; Ocampo, Batopilas and Guadalupe y Calvo in Chihuahua; San José de Gracia, Guadalupe de Los Reyes and Pánuco in Sinaloa; Topia, Tayoltita and La Libertad in

Durango; Cucharas and Barranca del Oro in Nayarit.

The axial part of Sierra Madre Occidental is relatively poor in fissure-vein deposits due to the widespread occurrence of post-mineralization ash-flow tuffs. But along the eastern margin there are several important districts containing precious and base metals. Included here are Namiquipa and Sta. -- Bárbara - San Francisco del Oro - Parral, Chihuahua; Guanaceví and Tepehuanes, Durango; Chalchihuites and Fresnillo, Zacatecas.

Overall, fissure-veins are predominantly located in fractures in andesites of the lower volcanic series, but are also found in structurally lower units (intrusive and older sedimentary strata) or structurally higher units (lower most portion of the upper volcanic series). Mineralizing fluids migrated through fractures created by late Cretaceous-early Tertiary - Laramide (80-40 m. y.) domes; this migration and fracturing -- continued into late Oligocene time, overlapping initial upper volcanic series emplacement. Favorable trends are northwest, northeast, and to a lesser extent, north-south and east-west. Quartz is the main gangue mineral associated with lesser amounts of calcite, fluorite and barite, whereas silicic, propylitic and argillic facies are characteristic alteration assemblages.

Spatial and temporal coincidence of fissure-vein assemblages with volcanic and subvolcanic magma suites along a convergent plate margin, suggests consanguinity of metals source and magma generation.

FABRICAS DE ROCAS METAMORFICAS

Robert R. COMPTON

Department of Geology
Stanford University
Stanford, California 94305,
E. U. A.

The fabrics of metamorphic rocks, especially those that are lineated, suggest specific strains or movements that imply the action of former forces. Geologists have wanted, for long, to be able to interpret those dynamic relations, and an early major step was Bruno Sander's discovery that the symmetry (geometric aspect) of a given metamorphic fabric reflects the symmetry of the movements that generated the fabric. A large number of recent studies have added several means of making interpretations: (1) careful field studies have shown that most metamorphic rocks were deformed more than once and that the resulting forms may be unraveled to give a complete history of deformation; (2) stereographic projection has proven a precise means of interrelating different ages or kinds of fabric data; (3) folds and faults have been modeled in a variety of materials and have been simulated mathematically by use of computers; and (4) micaceous fabrics have been produced in the laboratory at temperatures and pressures similar to those of natural metamorphism. Perhaps even more valuable discoveries have stemmed from the science of metallurgy: (1) dislocation (slip) planes and directions have been identified and compared in

many common minerals; (2) the slip systems have formed a basis for simulating petrofabric diagrams by using computers; and (3) rocks deformed under controlled temperatures, pressures, and strain rates in the laboratory have evolved fabrics like those is some naturally deformed rocks.

An example of how these various discoveries may be used in interpreting natural fabrics is provided by a study of the Raft River Mountains, Utah, an area of subhorizontal foliated and lineated rocks similar to some terrains in Sonora. The foliated rocks Raft River Mountains are of special interest because they lie beneath horizontal allochthons that were displaced many tens of kilometers on decollement surfaces. The direction of displacement, however, has been in question. The metamorphic rocks are lineated in several direction, and the most prominent and youngest of the lineations consists of elongate mineral grains aligned approximately N80°W. Some geologists have felt that the allochthons moved parallel to the lineations and thus directly toward the Cordilleran upthrust belt, which lies 140 km to the east. The metamorphic rocks, however, were folded several times, locally, and the principal set of folds trends parallel with the N 80°W. lineations. These folds are recumbent or overturned strongly toward the north, suggesting that the allochthons moved in that direction.

To determine movement relations in the upper part of the autochthon, oriented samples were collected from a large area where only the more recent generation of folds occurs. Quartz-

tes in this area contain a large proportion of sand grains that were deformed as single crystals, and the principal slip systems in them was determined to be dislocation glide and climb on basal planes. Quartz c axis fabrics could thus be compared rigorously with simulated and experimentally generated fabrics based on the same slip system. Moreover, the amounts of strain were measured and the fabrics were compared with experimental fabrics produced by similar amounts of strain. These comparisons show that the rocks were flattened approximately vertically and were extended horizontally to form the N80°W lineation. Evidently the only major simple shear was northward as suggested by the folds, although a local westward shear probably resulted from differing amounts of extension between adjacent parts of the terrain. Movement of the overlying allochthon was thus probably northward, a conclusion supported by isotopic dates for the deformation that are younger than the youngest movements along the upthrust belt to the east. The cause of this young (late Eocene to Miocene) deformation in Raft River Mountains is speculative but may have been due to flow of materials outward from a heated and up-domed area. The rocks may thus have been stretched laterally (the extension) while they flowed at right angles to this direction (the overturned folds). Deformation in this model would thus have been driven by gravity.

GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND MINERALIZATION OF THE WASHINGTON
MINE AREA, HUEPAC, SONORA.

Alfonso C. DACO

Cía. Minera Trans-Río, S. A. de C.V.
Domicilio Conocido, Huépac, Sonora,

The Washington mine area is located about 14 kilometers east of the town of Huépac, Sonora and approximately 125 kilometers northeast of Hermosillo. The rocks in the Washington mine area consist mainly of late Cretaceous (?) - early Tertiary (?) volcanic rocks. They are tentatively divided into four series.

The oldest is the trachyte series which covers about two-thirds of the area studied. The composition of the flows vary from andesite to trachyte. Most of the known mineralized breccia pipes are exposed in this series, which is at least 365 m thick. The flows comprising the series are either separated by thin beds of recrystallized limestone with narrow magnetite bands or thicker mudstone beds.

The trachyte series is overlain unconformably (?) by another lava series exposed at the southwest part of the area. It consists of tuffaceous latite, porphyritic andesite, and rhyolite flow. It is characterized by mineralized crackle breccia zones, barren tourmaline fault breccias and large strong gossan zones. Also, the lava sequence is intercalated with limestone beds, chert, and sandstone. The thickness of the series is difficult to estimate because of the large amount of block-

faulting in the area.

On top of this lava series are the tuff formations which bound the southern part of the area.

The youngest formations consist of a rhyolite plug and rhyolite dikes, which are found in the southwest corner of the mapped area.

There are only a few intrusive rocks in the area. The -- largest intrusive body is a fresh granodiorite stock which intrudes the trachyte series in the western part of the area. -- Also, narrow dikes of hornblende-feldspar porphyry and alaskite cut the young lava series in the west and southwest part of the area.

The most important breccia pipe explored so far is the -- Washington breccia, a typical collapse-type, which contains -- copper, tungsten, molybdenum and silver reserves.

A rock geochemistry survey in three stages(orientation, reconnaissance, and detailed) was carried out in the area.

The purposed of the survey was primarily to distinguish geochemical anomalies, using as a guide the values detected -- over the known copper deposit, in probable host rocks exposed and marked by strong gossans.

Geochemistry was found to be effective in locating and identifying areas of mineralization.

MINERALIZATION IN TIME AND SPACE IN NORTHWESTERN MEXICO
AND SOUTHWESTERN UNITED STATES

Paul E. DAMON

Laboratory of Isotope Geochemistry
Department of Geosciences
University of Arizona
Tucson, Arizona 85721
U. S. A.

The important late Mesozoic-Cenozoic metallic mineral deposits of northwestern Mexico and southwestern United States are directly or indirectly associated with igneous activity. There were two episodes of intense igneous activity separated by an episode of relative but not absolute quiescence in mid-Eocene time. The first episode is primarily confined within the classical Laramide orogeny, i.e., within latest Campanian to earliest Eocene time (75 m.y. to 50 m.y.). The second episode, which we have referred to as the mid-Tertiary orogeny, is essentially confined within earliest Oligocene to mid-Miocene time.

The igneous activity was a response to the essentially -- continuous process of sea floor spreading, but the Laramide orogeny is marked by a rapid rate of convergence, change in dip angle of the Benioff zone and velocity of migration of the volcanic arc, whereas the mid-Tertiary orogeny is marked by progressive over-riding of the center of spreading and collapse of the subducting plate (Coney and Reynolds, 1977). A curve of change of velocity of the magmatic axis vs. time (Coney and -- Reynolds, 1977) has the same form as curves representing intenu

sity of magmatic activity. This suggests that the classical - Cordilleran orogenies may represent episodes of increased igneous activity resulting from rapid changes in the position of the subducting Farallon plate.

Laramide magmatism has characteristics of a broad volcanic arc with numerous stratovolcanos, whereas mid-Tertiary magmatism is characterized by the enormous effusion of rhyodacitic ignimbrites (ash flows) that are observed within the Sierra Madre Occidental and in southwestern United States. The marked difference in magmatic style represents response to the different -- modes of subduction. The distinct characteristics of Laramide and mid-Tertiary ore deposits may also represent a similar -- differential response. The Laramide is characterized by porphyry copper and related deposits, whereas the mid-Tertiary orogeny is characterized by fissure vein, manto and volcanogenic -- deposits with, however, a dearth of porphyry copper deposits. This does not seem to be merely a difference in the depth of erosion.

The Laramide porphyry copper deposits are primarily confined within the Sierra Madre Occidental subprovince (II) (Salas, 1975) and its northward extension into southwestern United States. This metallogenetic province is approximately 1400 km in length striking NNW with a width that varies from about 200 km to 450 km. It reaches its maximum width in southern Arizona and New Mexico where Basin and Range extension has been most extensive. Laramide igneous activity and mineralization may be

divided into a Maestrichtian phase and Paleocene phase. The Maestrichtian phase is dominant in northwestern Arizona and in western Sonora. Southeastern Arizona is mixed and the Paleocene -- phase is dominant in the Sierra Madre Occidental. The porphyry copper deposits do not become younger SSE of Cananea and consequently, Livingston's (1973) "hot spot" hypothesis is not tenable. The configuration of igneous activity is more likely -- that of a migrating volcanic arc above a subducting plate with more or less simultaneous volcanic activity along the entire length of the arc.

There is evidence for pre-Cretaceous Mesozoic activity within the Sierra Madre Occidental metallogenetic province and its NNW extension into the U. S. A.. For example, we have dated a pre-mineral lower Jurassic quartz monzonite at Hidalgo de Parral in Chihuahua and late Jurassic quartz diorite plutons at Del Cuarenta in Durango. These correlate with Jurassic plutonism in Arizona, e.g., at Bisbee and in the Santa Rita Mountains.

The mid-Tertiary igneous episode engulfed virtually the entire western Cordillera from the Rio Grande through to the Sierra Nevada and from the Sierra Madre Oriental to the Gulf of California. It is, of course, thickest and most continuous within the Sierra Madre Occidental. We have evidence in Arizona for crustal melting during the mid-Tertiary. This is not -- surprising when it is considered that the mantle immediately beneath the Basin and Range crust may be partially molten at the present time. The ash flows of the Sierra Madre Occidental

must have issued from shallow magma chambers. Hypabyssal plutons of similar age to the volcanics have been exposed on both flanks of the Sierra Madre Occidental where the volcanic cover is relatively thin. The simplest hypothesis would be that the Sierra Madre Occidental is underlain at no great depth by a vast mid-Tertiary batholith involving crustal melting. Whether or not this is a valid hypothesis, the mid-Tertiary orogeny not only produced its own style of ore deposits but also provided a volcanic cover to protect the Laramide ore deposits from -- destruction by erosion.

Delineating the Laramide porphyry copper metallogenetic province involves the reconstruction of a migrating volcanic arc. The mid-Tertiary metallogenetic epoch involves a somewhat smaller episode of time, but a much wider target area.

THE ROLE OF ROCK-SOLUTION REACTIONS IN THE ORIGIN
OF ORE AND GANGUE COMPONENTS

Frank W. DICKSON

Geology Department,
Stanford University
Stanford, California 94305
E. U. A.

Much geologic, geochemical and some experimental data support the idea of the effectiveness with which natural solutions interact with country rocks to extract elements found in ore deposits and to transport them to sites of deposition. Rocks of known original heavy element composition show progressive depletions with increasing metamorphic grade, ascribable to extraction by connate or other fluids which subsequently migrate away, carrying the elements in solution. The isotopic compositions of ore and gangue minerals prove the reality of the movement of a suite of elements from non-magmatic sources, such as meteoric waters, country rocks and seawater, to the depositional sites. Similarities exist in the composition of gangue minerals of some ore deposits, such as the mercury deposits of the western U. S., and the compositions of country rocks surrounding them. Underlying ore deposits, in some areas, are rock types with unusually high levels of ore and gangue components, such as black shales and organic rich carbonate rocks, which are in favorable structural positions to serve as source rocks.

The pioneering rock-solution experiments by Ellis and his co-workers in New Zealand revealed the rapidity with which --

aqueous solutions react with rock powders. Ellis group found that volcanic and sedimentary rocks, reacted statically in closed pressure vessels with H_2O and $NaCl-H_2O$ at 200-500° C and elevated pressures, came to steady states within several weeks. The solutions developed compositions similar to natural geothermal fluids of New Zealand geothermal systems. They pointed to a set of elements (B,As) that were easily dissolved to concentrations apparently uncontrolled by mineral equilibria. They were able to leach geologically significant levels of the heavy elements, Pb, Zn, Cu, Fe, and Mn.

Recent research, in Dickson Hydrothermal Laboratory at Stanford University, using specially designed teflon and gold cell equipment, in which powdered rocks and solution are kept mixed and from which internally filtered liquid samples can be removed without disturbing the experimental conditions, confirmed and extended the New Zealand work. For example, seawater that was being reacted with basalt at 300° C came to a steady state in 10 days or less, modifying from the original slightly alkaline Na-Mg-Ca-Cl- SO_4 solution with almost no SiO_2 or heavy elements, to an acid Na-K-Cl- SiO_2 solution with greatly increased SiO_2 , Cu, Pb, Zn, Ni, Fe and Mn contents. Significant amounts of H_2S were also put into solution (ppm levels). The rock to solution mass ratio (R/S) plays an important role in determining the course of the reaction; low R/S systems -- maintain acidity, and heavy element concentrations remain -- high. H_2S in modified seawater is produced by leaching of

sulfide sulfur from the basalt and by reduction of sulfate of the seawater to sulfide.

A preliminary study has been made of the reaction of a carbonaceous, silty, limy dolomite from the silurian Roberts Mountain Formation, containing illite and authigenic pyrite, with 1% NaCl solution, from 200-300° C, 500 bars pressure. This rock, which underlies or is lateral to the Carlin gold deposit, Nevada, has abnormally high levels of elements important in the Carlin gold deposit (Au, Hg, As, Sb, Tl, Ba). The rock -- reacted rapidly and extensively, putting into solution important amounts of As, B, SiO₂, Fe and Ba; and lesser, but significant amounts of Au, Sb, Hg, and Tl. Solutions that were generated by the reaction at 300° C, were chemically of the type that could have produced a carlinitic deposit under appropriate depositional conditions.

Current work in the Dickson Hydrothermal Laboratory is: (1) to extend seawater-basalt reaction to 500° C; and (2) to react a series of continental volcanic rocks (rhyolites, andesite, olivine basalt) with H₂O, NaCl-H₂O brines, and solutions of specialized compositions. The objectives are to obtain data useful to understanding aspects of geochemical cycling of elements, rock alteration and metasomatism, geothermal systems, and the origin of ore and gangue components. Work done so far is only a beginning. Remaining are a large number of studies still required. Other laboratories with similar capabilities, modelled after the Stanford Laboratory, have been constructed

in New Zealand (Ellis), Japan (Sakai), the U. S. Geological --
Survey (Bischoff); or being constructed at the University of
Minnesota (Seyfried), and the University of Wisconsin (Shanks).
The production of meaningful data should increase exponentially
over the next decade.

THE CORDILLERAN THRUST BELT (LARAMIDE OROGENY)
BETWEEN NEVADA AND CHIHUAHUA

Harald DREWES

U. S. Geological Survey
Denver, Colorado 80225, E.U.A.

The Cordilleran orogenic belt is essentially a zone of -- northeastward directed compressive deformation of late Cretaceous and early Tertiary (Laramide) age that extends from Alaska to Mexico. Between southern Nevada and northeastern Chihuahua, the continuity of this belt is not readily apparent and some geologists doubt its very existence. However, recent work in southeastern Arizona and southwestern New Mexico provides evidence that the belt does continue across the interval in -- question, but is partially obscured by pre-Laramide tectonic -- features and has been modified by the effects of post-Laramide events.

During pre-Laramide time the region was cut by major north west-trending faults; the history of movement along these faults is complicated and the cumulative amount of movement may have been large. Probably these are precambrian faults in the basement rocks. They formed a structural anisotropy that was fundamental to subsequent tectonic and magmatic development, as well as to the distribution of mineral deposits.

During post-Laramide time, from the Oligocene onward, the area was subjected to east-west oriented tension that led to

block faulting typical of the Basin and Range physiographic province. Where the basement faults were favourably oriented, they guided the orientation of many of the normal faults, between which blocks were tilted, raised, or dropped. Some magmas and mineralizing fluids also moved along these faults. Where blocks were markedly uplifted either by faulting or by being -- raised over magma-cored (?) domes (mantled gneiss domes ?) the resulting topographic imbalance led to the development of a variety of gravity-impelled tectonic denudation structures, -- which locally utilized suitably oriented segments of older -- faults. The effects of these older and younger tectonic events duly considered, the features related to the Laramide orogeny become apparent.

During early Late Cretaceous time, southeastern Arizona -- was the site of increasing volcanism, increasing uplift and -- erosion, and some local deformation. These effects may be related to the Sevier tectonic event of Utah. About 75 million -- years ago, northeast-southwest compressive stresses reached a maximum near Tucson and an allochthon was moved N 60° E across a rigid continental mass. This allochthon separated into two tectonic lobes along a line just southeast of Tucson. The southeast lobe extended across southwestern New Mexico to the belt of folded and thrust-faulted rocks of Chihuahua and Texas. The northwest lobe probably extended toward Superior, Phoenix, and west-central Arizona but subsequently was extensively eroded and covered. The allochthon is internally deformed in a style

indicative of a relatively shallow- 5 to 10 km - tectonic environment. To the southwest the allochthon is gradually more -- strongly metamorphosed and more abundantly intruded; it presumably was thicker. Tectonic transport is at least a few tens of kilometres, as measured by the extent of a repeated sequence of rocks in adjacent thrust plates. The distance of transport may have been about 200 km: 100 km is based on the distance of possible offset of a pre-Laramide stock along a thrust fault within the allochthon, and an additional 100 km is the projected amount of displacement on the fault separating allochthon from autochthon. Abundant magmatic activity and some explosive volcanism follow this orogenic phase by a few million years. Because this igneous activity is younger to the east than to the west, the culmination of deformation may also be younger to the east. During the late Paleocene tectonic and magmatic activity were renewed, with rejuvenation of movement along the basement faults and with abundant mineralization near some segments of these faults.

The Laramide tectonic features of Arizona and New Mexico are similar to those of Chihuahua and particularly to those of Nevada and Utah, both in style of deformation and age. Deformation is progressively younger toward the east in Utah and Canada. In addition the proposed distance of tectonic transport, based on other kinds of evidence, is about the same in Canada, Nevada and Utah, and Arizona.

In Arizona the features of the Cordilleran orogenic belt

are compatible with a model of a Farallon crustal plate subducted beneath a continental plate. A thin allochthon was detached from the Farallon plate and was pushed over the adjacent part of the continental plate, while a thick part of the plate was subducted beneath it. The marginal part of the continental plate was also thrust faulted. Melting of the subducted plate provided magma and ore fluids that primarily rose along and near the basement faults, to be emplaced in and upon the allochthon and parts of the autochthon. The classical porphyry-copper deposits of late Laramide age are probably genetically related to -- magmas, such as were abundantly formed through the disintegration of the crustal plate, and were guided to their sites of -- deposition first by the ancient faults and then by second- and third-order structures.

YACIMIENTOS MINERALES DE SONORA Y SU METALOGENESIS

Ariel ECHAVARRI PEREZ

Departamento de Geología
Escuela de Ingeniería
Universidad de Sonora
Hermosillo, Sonora, México.

En el Estado de Sonora se encuentran depósitos de minerales metálicos y de rocas y minerales industriales llamados también no metálicos.

La roca industrial más usada es la caliza como materia prima en la fabricación de cemento y cal y, en menor proporción, como fundente. La perlita expandida se procesa para utilizarse en la fabricación de concretos ligeros. Tobas y otros tipos de rocas volcánicas se extraen para emplearse en cimentaciones o en el ornamento de casas y edificios algunas tobas sirven para la fabricación del cemento puzzolana. En la industria de la construcción y en las vías públicas, se utilizan extensamente las gravas y las arenas de río. En la manufactura de ladrillos se aprovechan la extracción de arcillas.

Entre los minerales industriales, es el grafito el que ocupa la vanguardia en el Estado. Los numerosos depósitos de origen metamórfico contribuyen a que Sonora sea una de las regiones con mayor producción en el continente americano. Asociados con el grafito se encuentran mantos de carbón antracíticos, los que se trabajan en pequeña escala, para dedicar la explotación a la fundición de Santa Rosalía, B.C.S.. El yeso se explota en

cantidades modestas para emplearse como retardador en la industria del cemento. La fluorita fue en el pasado un mineral trabajado en Sonora, actualmente no se explota por razones diversas. El berilo fue también colectado en épocas pasadas y el cuarzo se usa fundamentalmente como ornato de edificios o casas habitación.

Los depósitos de minerales metálicos abarcan los de fierro, tungsteno, minerales radiactivos, plomo, zinc, cobre, oro, plata y molibdeno.

Los depósitos de fierro son yacimientos formados en zonas de contacto entre plutones y otras clases de rocas; el mineral principal es magnetita. Los depósitos de tungsteno más grandes e importantes están en skarns; el mineral importante en éstas es la scheelita. Un depósito de tungsteno de cierta importancia se encuentra en una brecha donde se asocia wolframita a otros minerales. Los minerales radiactivos son muy variados y se encuentran en vetas, "stockworks" y en rocas sedimentarias. Algunos depósitos de zinc y cobre y de zinc y plomo están en "skarns" que se encuentran en contacto con intrusiones o que están alejados de ellos. En estos yacimientos la mineralogía consiste de pirita, calcopirita, cubanita, pirrotita, molibdenita, scheelita, magnetita, marcasita y a veces bismutinita, asociados con la esfalerita y la galena. Otros depósitos de galena y esfalerita están en rocas ígneas o sedimentarias, pero en forma de vetas. Los metales preciosos están en vetas con alto contenido de cuarzo, variando desde los depósitos con alto contenido de

plata, donde predomina la galena argentífera, y las sulfosales de plata, hasta aquéllos en los que el oro domina sobre la plata. Los términos intermedios se conocen también.

Los depósitos de cobre y molibdeno son los mayores del Estado de Sonora; en general, se encuentran asociados con intrusiones intermedias de carácter félsico que se han intrusionado en rocas variadas: metamórficas, sedimentarias e ígneas volcánicas y plutónicas. Los depósitos comerciales tienen dimensiones verticales importantes y además enriquecimiento supergenético. Muchos de los no económicos tienen forma de disco y están en los techos de plutones. En la mayoría de ellos hay brechas hidrotermales asociadas. En ocasiones, las brechas mismas forman los depósitos. Los patrones de alteración y mineralógicos son similares a los descritos en los modelos más conocidos y concuerdan, a grosso modo, con los de los yacimientos de Arizona. Los minerales comunes son pirita, calcopirita, bornita, y molibdenita. En ciertos depósitos, y de acuerdo con la zona de alteración expuesta por la erosión domina notablemente (en valor económico) la molibdenita.

Con relación a la génesis, se piensa que los depósitos de cobre y molibdeno se asocian al período de magmatismo y volcanismo activo de una desaparecida zona de subducción en el margen occidental del noroeste de México. Mucho de los depósitos en skarn son contemporáneos y su origen tiene conexión genética con esta época metalogenética. Los depósitos en vetas, y sobre

todo los epitermales, deben presentar características que reúnen procesos magmáticos y de aguas meteoricas dominantes, de acuerdo con lo que se sabe, por estudios hechos en otros países para yacimientos similares.

ECONOMIC SIGNIFICANCE OF OLIGOCENE-MIOCENE IGNIMBRITE
CAULDRONS OF SOUTHWESTERN NEW MEXICO AND ADJACENT REGIONS OF MEXICO

Wolfgang E. ELSTON

Department of Geology
University of New Mexico,
Albuquerque, N. M. 87131.

Of approximately 1 million km² of western North America covered Oligocene-Miocene ash-flow tuffs (ignimbrites) and related rocks, about half are in the Sierra Madre Occidental and Central Plateau of Mexico. Within the past 15 years, some of the largest caldera complexes on Earth have been documented in the segment of the province occupied by southwestern New Mexico. The largest of these tend to be resurgent cauldrons, developed according to variations of the scheme described by Smith and Bailey (Geol. Soc. America Memoir 116, 1968, p. 613-662). They are up to 45 km in diameter and tend to be clustered above inferred composite plutons of batholithic dimensions (up to 125 km in diameter). Cauldron complexes are the most conspicuous topographic and geologic features. Through a combination of uplift during a resurgent magma pulse, post-volcanic Basin and Range faulting, and differential erosion, they are now exposed in three dimensions over entire mountain ranges. Similar features continue southward into Sonora, Chihuahua, and beyond.

At present, 28 cauldron complexes are known or suspected in south western New Mexico. When the geology of the region is better known, the number will probably be around 35. If New Me-

xico is typical of the entire province, the total for western North America should be around 400 to 500 and about half of these are likely to be in Mexico.

The petrologic complexities of the cauldrons can be explained by superposition of two magma suites: the earlier (30-38 m.y.) calc-alkalic, developed on an Andean arc, the younger (20-30 m.y.) of high-silica rhyolite, developed during backarc extension.

Virtually all mid-Tertiary metallic mineral deposits of southwestern New Mexico are associated with the ring-fracture zones and resurgent domes of caldera complexes. Main-stage of ash-flow tuff eruptions tend to be barren but resurgent magma pulses and later hydrothermal activity can be productive. Many small deposits of copper, lead, and zinc sulfides are associated with porphyry bodies, emplaced during resurgent magma pulses of calc-alkalic cauldrons. Deposits of molybdenum, tin, and beryllium tend to be associated with cauldrons of high-silica rhyolite. Precious metals and fluor spar are associated with cauldrons of both magma suites.

Caldera complexes and associated plutons occupy about half the area of southwestern New Mexico and they clearly limit the petroleum potential of potentially productive regions, such as the Pedregosa Basin which extends southward into Sonora and Chihuahua. However, there are indications that destructive thermal effects are limited to a few thousand meters from igneous contacts.

EXPLORACION GEOFISICA DE DETALLE EN EL TECOLOTE,
MUNICIPIO PITIQUITO, SONORA.

Ramón FARIAS G.

Industria Minera México
Tabasco Norte N°19
Colonia Modelo
Hermosillo, Sonora.

La mina El Tecolote se localiza a 110 km al N31°W de Hermosillo; comenzará a producir 500 toneladas diarias de concentrados de cobre y zinc, a partir del mes de Mayo de 1978. La mineralización se encuentra en una tactita, que forma parte de una secuencia sedimentaria metamorfizada e intrusionada por rocas de composición granítica, íntimamente relacionadas con la mineralización. Una falla de grandes proporciones corta y desplaza el cuerpo mineral, en su extremo nor-occiden--tal.

Con el fin de buscar la porción de la estructura desplazada por falla, y para correlacionar y comprobar anomalías de polarización inducida detectadas con anterioridad, se programaron varias líneas con el método electromagnético tipo Turam. Como resultado, se obtuvieron anomalías de pequeña intensidad producidas por el cuerpo mineral y algunas de intensidad ma--yor, producidas por zonas con espesores considerables de aluvién, que enmascaran a las primeras, lo que hace difícil la interpretación.

Un levantamiento gravimétrico sobre la estructura sedi--mentaria permitió conocer la extensión de la tactita minerali

zada hacia el poniente del cuerpo mineral, en una zona cubierta por aluvión. La interpretación gravimétrica se hizo por medio de las anomalías residuales, obtenidas a partir de el plano de anomalías de Bouguer. Dicha interpretación permitió definir una zona de mayor densidad, en la cual se localizaron dos barrenos de exploración, que cortaron 23 metros de tactita con intercalaciones de cuarcita. El ensaye del núcleo de estos barrenos reportó un contenido metálico de 15% de minerales identificados como pirita, pirotita y magnetita, y una zona de 3 metros de espesor con 10% de esfalerita. Las posibilidades de que se formalice esta mineralización a profundidad, en el contacto del intrusivo con la formación sedimentaria, son buenas.

Otros levantamientos geofísicos fueron encauzados a dotar de agua a la mina que requerirá 30 l/s para el beneficio del mineral. Los primeros estudios realizados para conseguir este caudal, fueron sondeos eléctricos verticales que permitieron conocer el espesor y las condiciones granulométricas de los rellenos aluviales, en áreas cercanas a la mina. Los estudios geofísicos condujeron a la selección de áreas geohidrológicamente favorables, en las que se perforaron dos pozos productores de agua.

ANIMALS AND PLANTS OF THE SONORAN DESERT

Richard S. FELGER

Arizona-Sonora Desert Museum
Tucson, Arizona, E. U. A. .

The Sonoran Desert biota is largely tropical or subtropical in origin and geologically relatively young. Many genera and species of plants also occur in South American deserts, but the reptile and other cold-blooded animal genera in North and South American deserts are distinct. Soil moisture is the major limiting factor for the vegetation, although winter freezing is also limiting towards the north. Sonoran Desert plants tend to be more frost-sensitive than their counterparts on the eastern side of Mexico. There are three major sets of desert ephemerals, or "wildflowers", which show adaptations to the climatic regimes in relation to their photosynthetic pathways. The desert legumes and soil algae (mostly blue-greens) seem to play a major role in the nitrogen-protein pathways in this desert.

Because of the complex topography, geology, and large fluctuations in climate, each season, year and place, in the Sonoran Desert, yields a different species spectrum.

Large areas of the region are still relatively intact ecologically. However, most large native animals and many other species face extinction in the near future. Many of these have great potential as future critical food, fuel, and industrial raw material crops. Protection and management is far

less expensive than artificial propagation, and more desirable than extinction. Protection of the uninhabited islands of the Gulf of California offers the cheapest and quickest way to insure continuation of life for a large segment of flora and fauna of this desert. There will be no wild places and fewer species: we will choose which to save and which shall become extinct.

THE MIGRATION OF THE AXIS OF PACIFIC MARGIN MAGMATISM
ACROSS BAJA CALIFORNIA, SONORA, AND CHIHUAHUA.

Gordon GASTIL

San Diego State University,
San Diego, California, E. U. A.

Daniel KRUMMENACHER

The first evidence of Pacific margin volcanism in western Mexico appears in upper Paleozoic strata on both sides of the Gulf of California. In late Triassic time a volcanic arc appeared off the west coast of northern Mexico. During Jurassic and early Cretaceous time there were two parallel arcs: one built on the continental craton of Sonora, the other fringing the west coast, on rocks now found in western Baja California. During the Cretaceous the fringing arc collided with the continent, -- initiating a major plutonic orogen, the axis of which moved progressively inland until Oligocene time.

During Jurassic, Cretaceous, and early Cenozoic time great volumes of sialic rock were added to the crust of western Mexico. This was accommodated largely by lateral dilation (widening) of the continental margin. In early Miocene time the dilated sialic crust overrode the trench, causing an oceanward displacement of the zone of subduction. Consequently the axis of magmatism jumped from eastern Sonora-Chihuahua to the eastern -- edge of Baja California. Circa 18 m. y. a relatively narrow -- belt of predominately andesite volcanism extended the length of what is now the Gulf of California. Extensive calc-alkaline

volcanism along coastal Sonora ceased about 10 m.y. ago and in Baja California about 8 m. y. ago.

GEOLOGY OF THE PUERTO LA BANDERA AREA, IMURIS, SONORA

N. L. GILMONT
A. S. COTERA

Department of Geology
University of Northern Arizona,
Flagstaff, AZ 86011, E.U.A.

The Puerto La Bandera area is located in northern Sonora, approximately 12 kilometers northeast of Imuris. Granitic and rhyolitic rocks of probable Laramide age are the oldest units exposed in the area. The rhyolitic rocks, designated the El Pinito Formation, are overlain by quartz sandstones of the Bandera Formation, which are in turn overlain by the conglomerates, sandstones, and siltstones of the Cocospera Formation. In the southern part of the area, the Cocospera sedimentary rocks onlap onto granitic rocks designated the Presa Formation.

The Bandera Formation is 43 meters in thickness, and is composed of well rounded, moderately sorted quartz grains cemented by authigenic sericite. The bedding is continuous, with low angle wedge-planar crossbeds. The Bandera was deposited in a shallow marine environment, and is probably Cretaceous in age.

The Cocospera Formation is 1009 meters thick and rests unconformably on the Bandera Formation. This formation consists of interbedded sandstone, conglomerate, and siltstone. The bedding is discontinuous and lenticular, with abundant cut-and-fill structures. The sandstones are feldspathic wackes and lithic wackes with quartz, feldspar, chert, and rock fragment grains. In order of decreasing abundance, the clasts which compose the conglomerates are: rhyolite, quartz sandstone, chert, arkosic sandstone, andesite, micaschist, aplite, and limestone. The Cocospera Formation represents

locally derived alluvial fan deposits. Angiosperm plant fragments and pollen, recovered from siltstone beds in the Cocospera, suggest that it is probably Cretaceous or early Tertiary in age.

The Bandera Formation is much more extensively folded than the Cocospera Formation, because of an earlier period of deformation which produced small, east-west trending asymmetrical folds. The Cocospera Formation was deposited unconformably on the Bandera and subjected to a later period of deformation which produced broad folds and two sets of normal faults. The normal faults trend N30°E and N-S, with vertical offsets of about 500 meters.

The probable sequence of events in the study area is as follows: (1), emplacement of the Presa granite and El Pinito rhyolite rocks; (2), marine inundation with deposition of the Bandera Formation; (3), folding of the Bandera; (4), uplift and non-marine deposition of the Cocospera Formation; (5), faulting and folding, producing broad folds and normal faults; (6), emplacement of basaltic, andesitic, rhyolitic dikes and quartz veins; and (7), deposition of quaternary river terrace gravels and alluvium.

ROCAS SEDIMENTARIAS DEL AREA DE ARIZPE, SONORA.

Carlos GONZALEZ LEON.

Instituto de Geología, UNAM
Oficina Regional del Noroeste
Campoy N°904,
Hermosillo, Sonora, México.

Un espesor de aproximadamente 2000 m de rocas sedimenta-
de edad Cretácico temprano (Aptiano tardío-Albiano medio),
aflora a 20 km al noroeste de Arizpe, Sonora. Estas rocas
se han dividido en dos grupos: el Grupo Ceja y el Grupo Azuli-
tos. Dichos grupos presentan litología y fauna muy similares,
por lo que se les ha considerado como equivalentes, que repre-
sentan un cambio de facies dentro de una misma cuenca de sedi-
mentación (la prolongación de la Cuenca Chihuahuense en Sono-
ra septentrional), por lo que también se les ha considerado
como equivalentes al Grupo Bisbee y al Grupo Chihuahuense .

El Grupo Ceja se dividió en tres formaciones: la Forma-
ción Temporales en la base, que está constituida por arenis-
cas feldespáticas, lutitas y estratos de caliza con ostreas;
la Formación El Macho, constituida por estratos gruesos de ca-
liza micríticas, con abundante fauna de foraminíferos y rudis-
tas; y la Formación Mesa Quemada, que se encuentra en la cima
del grupo, está constituida por rocas sedimentarias terríge-
nas.

Al Grupo Azulitos lo constituyen las Formaciones Nogalar
y Sahuaro, que se consideran como equivalentes a las Formación

es Temporales y El Macho, respectivamente; siendo los sedimentos de este grupo facies más terrígenas que las del Grupo Ceja, por lo que se les considera como depósitos más marginales, dentro de la misma cuenca de sedimentación .

Estos sedimentos fueron afectados por una fuerte fase de deformación post-Albiano -ante-Maestrichtiano, que plegó a ambos grupos y superpuso, tectónicamente, al Grupo Azulitos sobre el Grupo Ceja, lo que indica una compresión tectónica en una dirección SW-NE .

ANALISIS Y PERSPECTIVAS ECONOMICAS DE LA
CARTA GEOLOGICA A ESC. 1:250,000

Antonio GUERRERO CRUZ
Dante J. MORAN ZENTENO
Horacio GONZALEZ MEJIA

DETENAL, Depto. de Geología
San Antonio Abad N°124, 4°Piso,
México, D.F.

La necesidad que tiene el país de contar con información geológica a nivel regional, ha llevado a DETENAL a implementar el proyecto de la carta geológica a escala 1:250,000.

La Carta Geológica escala 1:250,000 que produce la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), se elabora empleando técnicas de fotointerpretación geológica e interpretación de imágenes de satélite y cartas topográficas. Representa áreas de 24,000 km² aproximadamente. Aparecen delimitadas unidades litológicas que involucran los criterios estratigráficos, es decir, unidades representadas por una clave o combinación de claves que reflejan tanto el carácter litológico como la edad de la unidad cartografiada. Además, aparecen señalados rasgos estructurales tales como: fallas, pliegues, foliaciones regionales, etc., y rasgos económicos de importancia como: minas, bancos de material, etc.

El objetivo de esta carta, es contribuir a la realización del inventario de los recursos naturales del país y proporcionar información de carácter regional que cuente con los datos geológicos necesarios, para que sirvan de base a trabajos de mayor detalle con interés científico o práctico.

En esta potencia se dan, a través de ejemplos, algunos lineamientos generales del uso de esta carta geológica.

Los técnicos y geólogos que intervienen en la planificación nacional, podrán analizar y decidir, en el momento oportuno, la aplicación de los mismos.

POSIBILIDADES PETROLIFERAS DEL ESTADO DE SONORA

Alfredo E. GUZMAN

Petróleos Mexicanos, Exploración,
Guaymas, Sonora.

La Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos con el fin de evaluar las posibilidades petrolíferas del país, lo ha subdividido en provincias y éstas a su vez en áreas, de acuerdo a sus características geológicas y a sus posibilidades de contener hidrocarburos en cantidades comerciales.

El Estado de Sonora junto con su mar territorial incluye a las siguientes provincias geológicas y áreas:

	Provincias Geológicas	Areas
Terrestres	Sonora	Punta Peñasco Caborca Hermosillo
	Río Yaqui	Kino Empalme
Marinas	San Felipe-Isla Tiburón	San Felipe Isla Tiburón
	Guaymas	Guaymas

El subsuelo de las áreas de Empalme y Guaymas se ha inferido que está compuesto por rocas paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas de origen sedimentario e ígneo, que por sus características ofrecen posibilidades mínimas de contener hidrocarburos.

En las áreas de Kino y Hermosillo las rocas preterciarias ofrecen muy pocas posibilidades de contener hidrocarburos, por su grado de alteración. Sin embargo, existen sedimentos marinos del Mioceno y vulcano-clásticos del Eoceno que pudieran haber actuado como rocas generadoras y almacenadoras.

Para el área de Caborca el Paleozoico se considera con mínimas posibilidades por su grado de alteración. El Mesozoico se presenta más atractivo debido a la presencia de más de 3,000 metros de rocas cretácicas en facies que cambian de marinas a terrígenas. El Terciario no presenta posibilidades en esta área.

Las condiciones más favorables para la presencia de hidrocarburos en el subsuelo se encuentran en las áreas de Punta Peñasco, San Felipe e Isla Tiburón, donde existe una secuencia clástica marina de más de 1,500 metros de sedimentos del Mioceno y Plioceno y donde se considera que la historia geoquímica de los sedimentos ha sido favorable para la generación de Hidrocarburos. Las rocas pre-eocénicas dentro de estas áreas se consideran con posibilidades mínimas.

PETROLOGIA Y GEOLOGIA DEL DEPOSITO "LA CARIDAD",
NACOSARI, SONORA.

Juan HERNANDEZ PEÑA

Cía. Mexicana de Cobre, S.A.,
Unidad "La Caridad",
Nacozari, Sonora.

Este depósito se localiza a 20 km al sureste de Nacozari, Sonora, en las partes más altas de los Montes Juriquipa, como parte de una serie de intrusiones múltiples (composición entre diorita y granodiorita) emplazados en una secuencia volcánica de composición andesítica.

Existen, al menos, tres períodos de intrusión de cuerpos sucesivos, de diorita, granodiorita y monzonita de cuarzo, todos ellos con variantes texturales. Un pórfido de monzonita de cuarzo es el intrusivo ligado íntimamente con el período de alteración y mineralización, y parece ser el responsable para la creación de las principales estructuras que controlaron la mineralización. Esta unidad tuvo dos facies intrusivas claramente reconocibles en el depósito. La primera facie se encuentra al centro del depósito, emplazada en el contacto de la diorita o diorita de cuarzo con la granodiorita. Es de textura fina con pequeños ojos de cuarzo, alterada fuertemente por sílice residual, por medio de una red de pequeñas vetillas de cuarzo.

Este primer pulso intrusivo, dejó a la diorita de cuarzo completamente fracturada, y aumentó el brechamiento débil,

Previamente formado por la intrusión del cuerpo granodiorítico.

Una segunda facies del pórfido de monzonita de cuarzo se emplazó dentro de la diorita de cuarzo, formando una brecha con ella y, en algunos lugares, también con bloques y fragmentos de granodiorita. Hasta la parte nororiental del depósito se localizan entrantes individuales del pórfido de monzonita de cuarzo. Es de textura gruesa, con grandes fenocristales de feldespato potásico, con centro fresco y bordes de alteración sericitica y tabletas de plagioclasa, alteradas a caolín, y sericita de hasta dos cm de largo. Los ojos de cuarzo alcanzan hasta 4 mm de diámetro. Este segundo pulso intrusivo fue el portador de las soluciones hidrotermales que lateraron y mineralizaron a las rocas del depósito.

Los rasgos estructurales más importantes son un sistema de fallas de rumbo norte-sur, con inclinación al oeste, que cortan por el centro del depósito, a la brecha mezclada; un fracturamiento de rumbo casi este-oeste en la parte sur del depósito, de tipo escalonado, con inclinación hacia el sur; y una serie de estructuras brechadas distribuidas en todo el depósito. Estas estructuras últimas son principalmente de tres tipos: 1) Brechas intrusivas, 2) Brechas hidrotermales, 3) Brechas de colapso.

Las brechas intrusivas se encuentran en su mayor parte al centro del depósito, y se forman por fragmentos grandes de diorita de cuarzo, con fragmentos de pórfido de monzonita de cuarzo, cementados con arcilla y material molido de estas rocas.

Hacia el sur y sureste gradúa a una brecha de diorita de cuarzo y granodiorita, y en partes con fragmentos de pórfido de monzonita de cuarzo. En la diorita de cuarzo se observan estructuras lineales, formadas por fragmentos pequeños redondeados, semejando intrusiones o zonas de cizalla, de aproximadamente 1 m de espesor (pebbles dikes).

El brechamiento hidrotermal se observa principalmente en la andesita y se caracteriza por un fracturamiento primario tipo stockwork relleno con pirita, cuarzo y turmalina; cortado por un fracturamiento en bloque, que contiene mineralización de pirita, cuarzo, calcopirita y calcocita. También se observa, en menor escala, en la diorita de cuarzo, gran cantidad de cavidades de disolución rellenas con óxidos de fierro.

La brecha de colapso se encuentra a lo largo del contacto de la brecha mezclada y del pórfido de monzonita de cuarzo de textura fina, formada por un sistema de fracturas escalonadas, que provocaron el deslizamiento de bloques y que transformaron a la zona brechada, en una unidad completamente fragmentada.

GEOLOGY OF SOUTHERN RIO BACANORA VALLEY, SONORA, MEXICO

R. K. HEWITT
G. SCHMIDT
A. S. COTERA

Department of Geology
University of Northern
Flastaff, AZ 86011, E.U.A.

The study of approximately 70 square kilometers is located 9.5 kilometers due south of Bacanora, Sonora, Mexico. The area is dominated by long narrow mountain ranges, separated by the narrow intermontane valley of the Río Bacanora. Exposures are mostly permian sedimentary rocks in the mountains, and tertiary conglomerates and volcanics in the valley. Intermittent youth stage streams have cut steep-walled arroyos with high gradients and flow west to join the Arroyo Jiropa and east the Río Bacanora. The drainage pattern thus formed is compound, with the two major streams flowing north.

Five sedimentary rock units are mappable in the southern Río Bacanora area. The lower four units are in conformable contact and are Permian in age, based upon fusulinid assemblage - present in one of the units. In ascending order the lithologies of the lower units are: (1) a carbonate mudstone (135 m), (2) a quartz arenite (131m), (3) a carbonate mud and wackestone (753 m), and (4) a quartz wacky (2000 m). These four units are unconformably overlain by tertiary conglomerates and volcanics of the Báucarit Formation.

The lower three units are considered to be correlative - with the El Tigre Limestone, in the vicinity of Bavispe in --

north-eastern Sonora. The Tigre Limestone has been correlated with the Concha Limestone in Chihuahua, Mexico and New Mexico.

The uppermost Permian (?) unit appears to have no stratigraphic correlation to any previously described stratigraphic unit in Mexico of the U. S., and therefore, is proposed as a new formation.

The Báucarit Formation is widespread in Sonora and is correlative with the Gila Conglomerate, in southern Arizona.

Two major N-S trending normal faults, the Jiropa Fault and the Bacanora Fault, are the dominant structural features in the area. Maximum displacement along these faults is estimated to be 2000 m. Several small-scale E-W trending normal faults, have developed as a result of uneven uplift along the main north-south faults. Small-scale folds and fractures, of limited occurrence, may be related to large-scale regional features which are not evident within the limits of the study area.

GEOLOGY OF THE SIERRA DEL CHILTEPÍN AND CERRO MACHO AREA,
SONORA, MEXICO

J.C. HIMANGA
D.L. FLINN
A.S. COTERA

Department of Geology
University of Northern Arizona,
Flagstaff, AZ 86011, E.U.A.

The Sierra del Chiltepín Mountains in east-central Sonora are a horst block of lower Cretaceous carbonate and clastic rocks which were deposited near the fluctuating shoreline of an epicontinental sea. In the Cerro Macho area to the south, these lower Cretaceous rocks have been thrust westward and rest on strata of upper Cretaceous and lower Tertiary volcanics. In the graben valley east of the Sierra del Chiltepín, these upper Cretaceous rocks dip toward the northeast and constitute the east limb of an anticline folded during the late Cretaceous.

During the Eocene-Oligocene epochs, tensional forces down-dropped the Cerro Macho area in a graben structure, thus preserving it from erosion, and produced normal faulting in the Sierra del Chiltepín. During late Tertiary, erosional forces left area as a resistant highland which shed conglomerates into the lowland valley to the west. This conglomerate was later capped by basalt and together constitute the Báucarit Formation which was tectonically altered during the Quaternary.

EXPLORACION POR CARBON EN EL ESTADO DE SONORA

Jaime ISLAS LOPEZ

Consejo de Recursos Minerales
López del Castillo N°14
Hermosillo, Sonora.

En el Estado de Sonora, en agosto de 1976, el Consejo de Recursos Minerales inició el Programa Nacional de Exploración por Reservas de Carbón, con el fin de efectuar una evaluación de reservas de este mineral. Dentro de este programa, se realizaron trabajos de reconocimiento regional en un área de aproximadamente 4,000 km²; estos trabajos consistieron principalmente en la localización de evidencias de carbón, tales como: carbón, grafito y lutitas carbonosas, localizándose 18 afloramientos principales de carbón o de evidencias del mismo, principalmente en la parte media de la Formación Barranca, agrupándose en cuatro nuevas regiones: San Enrique, Sierra Verde, Los Vasitos y El Cocinero.

De las cuatro regiones, la primera en estudiarse a detalle fue San Enrique (28 km²), por presentar mayores evidencias de carbón, y San Marcial, que ya conocida, se trata de confirmar y ampliar sus reservas.

En el área de San Enrique, afloran principalmente rocas de la Formación Barranca de edad Triásico tardío-Jurásico temprano (areniscas con variaciones en granulometría o contenidos carbonosos y cementación). Esta datación se hizo con fósiles, (plantas y pelecípodos) colectados en San Marcial, indi-

cando que son de edad Triásico tardío (plantas: Pterophyllum fragile Newberry, Alethopteris mexicana Newberry, Taeniopteris elegans Newberry; pelecípodos: Panope remondi Gabb, Myophoria sp.). Estas rocas están principalmente cubiertas por rocas volcánicas (andesíticas y riolíticas) y conglomerados, e intrusionadas por rocas de composición granito-granodiorita y andesitas. Las intrusiones han originado que las rocas aflorantes sufren movimientos que las han fracturado y fallado. Las rocas de la Formación Barranca en esta área siguen un rumbo general N 20°W y 30° de echado al NE, formando una estructura monoclinall fracturada y con fallas normales de rumbo predominante al NW, con echados verticales, que delimitan bloques de aproximadamente 500-1,000 m de longitud. Dentro de los cuales se determinó la presencia de, por lo menos, 8 mantos de carbón antracíticos con espesor promedio de 1.5 m y con una longitud de trazas de aproximadamente 2.5 km por manto; sin embargo, no se conocen con exactitud los desplazamientos del carbón. Debido a la abundancia de materiales de talud y suelos, que cubren la mayoría del área, es probable que existan mantos que no afloren o que se encuentren cerradas las rocas encajonantes, a causa de la lixiviación del carbón.

En donde los horizontes carboníferos de la Formación Barranca se localizan cerca del contacto con las rocas ígneas intrusivas, el metamorfismo causado, provocó que los mantos de carbón se transformarán en grafito; al alejarse de las rocas intrusivas el grafito cambia progresivamente a carbón.

MINAS EN PRODUCCION, MINAS EN PREPARACION Y DEPOSITOS CON RESERVAS MAS O
MENOS CONOCIDAS EN EL ESTADO DE SONORA.*

Salvador MARAVILLA SOLTERO.

Departamento de Minas
Escuela de Ingeniería,
Universidad de Sonora,
Hermosillo, Sonora, México.

<u>M I N A ' S</u>	<u>M U N I C I P I O</u>	<u>RESERVAS TONELADAS</u>	<u>L E Y E S MEDIAS</u>	<u>O B S E R V A C I O N E S</u>
Cananea	Cananea, Sonora	1,500,000,000	0.7% Cu	Se extraen de 25,000 a 30,000 tons. diarias.
Lampazos	Tepache, Sonora	1,000,000	430 gr de Ag x Ton.	Se extraen 400 ton. diarias.
Tungsteno de Baviácora	Baviácora, Sonora	3,000,000	0.25% W ₀₃	Se extraen 80 tons. diarias de mineral seleccionado 0.8% W ₀₃ .
San Alberto	Alamos, Sonora	1,000,000	0.5% W ₀₃	Se extraen 40 ton. diarias.
Mina San Felipe	San Felipe, Sonora	200,000	100 gr Ag, 3% Pb y 6% Zn	Se extraen 40 ton. diarias.
La Chipriona	Arivechi, Sonora	80,000	500 gr Ag, 1% Cu y 1% Pb	Se extraen 30 ton. diarias.
Lourdes	La Colorada, Sonora	1,500,000	Grafito de más de 80% de C	Se extraen 100 ton. diarias.
La Caridad	Nacozari, Sonora	600,000,000	0.7 Cu y 0.012 % Mo	Se trabajará a 72,000 ton. diarias.
Tecolote	Pitiquito, Sonora	700,000	30 gr Ag, 1.5% Cu y 6% Zn	Se trabajará a 500 ton. diarias.
San Judas Tadeo y Zonas inmediatas	Cumpas, Sonora	2 a 4,000,000	0.5% Mo, 0.1%Cu	Este depósito es posible que se trabaje muy pronto.
La Sorpresa	Opodepe, Sonora	100,000,000	0.16% Mo	Se proyecta trabajar próximamente.
Los Verdes	Yécora, Sonora	+ 10,000.000 —	0.25% Mo, 0.2% Cu y 0.2% W ₀₃	Se proyecta trabajar próximamente.

* DATOS OBTENIDOS DE LA COMISION DE FOMENTO MINERO.

<u>M I N A S</u>	<u>M U N I C I P I O</u>	<u>RESERVAS TONELADAS</u>	<u>L E Y E S MEDIAS</u>	<u>O B S E R V A C I O N E S</u>
Mariquita	Cananea, Sonora	100,000,000	0.45% Cu	No es costeable por ahora.
Mina de Pilares	Nacozari, Sonora	80,000,000	0.7% Cu	Está en estudio de viabilidad.
Las Arenillas	Moctezuma, Sonora	1 a 2,000,000	40 gr Ag, Pb a Zn 10%	En exploración, buenas proba- bilidades de explotarse pronto.
Promontorio	Cajeme	400,000	Au 2 gr ,300gr Ag, 3% Pb y Zn	En exploración, buenas proba- bilidades de explotarse pronto.
Cobre Hércules	Pitiquito, Sonora	Varios millones	0.5% Cu	La explotación aún no está bien cuantificada.
Chivatera	Cananea, Sonora	5,000,000	0.6% Cu, 4% Zn	En estudio de viabilidad.
Florida y Barrigón	Nacozari, Sonora	45,000,000	0.35% Cu	No es costeable por ahora.
4 Hermanos	Rosario	No cuantificada	0.25% Mo	Buen prospecto, aún no cuantifi- cada.
El Volcán	Rosario	7,000,000	60% Fe	No es costeable por ahora.
San Antonio de la Huerta	Soyopa, Sonora	3,700,000	1.7% Cu	En estudio por lixiviación <u>in situ</u> .
Washington y San Lorenzo.	Huépac, Sonora	1,500,000	1.6% Cu, pequeñas cantidades de Mo y W ₃ .	Buenas posibilidades de explo- tarse pronto.
Trinidad	Yécora, Sonora	1,000,000	400 gr Ag	Hay proyectos de explotación.
Los Alisos	Yécora, Sonora	500,000	50% de CaF ₂	Se explotará cuando aumente la demanda de fluorita.
La Verde	Hermosillo, Sonora	1,500,000	1.2% Cu	Mineral oxidado de difícil be- neficio.
Los Verdes	Alamos, Sonora	5,000,000	0.5% Cu	Hay proyecto de una planta de lixiviación.
Huatamo	San Pedro de la Cueva	30,000	2% Cu, 200 gr Ag 1% Pb, 6% Zn .	

GEOLOGY AND TECTONICS OF THE REGION OF CABORCA, SONORA, MEXICO.

Richard MERRIAM

Department of Geological Sciences,
University of Southern California,
Los Angeles, California, E. U. A..

Early Precambrian granitic and metamorphic rocks underlie much of the Caborca quadrangle and are overlain by unmetamorphosed late Precambrian carbonate rocks, shale and sandstone which are in turn overlain by Mesozoic marine, non-marine and volcanic rocks. Cretaceous (?) intrusive bodies, ranging from gabbro to adamellite, are widespread. Tertiary non-marine sedimentary and volcanic rocks are prominent in the southwest sector, and Quaternary basalt occurs in a few scattered hills.

Most rocks are folded and faulted but folds appear to be mainly incidental to faults. Two major styles of faulting have occurred, each due to a distinct tectonic setting existing during separate episodes. Thrust faults dominate over most of the quadrangle but high angle faults are characteristic of the south sector. Thrust faults are prominent from Pitiquito, south and east, more than 60 km. Most of the thrust plates are late Precambrian and Cambrian strata thrust over Precambrian crystalline rocks but such faults also cut the sedimentary rocks at several levels and early Precambrian rocks are cut locally. Westward dips of most of the thrust faults, and general north to northeast strike of fold axes, indicate thrusting in an east to southeast direction. More than 30 km of supracrustal shortening must have occurred. A Laramide age is probable.

High angle faults, some of them cutting the thrust faults are wide-

spread. The apparent continuity of these lineaments with strands of the San Andreas fault in California, has led to the speculation that this part of Sonora is cut by northwest striking right lateral related to the San Andreas fault system.

Ore deposits, which are widespread, are of at least three types:

- 1) Mesozoic(?) mesothermal quartz veins containing gold and silver-bearing sulfides, mostly in early Precambrian metamorphic rocks (but some in Mesozoic),
- 2) metamorphic deposits at Cretaceous (?) "granite"-limestone contacts which are chiefly copper-bearing,
- 3) shallow, Tertiary(?) antimony-bearing, low temperature quartz veins cutting Mesozoic sedimentary rocks.

CARTA GEOLOGICA DETENAL ESCALA 1:250,000,
AREA DE NOGALES - CANANEA

Dante J. MORAN ZENTENO
Antonio GUERRERO CRUZ
Horacio GONZALEZ MEJIA

DETENAL, Depto. de Geología
San Antonio Abad N°124, 4°Piso,
México, D.F.

El área correspondiente a la carta Nogales se encuentra ubicada en el límite de las provincias fisiográficas, denominadas por Erwin Raisz, Sierra Madre Occidental (en la Subprovincia de Sierras Alargadas) y Sierras Sepultadas. La región se encuentra drenada por corrientes intermitentes, que pertenecen a la vertiente del Océano Pacífico. Las sierras y valles son sensiblemente paralelos y presentan una orientación general noroeste-sureste. Morfológicamente, el área está representada por sierras complejas constituídas de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Se cartografiaron unidades cuya edad varía desde el Paleozoico hasta el Reciente. El Paleozoico está representado por sedimentos principalmente calcáreos que pertenecen a la Formación Puertecitos. Al Mesozoico lo representan sedimentos arenarcillosos metamorfizados y rocas volcánicas ácidas, que predominan en la porción centro-occidental del área; además, existen afloramientos de sedimentos detríticos y calcáreos de las formaciones: Morita, Mural y Cintura que se localizan en el extremo oriental. De este mismo período se cartografiaron cuerpos intrusivos, cuyos emplazamientos sucedieron con mayor intensidad hacia finales del Cretácico. Las unidades terciarias son las

que afloran más ampliamente en el área de la carta, y constan principalmente de sedimentos continentales areno-conglomeráticos, que se depositaron a lo largo de fosas tectónicas originadas durante los disturbios laramídicos. De este período se cartografiaron, también, una gran cantidad de unidades volcánicas de tipo andesítico, riolítico, piroclástico ácido y basáltico; depositadas sucesivamente.

Se reconocieron varias fases tectónicas, y en especial las cretácico-terciarias, de las que son evidencia las cabalgaduras cartografiadas en la Sierra de San José y las fallas normales que son, en gran medida, responsables de la configuración actual del relieve.

Existen numerosas manifestaciones minerales de cobre, generalmente relacionadas con la presencia de pórfidos de composición granítica. La principal actividad minera, relacionada con la explotación de cobre, se localiza en el área cercana a la Ciudad de Cananea. Existen, también, algunas manifestaciones, aparentemente menores, de plata, oro y minerales radioactivos.

Las unidades de mayor interés para la prospección geohidrológica son los depósitos clásticos terciarios, que cuentan con importantes espesores en los valles ubicados en las partes central y oriental del área de la carta.

GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO DEL TECOLOTE, SONORA

Juventino OÑATE DE LEON

Minerales Metálicos del Norte S.A.
José Maria Iglesias N° 3
Hermosillo, Sonora, México.

El Proyecto Tecolote se encuentra en el Estado de Sonora dentro del Municipio de Pitiquito. Sus coordenadas geográficas son: $29^{\circ} 53' 40''$ Lat. Norte, $111^{\circ} 32' 10''$ Long. Oeste, 820 Metros S. N. M.

En el ambiente geológico superficial del área afloran rocas intrusivas y metamórficas, pre-minerales y volcánicas post-minerales; la mineralización de sulfuros económicos de cobre, zinc y plata se encajona en una tactita de la serie metamórfica. Esta mineralización está asociada a un pórfido cuarzomonzonítico intrusivo de composición intermedia a ácida, el cual se encuentra mineralizado con pirita diseminada y pequeñas vertillas de cuarzo. De acuerdo a la cercanía con el intrusivo, la mineralización económica se incrementa o disminuye al alejarse de él; todas estas asociaciones y características del yacimiento hace que se le clasifique como metasomático de contacto o pirometasomático.

Rocas pre-minerales: esta serie está compuesta por alternancias de cuarcitas, tactitas y un conglomerado marmolizado. Están presentes 5 horizontes de cuarcita y 3 de tactita clasificadas con número progresivo de norte a sur. El rumbo de las capas es generalmente $N50^{\circ}W$, pero en el extremo sureste está modificado por el fallamiento y es de $N30^{\circ}W$; el echado de las capas varían

de vertical hasta 60° al NE.

Rocas intrusivas: las rocas intrusivas que afloran en el área son un granito y pequeños apófisis de composición intermedia a ácida. Aunque no se observa en el campo la relación entre ellos, se interpreta que los pórfidos son posteriores al granito, pero relacionados a él.

Los pórfidos intrusivos varían de composición de granítica a monzonítica, según observaciones en la mina, y la mineralización está mas relacionada con los de tipo monzonítico.

Rocas post-minerales: En la región existen grandes áreas cubiertas por rocas volcánicas; estas afloran en la parte noroeste de la zona y están constituidas por flujos de composición intermedia a básica.

Yacimiento mineral. El yacimiento es de tipo metasomático de contacto, ocasionado por la intrusión de una masa ígnea. Tanto el metamorfismo como la mineralización, están íntimamente relacionados ya que por lo general cuando hay alto grado de metamorfismo existe también buena mineralización, cuando los sedimentos se observan con poco grado de metamorfismo, las posibilidades de mineralización son menores.

El metamorfismo en las tactitas está caracterizado por la presencia de granate (grosularita - andradita), cuarzo, diopsida, hornblenda y otros que testifican el fuerte grado del metamorfismo. La mineralización de sulfuros económicos que se encuentra en una de las tactitas consiste de calcopirita, marmatita, argentita, pirita, pirrotita y molibdenita.