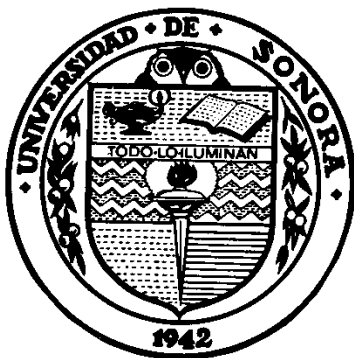




UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

**ESTUDIO GEOLÓGICO-ESTRUCTURAL DE
LA PORCIÓN SUR DE LA SIERRA SANTA
ROSA, NORTE DE SONORA.**

TESIS

**Que para obtener el Grado de:
Maestro en Ciencias-Geología**



PRESENTA:

JESÚS JAIME CASTRO ESCÁRREGA

Hermosillo, Sonora,

2012

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



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

RESUMEN

En la porción sur de la sierra Santa Rosa, área del rancho Las Cruces, afloran unidades litológicas constituidas por rocas metamórficas, sedimentarias, intrusivas y volcanosedimentarias, que varían en edad del Paleoproterozoico al Cuaternario.

Las rocas más antiguas que constituyen el basamento metamórfico consisten de paragneis, esquisto, anfibolita y ortogneis; seguido por una cubierta sedimentaria y volcanosedimentaria constituida por dolomía de edad Neoproterozoico, una secuencia sedimentaria clástico-carbonatada con volcánicas riolíticas de edad Jurásica, respectivamente, ambas secuencias afectadas por intrusiones graníticas del Cretácico Superior. También de esta edad se considera el paquete volcanosedimentario constituido de arenisca, limolita y caliza con intercalaciones de volcánicas andesíticas; y derrames volcánicos de basalto con posterior depósito de sedimentos clásticos continentales de edad terciaria.

Estos paquetes de rocas se consideran parte del terreno Caborca, el cual representa un bloque del cratón de Norteamérica desplazado hacia el sureste a lo largo de la falla Mojave-Sonora en el Jurásico Superior.

La cartografía realizada en el área de estudio permitió identificar elementos estructurales como foliación, lineación y pliegues en las rocas metamórficas así como también franjas de milonita; estratificación en rocas sedimentarias y fallas en todas las unidades presentes.

Se reconocieron fallas normales, normales oblicuas y en menor cantidad fallas a rumbo. De acuerdo con el análisis de las fallas normales, estas nos indican una extensión en dirección noreste.

De acuerdo con el análisis de los datos magnetométricos, el mapa de anomalía regional no muestra altos magnéticos pronunciados que estén asociados a cuerpos magnéticos profundos. En el mapa de anomalía residual si se observa una respuesta magnética caracterizada por altos magnéticos en forma de monopolos y dipolos, relacionados a litologías como ortogneises, anfibolitas y cuerpos riolíticos.

ABSTRACT

In the southern portion of the Sierra Santa Rosa, Rancho Las Cruces area, outcrop lithologic units that consist of metamorphic, sedimentary, intrusive and volcanosedimentary rocks, ranging in age from Paleoproterozoic to the Quaternary. The oldest rocks, the metamorphic basement, consists of paragneiss, schist, amphibolite and orthogneiss, followed by sedimentary and a volcanosedimentary cover that consists of Neoproterozoic age dolomite, and a sedimentary clastic-carbonate sequence interbedded with rhyolitic volcanic of Jurassic age. Both sequences are affected by granitic intrusions of Upper Cretaceous age. Also with the same age appears a volcanosedimentary package consisting of sandstone, siltstone and limestone interbedded with andesitic volcanic rocks followed by basalt spills with subsequent deposition of continental clastic sediments of Tertiary age.

These rock packages are considered part of Caborca block, which represents a portion of the North American craton shifted to the southeast along the Mojave-Sonora megashear in the Upper Jurassic.

The mapping in the study area permitted identified structural elements such as: foliation, lineation and folds in the metamorphic rocks as well as mylonitic bands of mylonite; stratification in sedimentary rocks and faults that are present in all units.

In the area were recognized normal and oblique normal faults, some with strike-slip movements. According to the analysis of normal faults, these indicate a northeast extension.

According to the magnetometer data analysis, the regional anomaly map does not show pronounced magnetic highs that could be associated with deep magnetic bodies. The residual anomaly map shows a magnetic response characterized by high shaped magnetic monopoles and dipoles, related to lithologies as orthogneiss, amphibolite and rhyolitic bodies.

CONTENIDO

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.2. MÉTODO DE TRABAJO	2
1.3. LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	2
1.4. TRABAJOS PREVIOS	4
2. FISIOGRAFÍA	6
2.1. PROVINCIAS FISIOGRÁFICAS	6
3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	8
4. GEOLOGÍA LOCAL	21
4.1. UNIDADES PRECÁMBRICAS	21
4.1.1. Paragneis-Esquisto-Anfibolita	21
4.1.2. Ortogneis	29
4.1.3. Dolomía	34
4.2. UNIDADES MESOZOICAS	38
4.2.1. Formación Sierra Santa Rosa	38
4.2.2. Riolita	41
4.2.3. Formación El Tuli	45
4.2.4. Granito	49
4.3. UNIDADES CENOZOICAS	54
4.3.1. Formación Báucarit	54
4.3.2. Conglomerado polimíctico	59
4.3.3. Aluvión	60

5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	60
6. GEOFÍSICA	76
6.1. INTRODUCCIÓN	76
6.2. METODOLOGÍA	76
6.3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	77
6.3.1. PROCESOS ANALÍTICOS REALIZADOS	77
6.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	78
7. CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	85
APÉNDICES	94
APÉNDICE A	94
APÉNDICE B	97
APÉNDICE C	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización.	3
Figura 2. Provincias fisiográficas.	6
Figura 3. Distribución esquemática de los terrenos tectonoestratigráficos en Sonora.	9
Figura 4. Distribución de la provincias precámbricas en el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México.	12
Figura 5. Reconstrucción paleogeográfica especulativa de las provincias paleoproterozoicas Mojave, Yavapai y Mazatzal en el suroeste de Laurencia ~1700 Ma (http://jan.ucc.nau.edu/rcb7/pcpaleo.html). . .	13
Figura 6. Mapa que muestra la distribución de las rocas proterozoicas en Sonora.	14
Figura 7. Mapa que muestra la distribución de las rocas del arco magmático jurásico en Sonora.	16
Figura 8. Cuencas de desgarre Jurásico Superior-Cretácico Inferior asociadas al sistema de falla Mojave-Sonora.	17
Figura 9. Mapa que muestra la distribución de las rocas del arco magmático laramídico y volcánicas contemporáneas en Sonora. . .	18
Figura 10. Mapa que muestra la distribución de las rocas asociadas a la extensión Sierras y Valles en Sonora.	19
Figura 11. Columna estratigráfica de la porción sur de la sierra Santa Rosa.	22

Figura 12. Afloramientos de la unidad metamórfica paleoproterozoica PePGn-E-Af constituida de paragneis, esquisto y anfibolita, en el flanco oeste de la Sierra Santa Rosa.	24
Figura 13. (A) muestra de mano de augengneis de cuarzo-biotita-feldespato y granate PSR-16 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa <i>augen</i> de feldespato potásico rodeado por bandas de cuarzo en una matriz esquistosa de biotita y clorita, formando una estructura <i>core and mantle</i> . Luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Kfs = feldespato potásico, Bt = biotita. . . .	25
Figura 14. (A) muestra de mano de augenesquisto de cuarzo-feldespato-biotita PSR-32 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa cuarzo en una matriz esquistosa con abundante biotita y clorita. Luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Bt = biotita, Chl = clorita.	25
Figura 15. (A) muestra de mano de metaarenisca PSR-31 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa granos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasea con contactos suturados. Luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Bt = biotita, Pl = plagioclasea, Kfs = feldespato potásico.	26
Figura 16. (A) muestra de mano de ortoanfibolita esquistosa PSR-13 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa gran cantidad de hornblenda y plagioclasea alterándose a clorita y	

sericita respectivamente. Luz polarizada plana. Pl = plagioclase,	
Hbl = hornblenda, Ser = sericita, Qtz = cuarzo.	27
Figura 17. Afloramiento de milonita incluida en la unidad metamórfica	
paleoproterozoica PePGn-E-Af, al norte-noroeste del cerro Las	
Cruces. Se observa dique andesítico Terciario emplazado en los	
planos de foliación.	28
Figura 18. Muestra de milonita PSR-30. (A) y (B) Fotomicrografía donde	
se aprecia porfiroblastos de granate con cristales grandes de	
feldespatos potásicos sericitizados rodeados por bandas de biotita y	
cuarzo estirado. Luz polarizada plana y analizada	
respectivamente. Qtz = cuarzo, Grt = granate, Ser = sericita, Kfs =	
feldespatos potásicos, Bt = biotita.	29
Figura 19. Afloramiento y muestra de mano PSR-12 de la unidad PeOGn	
constituida de gneises con protolito granítico, expuesto en la	
porción sur del cerro Las Cruces; se obtuvo una edad de 1722 ± 9	
Ma.	30
Figura 20. (A) y (B) Fotomicrografía de la muestra PSR-12, donde se	
aprecia microclina y plagioclase >3mm de diámetro, cuarzo, biotita	
y sericita, luz polarizada plana y analizada respectivamente. Qtz =	
cuarzo, Pl = plagioclase, Ser = sericita, Mc = microclina, Bt =	
biotita.	31
Figura 21. Datos U/Pb de zircones obtenidos por la técnica LA-ICP-MS	
de la muestra de ortogneis (A) Gráfica de concordia con todos los	

datos de la muestra PSR-12. (B) Gráfica de edad $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
media ponderada de la muestra PSR-12.	32
Figura 22. Rocas metamórficas paleoproterozoicas intrusionadas por granito Cretácico en el flanco oriental de la Sierra Santa Rosa. . . .	33
Figura 23. Rocas de la unidad sedimentaria asignadas al Neoproterozoico PeDo, constituida de dolomía al suroeste del rancho Las Cruces.	35
Figura 24. (A) Estratos muy gruesos de dolomía buzando al este en el cauce del arroyo Los Hornitos. (B) Afloramiento de dolomía donde se aprecia una concreción grande de forma esférica aplastada con bandas de sílice.	36
Figura 25. Rocas de la unidad sedimentaria asignadas al Neoproterozoico PeDo. (A) muestra de mano PSR-8 constituida de dolomía brechada. (B) Fotomicrografía donde se aprecia dolomita, calcita y cuarzo, luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Dol = dolomita, Cal = calcita.	37
Figura 26. Vista de la sierra Santa Rosa donde se puede observar la secuencia sedimentaria Jurásica; también se puede notar que predominan los echados de las capas hacia el oeste.	40
Figura 27. Vista oblicua viendo al norte donde se aprecian los afloramientos de las rocas volcánicas riolíticas jurásicas.	41
Figura 28. Rocas volcánicas jurásicas en la sierra Santa Rosa. La riolita con alteración hidrotermal es la roca encajonante de vetas con oro	

y plata en la mina abandonada Santa Rosa, al oeste del rancho San Diego.	42
Figura 29. (A) y (B) Fotomicrografías donde se aprecia esferulitas con estructura radial concéntrica, y un remplazamiento parcial por calcita, en la muestra PSR-26. Luz polarizada plana y analizada. Qtz = cuarzo, Cal = calcita.	43
Figura 30. Rocas de la secuencia volcanosedimentaria correlacionable con la Formación El Tuli, al sur del rancho Las Cruces. Se observa afloramiento y muestra de mano de limolita café rojizo de naturaleza volcanoclástica en estratos de 25 cm de espesor.	45
Figura 31. (A) Muestra de mano de caliza recristalizada. (B) Fotomicrografía donde se observa cristales de calcita y sílice rellenando espacios vacíos, luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Cal = calcita.	46
Figura 32. (A) Muestra de mano de toba lítica andesítica. (B) Fotomicrografía que muestra fragmentos de roca, sílice y hematita, luz polarizada analizada. Hem = hematita.	47
Figura 33. Vista oblicua de rocas intrusivas graníticas que se considera forman parte del batolito laramídico.	50
Figura 34. (A) Muestra de mano de granito del cual se obtuvo una edad de 66.8 ± 0.58 Ma. (B) Fotomicrografía donde se aprecia microclina con maclado en enrejado, plagioclasa parcialmente sericitizada, muscovita y biotita hematizada, luz polarizada	

analizada. Qtz = cuarzo, Ser = sericita, Ms = muscovita, Mc = microclina, Pl = plagioclasa, Biotita = biotita.	51
Figura 35. Afloramiento de granito donde se observa el contacto con las rocas metamórficas paleoproterozoicas, al oeste del rancho El Cuatro.	51
Figura 36. Datos U/Pb de zircones obtenidos por la técnica LA-ICP-MS de la muestra de granito (A) y (B) Gráfica de concordia con todos los datos de la muestra PSR-6. (C) Gráfica de edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ media ponderada de la muestra PSR-6.	52
Figura 37. Vista oblicua viendo al oeste de conglomerado con intercalaciones de arenisca, y basalto de olivino hacia la base, correlacionable con la Formación Báucarit; al fondo la sierra Santa Rosa.	55
Figura 38. Afloramientos de conglomerado con intercalaciones de arenisca, y basalto de olivino hacia la base, correlacionable con la Formación Báucarit, cerca del rancho Las Cruces. Capas buzando al noroeste.	56
Figura 39. Afloramiento de basalto con desarrollo de intemperismo esferoidal, al norte del rancho Las Cruces.	57
Figura 40. (A) Muestra de mano de basalto de olivino PSR-9. Los puntos rojizos son de olivino alterado parcialmente a iddingsita. (B) Fotomicrografías donde se observa un cristal de olivino iddingsitizado en luz polarizada analizada. Ol = olivino, Phl = flogopita, Idd = iddingsita.	57

- Figura 41.** Gráfica donde se muestran los datos estructurales tomados en rocas metamórficas paleoproterozoicas utilizando la red de Schmidt, hemisferio inferior. Polos de foliación en paragneis (cuadros negros) y en ortogneis (estrellas). También se indican los polos de los paragneis (cuadros rojos) que contienen lineación mineral (cruces en rojo). 62
- Figura 42.** Fábrica milonítica en rocas paleoproterozoicas donde se puede observar porfiroblastos rotados con dimensiones mayores a 2 cm de diámetro de feldespato, granate y cuarzo, rodeados por bandas de cuarzo y micas. Se observa que los porfiroblastos muestran estructura sigmoidal con superficies S (foliación) y C (cizalla), que definen un movimiento de cizalla derecho. 64
- Figura 43.** Afloramiento de rocas paleoproterozoicas con fábrica milonítica en donde se puede observar porfiroclastos rotados con dimensiones mayores a 2 cm de diámetro de feldespato potásico, rodeados por bandas de agregados policristalinos de microclina, ortoclasa, plagioclasa y micas. Los porfiroclastos muestran estructura sigmoidal con sombras de presión que definen un movimiento de cizalla derecho. 65
- Figura 44.** Gráfica utilizando la red de Schmidt, hemisferio inferior, donde se muestra los datos estructurales tomados en la estratificación de las rocas sedimentarias. Se observan los polos de estratificación de las rocas neoproterozoicas (estrella gris),

jurásicas (cruz azul), cretácicas (cuadro verde) y Mioceno (círculo naranja).	67
Figura 45. Falla normal oblicua NW83°/60°NE, con pitch 27°NE en la franja de milonita, en el flanco norte del cerro Las Cruces. Recuadro en la parte superior izquierda muestra detalle de las estrías de falla.	69
Figura 46. Falla normal NE76°/49°NW, con variación a rumbo este-oeste en ortogneis, con zona de brecha de falla, en el flanco sur del cerro Las Cruces.	70
Figura 47. Falla normal NW34°/56°NE, que pone en contacto ortogneis con dolomía en el arroyo Los Hornitos. El espesor de la zona de brecha de falla es aproximadamente de 10 m.	71
Figura 48. Gráfica utilizando la red de Schmidt, hemisferio inferior, donde se muestra los polos de los planos de falla medidos. Se puede observar que la mayor concentración de las fallas presentan un rumbo NW-SE.	73
Figura 49. Gráfica que muestra en círculo grande una mayor concentración de planos de fallas normales de rumbo NW-SE, y en menor proporción fallas orientadas E-W y NE-SW. Aquí se observa que las flechas nos indican una extensión en dirección noreste-suroeste.	74
Figura 50. Interpretación del modelo digital de elevación. El área de estudio se presenta en el recuadro.	75

Figura 51. Mapa de campo magnético total reducido al polo de la región de Trincheras escala 1:100,000. El área de estudio se presenta en el recuadro.	80
Figura 52. Mapa de anomalía regional de la región de Trincheras escala 1:100,000. El área de estudio se presenta en el recuadro.	81
Figura 53. Mapa de anomalía residual de la región de Trincheras escala 1:100,000. El área de estudio se presenta en el recuadro.	82
Figura 54. Localización de muestras petrográficas.	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen petrografía.	98
--	----

LISTA DE LAMINAS EN BOLSAS ANEXAS

Lamina 1. Mapa geológico del área de estudio. El recuadro tiene información tomada y modificada de Hardy (1981).

Lamina 2. Secciones estructurales del área de estudio. Ver Lámina 1 para leyenda y simbología.

Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer al Servicio Geológico Mexicano, y en especial a Juan Carlos Salinas Prieto y a Enrique Gustavo Espinosa Arámburu por el apoyo recibido y las facilidades brindadas en el desarrollo del mismo.

De igual forma a José Luis Rodríguez Castañeda, Inocente Guadalupe Espinoza Maldonado, Francisco Javier Grijalva Noriega y Silvia Martínez Retama por compartir sus conocimientos durante la revisión de este trabajo.

A Alexander Iriondo, Mónica Enríquez y Harim Arvizu, por los fechamientos de U-Pb en zircones que se reportan en este trabajo.

También a Rafael Rodríguez Torres que me acompañó durante el trabajo inicial de campo. Por otra parte, a Francisco Paz Moreno y Saúl Herrera Urbina por sus comentarios sobre el estudio petrográfico; y Pedro Herrera López que apoyó para realizar análisis de laboratorio.

1. INTRODUCCIÓN

El Estado de Sonora en el noroeste de México contiene el registro geológico de una evolución tectónica compleja, desde el Precámbrico hasta el Reciente. Varios episodios de deformación a través del Mesozoico han sobrepuesto extensión y acortamiento sobre la corteza de Sonora.

Las rocas supracorticales de la región permiten estudiar la evolución de sistemas de fallas normales de bajo ángulo y normales asociadas a sistemas de fallas regionales como son la megacizalla Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1979), la falla San Antonio (Rodríguez-Castañeda, 2002), y la falla Los Ajos (Herrera-López y Rodríguez-Castañeda, 2002).

En conjunto estas estructuras forman una zona orientada al noroeste que se define por la yuxtaposición de terrenos precámbricos, paleozoicos y de rocas jurásicas.

1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- Realizar la geología a detalle en áreas donde no se tiene información suficiente y fidedigna (mapa geológico-estructural).
- Análisis de datos estructurales.
- Con el apoyo de la magnetometría aérea de alta resolución definir estructuras como fallas e identificar cuerpos profundos y someros.

1.2. MÉTODO DE TRABAJO

- Recopilación bibliográfica de trabajos geológicos cercanos al área de estudio; al inicio y durante el desarrollo del estudio.
- Cartografía a detalle escala 1:25,000 de la porción sur de la sierra Santa Rosa (área rancho Las Cruces) enfocada a conocer la estratigrafía y geología estructural de la zona.
- Las muestras petrográficas, geoquímicas, dataciones isotópicas, y los datos estructurales recolectados en campo están georeferenciados con GPS. Todos los datos se pasaron al programa ARCGIS para poder ser manipulados digitalmente en conjunto con las diferentes capas de información.
- Interpretación de imágenes de satélite LANDSAT (7 bandas) y SPOT (4 bandas) junto con el Modelo Digital de Elevación, para identificar lineamientos y curvilineamientos; la imagen SPOT es la más adecuada por tener una resolución del terreno de 10 m. La geometría de las fallas y zonas de cizalla en superficie, se visualizaron digitalmente con el programa ER Mapper.
- Se hicieron láminas delgadas para todas las muestras colectadas en el campo; las especies minerales y texturas se identificaron con la ayuda de un microscopio petrográfico.
- Se utilizó la información geofísica de alta resolución que incluye la magnetometría aérea que existe del área de Trincheras.

1.3. LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

El área de estudio se localiza en el norte de Sonora a 120 km al noroeste de Hermosillo (Figura 1). La superficie cartografiada es de 200 km² y se ubica en

los municipios de Trincheras y Pitiquito, con las siguientes coordenadas UTM: 432800 a 450000 este y 3318800 a 3330500 norte; en las cartas de INEGI escala 1:50,000, SIERRITA PRIETA H12A88 y LA CIENEGA H12A87.

La principal vía de acceso es la carretera federal N°.15 tramo Hermosillo-Benjamín Hill hasta llegar al KM107, continuando hacia el oeste por un camino de terracería que comunica con el rancho Las Cruces, haciendo un recorrido de 45 km. Este camino pasa por los ranchos El Carrizo y El Aguila, y en general se encuentra en buenas condiciones la mayor parte del año.

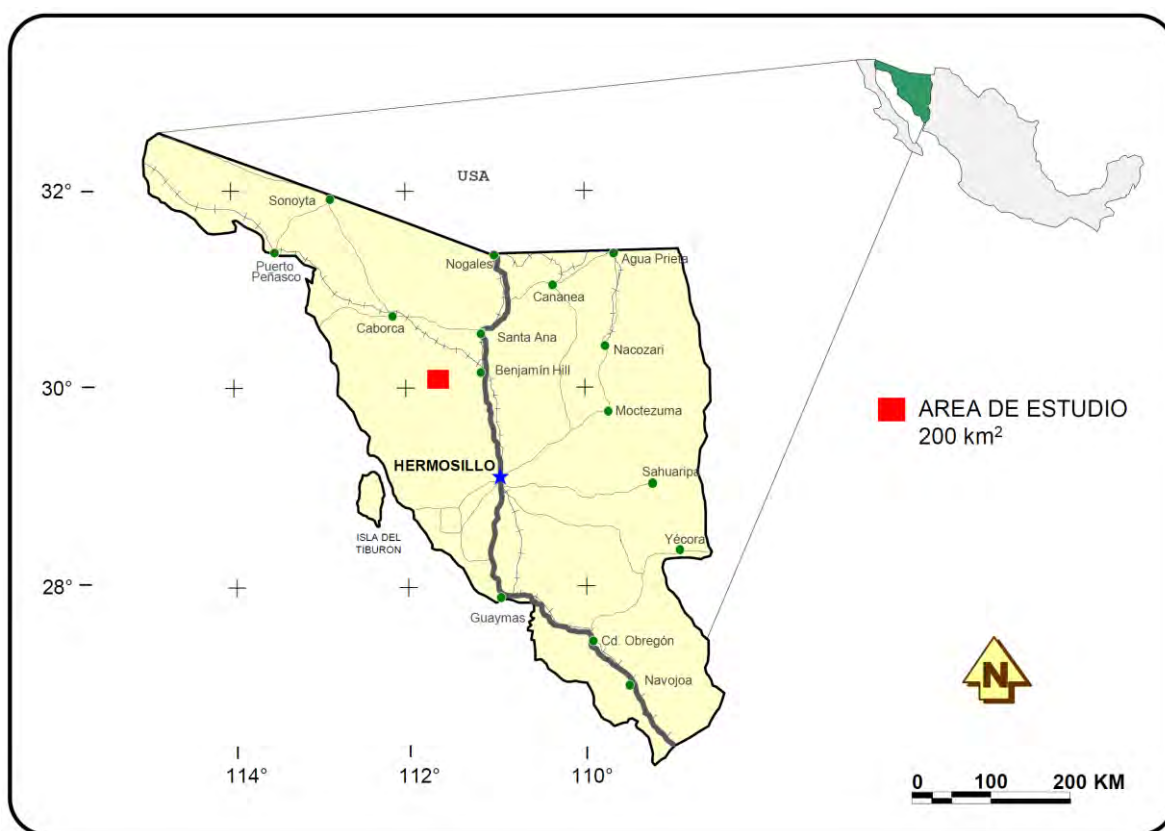


Figura 1. Mapa de localización.

1.4. TRABAJOS PREVIOS

En la porción noroeste de Sonora se han realizado numerosos trabajos regionales enfocados principalmente a la estratigrafía, geocronología y estructura del basamento precámbrico, principalmente en los años 70's y principios de los 80's, y cartografía geológica a diferentes escalas en años recientes.

En la Sierra de Santa Rosa, los primeros trabajos de reconocimiento estratigráfico generalizados con análisis de fósiles datan de los años 20's. En una sección este-oeste en esta sierra, Keller y Wellings (1929), realizaron un reconocimiento de la estratigrafía calculando un espesor aproximado de 2350 m. Los fósiles colectados, bivalvos, fueron publicados por Jaworski (1929) asignando a la secuencia una edad Lias (Jurásico Inferior). Posteriormente King (1939) con la información de Keller y Jaworski asigna la secuencia a la Formación Barranca.

Hardy (1981) hace una descripción detallada de las unidades proterozoicas constituidas de esquisto, gneis, metacuarcita y metaplutónicas gneisosas, dolomita con cuarzoarenita y lutita, y jurásicas constituidas de una secuencia clástica-carbonatada con bivalvos, amonitas y crinoides, incluyendo volcánicas andesíticas con conglomerados hacia la cima; además, realizó un estudio estructural de las rocas que afloran en la porción oeste de la Sierra de Santa Rosa; donde identifica una serie de alóctonos imbricados de edad Sevier, y deslizamientos por gravedad de edad Laramide. En su mapa geológico se observa que las rocas jurásicas cabalgan a las rocas precámbricas. Este autor establece que la secuencia jurásica fue depositada en ambiente marino somero a transicionales con espesores del orden de 1460 m.

Damborenea y González (1997) utilizan la geología y los datos de Hardy (1981), además de los fósiles colectados por ellos para asignar una edad Pliensbachiano (Jurásico Temprano) para la Formación Santa Rosa.

Con el trabajo de geocronología y geoquímica de Soto-Verdugo (2006) en la región de Trincheras, se confirma la edad Precámbrica para los metagranitoides (1733-1727 Ma), y de acuerdo con las edades de los zircones y los isótopos de neodimio propone que el zócalo proterozoico constituye la prolongación hacia Sonora de la Provincia Mojave del suroeste de Norteamérica.

Desde el año 1996 a la fecha, el Servicio Geológico Mexicano ha realizado cartografía geológico-minera a diferentes escalas (1:500,000, 1:100,000 y 1:50,000), donde se describen las características de los afloramientos rocosos desde el Proterozoico hasta el Cuaternario, definiendo la columna estratigráfica regional de las unidades.

Desde el punto de vista de interés minero se tienen algunos trabajos cercanos al área, que se localizan al noreste del rancho Las Cruces, como el de Carbonell y Bustillo (1963) sobre el yacimiento de vermiculita en la localidad del Cerro Toribio, y el de Romero (1966) que incluye un reconocimiento a la Mina La Cobriza.

También se han publicado trabajos (algunos son reportes internos) sobre los depósitos de oro de placer en la zona de El Tiro-El Boludo, y oro diseminado en vetillas en el Cerro Colorado.

2. FISIOGRAFÍA

2.1. PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

El área de estudio fisiográficamente queda comprendida en la provincia de la Llanura Sonorense (INEGI, 1981) (Figura 2), la cual es una región geológica

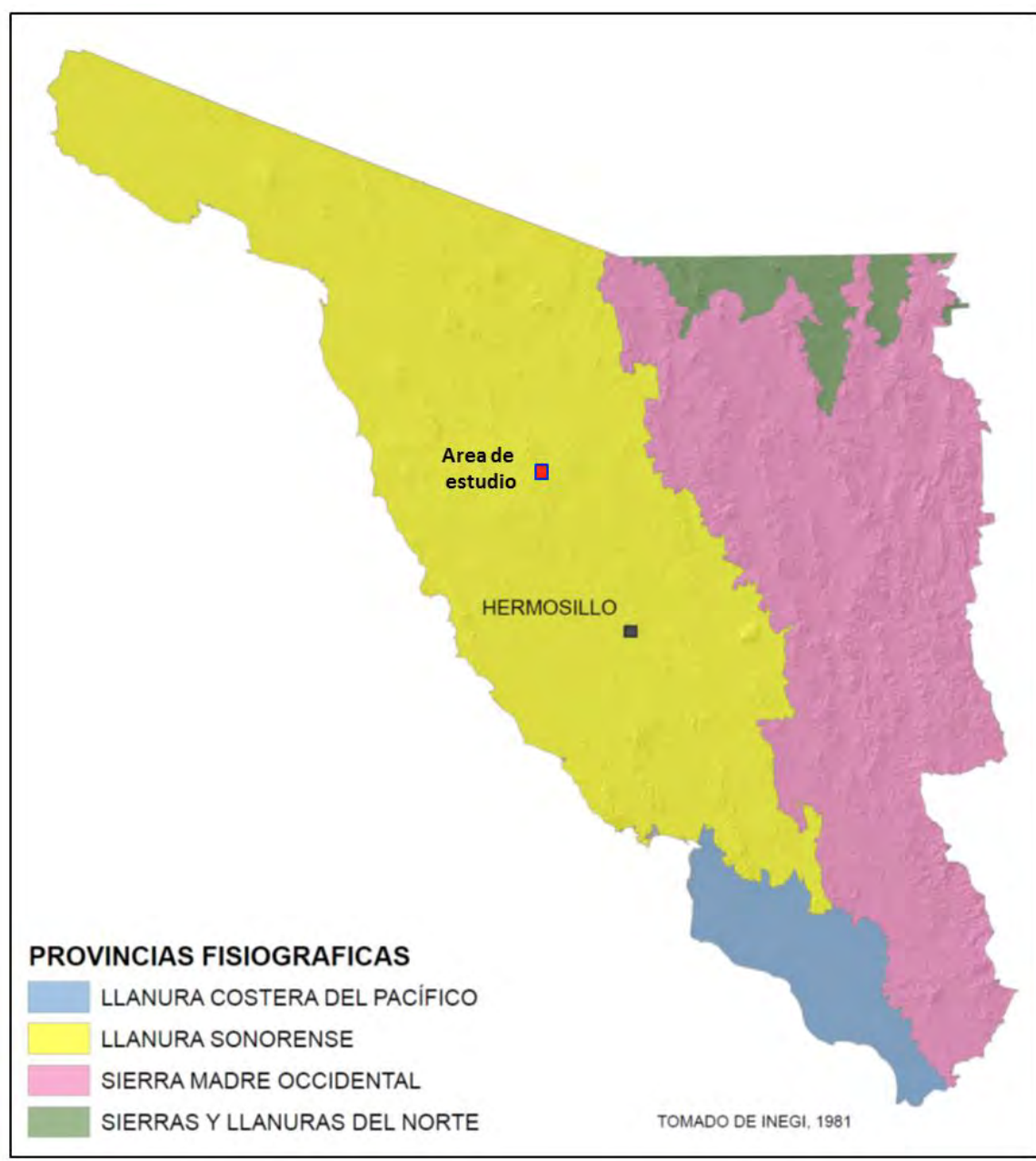


Figura 2. Provincias fisiográficas.

antigua en la que predomina un clima muy árido, y consiste en una extensa planicie con sedimentos aluviales, de piedemonte y eólicos sobre la que se asientan numerosas montañas y elevaciones residuales tipo montañas isla (*inselbergs*), que van aumentando gradualmente en superficie y altitud desde la costa del Golfo de California hacia el oriente de Sonora (Lugo-Hubp, 1990).

Las elevaciones montañosas en la región presentan una marcada orientación noroeste-sureste, constituida principalmente por rocas intrusivas, metamórficas y sedimentarias del proterozoico, mesozoicas y terciarias. El relieve resultante ha sido favorecido por los eventos tectónicos distensivos que han actuado durante el Mesozoico-Terciario, que se manifiesta como fallamiento de bajo ángulo, de desplazamiento lateral, y bloques escalonados tipo horst-graben.

La principal unidad orográfica está representada por la sierra Santa Rosa en la mitad occidental del área, donde sobresale el Cerro Prieto (1410 m.s.n.m.); y el Cerro Las Cruces (1060 m.s.n.m.) en la porción sureste. Los valles al oeste de la sierra son amplios y están a una elevación de 580 m.s.n.m., en contraste con los valles orientales algo más estrechos a una elevación de 770 m.s.n.m.

La sierra Santa Rosa tiene una orientación general N15°W, con una longitud de 24 km en su eje mayor y 7 km en su eje menor; con un relieve accidentado que sobresale del terreno a manera de *montañas isla* rodeada de valles amplios y planicies extensas. De acuerdo con el ciclo de erosión en una región de clima árido, se encuentra en estado de madurez a senectud caracterizada por el desgaste progresivo de las elevaciones montañosas con tendencia a la nivelación del terreno.

3. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El estado de Sonora presenta afloramientos de rocas que varían en edad desde el Proterozoico hasta el Cuaternario, en un entorno geológico muy complejo provocado por los eventos tectónicos y deformaciones que han sucedido a través del tiempo.

En las últimas décadas se ha manejado la idea de que la cordillera norteamericana se formó por la adición de una cantidad de terrenos tectonoestratigráficos, considerados como bloques alóctonos que han sido transportados por distancias considerables, y acrecionados al cratón de Norteamérica (Campa-Uranga y Coney, 1983).

Este evento colisional produjo intenso plegamiento, fallamiento inverso, deformación penetrativa y metamorfismo de facies esquistos verdes, esquistos azules y anfíbolita (Jones et al., 1982). Esta acreción de terrenos ha sido continua desde el Paleozoico hasta el Terciario Temprano.

En Sonora se han descrito cuatro terrenos principales, de norte a sur son los siguientes: Norteamérica, Caborca, Cortés y Guerrero (Coney y Campa-Uranga, 1987) (Figura 3); para efecto de este estudio solo se mencionaran los dos primeros.

El Cratón de Norteamérica se localiza en la porción norte de Sonora, y se caracteriza por tener un basamento precámbrico. Este basamento aflora en la Sierra Los Ajos-Buenos Aires, al suroeste de Naco, al este de Nogales, en Estación Llano y al norte de la Sierra de Aconchi. Las litologías principales consisten de secuencias volcanosedimentarias metamorfizadas a esquistos y gneises intrusionados por granitos y granodioritas con escasas dioritas.

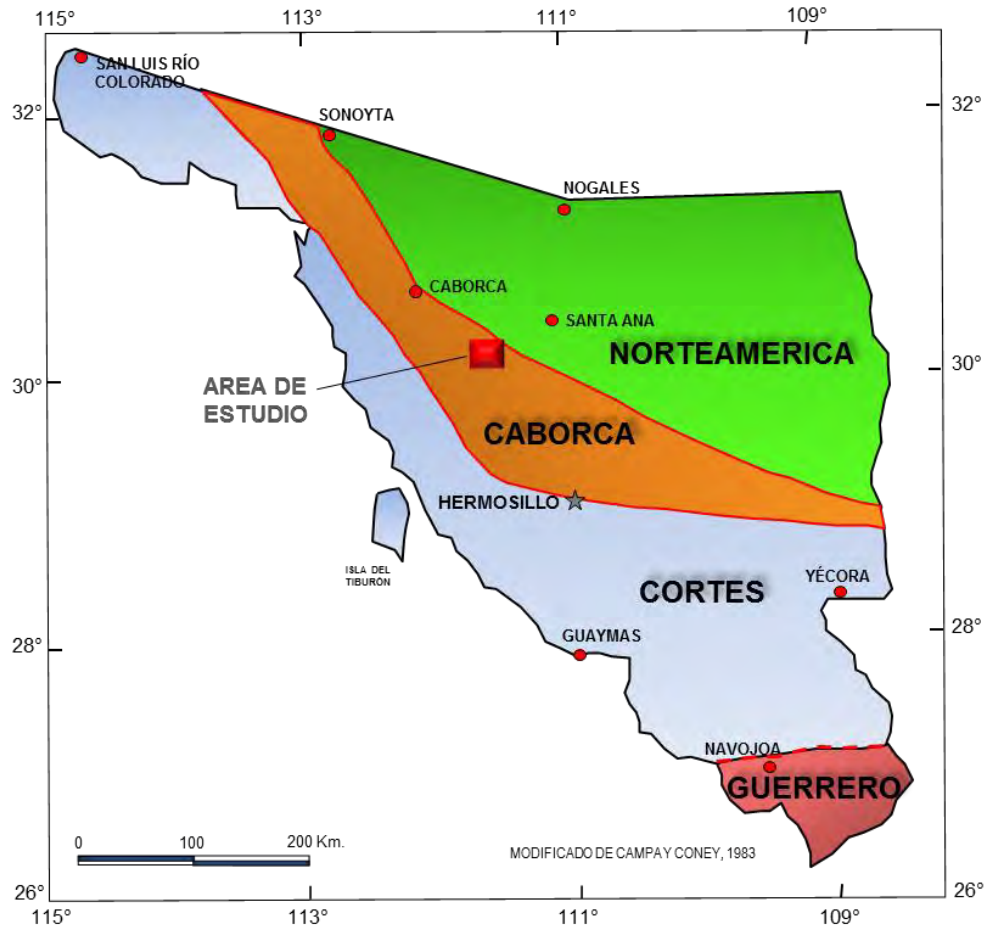


Figura 3. Distribución esquemática de los terrenos tectonoestratigráficos en Sonora.

Las edades isotópicas para las rocas metamórficas y plutónicas de esta parte del Cratón varía de 1.7-1.4 Ga (Anderson y Silver, 1979), y de 1.1 Ga para el granito micrográfico (Rodríguez-Castañeda, 1994). La cubierta sedimentaria paleozoica en el norte de Sonora tiene más de 2000 m de espesor de rocas con facies de plataforma y cratónal, con afloramientos cerca de Cananea y en la Sierra Los Ajos.

El Terreno Caborca, limita al sur con el Terreno Cortés y al norte con el cratón de Norteamérica, y representa un bloque del cratón de Norteamérica

desplazado hacia el sureste a lo largo de la falla Mojave-Sonora en el Jurásico Tardío (Anderson y Silver, 1979). Este bloque alóctono se compone de gneises, esquistos y anfibolitas intrusionadas por granitos de 1.8-1.7 Ga, y de 1.4 y 1.1 Ga. Estas rocas del basamento proterozoico están cubiertas por una secuencia marina depositada en ambiente de plataforma somera en la margen pasiva de Laurencia desarrollada después del rompimiento del supercontinente Rodinia en el Neoproterozoico. Las rocas sedimentarias están compuestas de areniscas, dolomías y calizas, con presencia de estromatolitos, que pertenecen al Neoproterozoico y Paleozoico. El espesor estimado para esta secuencia es de 3300 m y se considera como parte de la secuencia miogeosinclinal cordillerana expuesta a lo largo del borde oeste de Norteamérica (Anderson y Silver, 1979; Stewart et al., 2002).

El área de estudio del presente trabajo se encuentra dentro del Terreno Caborca, muy cerca del límite con el Cratón de Norteamérica (Figura 3).

El Terreno Cortés se localiza en la porción central-sur de Sonora, limita al norte con el Terreno Caborca y al sur con el Terreno Guerrero. Fue propuesto por Coney y Campa-Uranga (1987) quienes lo definieron como un terreno constituido por rocas del Paleozoico tardío y Mesozoico. Representa una zona de transición de corteza continental a oceánica. Consiste de una secuencia sedimentaria deformada, con facies de aguas profundas de edad Ordovícico-Pérmico, la cual fue acrecionada tectónicamente al Terreno Caborca (Stewart et al., 1990; Pool et al., 1991).

En Sonora, las rocas del basamento precámbrico del bloque Norteamérica se encuentran expuestas en la Sierra Los Ajos que se localiza al este de Cananea,

donde aflora un esquisto micáceo con segregaciones de cuarzo, en el cual ocasionalmente se observa el protolito de andesita, grauwacka y cuarcita. Estas rocas forman parte de la secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias depositadas hace 1.7 Ga (Anderson, et al., 1980) que se encuentran fuertemente plegadas y afectadas por metamorfismo de la facies esquistos verdes hace 1.64 Ga. Se correlacionan con el Esquisto Pinal que aflora en las montañas Pinal del sureste de Arizona; y que muestra afinidad con la provincia Mazatzal del sur de Arizona y Nuevo México, (Figura 4). Mientras que las rocas del basamento Paleoproterozoico del bloque Caborca están constituido por rocas metamórficas como gneis, esquisto y en algunas localidades anfibolita de la facies esquistos verdes-anfibolitas, cuyos protolitos que corresponden a intrusivos graníticos-granodioríticos, andesita, basalto y arenisca; en la mayoría de las localidades afloran como colgantes en las rocas del batolito Laramide. En Quitovac y en la Sierra Los Tanques, el basamento metamórfico paleoproterozoico se encuentra cabalgando a la secuencia volcanosedimentaria del arco Jurásico (Caudillo-Sosa et al., 1996; Campbell y Anderson, 1998).

En la región de Quitovac se tienen edades entre 1.77-1.69 Ga para el protolito granítico que presenta afinidad con las provincia cristalina Yavapai o la zona de transición Mojave-Yavapai (Iriondo, 2001, Iriondo et al., 2004). En Sierrita Prieta al sur de Trincheras, Soto-Verdugo (2006) reporta edades entre 1733-1727 para el protolito de los granitoides que fueron metamorizados a orto-gneises que relaciona con la provincia Mojave.

Los modelos propuestos para los eventos orogénicos del Paleoproterozoico

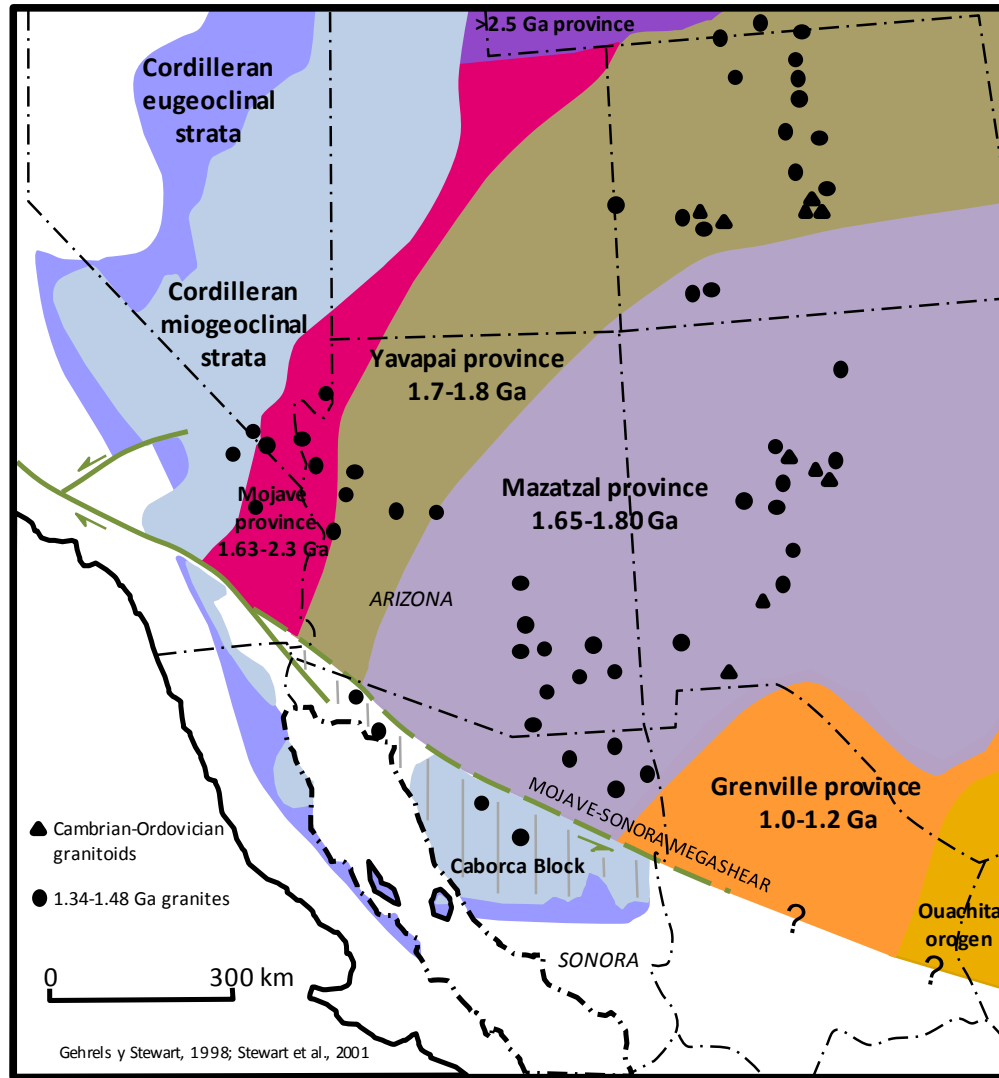


Figura 4. Distribución de las provincias precámbricas en el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México.

en Arizona incluyen acreción de arcos insulares al cratón, cabalgamientos, fallas de deslizamiento lateral, y arcos volcánicos continentales con sucesivos cierres de cuencas trasarco (Figura 5).

Posteriormente durante el Mesoproterozoico, se incorporan al basamento las intrusiones graníticas de 1.4 Ga localmente deformados por cizalla en el noroeste de Sonora. Estos granitos forman parte de la serie de plutones

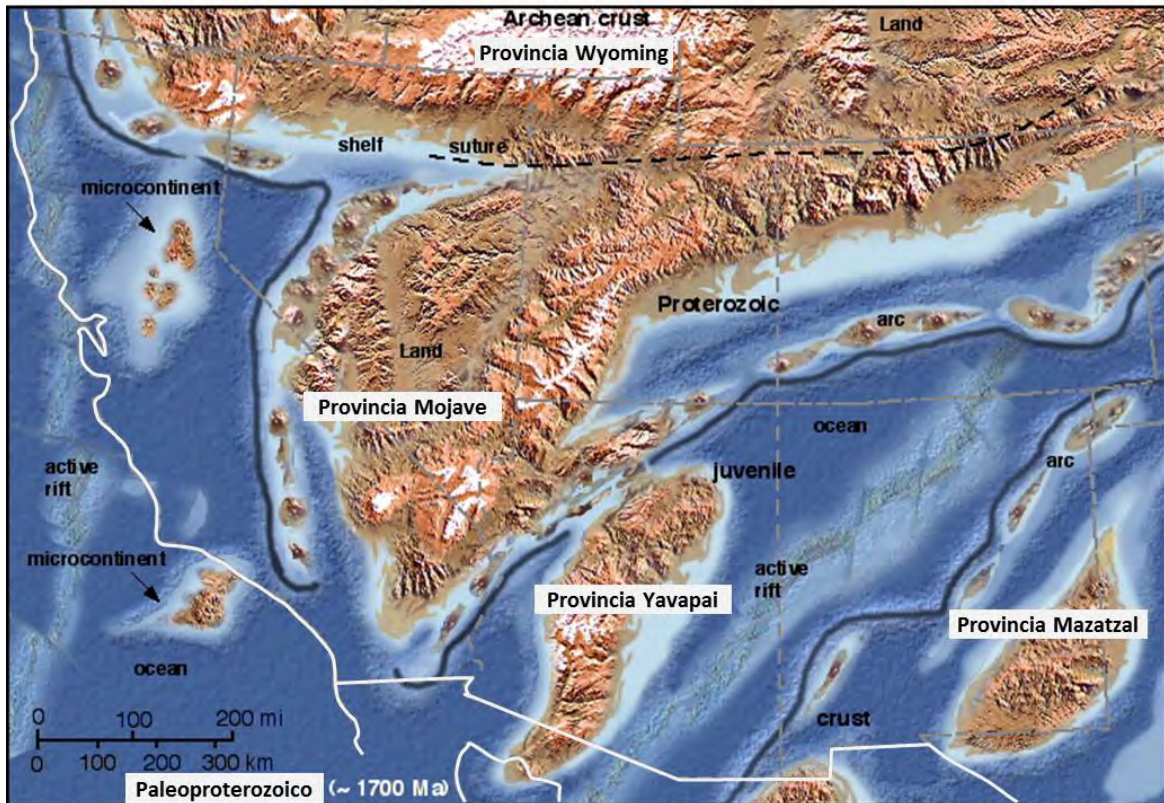


Figura 5. Reconstrucción paleogeográfica especulativa de las provincias paleoproterozoicas Mojave, Yavapai y Mazatzal en el suroeste de Laurentia ~1700 Ma (<http://jan.ucc.nau.edu/rcb7/pcpaleo.html>).

anorogénicos que se extienden por el suroeste de Arizona y norte de Sonora con edades entre 1475-1425 Ma (Anderson y Silver, 1977). Nyman, et al (1994) consideran que estos plutones se emplazaron a lo largo de zonas de cizalla paleoproterozoicas con orientación regional al noreste; cuyo magmatismo está asociado a un evento orogénico contraccional o tectonismo transpresional. Este magmatismo de 1.4 Ga representa la respuesta a la deformación compresional generada por la convergencia entre el sur de Laurentia y una masa continental ubicada más al sur conocida como Gondwana (Nyman et al., 1994).

Durante el Neoproterozoico (Figura 6) y Paleozoico, el basamento cristalino

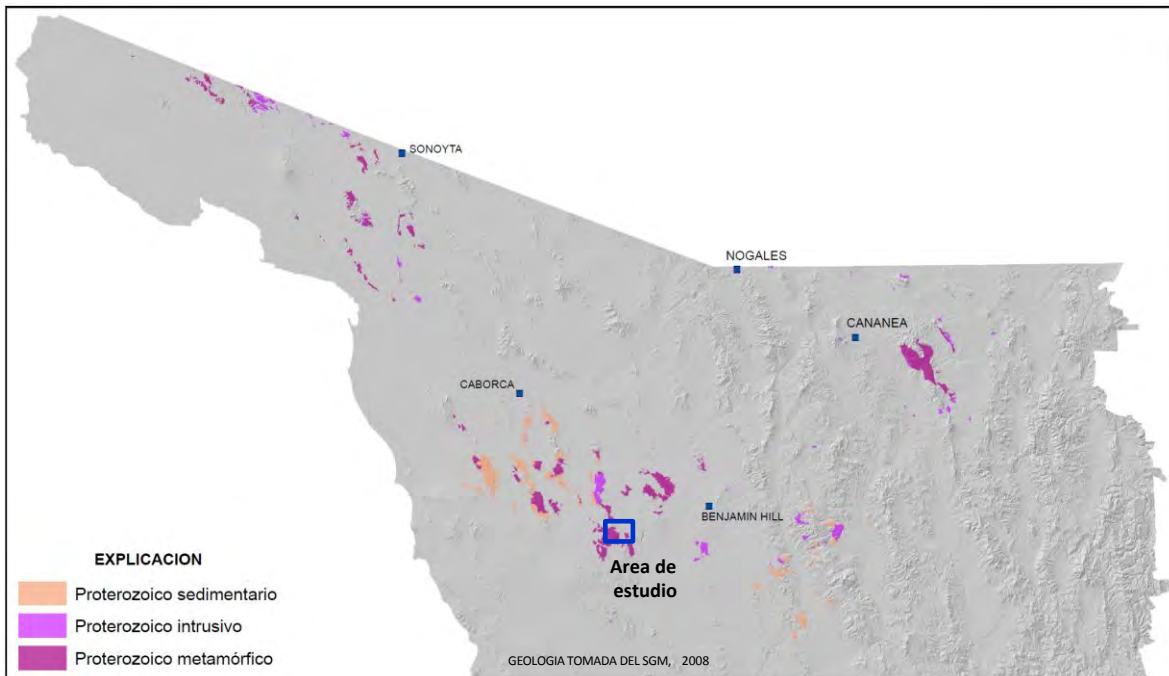


Figura 6. Mapa que muestra la distribución de las rocas proterozoicas en Sonora.

se cubrió discordantemente con las secuencias sedimentarias detrítico-carbonatada de plataforma somera, de tipo miogeoclinal o plataforma cratonal, asociadas a un margen continental pasivo (Stewart, 1992).

A principios del Mesozoico, se registra un cambio en la tectónica de placas, de un margen pasivo a un margen convergente. En Sonora las rocas triásicas se han identificado en la Sierra del Antimonio, donde se tiene un alóctono con facies marinas de plataforma de edad Triásico Temprano (González-León, 1997). Los sedimentos deltaicos del Grupo Barranca fueron depositados en cuencas alargadas transtensionales y/o extensionales tipo *rift* (Stewart y Roldán-Quintana, 1991) cuya fuente fueron las áreas elevadas constituidas por rocas del basamento Precámbrico (Gehrels and Stewart, 1998). Las rocas ígneas que sugieren un magmatismo de edad Permo-Triásico afloran en el noroeste de Sonora. Al

suroeste de Sonoyta aflora un granito de 225 Ma (Stewart et al., 1986), en los intrusivos graníticos expuestos en la Sierra Pinta se tienen edades de zircones entre 258-275 Ma (Arvizu-Gutiérrez, 2008); y en el extremo sur del estado en el límite Sonora-Sinaloa donde afloran granitoides deformados del Complejo Sonobari se tienen edades de 220 Ma (Anderson and Schmidt, 1983).

Durante el Jurásico se renueva el vulcanismo y plutonismo en Sonora, con el desarrollo de un arco magmático con características continentales y marinas que se relaciona con una subducción oblicua de la placa Farallón por debajo de la placa Norteamericana. Los afloramientos de este arco volcánico se localizan en la porción norte y noroeste del estado, desde San Luis Río Colorado, Sonoyta y Caborca, hasta Nogales y Cananea (Figura 7); y consisten principalmente de derrames y tobas riolítica, con intrusiones de granito y monzodiorita. Además se desarrollan fallas con desplazamiento lateral junto con la acreción de terrenos. Las edades de este arco magmático varían entre 180-170 Ma para las rocas volcánicas, y entre 175-150 Ma para las rocas intrusivas (Anderson y Silver, 1979; Stewart et al., 1986), el cual fue truncado por una falla de corrimiento lateral izquierdo con desplazamiento de 800 km durante el Jurásico medio-superior (156-146 Ma), llamada megacizalla Mojave-Sonora (Anderson y Silver, 1979), donde la transpresión es la característica principal de deformación, que forma una franja de rocas deformadas que se extiende desde Sonoyta hasta la región de Tuape, con desarrollo de milonitas, cabalgaduras, pliegues, y en algunas localidades metamorfismo de la facies esquistos verdes. A finales del Jurásico, el arco fue cortado por fallas de desplazamiento lateral orientadas NW-SE paralelas a la megacizalla Mojave-Sonora, como la Sawmill Canyon-Los Ajos y San Antonio, que

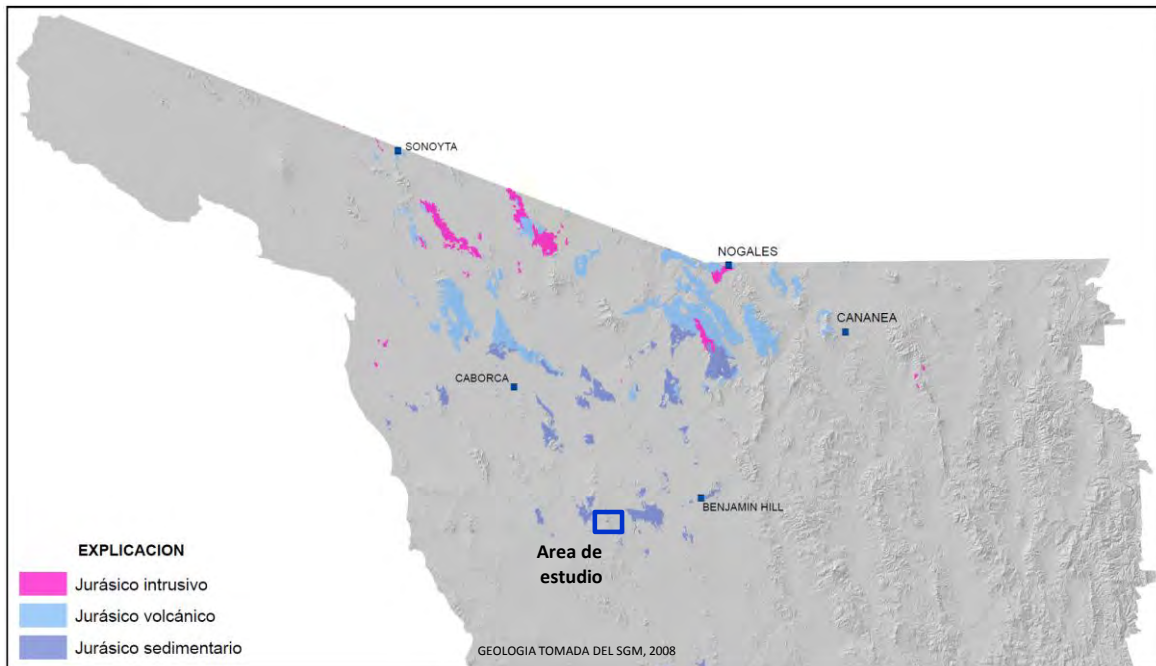


Figura 7. Mapa que muestra la distribución de las rocas del arco magmático jurásico en Sonora.

crearon cuencas de desgarre (Figura 8) que fueron rellenadas por conglomerados sintectónicos con escasa influencia volcánica, y con sedimentos marinos someros del Cretácico Inferior del Grupo Bisbee (Anderson y Nourse, 1998; Rodríguez-Castañeda, 2002). Por otra parte, Molina-Garza e Iriondo (2005) están en desacuerdo con un desplazamiento de cientos de kilómetros para el bloque Caborca en el Jurásico Tardío, pero no presentan una demostración contundente que invalide la hipótesis original de la megacizalla Mojave-Sonora. Los estudios estructurales en el norte y noroeste de Sonora, de Jacques-Ayala (1993, 1997), y De Jong et al., (1988), proponen que la deformación observada en las rocas jurásicas es resultado de deformación Laramide.

También en el Jurásico se forma el Alto de Cananea que controla la evolución estructural de la región hasta el terciario; constituido por basamento

precámbrico con una cubierta volcánica del arco jurásico, y limitado por fallas de rumbo, al noreste por la falla Los Ajos y al suroeste por la falla San Antonio (Rodríguez-Castañeda, 2002), desarrollándose en los márgenes de este alto estructural las cuencas Bisbee y San Antonio. Estas cuencas están distribuidas dentro de una región con corteza precámbrica y jurásica. Hacia el sur del Alto de Cananea, en la región de Teguachi-Tuape, el mismo autor identifica una fase de deformación compresiva durante el Jurásico Tardío, que afectó a rocas precámbricas y paleozoicas, y volcanosedimentarias de edad Jurásico Medio-Tardío, donde las primeras cabalgan a las segundas con transporte tectónico hacia el N-NE.

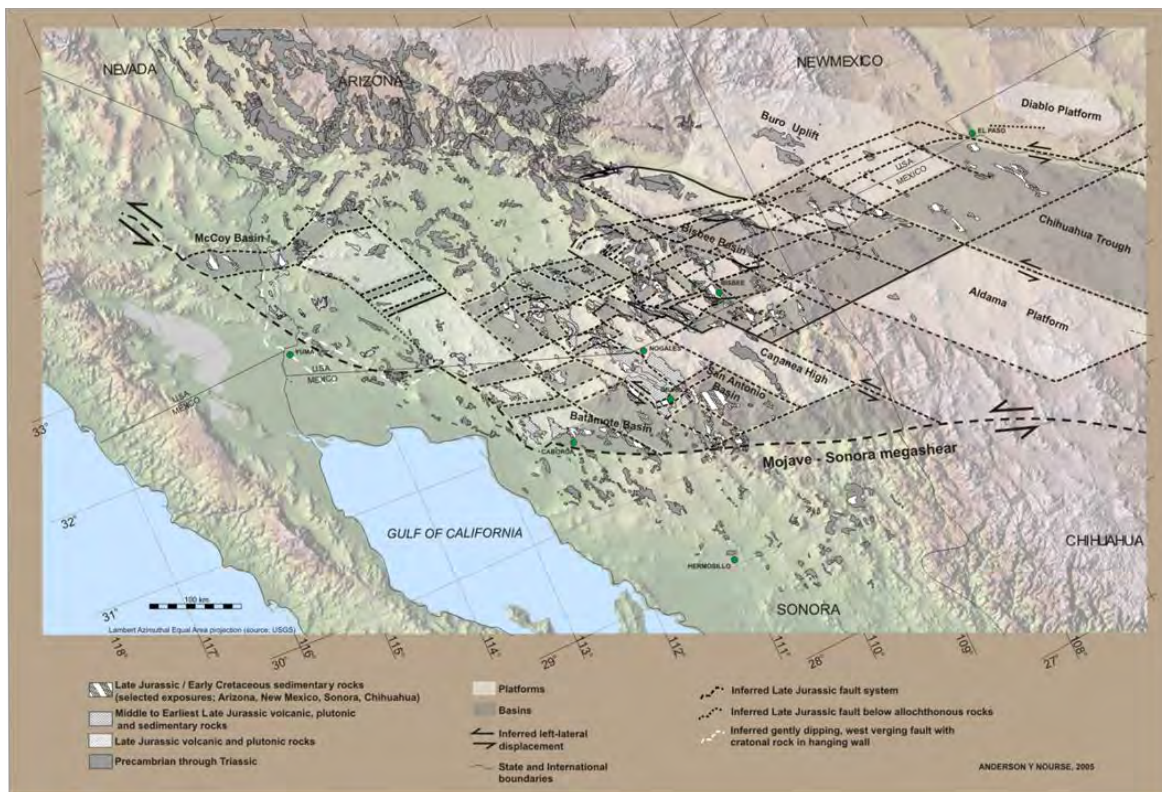


Figura 8. Cuencas de desgarre Jurásico Superior-Cretácico Inferior asociadas al sistema de falla Mojave-Sonora.

Para el Cretácico Tardío y Paleógeno se presenta un tectonismo caracterizado por secuencias volcanosedimentarias y actividad magmática calciocalina entre 90-40 Ma (Damon, et al., 1983), así como cuerpos subvolcánicos de composición ácida-intermedia, además de un cambio en la dirección y velocidad de convergencia de las placas Farallón y Norteamericana.

De esta manera se considera que las rocas del batolito de Sonora y las volcánicas dacíticas-andesíticas constituyen un arco magmático (Figura 9) que registra el progreso de la convergencia entre placas (McDowell y otros, 1994). En el oriente del estado, los sedimentos de ambiente fluvio-deltáicos y lacustres con vulcanismo asociado, se depositaron en cuencas extensionales.

También en el tiempo Cretácico Tardío-Paleógeno se desarrolla la orogenia Larámide, término que se ha utilizado para definir un estilo de deformación

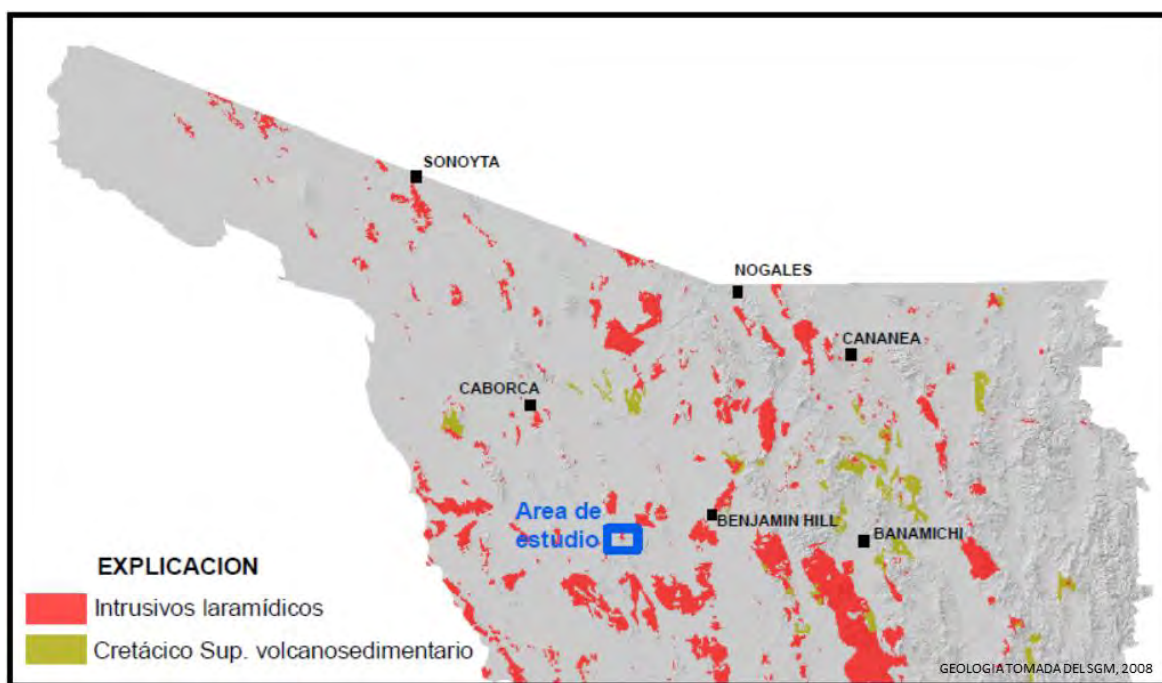


Figura 9. Mapa que muestra la distribución de las rocas del arco magmático laramídico y volcánicas contemporáneas en Sonora.

compresiva con cabalgaduras y pliegues orientados NW-SE que incluye la formación de cuencas sintectónicas.

La fase distensiva de Sierras y Valles se encuentra distribuida por el oeste de Estados Unidos y continúa hacia el sur en el noroeste de México (Figura 10). En la etapa inicial de la deformación extensional terciaria en el norte de Sonora se originan los complejos de núcleo metamórfico (*metamorphic core complex*) y cuencas sintectónicas asociadas, como Magdalena-La Madera, Tubutama-Mezquital, El Sásabe, Cerro Carnero, Aconchi y Mazatán. La deformación dúctil (35-15 Ma) asociada a los complejos de núcleo metamórfico se da a lo largo fallas de despegue generando zonas de milonitas (Nourse et al., 1994).

La extensión Sierras y Valles inicia aproximadamente hace 20 Ma. Las cuencas presentan depósitos continentales lacustres, el vulcanismo es bimodal y

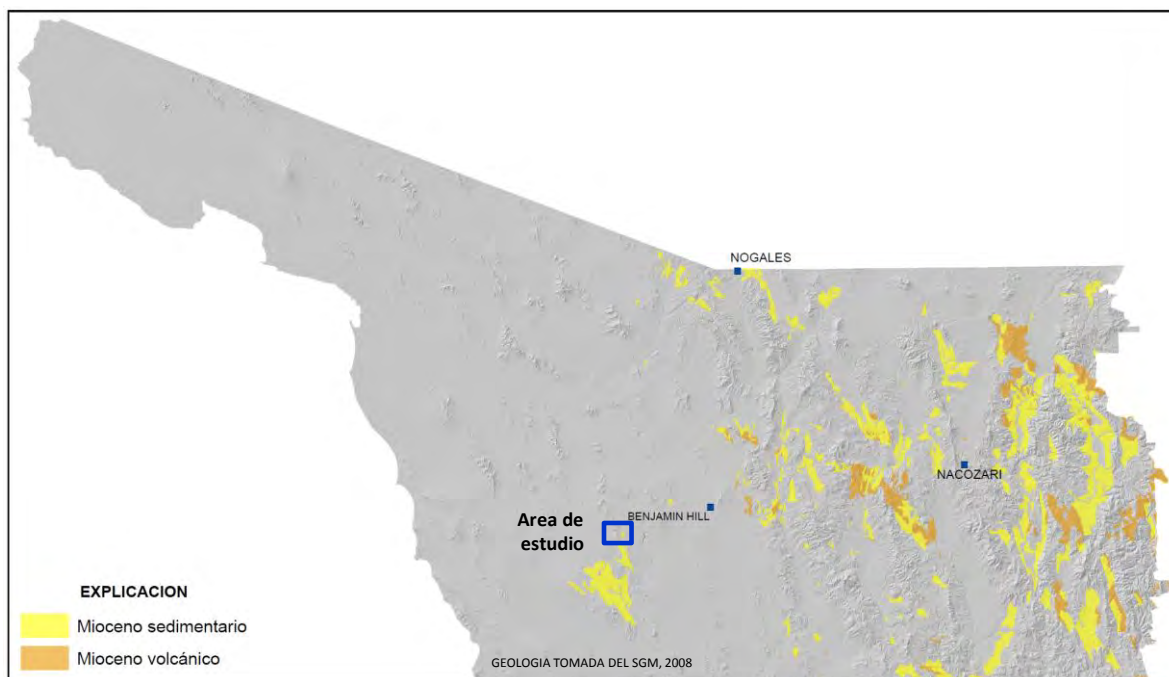


Figura 10. Mapa que muestra la distribución de las rocas asociadas a la extensión Sierras y Valles en Sonora.

consiste de basalto con riolita subordinada, que contrasta con el vulcanismo intermedio asociado a subducción del Terciario Inferior. Los derrames de basalto intercalados en las capas de conglomerado tienen edades entre 20-17 Ma.

Desde hace aproximadamente 12 Ma hay un cambio en el estilo de deformación, de extensión a fallamiento lateral que es el que se mantiene hasta el presente. Corresponde a fallamiento lateral derecho de rumbo NW-SE (sistema de fallas San Andrés) con desarrollo de cuencas de desgarre, relacionadas a la apertura del Golfo de California.

El Golfo de California es una cuenca marina generada por el movimiento transformante entre la Placa de Norteamérica y la Placa del Pacífico (Atwater, 1989); de esta manera, se interpreta que la primera invasión está representada por conglomerados marinos y continentales expuestos en la Isla Tiburón, que se encuentran intercalados con rocas volcánicas félsicas con edades de entre 13-12 Ma (Gastil et al., 1999). Las primeras incursiones marinas ocurrieron durante el Mioceno tardío–Plioceno temprano en diferentes localidades del golfo primitivo, desde las Islas Tres Marías en el sur, hasta el Valle Imperial en el norte.

Estudios detallados más recientes en la región de San Felipe y Puertecitos, proponen que la primera fase extensional inició a los 12–11 Ma. Se considera un desplazamiento aproximado de 300 km entre la costa de Sonora y la Península de Baja California, la mayor parte del cual se ha llevado a cabo en los últimos 6 Ma, a lo largo del sistema de fallas de San Andrés.

Por otra parte, en el noreste de Sonora se tiene fallamiento normal de alto ángulo, activo, con actividad sísmica asociada, como la falla Pitaycachic, de rumbo norte-sur con echado al oeste.

4. GEOLOGÍA LOCAL

En este estudio se realizó la cartografía a escala 1:25,000 utilizando la base topográfica de las cartas digitales de INEGI escala 1:50,000, Sierrita Prieta H12A88 y La Ciénega H12A87.

Las unidades litológicas que afloran están constituidas por rocas metamórficas, sedimentarias, intrusivas y volcanosedimentarias, que varían en edad del Paleoproterozoico al Cuaternario.

Las rocas más antiguas constituyen el basamento metamórfico con afloramientos extensos en el área de estudio; seguido por una cubierta sedimentaria y volcanosedimentaria de finales del Proterozoico y Mesozoico, afectadas por intrusiones laramídicas; y posteriormente derrames volcánicos con depósito de sedimentos de edad terciaria (Figura 11).

4.1. UNIDADES PRECÁMBRICAS

Rocas metamórficas

4.1.1. Paragneis-esquisto-anfibolita

Las rocas más antiguas que constituyen el basamento Paleoproterozoico del área de estudio, están representadas por rocas metamórficas constituidas fundamentalmente de paragneis, esquisto y lentes de anfibolita (PePGn-E-Af), donde se puede observar en algunas localidades el protolito sedimentario como arenisca de cuarzo y grauwacka.

En el noroeste de Sonora, en la región de Caborca-Pitiquito, Damon et al. (1962) hace las primeras referencias a las rocas metamórficas del área de Bámori.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA PORCION SUR SIERRA SANTA ROSA

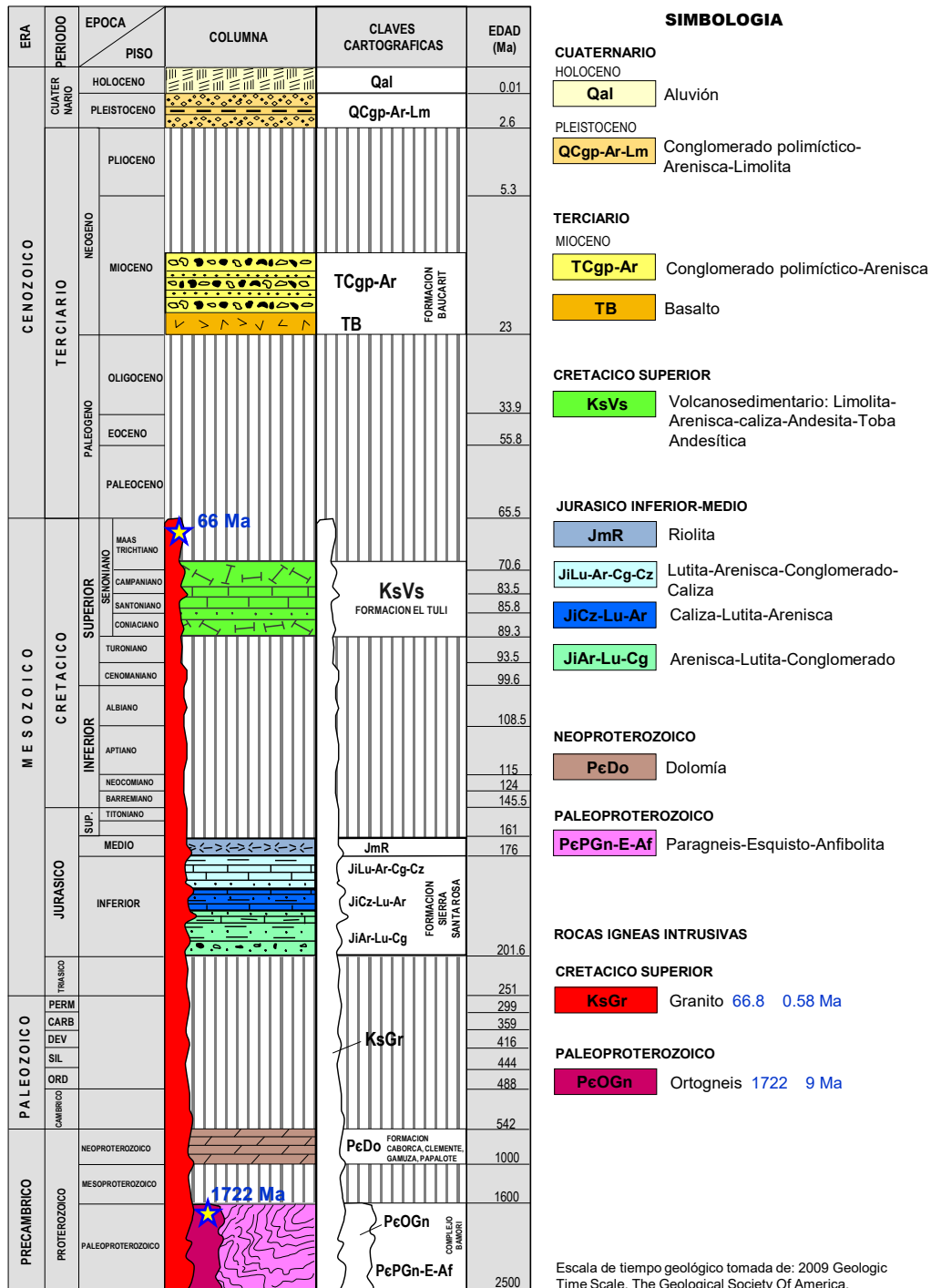


Figura 11. Columna estratigráfica de la porción sur de la sierra Santa Rosa.

Longoria et al. (1978) lo denomina Complejo Metamórfico Bámori para un conjunto de rocas constituidas de orto y para-gneis, esquisto, anfibolita, cuarcita, pegmatita y granitoide, con metamorfismo de la facies esquisto verde-anfibolita. Soto-Verdugo (2006), en un estudio petrográfico, geoquímico y geocronológico de las rocas metamórficas del basamento Paleoproterozoico que afloran al oeste de Benjamín Hill, les da el nombre de Zócalo Igneo-Metamórfico Sierrita Prieta, constituido de ortogneis, paragneis con lentes de anfibolita.

En el trabajo realizado por Hardy (1981) en la sierra Santa Rosa, describe un paquete de rocas metamórficas como gneis, rocas metaplutónicas gneisosas, esquisto y metacuarcita, asignándoles una edad Precámbrica.

Vistas regionalmente estas rocas antiguas, constituyen una franja de afloramientos dispersos orientados noroeste-sureste, en las porciones noroeste y central-norte de Sonora.

Esta unidad metamórfica presenta afloramientos extensos en la Sierra Santa Rosa y en los valles que se encuentran al oeste de la misma sierra, y en el cerro Las Cruces (Figura 12).

Es evidente que las rocas metamórficas constituyen los afloramientos más extensos de las unidades cartografiadas.

El gneis que aflora al oeste del cerro Las Cruces, en muestra de mano presenta un color gris oscuro con bandas y lentes de color claro, fábrica gnéisica, compuesta de feldespato, micas y bandas de cuarzo.

En lámina delgada la roca clasificada como augengneis de cuarzo-biotita-feldespato y granate, se compone de cuarzo, biotita, ortoclasa, plagioclasa;



Figura 12. Afloramientos de la unidad metamórfica paleoproterozoica PePGn-E-Af constituida de paragneis, esquisto y anfibolita, en el flanco oeste de la Sierra Santa Rosa.

granate, zircón y esfena como minerales accesorios, y clorita como mineral secundario (Figura 13). El protolito posiblemente es una roca pelítica o granito hiperaluminoso.

Se observa “augen” de ortoclasa rodeados por bandas de cuarzo en una matriz esquistosa de biotita, formando estructuras *core and mantle*; la biotita se encuentra alterándose parcialmente a clorita. Los porfiroblastos de granate se observan parcialmente rotados, estirados, con fracturas rellenas con micas, cuarzo y feldespato.

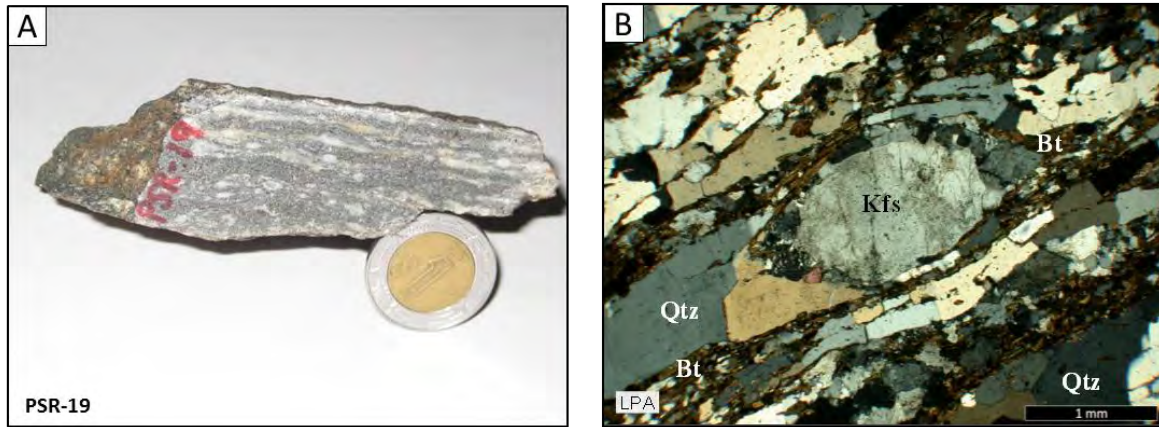


Figura 13. (A) muestra de mano de augengneis de cuarzo-biotita-feldespato y granate PSR-16 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa *augen* de feldespato potásico rodeado por bandas de cuarzo en una matriz esquistosa de biotita y clorita, formando una estructura *core and mantle*. Luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Kfs = feldespato potásico, Bt = biotita.

El esquistito se encuentra asociado al gneis, presenta afloramientos restringidos al norte y noroeste del rancho Las Cruces. Presenta un color café rojizo al intemperismo y gris oscuro en muestra fresca.

La mineralogía observada en lámina delgada consiste de cuarzo, feldespato, biotita; minerales opacos y zircón como accesorios, y clorita, sericita, illita como minerales secundarios (Figura 14).

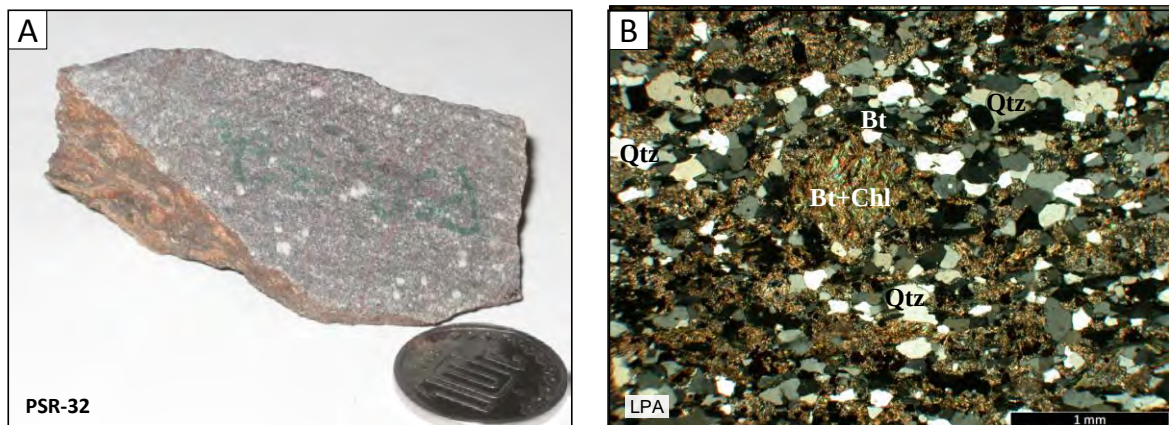


Figura 14. (A) muestra de mano de augenesquistito de cuarzo-feldespato-biotita PSR-32 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa cuarzo en una matriz esquistosa con abundante biotita y clorita. Luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Bt = biotita, Chl = clorita.

La biotita que es abundante, se altera a clorita definiendo la matriz esquistosa de la roca. El estudio petrográfico da como resultado que se trata de un augenesquistos de cuarzo-feldespato-biotita con un protolito de roca sedimentaria pelítica.

Se realizó la petrografía de una roca sedimentaria clástica metamorfizada que forma parte del basamento metamórfico. En muestra de mano la metaarenisca arcósica expuesta al norte del cerro Las Cruces, de grano fino, es de color café amarillento al intemperismo y gris claro en muestra fresca. La foliación se observa menos marcada pero conserva la orientación preferencial medida en el basamento.

En lámina delgada consiste de plagioclasa, cuarzo, feldespato, magnetita, esfena, apatito y zircón; con epidota, biotita hidrotermal, hematita y minerales arcillosos como minerales secundarios. En los minerales esenciales se observan contactos suturados (Figura 15).

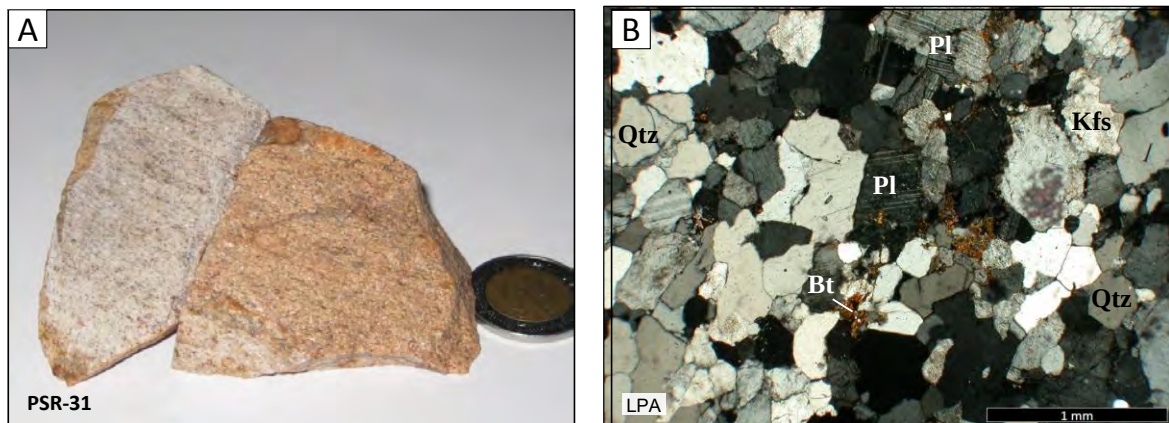


Figura 15. (A) muestra de mano de metaarenisca PSR-31 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa granos de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa con contactos suturados. Luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Bt = biotita, Pl = plagioclasa, Kfs = feldespato potásico.

Los cuerpos lenticulares de anfibolita se encuentran intercalados en esta unidad metamórfica, afloran principalmente en el flanco norte del cerro Las Cruces emplazados como cuerpos individuales de dimensiones reducidas.

Presenta color verde oscuro a negro con manchas blancas en muestra fresca y café rojizo al intemperismo, coloración definida por el contenido de hornblenda y plagioclasa definiendo una fábrica esquistosa; tienen un espesor aproximado de 8 m y más de 20 m de largo.

En lámina delgada la hornblenda y la plagioclasa son subhedrales, con un tamaño < 1.5 cm constituyen aproximadamente el 80% de la muestra. Como minerales accesorios se tiene zircón, apatito, epidota, minerales opacos y cuarzo (Figura 16).

Se observa clorita, sericita, illita como producto de la alteración de la hornblenda y plagioclasa respectivamente. También se tiene calcita relleno microfracturas.

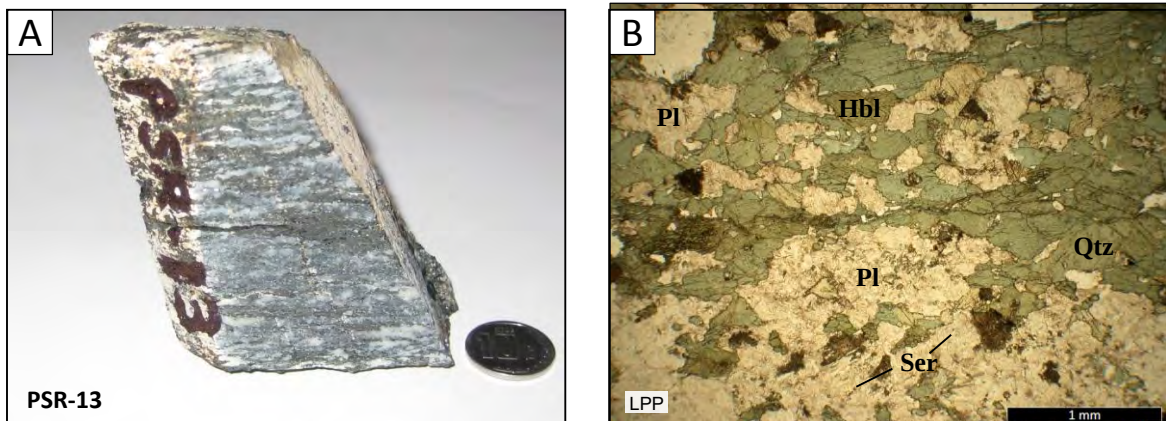


Figura 16. (A) muestra de mano de ortoanfibolita esquistosa PSR-13 de la unidad PePGn-E-Af. (B) Fotomicrografía donde se observa gran cantidad de hornblenda y plagioclasa alterándose a clorita y sericita respectivamente. Luz polarizada plana. Pl = plagioclasa, Hbl = hornblenda, Ser = sericita, Qtz = cuarzo.

De acuerdo a la manera de emplazamiento en los afloramientos de anfibolitas y al estudio petrográfico realizado, se considera que el protolito de estas rocas son diques máficos con variaciones texturales en la roca original.

En la franja de milonita que se localiza al norte-noroeste del cerro Las Cruces, afloran rocas de color gris con manchas blancas al intemperismo y gris con puntos café-rojizo en muestra fresca, por la presencia de granate, cuarzo y feldespato. Los granates en algunos casos pueden ser de tamaño mayor a 2 cm de diámetro, se pueden observar rotados y estirados a escala de afloramiento (Figura 17).

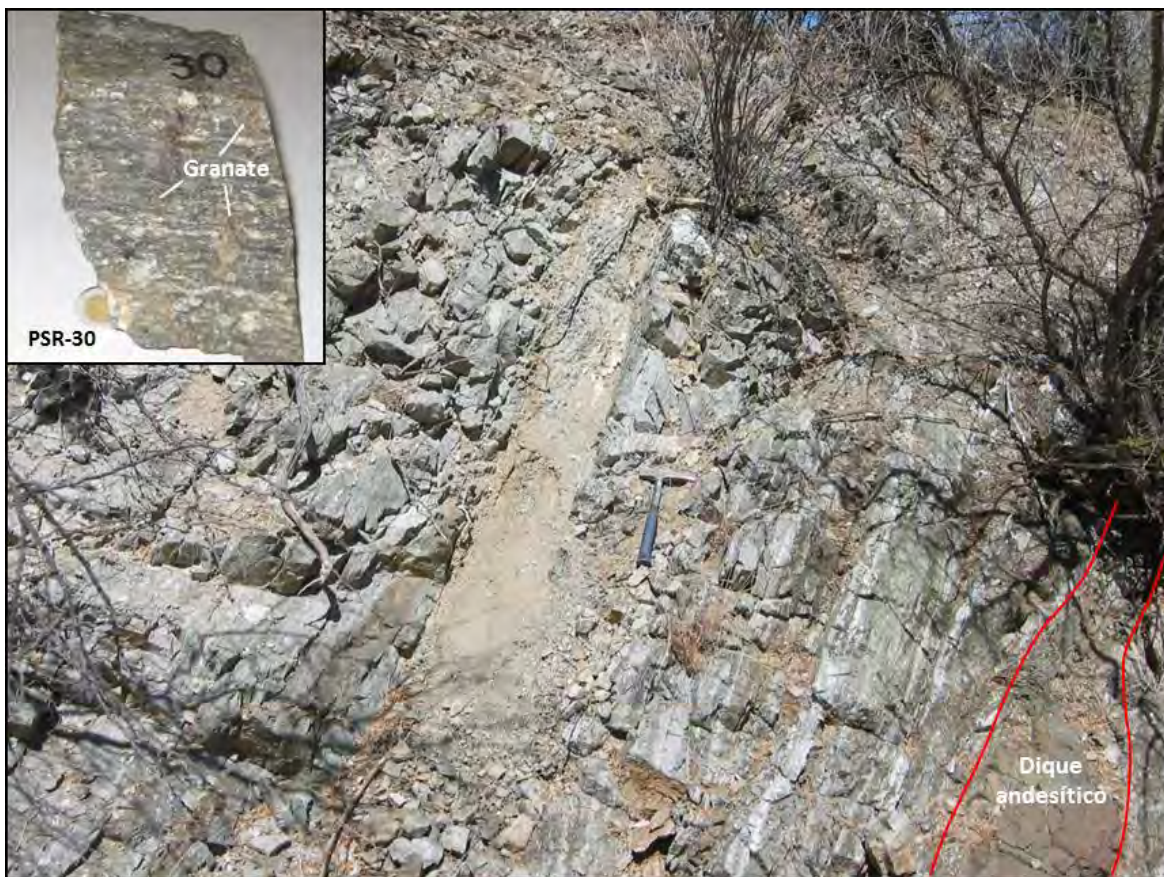


Figura 17. Afloramiento de milonita incluida en la unidad metamórfica paleoproterozoica PePGn-E-Af, al norte-noroeste del cerro Las Cruces. Se observa dique andesítico Terciario emplazado en los planos de foliación.

En lámina delgada presenta biotita, cuarzo, muscovita, feldespato, plagioclasa, granate y minerales opacos; con sericita y clorita como minerales secundarios. La biotita y muscovita forman bandas de color oscuro rodeando al granate, feldespato y cuarzo. El cuarzo se encuentra estirado y recrystalizado formando bandas delgadas y lentes que rodean al granate y cuarzo. Los *augen* de feldespato forman estructuras *core and mantle* con desarrollo de sombras de presión (Figura 18).

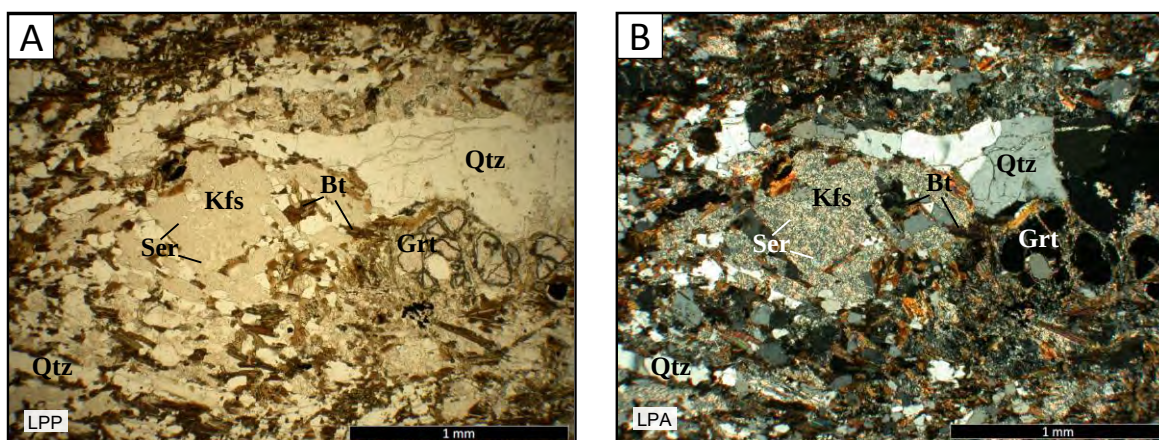


Figura 18. Muestra de milonita PSR-30. (A) y (B) Fotomicrografía donde se aprecia porfiroblastos de granate con cristales grandes de feldespato potásico sericitizado rodeados por bandas de biotita y cuarzo estirado. Luz polarizada plana y analizada respectivamente. Qtz = cuarzo, Grt = granate, Ser = sericita, Kfs = feldespato potásico, Bt = biotita.

4.1.2. Ortogneis

En los cuerpos intrusivos de composición granítica transformados a ortogneis y asignados al Paleoproterozoico (PeOGn), sobresalen los megacristales de feldespato potásico, con afloramientos ampliamente distribuidos en la porción sur del área de estudio, en la localidad del rancho Las Cruces y al oeste de este sitio (Figura 19).

La roca clasificada como augengneis de cuarzo-feldespato-biotita PSR-12, en muestra de mano es de color gris verdoso con tinte rosáceo, donde sobresalen los cristales de feldespato potásico de color rosa con tamaños <2 cm de diámetro, con bandas de cuarzo en una matriz foliada gris verdosa compuesta de biotita, cuarzo y feldespato.



Figura 19. Afloramiento y muestra de mano PSR-12 de la unidad PeOGn constituida de gneises con protolito granítico, expuesto en la porción sur del cerro Las Cruces; se obtuvo una edad de 1722 ± 9 Ma.

En lámina delgada se observa cuarzo, plagioclasa, microclina, ortoclasa, biotita, muscovita, zircón, con minerales arcillosos, sericita y clorita como minerales secundarios. Los porfiroblastos de feldespato potásico se encuentran en

forma de “augen” con desarrollo de sombras de presión, rodeados por bandas de cuarzo y matriz micácea (Figura 20).

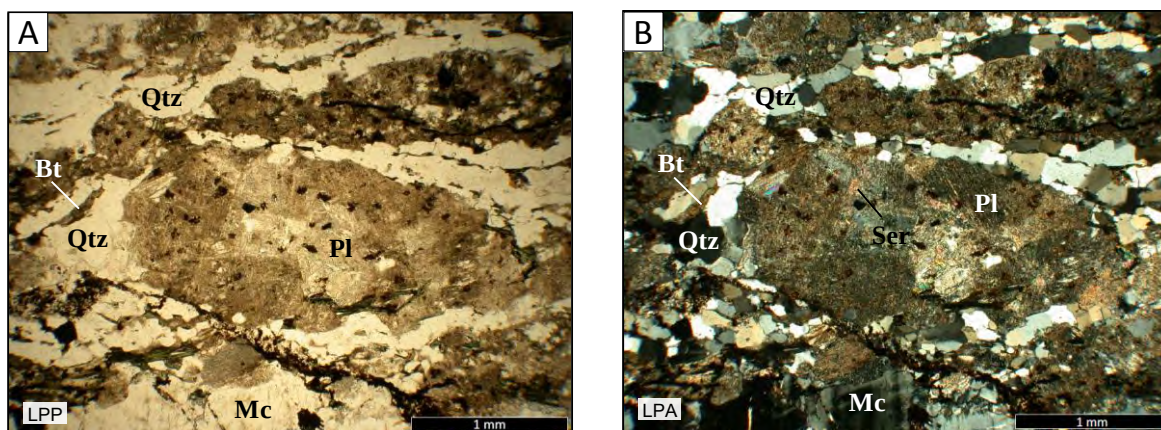


Figura 20. (A) y (B) Fotomicrografía de la muestra PSR-12, donde se aprecia microclina y plagioclasea >3mm de diámetro, cuarzo, biotita y sericita, luz polarizada plana y analizada respectivamente. Qtz = cuarzo, Pl = plagioclasea, Ser = sericita, Mc = microclina, Bt = biotita.

La muestra PSR-12 colectada en el flanco sur del cerro Las Cruces forma parte de la unidad cartografiada como PeOGn.

Para obtener la edad de los zircones se utilizó el método U/Pb con la técnica LA-ICP-MS (Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry).

La edad obtenida de 1722 ± 9 Ma se interpreta como la edad máxima de la roca, del protolito de la muestra de ortogneis.

Los datos de una población de 20 zircones se graficaron en los diagramas de concordia tipo Wetherill y de edad media ponderada se pueden ver en la siguiente figura (Figura 21).

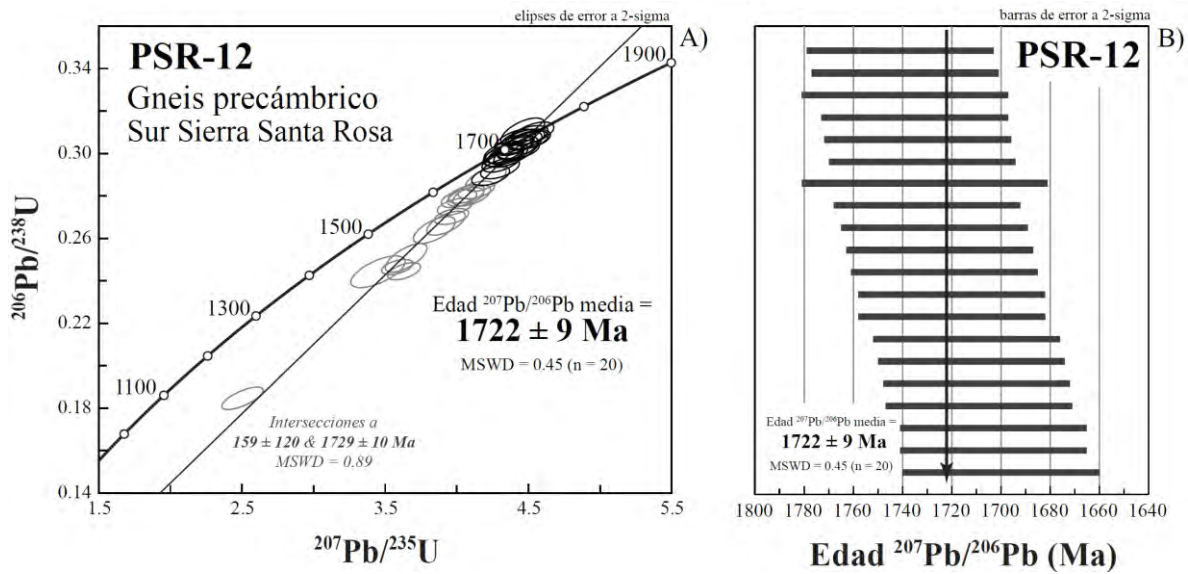


Figura 21. Datos U/Pb de zircones obtenidos por la técnica LA-ICP-MS de la muestra de ortogneis (A) Gráfica de concordia con todos los datos de la muestra PSR-12. (B) Gráfica de edad $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ media ponderada de la muestra PSR-12.

Este conjunto de rocas metamórficas que constituyen el basamento de la región, y que consisten de paragneis, esquisto, anfibolita y ortogneis (unidades PcPGn-E-Af y PcOGn), pertenecen a la facies esquisto verde-anfibolita, han sufrido los efectos de metamorfismo regional dinamo-térmico, con desarrollo de foliación, lineación mineral y zonas de milonita visible a escala de afloramiento.

La relación estratigráfica de las rocas metamórficas paleoproterozoicas con las rocas carbonatadas del Neoproterozoico es discordante y por falla normal; con las rocas sedimentarias jurásicas y volcánicas cretácicas es discordante y por falla normal, como se observa en la porción noroeste de la sierra Santa Rosa. La relación de contacto con el granito Cretácico es cortante (Figura 22), también se observa como las rocas metamórficas se aprecian como techos colgantes sobre el intrusivo. El contacto con las rocas sedimentarias y volcánicas terciarias es discordante y por falla normal.

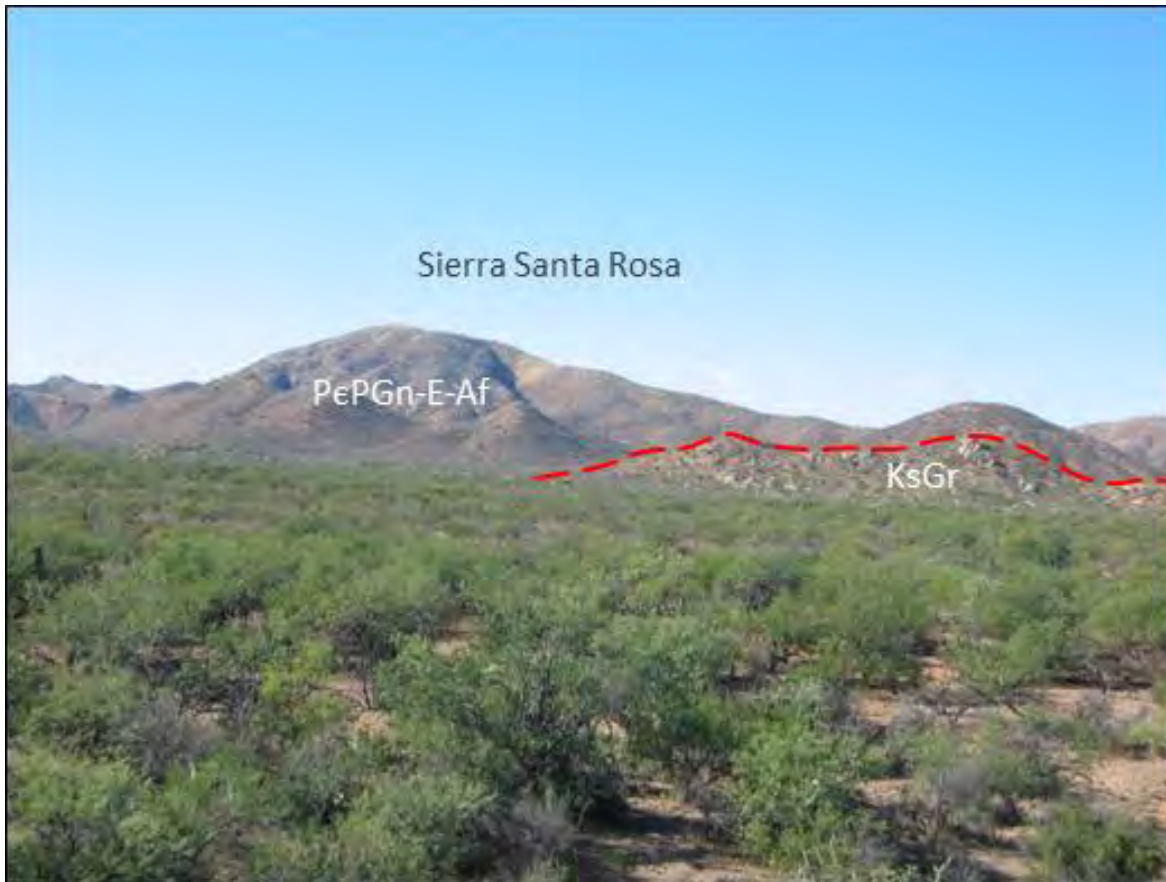


Figura 22. Rocas metamórficas paleoproterozoicas intrusionadas por granito Cretácico en el flanco oriental de la Sierra Santa Rosa.

Las rocas metamórficas aquí estudiadas se correlacionan con las rocas metamórficas precámbricas del Complejo Metamórfico Bámori de la región de Caborca (Longoria et al., 1978); y con las rocas metamórficas de edad Proterozoico (1733-1703 Ma) expuestas al oeste de Benjamin Hill, descritas como Zócalo Igneo-Metamórfico Sierrita Prieta por Soto-Verdugo (2006).

Rocas sedimentarias

4.1.3. Dolomía

Las rocas sedimentarias del Neoproterozoico y Cámbrico de la región de Caborca, fueron reportadas por primera vez por Stoyanow (1942) de acuerdo con los fósiles estudiados. Posteriormente Cooper y Arellano (1946, 1952) hacen una descripción de rocas precámbricas con estromatolitos y nombran las formaciones cámbricas (Puerto Blanco, Proveedora, Buelna, Cerro Prieto, Arroyos y Tren) de acuerdo con la fauna encontrada en la región. Damon y otros (1962) y Livingston y Damon (1968) fechan el basamento cristalino y describen brevemente la cubierta de rocas sedimentarias precámbricas. Fries (1962) describe de manera general la ocurrencia de rocas precámbricas y paleozoicas en la región. Eells en 1972 hace el primer estudio detallado de las rocas del Proterozoico Superior de Caborca; también hace cartografía de una parte de los cerros La Ciénega, Calaveras, Aquituni y San Clemente, dividiendo en 12 unidades. Longoria (1981) nombra 5 formaciones (El Arpa, Caborca, Pitiquito, Gamuza y Papalote) y el Grupo Gachupín en el Precámbrico. Stewart y otros (1984) en un estudio detallado de las rocas sedimentarias de la región de Caborca, redefinen la secuencia del Proterozoico superior.

Dentro del área de estudio solamente se tiene un afloramiento de dolomía de probable edad Neoproterozoico (PeDo), de dimensiones reducidas en el cerro Los Hornitos, que se localiza a 1 km al suroeste del rancho Las Cruces (Figura 23). Este afloramiento tiene una orientación norte-sur continuando al noroeste hasta un lomerío aislado que se localiza del lado norte del arroyo Los Hornitos.

La dolomía tiene una apariencia de brecha sedimentaria por el contenido de clastos angulosos de tamaño variable, desde gravas hasta bloques, orientada



Figura 23. Rocas de la unidad sedimentaria asignadas al Neoproterozoico PeDo, constituida de dolomía al suroeste del rancho Las Cruces.

norte-sur, con dimensiones de 1 km de largo por 300 m de ancho, en su extremo norte el afloramiento se flexiona al noroeste por una distancia de 1500 m.

Esta roca sedimentaria es de color gris que en ocasiones pasa ligeramente a gris azulado en superficie de intemperismo. Se presenta en estratos gruesos a muy gruesos y masivos, con desarrollo de intemperismo kárstico; las capas presentan un rumbo norte-sur y noroeste-sureste con echados de bajo ángulo

hacia el sureste. También se puede observar concreciones silíceas de forma esférica aplastada con un diámetro hasta de 50 cm en su eje mayor (Figura 24).

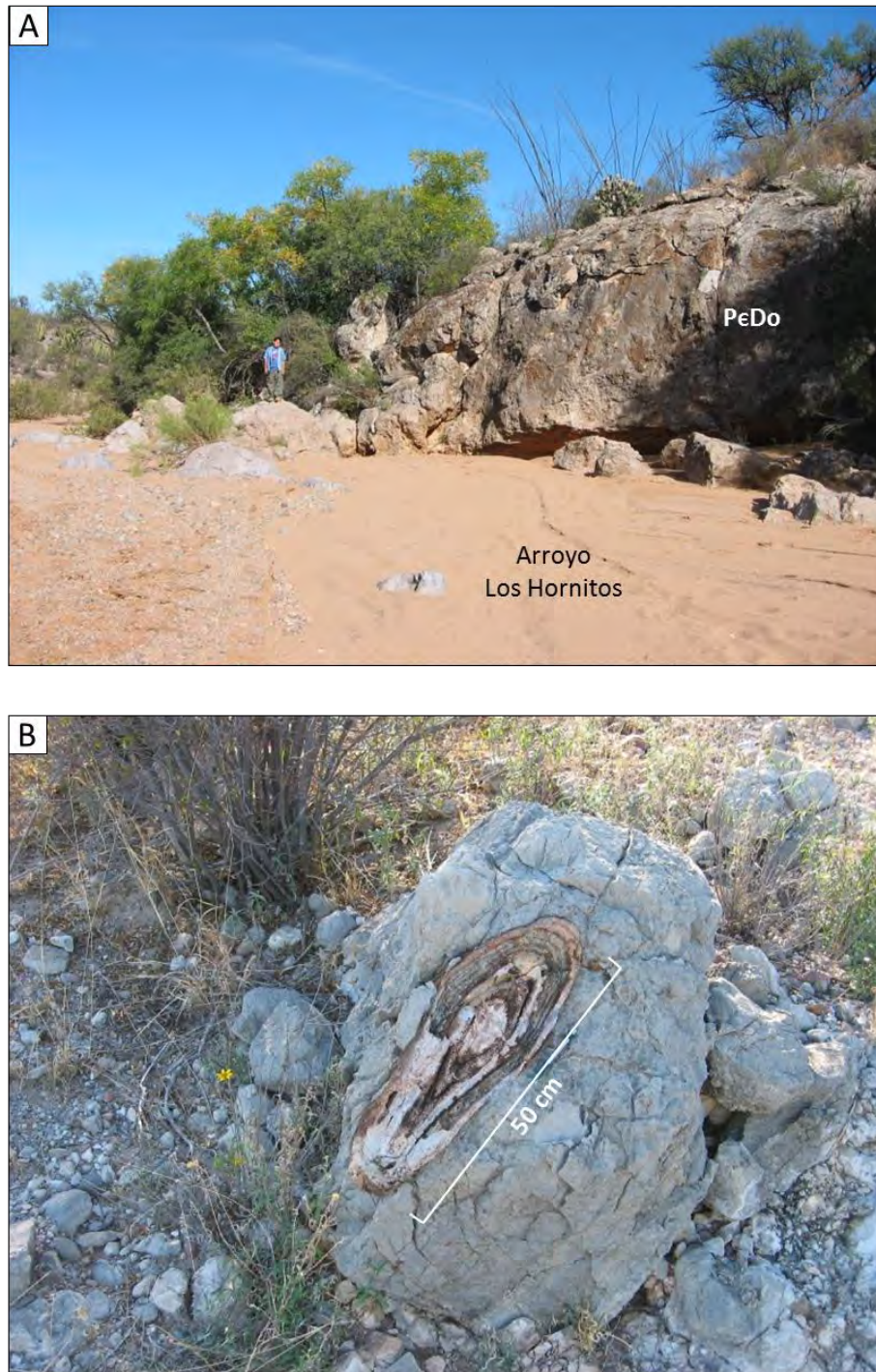


Figura 24. (A) Estratos muy gruesos de dolomía buzando al este en el cauce del arroyo Los Hornitos. (B) Afloramiento de dolomía donde se aprecia una concreción grande de forma esférica aplastada con bandas de sílice.

En muestra de mano la roca clasificada como brecha sedimentaria dolomítica es gris rosado, con fragmentos de roca angulosos y subangulosos de dolomía y algunos de pedernal y cuarcita, en una matriz carbonatada. Ocasionalmente se observan vetillas de cuarzo.

En lámina delgada se observan fragmentos de roca anhedrales a subhedrales de caliza dolomitizada, cuarcita y pedernal, con dolomita y calcita cementando los fragmentos de roca, y cuarzo relleno microfracturas (Figura 25).

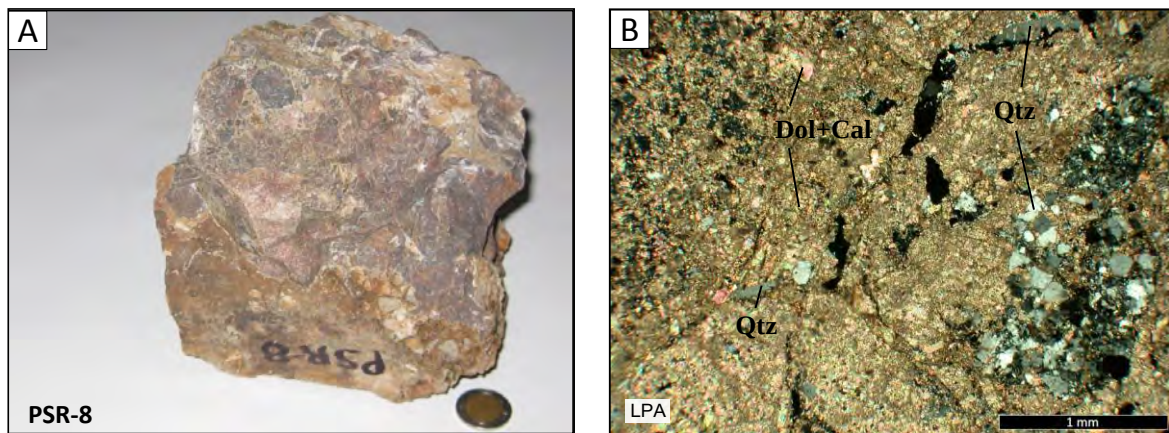


Figura 25. Rocas de la unidad sedimentaria asignadas al Neoproterozoico PeDo. (A) muestra de mano PSR-8 constituida de dolomía brechada. (B) Fotomicrografía donde se aprecia dolomita, calcita y cuarzo, luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Dol = dolomita, Cal = calcita.

El contacto observado con las rocas metamórficas paleoproterozoicas subyacentes es discordante y por falla normal, de la misma manera tenemos la misma relación de contacto con las rocas volcanosedimentarias de las formaciones El Tuli y Báucarit que la cubren.

Estas rocas sedimentarias carbonatadas, se correlacionan litológica y estratigráficamente con las rocas sedimentarias de las formaciones Caborca,

Clemente, Gamuza y Papalote de edad Proterozoico superior en la región de Caborca (Stewart et al., 1984). También se correlaciona con el miembro inferior carbonatado de la formación La Cobriza, nombre informal propuesto por Ramírez-Valenzuela (2007) para describir una secuencia detrítico-carbonatada que consiste de caliza, dolomía, lutita y arenisca, expuesta al norte del rancho San Hipólito.

4.2. UNIDADES MESOZOICAS

4.2.1. Formación Sierra Santa Rosa

Las rocas de la Formación Sierra Santa Rosa se encuentran expuestas al oriente del rancho San Carlos en la porción noroeste del área de estudio (Figura 26). Es importante aclarar que no se obtuvo permiso para acceder a los terrenos de los ranchos San Antonio y San Diego, que es donde se encuentran la mayoría de los afloramientos de estas rocas, por lo que se tuvo la necesidad de recurrir a la interpretación de la imagen de satélite Spot en las bandas 413 con una resolución en pixel de 10 m; y correlacionar con las descripciones geológicas de la Formación Sierra Santa Rosa hechas por Hardy (1981).

Este autor divide la secuencia sedimentaria de la base a cima, en los siguientes miembros:

Miembro inferior: Constituido por arenisca, lutita y conglomerado (JiAr-Lu-Cg), que forman una secuencia lateralmente discontinua con intercalaciones de wacka volcánica café a gris purpura con laminación cruzada, lutita calcárea gris a amarillo grisáceo con laminación cruzada; y cantidades menores de conglomerado de clastos volcánicos angulosos y micrita negra arenosa, laminada. Es común la estratificación cruzada y lenticular. Este autor considera un espesor de 580 m, y

menciona que el espesor total se desconoce debido a que la base no está expuesta.

Miembro medio: Constituido por caliza, lutita y arenisca (JiCz-Lu-Ar); es una secuencia clástica-carbonatada con persistencia lateral de biomicrita limosa, lutita calcárea fosilífera verde olivo y arcosa calcárea de grano fino, café grisáceo, con estructura almohadillada. Hacia la base presenta biomicrita limosa gris azulado (caliza con esqueletos y lodo calcáreo) con bivalvos. Contiene capas de 2 cm de espesor de ceniza volcánica desvitrificada. El espesor estimado es de 320 m. Los bivalvos identificados por Hardy (1981) son *Weyla mexicana* y *Trigonia inexpectata*. Damborenea y González-León (1997) le asignan una edad Jurásico inferior (Pliensbachiano) a este miembro en caliza, de acuerdo con los fósiles identificados amonitas y bivalvos (*Weyla alata*, Lucinidae gen. et sp., *Pinna* sp., *Gresslya* cf. *strata* Agassiz).

Miembro superior: (JiLu-Ar-Cg-Cz); en este miembro la secuencia consiste de argilita masiva color púrpura, wacka lítica fosilífera, rojiza, con estratificación cruzada, conglomerado de clastos volcánicos y oosparita gris verdoso de grano fino intercalada con limolita, con poca continuidad lateral. Hacia la base la argilita contiene amonitas y bivalvos pobremente preservados. El espesor estimado es de 550 m. Damborenea y González-León (1997) le asignan una edad Jurásico inferior (Pliensbachiano) a este miembro, de acuerdo con las amonitas identificadas en caliza y lutita.

La relación de contacto con las rocas metamórficas paleoproterozoicas es mediante una cabalgadura inferida, que pone a las rocas sedimentarias jurásicas encima del basamento metamórfico. La relación con la Formación Cerro San Luis

(Formación El Tuli en este trabajo) es discordante y mediante una cabalgadura inferida que pone a la Formación Sierra Santa Rosa encima de las rocas volcánicas de la Formación El Tuli.

También Hardy (1981) interpreta que estas rocas se depositaron en un ambiente marino somero cercano a la costa, con facies de cordones litorales, lagunar y de plataforma de mareas.

Considera que el área fuente es un arco de islas-trinchera ubicado en el oeste de Sonora. De la misma manera, los depósitos de plataforma marina de El Antimonio y la Sierra de Santa Rosa fueron depositados en la Paleobahía Antimonio del noroeste de Sonora.

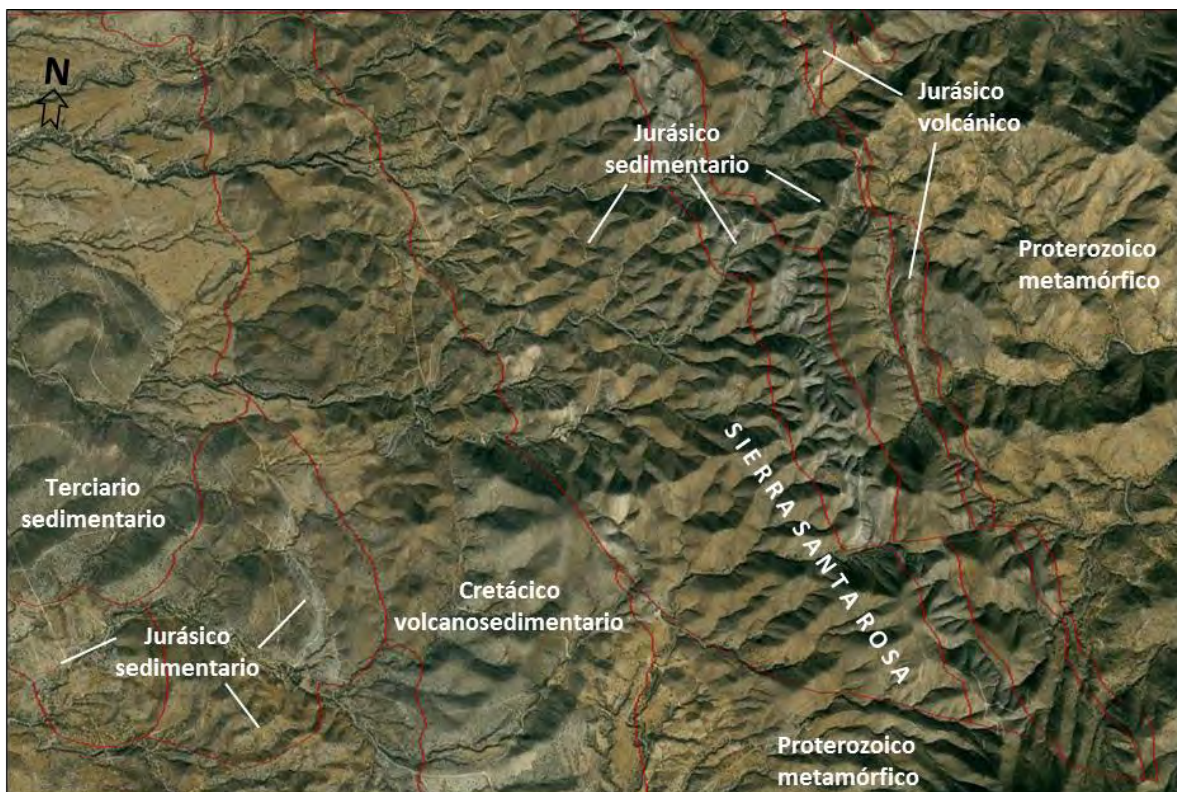


Figura 26. Vista de la sierra Santa Rosa donde se puede observar la secuencia sedimentaria Jurásica; también se puede notar que predominan los echados de las capas hacia el oeste.

Esta secuencia de rocas estratificadas se pueden correlacionar en edad, litología y posición estratigráfica con la parte superior del Grupo Antimonio, que ha sido mejor estudiado por González-León et al. (2005) en la Sierra del Alamo.

4.2.2. Riolita

En la porción norte del área de estudio al oeste y suroeste del rancho San Diego están expuestas rocas volcánicas riolíticas de probable edad jurásica (JmR), en una franja de afloramientos continuos orientada noroeste-sureste de más de 5 km de largo por 700 m de ancho, en su parte más angosta llega a tener 50 m de ancho donde se manifiesta como un cuerpo alargado en forma de dique (Figura 27). La morfología desarrollada es de cerros altos con cimas redondeadas.

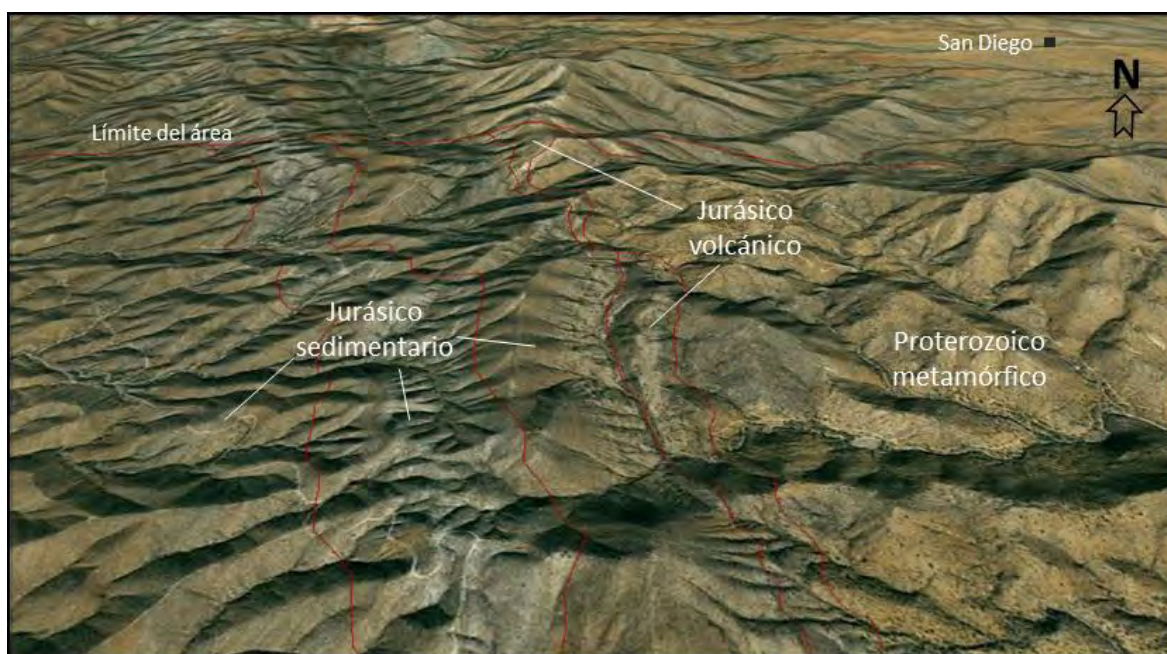


Figura 27. Vista oblicua viendo al norte donde se aprecian los afloramientos de las rocas volcánicas riolíticas jurásicas.

Estos afloramientos se encuentran desplazados por fallas normales oblicuas orientadas noroeste-sureste y este-oeste, y fuera del área por fallas de rumbo orientadas y este-oeste.

En el área de la mina Santa Rosa que se localiza al norte fuera del área (Figura 28), afloran riolitas de textura porfídica en matriz afanítica, de color gris claro blanquecino donde sobresalen los ojos de cuarzo y la alteración hidrotermal de la roca como silicificación y sericitización.



Figura 28. Rocas volcánicas jurásicas en la sierra Santa Rosa. La riolita con alteración hidrotermal es la roca encajonante de vetas con oro y plata en la mina abandonada Santa Rosa, al oeste del rancho San Diego.

En lámina delgada se observa vidrio transformado a sílice microcristalino formando estructuras radiales en forma de esferulitas, y microcristales de plagioclasa remplazados por calcita y minerales arcillosos (Figura 29). Las

esferulitas son muy notorias, con tamaños <1mm de diámetro, producto de la desvitrificación del vidrio volcánico, se pueden observar en muestra de mano.

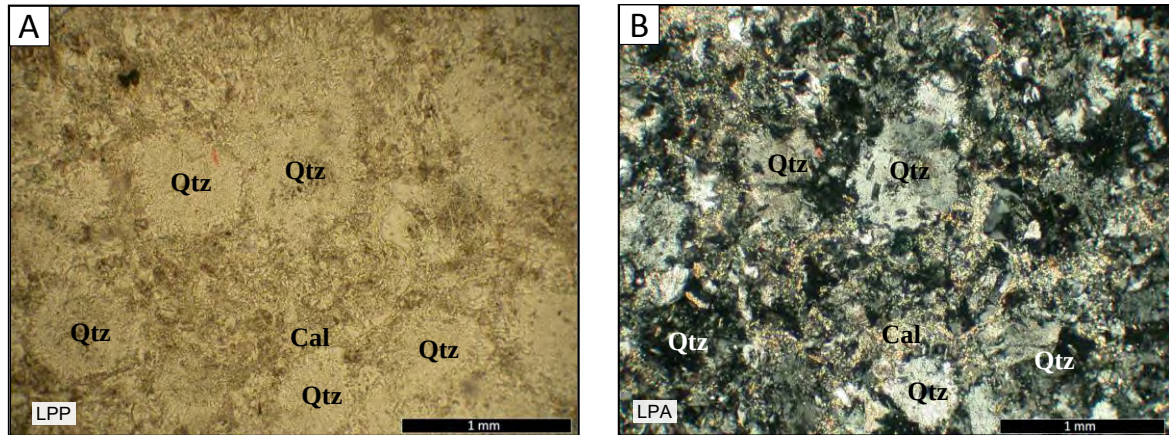


Figura 29. (A) y (B) Fotomicrografías donde se aprecia esferulitas con estructura radial concéntrica, y un remplazamiento parcial por calcita, en la muestra PSR-26. Luz polarizada plana y analizada. Qtz = cuarzo, Cal = calcita.

La relación de contacto con las rocas sedimentarias jurásicas y metamórficas paleoproterozoicas es discordante y por falla normal.

Estas rocas volcánicas riolíticas se correlacionan litológica y estratigráficamente con la Riolita El Pinito descrita por Gilmont (1978) en la sierra El Pinito; y con las volcánicas riolíticas con algunas intercalaciones de arenisca del área Planchas de Plata, donde Segerstrom (1987) llama Formación Las Avispas, con un espesor estimado de 500 m.

También con las rocas riolíticas jurásicas que afloran en el desierto de Sonora desde Estación Llano hasta Sonoyta, y en el sur-suroeste de Arizona, de las cuales se tienen edades por U/Pb en zircones entre 180 y 167 Ma.

Las rocas volcánicas jurásicas en Sonora se considera están relacionadas a la actividad de un arco magmático continental desarrollado a lo largo de la margen

oeste de Norteamérica durante el Jurásico (Anderson y Silver, 1979, Tosdal et al., 1989).

Gilmont (1978) en la localidad del puerto La bandera en la sierra El Pinito que se ubica al noreste de Imuris, describe un paquete de rocas volcánicas constituidas de riolita y toba riolítica a las cuales nombra como Formación Riolita El Pinito, considerando una probable edad jurásica. En la sierra Santa Rosa Hardy (1981) describe un pórfido riolítico sericitizado que se encuentra emplazado como diques irregulares orientados a rumbo de los estratos jurásicos y de las zonas de falla, algunos diques con mineralización hidrotermal, y los correlaciona con las rocas graníticas del centro de Sonora de edad Cretácico tardío-Terciario temprano; sin embargo, en este estudio se considera que la edad de las rocas volcánicas riolíticas son de edad jurásica, en base a las dataciones isotópicas reportadas en rocas con características similares en el noroeste del estado.

Stewart y otros. (1986), fechan zircons por U/Pb de la riolita obteniendo una edad de 174 Ma. En Estación Llano al noreste del área de estudio, Poulsen et al. (2008) fechó una metariolita en 180 Ma por U/Pb en zircons. Al noroeste del área en la zona de la mina La Herradura, se tienen edades U/Pb en zircons de 175 y 176 Ma (Izaguirre-Pompa, 2009); en esta misma localidad Quintanar-Ruiz obtuvo una edad de 167 Ma en una metariolita por U/Pb en zircons. De la misma manera en las rocas riolíticas de la región de Quitovac, Iriondo (2001) obtuvo edades de 172 y 175 Ma por U/Pb en zircons. En Estación Llano, en el área de la mina San Francisco, se fechó una metariolita en 180 Ma por U/Pb en zircons (Poulsen et al., 2008).

4.2.3. Formación El Tuli.

En el área de estudio al sur del rancho Las Cruces, las rocas correlacionables con la Formación El Tuli (Rodríguez-Castañeda, 2002) están compuestas de limolita, arenisca, caliza, andesita, toba, brecha andesítica y conglomerado (KsVs; Figura 30).

Son afloramientos de rocas con estratificación que varía de 3 a 25 cm de espesor de coloración gris a café rojizo. La morfología desarrollada es de lomeríos de poca elevación.

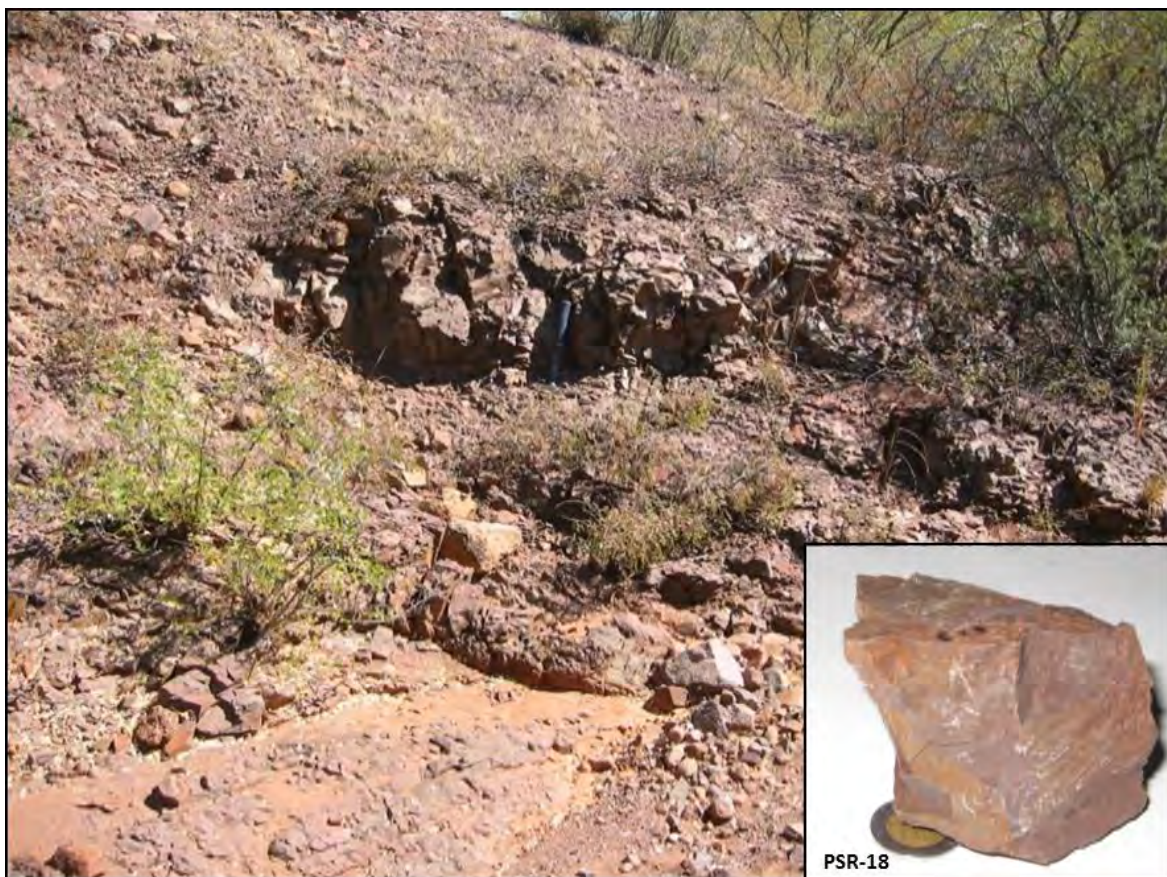


Figura 30. Rocas de la secuencia volcanosedimentaria correlacionable con la Formación El Tuli, al sur del rancho Las Cruces. Se observa afloramiento y muestra de mano de limolita café rojizo de naturaleza volcanoclástica en estratos de 25 cm de espesor.

En muestra de mano la limolita y la arenisca son de color café rojizo a café claro amarillento. La arenisca de naturaleza volcanoclástica es de grano fino y medio, está constituida de granos angulosos y subangulosos de cuarzo, feldespato, fragmentos de roca y mica. Al microscopio se observa cuarzo, ortoclasa, muscovita, zircón, minerales opacos y arcillosos.

La caliza recristalizada se encuentra en menor proporción de las rocas incluidas en esta unidad, y presenta los espesores más reducidos, de 3 a 4 cm de espesor; es de color café grisáceo que pasa por intemperismo a amarillo ocre y gris blanquecino, es de grano medio, con vetillas de cuarzo de 2 mm de espesor; no se observaron fósiles. En lámina delgada se observa calcita y sílice hidrotermal relleno de vetillas y los espacios dejados por los cristales de calcita (Figura 31).

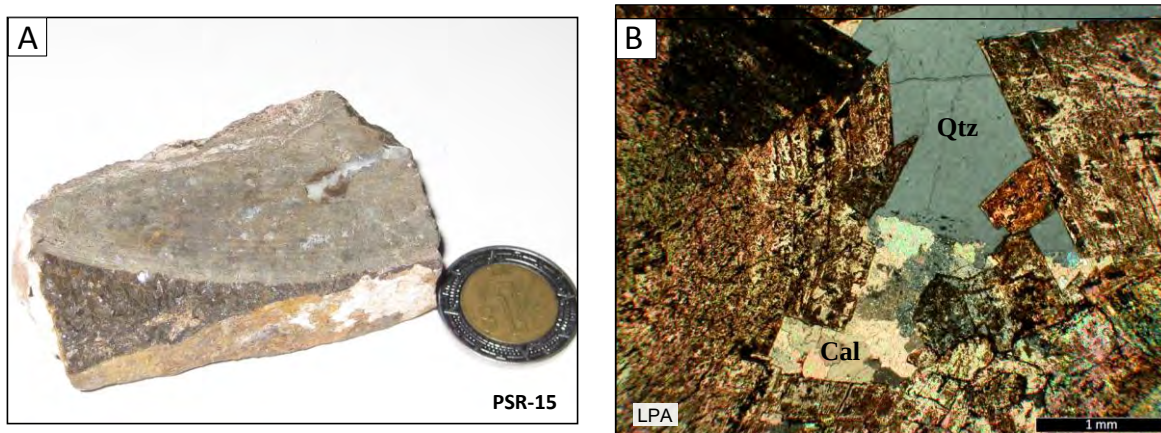


Figura 31. (A) Muestra de mano de caliza recristalizada. (B) Fotomicrografía donde se observa cristales de calcita y sílice relleno de espacios vacíos, en la muestra PSR-15. Luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Cal = calcita.

Se tienen intercalaciones de rocas volcánicas andesíticas propilitizadas compuestas de andesita, brecha volcánica andesítica y toba lítica, en afloramientos con una coloración café morado.

En lámina delgada la toba lítica contiene fragmentos de roca de composición andesítica alterados a minerales arcillosos, sericita, hematita y calcita, en una matriz vítrea alterada a calcita, sílice y minerales arcillosos (Figura 32).

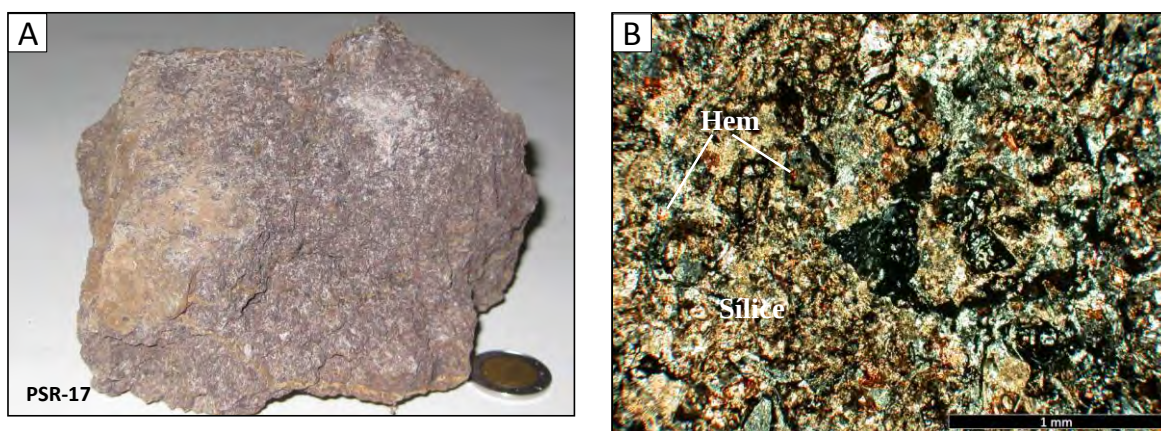


Figura 32. (A) Muestra de mano de toba lítica andesítica. (B) Fotomicrografía que muestra fragmentos de roca, sílice y hematita, luz polarizada analizada. Hem = hematita.

La estratificación tiene un rumbo noreste-suroeste con echados de bajo ángulo al noroeste; ocasionalmente se tienen estratos orientados noroeste-sureste con echados de alto ángulo al suroeste como se puede observar cerca del contacto con las rocas metamórficas

En esta localidad la unidad se encuentra en contacto tectónico por falla normal con las rocas sedimentarias y metamórficas proterozoicas.

En la porción noroeste del área de estudio al oriente del rancho San Carlos, se tiene un afloramiento de rocas volcánicas orientado noroeste-sureste, de aproximadamente 8 km de largo por 1 km de ancho; no se pudo acceder por lo que se optó por hacer una interpretación detallada de la imagen de satélite spot, la cual cuenta con muy buena resolución para este tipo de trabajo, y el análisis de la

información disponible de trabajos previos realizados por otros autores. Aquí Hardy (1981), describe un paquete de rocas volcánicas con 910 m de espesor, a las que nombra Formación Cerro San Luis y les asigna una edad Jurásico inferior?, que consiste de la base a la cima de conglomerado con clastos angulosos a subredondeados de cuarzoarenita y dolomita en matriz lítica; seguido de arenisca lítica mal clasificada con estratificación cruzada; conglomerado de clastos volcánicos en matriz lítica, arenisca porfídica color verde a morado grisáceo; toba de lapilli andesítica de grano medio color verde a morado grisáceo, y aglomerado andesítico. La estratificación está orientada noroeste-sureste con echados de bajo ángulo al suroeste.

El contacto con las rocas metamórficas proterozoicas es mediante una cabalgadura inferida, y concordante con las rocas de la Formación Sierra de Santa Rosa.

De acuerdo con las descripciones litológicas de las rocas volcánicas de la sierra Santa Rosa a las que Hardy (1981) se refiere como Formación Cerro San Luis y que asigna una edad Jurásico inferior?; se considera en este trabajo que las mismas rocas son correlacionables con la Formación El Tuli de edad Cretácico superior.

La Formación El Tuli, que fue nombrada informalmente por primera vez por Rodríguez-Castañeda (1994) en la cañada Zatecona en los alrededores del rancho El Tuli, al oeste de Banámichi, donde se tienen buenos afloramientos. También en el cordón la Cuchilla al norte del rancho El Teguachi. En estas localidades, la unidad está constituida de un conglomerado basal, seguido de toba lítica, toba riolítica, caliza, arenisca, arenisca tobácea, ignimbrita y andesita. La

secuencia se encuentra encima de rocas paleozoicas, jurásicas y del Cretácico inferior mediante un contacto discordante.

La edad de la Formación El Tuli Cretácico superior, está apoyada por las dataciones isotópicas realizadas en toba y en andesita (Rodríguez-Castañeda, 2002). En la región del rancho El Teguachi, se fecharon los zircones por U/Pb de una toba con una edad de 76 Ma (Rodríguez-Castañeda, 2002). Al norte de Arizpe se fechó una andesita por Ar/Ar en biotita en 72 Ma y 69 Ma (Gray, F., 1997; en González-León y otros, 2000).

Estudios de plantas fósiles encontradas en la localidad del rancho El Teguachi y en las cercanías de Huépac, indican que la Formación El Tuli se depositó durante el Cretácico Tardío, como lo indican los restos de palmas *Rhizopalmoxylon teguachiense* y *Rhizopalmoxylon huepaciense* (Ricalde-Moreno, 1994) encontrados en pedernal de una secuencia de caliza en la columna estratigráfica en la localidad del rancho El Teguachi.

4.2.4. Granito

Al oeste del rancho El Cuatro se tienen afloramientos de rocas plutónicas graníticas cretácicas (KsGr) bordeando el flanco oriental de la sierra Santa Rosa, con dimensiones de 8 km de largo por 2 km de ancho, con una orientación casi norte-sur (Figura 33).

Esta roca intrusiva clasificada como granito, en muestra de mano es de color que varía de blanquecino a gris muy claro con tinte rosáceo, tiene una textura fanerítica a porfídica de grano medio a grueso, donde se observa cuarzo, feldespato con un tamaño hasta de 5 mm de diámetro y micas.

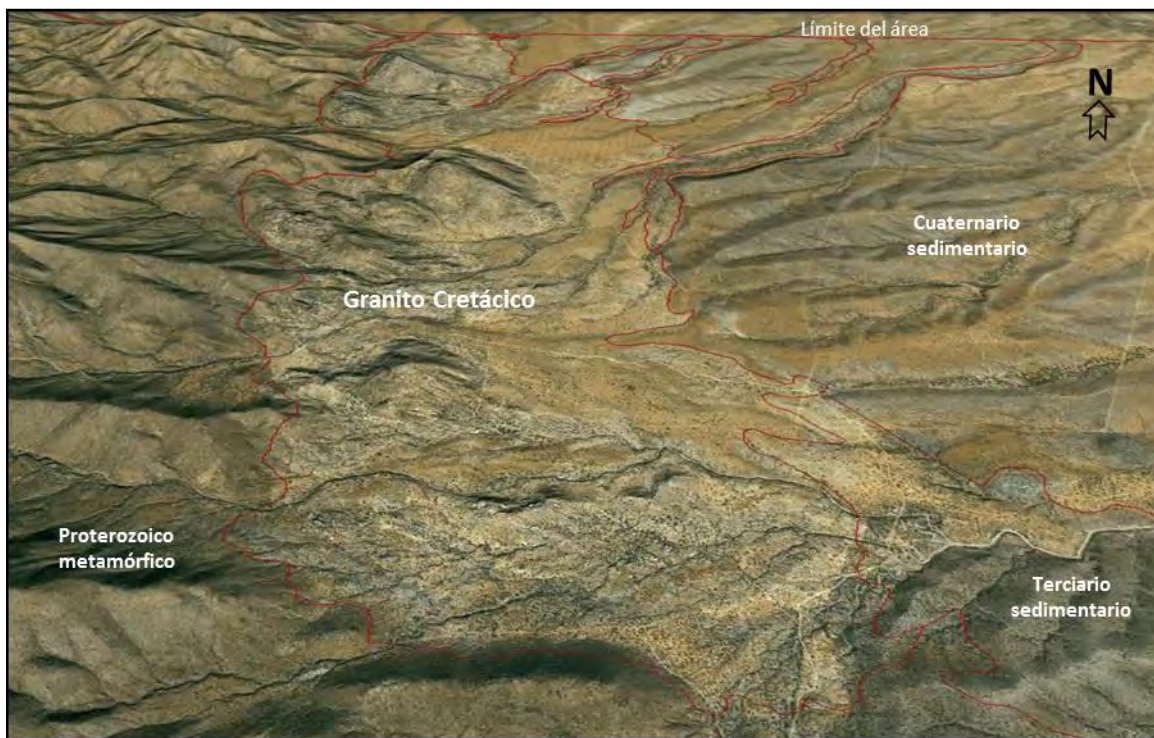


Figura 33. Vista oblicua de rocas intrusivas graníticas que se considera forman parte del batolito laramídico.

En lámina delgada se observa fenocristales de microclina, cuarzo, plagioclasa, biotita, muscovita y en menor proporción minerales opacos y apatito. Los feldespatos y plagioclasas se ven alterados parcialmente a sericita y minerales arcillosos; la biotita se encuentra parcialmente alterada a hematita y clorita (Figura 34). Se tiene una relación cortante del intrusivo granítico con las rocas metamórficas (Figura 35)

De acuerdo con la edad obtenida en la muestra de granito (muestra PSR-6) tomada en un afloramiento al noroeste del cerro Las Cruces, fechado en este estudio en 66.8 ± 0.58 Ma por U/Pb en zircones, se considera forma parte de las rocas batolíticas laramídicas que se encuentran ampliamente distribuidas en Sonora.

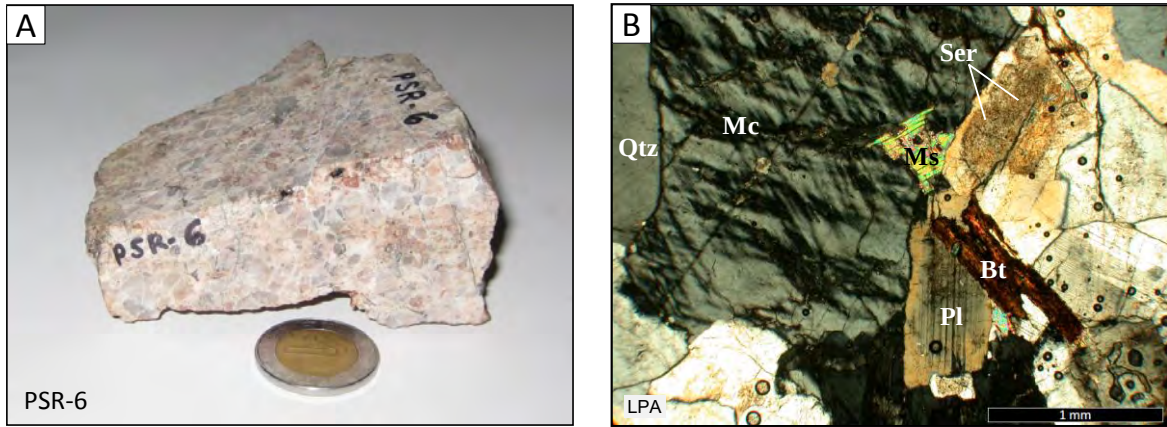


Figura 34. (A) Muestra de mano de granito del cual se obtuvo una edad de 66.8 ± 0.58 Ma. (B) Fotomicrografía donde se aprecia microclina con maclado en enrejado, plagioclasa parcialmente sericitizada, muscovita y biotita hematizada, luz polarizada analizada. Qtz = cuarzo, Ser = sericita, Ms = muscovita, Mc = microclina, Pl = plagioclase, Biotita = biotita.



Figura 35. Afloramiento de granito donde se observa el contacto con las rocas metamórficas paleoproterozoicas, al oeste del rancho El Cuatro.

Para determinar la edad de los zircones de la muestra de granito PSR-12 se utilizó el método U/Pb con la técnica LA-ICP-MS. La edad obtenida de 66.81 ± 0.58 Ma se interpreta como la edad máxima de la roca.

Los datos de una población de 11 zircones se graficaron en los diagramas de concordia tipo Wetherill y de edad media ponderada, como se pueden ver en la siguiente figura (Figura 36). Se observa pérdida de plomo en uno de los datos, que puede deberse posiblemente a contaminación en el laboratorio (Figura 36).

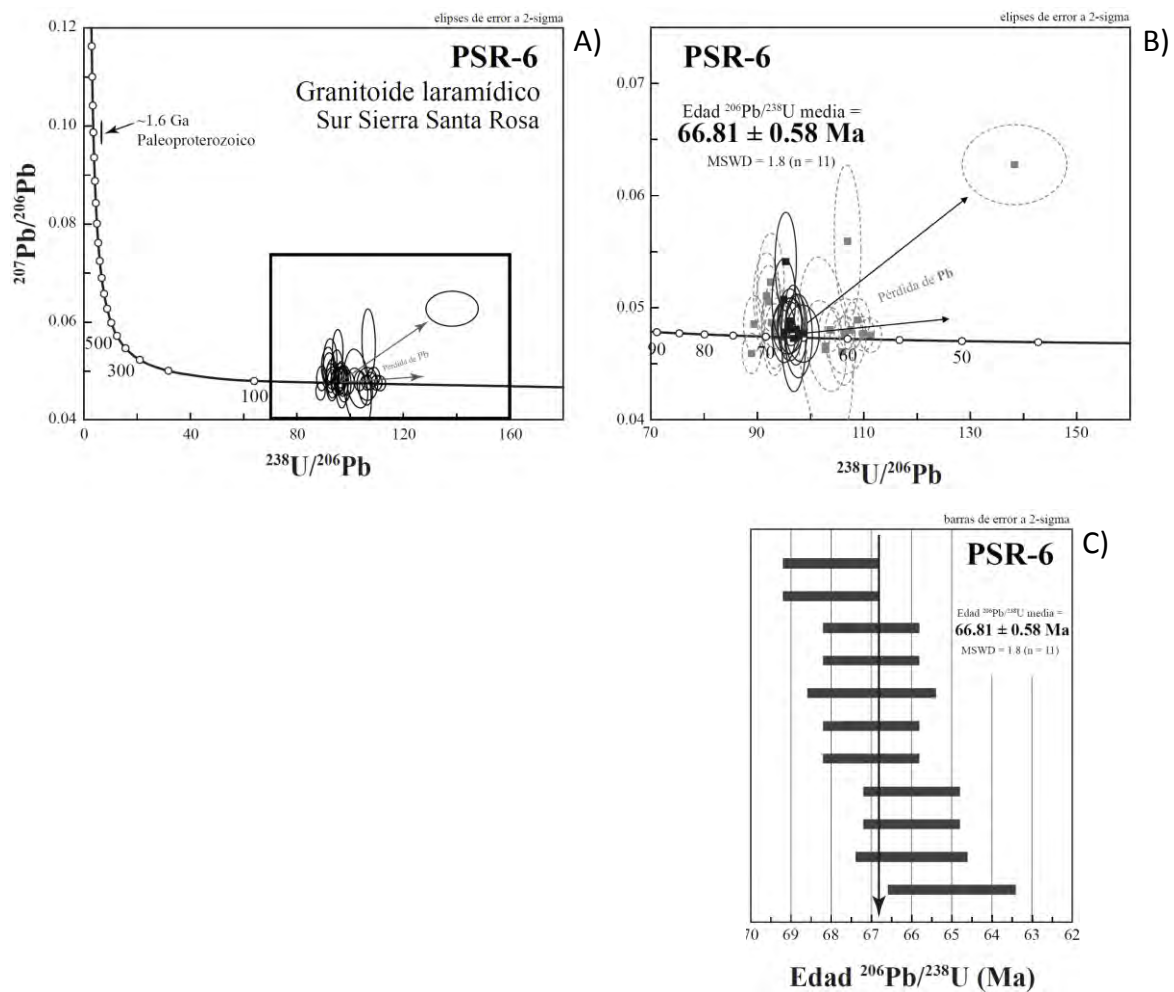


Figura 36. Datos U/Pb de zircones obtenidos por la técnica LA-ICP-MS de la muestra de granito PSR-6. (A) y (B) Gráfica de concordia con todos los datos de la muestra PSR-6. (C) Gráfica de edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ media ponderada de la muestra PSR-6.

Lindgren (1915) reconoce la transgresión hacia el oriente de los plutones del Cretácico al Paleógeno dentro del oeste de los Estados Unidos. Posteriormente Anderson y Silver (1974), Coney y Reynolds (1977) extendieron este concepto a Sonora, y reconocen que la transgresión del arco volcánico se extendió 1000 km tierra adentro y regresó a la costa Pacífica durante el Neógeno.

Damon et al. (1983) define al Batolito de Sonora (90-40 Ma) calcialcalino, como una parte importante de la suite magmática de la orogenia Larámide, incluyendo los granitos peraluminosos de dos micas que son anatexíticos y post-arco volcánico. Estas rocas representan la continuación hacia el sur del cinturón batolítico del oeste norteamericano.

Roldán-Quintana (2002) hace un estudio geológico, geocronológico y geoquímico de un transecto en la porción central-sur de Sonora, donde menciona que los intrusivos laramídicos corresponden a batolitos aislados de naturaleza calcialcalina, los más antiguos del transecto se localizan en la región occidental, con edades entre 78-83 Ma y con una composición variable de tonalitas, cuarzomonzodioritas y granitos. En la región central los intrusivos consisten de tonalita, granodiorita y granito con edades entre 56-58 Ma; y en la región oriental su litología varía de granito a granodiorita con edades que varían entre 49-63 Ma Roldán-Quintana (2002). También concluye que los intrusivos del arco Larámide en este transecto es de tipo Andino, con un ángulo de subducción moderado y una anchura del arco magmático de 500 km.

4.3. UNIDADES CENOZOICAS

4.3.1. Formación Báucarit.

Dumble (1900) propuso por primera vez el nombre de División Báucarit para describir una secuencia de sedimentos clásticos rellenando cuencas alargadas. Posteriormente King (1939) redefine el nombre, además de cambiar su rango a Formación Báucarit tal como se le conoce actualmente, para designar una secuencia ligeramente consolidada, de areniscas y conglomerados bien estratificados, con algunas arcillas; con localidad tipo en el arroyo Cedros cerca del poblado Báucarit, en el sur de Sonora. En la región de Onavas en el arroyo El Obispo, se considera que la Formación Báucarit tiene un espesor de 700 m (Roldán y McDowell, 1992).

En el área de estudio al noroeste del rancho Las Cruces (Figura 37), se tienen rocas sedimentarias clásticas constituidas por estratos bien consolidados de conglomerado con intercalaciones de arenisca (TCgp-Ar), y derrames de basalto de olivino (TB) hacia la base. También se observa brechas en la parte volcánica de la secuencia.

Los afloramientos de estos sedimentos presentan una coloración crema a café muy claro. El conglomerado polimíctico con matriz arenosa tiene espesores que varían de delgados a gruesos y muy gruesos. Se tienen afloramientos importantes de esta unidad en las porciones sureste y noroeste del área, con desarrollo de una morfología en cordones.

En la localidad del rancho Las Cruces, los sedimentos clásticos se encuentran rellenando una cuenca alargada orientada ligeramente NW-SE de



Figura 37. Vista oblicua viendo al oeste de conglomerado con intercalaciones de arenisca, y basalto de olivino hacia la base, correlacionable con la Formación Báucarit; al fondo la sierra Santa Rosa.

aproximadamente 5.5km de largo por 2km de ancho, limitada por fallas normales. En la mitad norte de la cuenca los estratos presentan echados al SW, mientras que en la mitad sur predominan los echados al NW.

El conglomerado presenta clastos angulosos a subredondeados, con tamaños que varían entre 5 y 14cm, donde predominan los fragmentos de basalto de olivino y en menor cantidad de dique andesítico, andesita, toba, arenisca y caliza (Figura 38). No se observaron clastos de gneis y dolomía, lo que posiblemente indica que estas rocas no estaban expuestas al momento del depósito del conglomerado.

La arenisca se presenta interestratificada en las capas de conglomerado y como lentes de hasta 12 cm de espesor, con granos angulosos a subredondeados



Figura 38. Afloramientos de conglomerado con intercalaciones de arenisca, y basalto de olivino hacia la base, correlacionable con la Formación Báucarit, cerca del rancho Las Cruces. Capas buzando al noroeste.

de cuarzo, feldespato, biotita y fragmentos de roca volcánica. En algunas localidades se presentan niveles de arenisca conglomerática.

Los derrames de basalto están expuestos al norte del rancho Las Cruces, en una franja angosta con lomeríos bajos casi planos, de 2.5 km de largo por 0.5 km de ancho, buzando hacia el suroeste; como se puede observar por el camino que comunica a los ranchos Las Cruces y El Cuatro (Figura 39). Se puede decir que se trata de basaltos fisurales, por estar los afloramientos alineados siguiendo la traza de una falla normal orientada norte-sur que limita la parte oriental de la cuenca.



Figura 39. Afloramiento de basalto con desarrollo de intemperismo esférico, al norte del rancho Las Cruces.

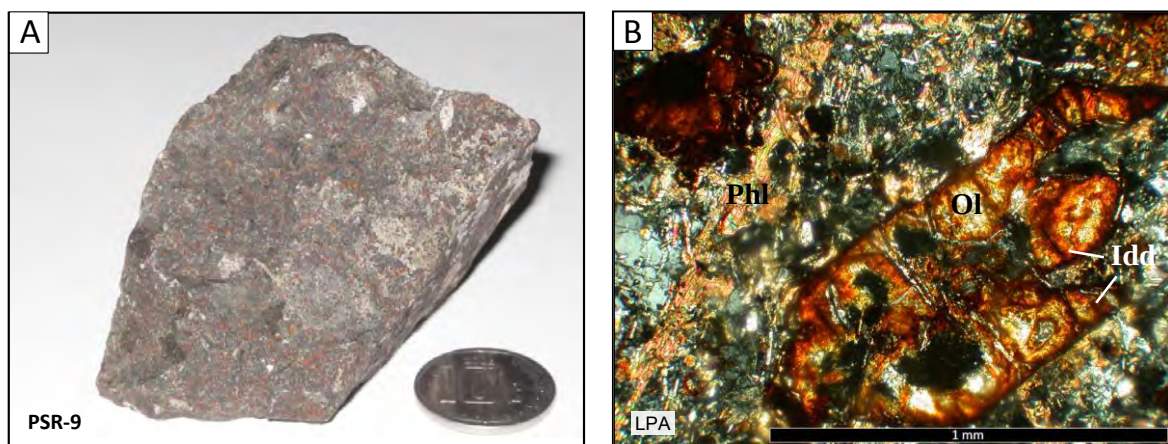


Figura 40. (A) Muestra de mano de basalto de olivino PSR-9. Los puntos rojizos son de olivino alterado parcialmente a iddingsita. (B) Fotomicrografías donde se observa un cristal de olivino iddingsitizado en luz polarizada analizada. Ol = olivino, Phl = flogopita, Idd = iddingsita.

En muestra de mano, el basalto es de color gris oscuro con puntos rojizos. La mineralogía observada en lámina delgada consiste de olivino alterado a iddingsita, zeolitas, feldespatoides, sanidino, flogopita, magnetita y apatito (Figura 40).

Esta secuencia de rocas clásticas con volcánicas intercalas cubren discordantemente a las rocas más antiguas y también se observan en contacto por falla normal con las rocas metamórficas del Proterozoico; a su vez se encuentran cubiertas de manera discordante por los depósitos de conglomerado no consolidado asignado al Pleistoceno.

Esta unidad se correlaciona litológica y estratigráficamente con las rocas de la Formación Báucarit, mejor estudiadas en la porción centro-oriental de Sonora, y con el Conglomerado Gila que aflora en varias localidades de Arizona, Nevada y Utah.

En la porción centro oriental de Sonora, se le asigna a la Formación Báucarit una edad cuyo límite inferior es de 27 Ma, que corresponde con rocas oligocénicas de la región de Onavas y sobre las cuales descansa discordantemente la Formación Báucarit, y un límite superior indicado por la cubierta de rocas volcánicas félsicas con edades entre 12.8 y 10 Ma obtenida sobre un derrame de andesita-traquiandesita de la Formación Lista Blanca que sobreyace concordantemente a estos conglomerados.

En el arroyo El Obispo Roldán y McDowell (1992) sitúan a la Formación Báucarit en el Mioceno inferior-medio para el miembro inferior que tiene basaltos e ignimbrita riolítica intercalados, con edades de 20.2 y 14.1 Ma respectivamente.

Al norte del área en la región de Sáric se tienen edades por Ar-Ar de derrames de basalto intercalados en conglomerados de 17.3 ± 2.8 Ma, y en la región de Moctezuma 22 Ma (Paz-Moreno, 1992; 2003).

Se considera que los sedimentos clásticos rellenaron cuencas continentales orientadas N-S y NW-SE, limitadas por fallas normales, atribuidas a la extensión tectónica del Terciario superior, con episodios volcánicos desarrollados durante el depósito de los sedimentos.

4.3.2. Conglomerado polimíctico

Cubriendo a las rocas más antiguas se tienen los depósitos continentales no consolidados del Pleistoceno (QCgp-Ar-Lm), constituidos de conglomerado con clastos de naturaleza litológica variable que se encuentran expuestos ampliamente en la porción oriental del área.

Consiste de conglomerado de coloración rojiza y crema-rojiza, con niveles de arenisca y limolita del mismo color, como se puede observar al sur y suroeste del rancho El Cuatro.

Estos sedimentos con apariencia de haber sido depositados en un ambiente continental lacustre, generalmente se presentan en forma masiva y en algunas ocasiones presentan desarrollo de una estratificación débilmente marcada.

Esta unidad sedimentaria con predominio de conglomerados, tectónicamente pueden estar asociados a un levantamiento cortical muy reciente.

4.3.3. Aluvión

El aluvión del Cuaternario Holoceno (Qal) se encuentra cubriendo los cauces de los arroyos principales. Consiste de material suelto constituido de grava, arena, limo y arcilla, como resultado de la erosión de las rocas que afloran en la región.

Este material es transportado por las corrientes fluviales y depositado sobre el cauce de los arroyos y llanura de inundación, como se puede observar en los arroyos El Aguila, Los Hornitos, La Sierrita, Bacoachi, y Palo Alto.

5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La cartografía realizada en el área de estudio permitió identificar los siguientes elementos estructurales: foliación, lineación, fallas, pliegues, estratificación y lineamientos.

La foliación se presenta bien desarrollada en las rocas metamórficas proterozoicas con desarrollo de plegamientos posiblemente asociados a fallamiento lateral.

La lineación mineral está presente en las rocas metamórficas proterozoicas, siendo posible medirla en las localidades donde se encuentra mejor desarrollada.

Las fallas son comunes en toda la secuencia estudiada, pero especialmente en las rocas proterozoicas y jurásicas.

La estratificación se observa principalmente en las rocas sedimentarias jurásicas y terciarias, y en menor proporción en las rocas sedimentarias proterozoicas y volcanosedimentarias del Cretácico Superior.

Los lineamientos se interpretaron de la imagen de satélite y del modelo digital de elevación.

Foliación

La foliación se presenta bien desarrollada en las rocas proterozoicas, como el gneis y esquisto, y menos definida en los lugares donde el protolito presenta características de roca plutónica.

En las rocas metamórficas cartografiadas, la foliación principal tiene un rumbo preferencial N08°-85°E con una inclinación promedio de 58° hacia el noroeste; mientras que unos pocos datos de foliación presentan una inclinación promedio de 59° al sureste (Figura 41).

Por otro lado, la foliación observada en la franja de milonita que aflora en la porción norte del cerro Las Cruces, tiene una orientación E-W con una inclinación que varía de 55°-74° al norte.

Es posible que en algunas localidades las fallas afecten la orientación de la foliación principal, modificando el rumbo a N20°-84°W con una inclinación variable de 27°-78° al noreste y 38°-88° al suroeste; y esporádicamente N-S con inclinación de 34°-72° al oeste.

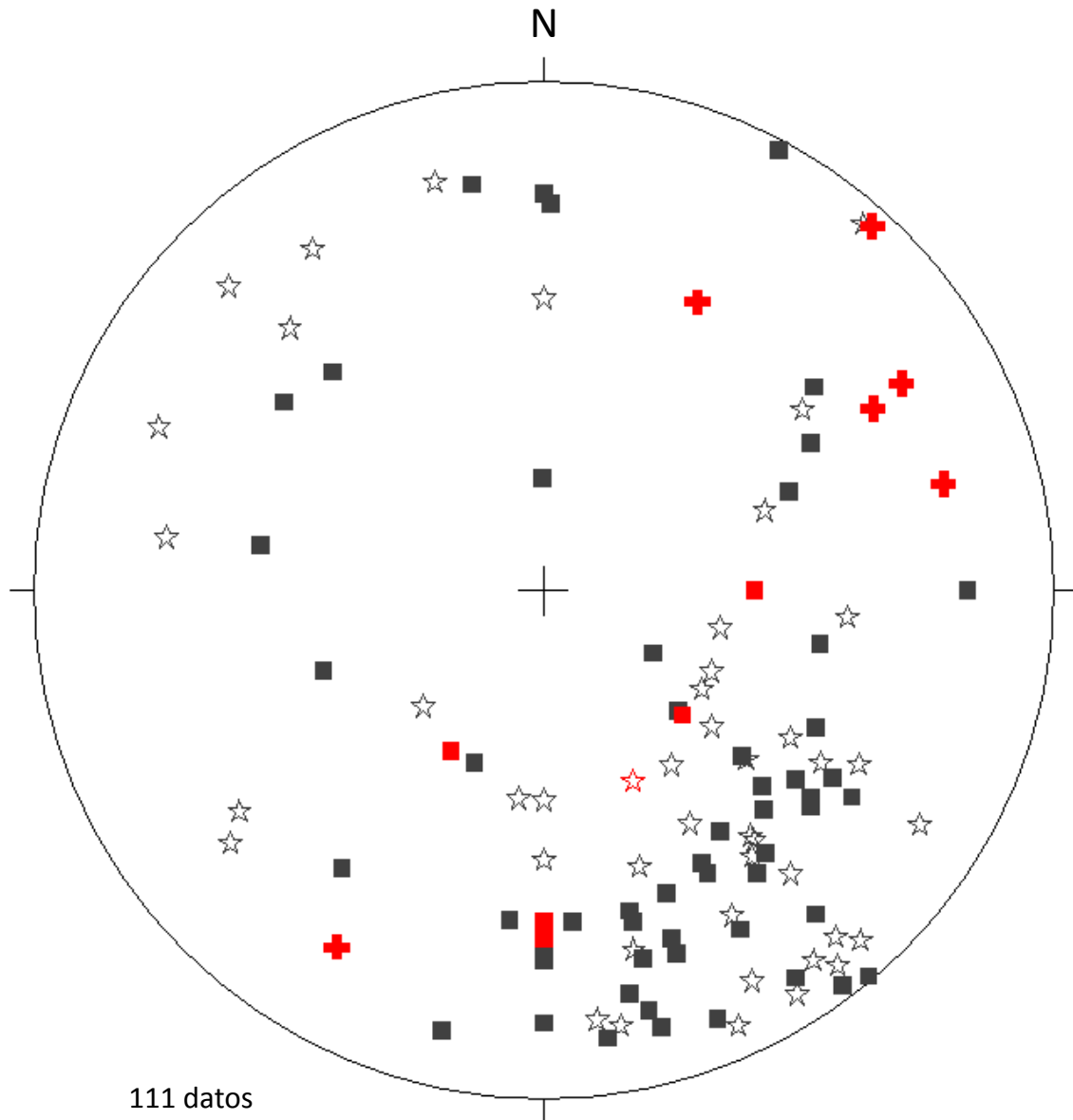


Figura 41. Gráfica donde se muestran los datos estructurales tomados en rocas metamórficas paleoproterozoicas utilizando la red de Schmidt, hemisferio inferior. Polos de foliación en paragneiss (cuadros negros) y en ortogneiss (estrellas). También se indican los polos de los paragneiss (cuadros rojos) que contienen lineación mineral (cruces en rojo).

Lineación

La lineación mineral como elemento de la fábrica penetrativa, se encuentra desarrollada en las rocas metamórficas proterozoicas que consisten de gneiss,

esquisto y ortogneis. En estas rocas, solo se tomaron los datos estructurales en los lugares que presentaban una lineación claramente visible.

La lineación principal presenta en promedio 21° al $N28^\circ-75^\circ E$, y en un caso aislado se midió un dato con una inclinación de 20° al $S30^\circ W$ posiblemente este cambio es debido a levantamiento provocado por el cuerpo intrusivo cercano.

Milonita

Durante los trabajos de cartografía se reconoció una franja de milonitas en la porción sureste del área de estudio, de aproximadamente 7 km de longitud y más de 10 metros de ancho. Estas rocas afloran al norte y al oeste del cerro Las Cruces, donde se observa una franja de rocas miloníticas con una orientación general este-oeste, con variaciones al suroeste en su extremo occidental, que afecta a la secuencia de rocas metamórficas paleoproterozoicas, que consisten de paragneis, esquisto, anfibolita y ortogneis. Esta franja de milonitas se encuentra cubierta en su parte media por las rocas sedimentarias miocénicas sin deformar de la Formación Báucarit y en el extremo oriental por conglomerados más recientes.

En la localidad al norte del cerro Las Cruces estas rocas contienen abundantes porfiroblastos de granate visibles a simple vista, rotados y con sombras de presión. También estructuras sigmoidales donde se pueden observar las superficies de foliación *S* y de cizalla *C*; que nos ayudan a definir un movimiento de cizalla derecho (Figura 42).

Esta franja de rocas con deformación dúctil presenta una orientación este-oeste, similar a la orientación de la falla normal medida en esta localidad; sin

embargo, la falla parece ser una estructura más joven reactivada, que sigue la traza de la discontinuidad tectónica de la franja milonítica en las rocas metamórficas.

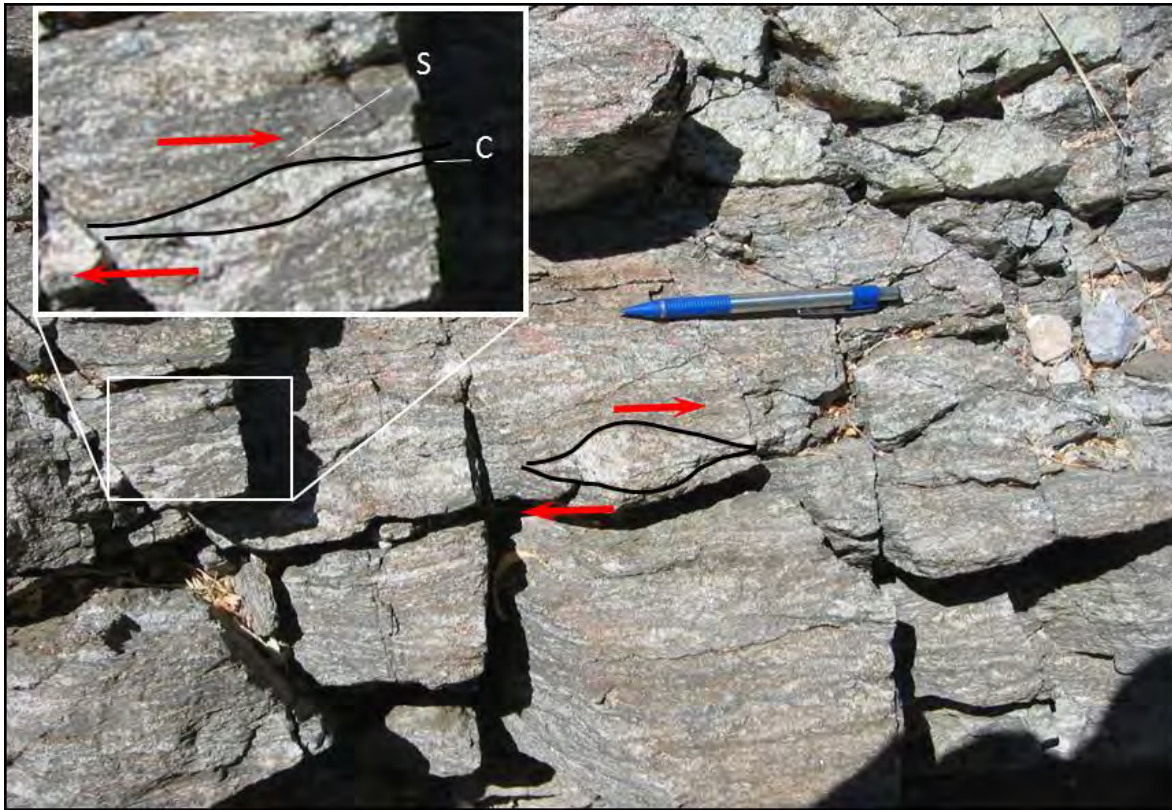


Figura 42. Fábrica milonítica en rocas paleoproterozoicas donde se puede observar porfiroblastos rotados con dimensiones mayores a 2 cm de diámetro de feldespato, granate y cuarzo, rodeados por bandas de cuarzo y micas. Se observa que los porfiroblastos muestran estructura sigmoidal con superficies S (foliación) y C (cizalla), que definen un movimiento de cizalla derecho.

En la localidad al noroeste del rancho Las Cruces, se tiene la continuación de la franja de rocas miloníticas con una orientación noreste-suroeste afectando a ortogneis y paragneis, donde se puede observar porfiroclastos rotados y estirados de feldespato potásico de varios centímetros de diámetro. De acuerdo con la forma sigmoidal de los porfiroclastos y las sombras de presión observadas, se puede definir un movimiento de cizalla derecho (Figura 43).

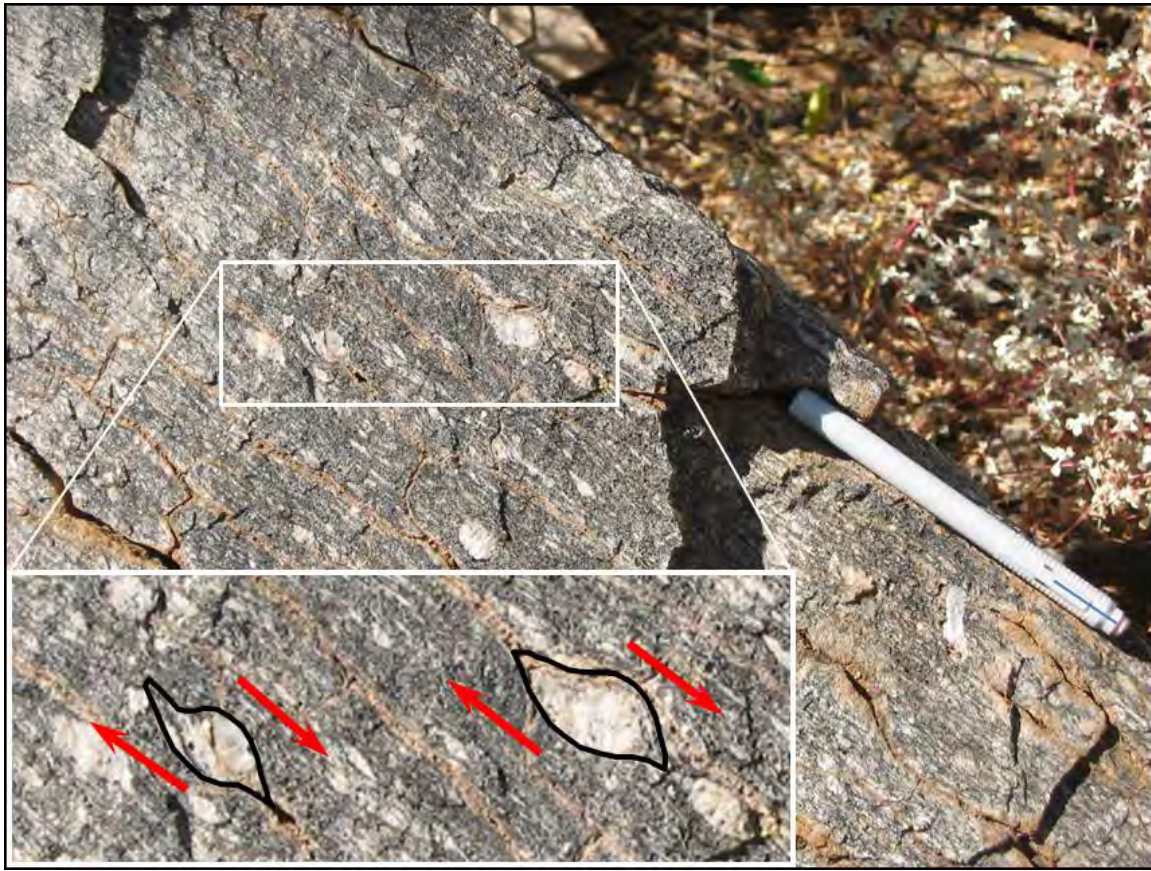


Figura 43. Afloramiento de rocas paleoproterozoicas con fábrica milonítica en donde se puede observar porfiroclastos rotados con dimensiones mayores a 2 cm de diámetro de feldespato potásico, rodeados por bandas de agregados policristalinos de microclina, ortoclase, plagioclase y micas. Los porfiroclastos muestran estructura sigmoidal con sombras de presión que definen un movimiento de cizalla derecho.

Pliegues

En la localidad del cerro Las Cruces, ubicado en la porción sureste del área cartografiada, se presentan pliegues en las rocas metamórficas paleoproterozoicas; este plegamiento es inferido a partir de los datos de foliación consiste de anticlinales y sinclinales, los cuales se ven reflejados en la morfología desarrollada en el cerro Las Cruces.

Los pliegues en *echelon* pueden estar asociados a transpresión producida por fallamiento lateral al igual que la zona de rocas milonitizadas. Cabe mencionar

que en esta zona, durante el reconocimiento de campo no se observaron fallas de cabalgadura que pudieran estar asociadas a estas estructuras.

La geometría de los pliegues de acuerdo con la inclinación de los datos de foliación tiende a ser asimétricos, algunos de ellos con tendencia a presentar zonas de charnela aguda.

Los planos axiales tienen una orientación general NE-SW, subparalelos a la franja de rocas miloníticas.

Estratificación

La estratificación se observa en las rocas sedimentarias neoproterozoicas, jurásicas y terciarias, así como en las rocas volcanosedimentarias del Cretácico Superior (Figura 44).

Las rocas del Neoproterozoico tienen un rumbo que varía entre N27°E con una inclinación de 30° hacia el sureste, y N-S con inclinación de 34° al este.

Los estratos jurásicos de la Formación Santa Rosa presentan un rumbo N08°-34°W con inclinación de que varía de 33°-71° al suroeste.

En esta secuencia sedimentaria el rumbo de las capas tiende a mantenerse sin variaciones de importancia, con un ángulo de inclinación moderado en los echados.

En las capas de la Formación El Tuli se tienen dos rumbos principales, uno N05°-36°E con una inclinación de 27°-41° al noroeste, y otro N14°-76°W con inclinación de 7°-70° al suroeste.

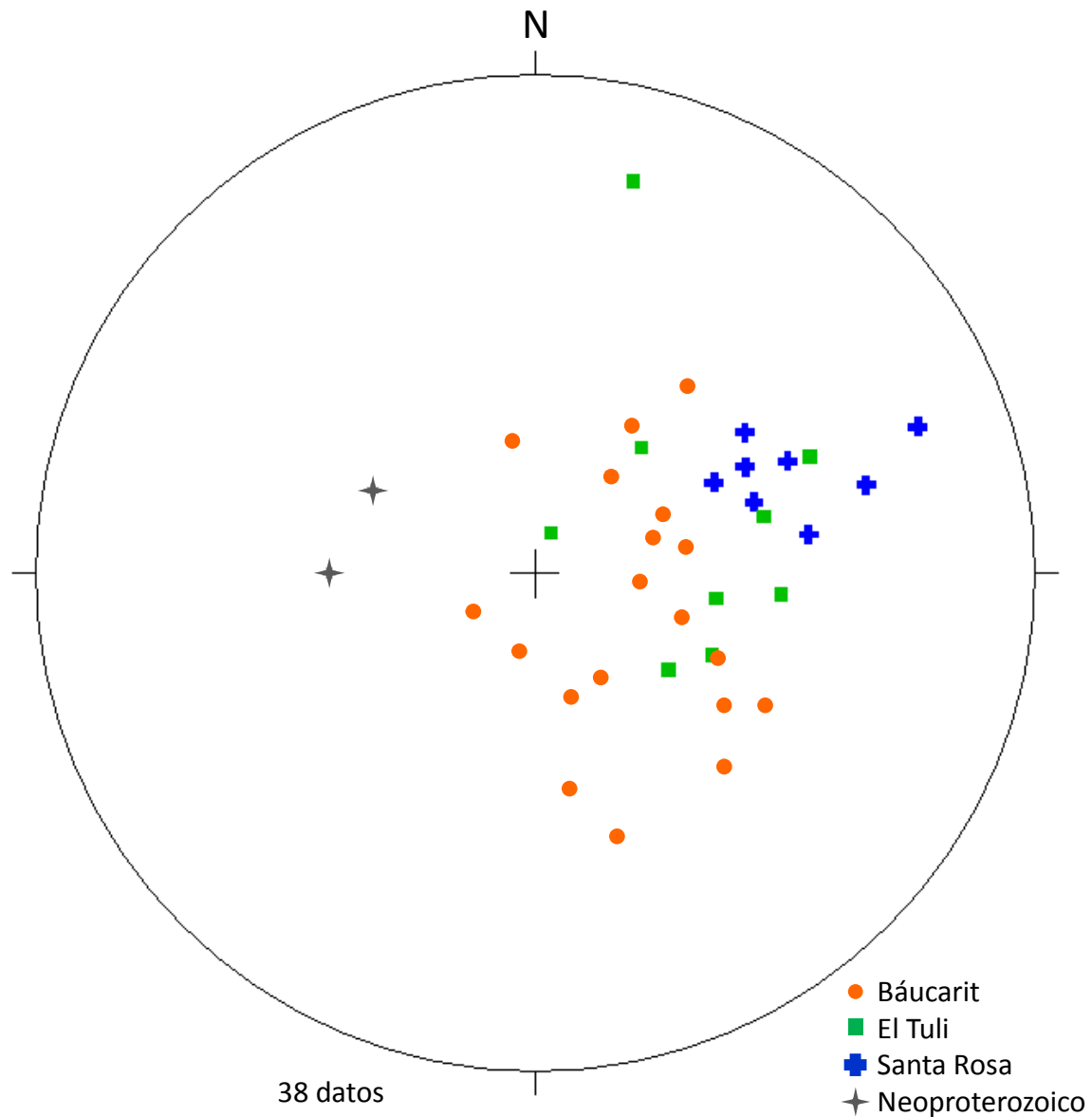


Figura 44. Gráfica utilizando la red de Schmidt, hemisferio inferior, donde se muestra los datos estructurales tomados en la estratificación de las rocas sedimentarias. Se observan los polos de estratificación de las rocas neoproterozoicas (estrella gris), jurásicas (cruz azul), cretácicas (cuadro verde) y Mioceno (círculo naranja).

Los estratos terciarios de la Formación Báucarit presentan rumbo variable N05°-81°E con una inclinación promedio de 31° al noroeste; y N10°-78°W con una inclinación promedio de 26° al SW y algunos con 12° al NE.

Fallas

El área de estudio se encuentra afectada por numerosas fallas normales, normales oblicuas y en menor cantidad fallas a rumbo; no pudiéndose observar fallamiento inverso.

En las fallas normales se determinaron varias direcciones, entre las que destacan la NW, NE y E-W, con inclinaciones que varían de 24° a 83° . En este trabajo se considera que la dirección NW es la más joven, y se relaciona al fallamiento normal característico del evento Sierras y Valles. Aunque las otras direcciones NE y E-W son más antiguas, también se relacionan al evento de extensión terciaria.

Las fallas normales oblicuas de rumbo E-W afectan a las rocas del basamento metamórfico, a la secuencia jurásica y volcanosedimentaria del Cretácico Superior, con algunos cambios de rumbo como el que se observa en la falla que marca el contacto entre las rocas metamórficas proterozoicas y la secuencia sedimentaria jurásica, como se puede ver en la localidad del cerro Prieto en la porción noroeste del área. En esta misma zona se puede apreciar en los afloramientos observados en la imagen de satélite, el desplazamiento que imprimen las fallas normales oblicuas del orden de decenas de metros, tanto al este como al oeste.

Al norte del cerro Las Cruces se tiene una falla normal oblicua de rumbo este-oeste con una ligera variación a NW 83° y un pitch de 27° al NE, medido en las estrías bien desarrolladas en las rocas metamórficas. Siguiendo la traza de esta estructura se tiene la presencia de una franja de milonita, que de acuerdo a las características observadas corresponde a una falla de rumbo con movimiento

lateral derecho. Se considera que al fallamiento a rumbo donde se desarrolla una deformación dúctil, le sucedió una reactivación posterior con deformación frágil, manifestándose de esta manera como falla normal oblicua (Figura 45).



Figura 45. Falla normal oblicua NW83°/60°NE, con pitch 27°NE en la franja de milonita, en el flanco norte del cerro Las Cruces. Recuadro en la parte superior izquierda muestra detalle de las estrías de falla.

En el flanco sur del cerro Las Cruces se tiene la traza de otra falla normal oblicua con rumbo aproximado este-oeste, que afecta a rocas metamórficas consideradas como ortogneis. Esta estructura presenta una zona de brecha de falla mayor a 3 metros de ancho; también forma parte del escalonamiento de bloques al NE (Figura 46).



Figura 46. Falla normal NE76°/49°NW, con variación a rumbo este-oeste en ortogneis, con zona de brecha de falla, en el flanco sur del cerro Las Cruces.

Las fallas normales de rumbo NE con tendencia a ser casi norte-sur truncan al sistema anterior E-W, y a su vez son cortadas por un sistema NW más reciente, como se puede observar en el área del rancho Las Cruces; donde se tiene una estructura NE con tendencia a ser casi norte-sur, pone en contacto rocas metamórficas proterozoicas y basaltos miocénicos. Representa el límite oriental de una pequeña cuenca continental, y el posible conducto de salida de los derrames de basaltos fisurales que se tienen a la base de la Formación Báucarit. En la parte media del cerro Las Cruces se observa una falla de rumbo, de escala

mesoscópica, orientada al $NE64^\circ$ con inclinación que tiende a la vertical. Las estrías horizontales sugieren un movimiento lateral derecho.

Las fallas de rumbo NW que en algunos casos se comportan como fallas oblicuas, están afectando a rocas de todas las edades. En la porción sureste del área una falla de este tipo pone en contacto ortogneis con dolomía, con presencia de brecha de falla en una zona cizallada de aproximadamente 10 m de ancho, como se puede observar en el arroyo Los Hornitos (Figura 47). Esta misma falla es el límite oeste de una pequeña cuenca orientada noroeste-sureste rellena con

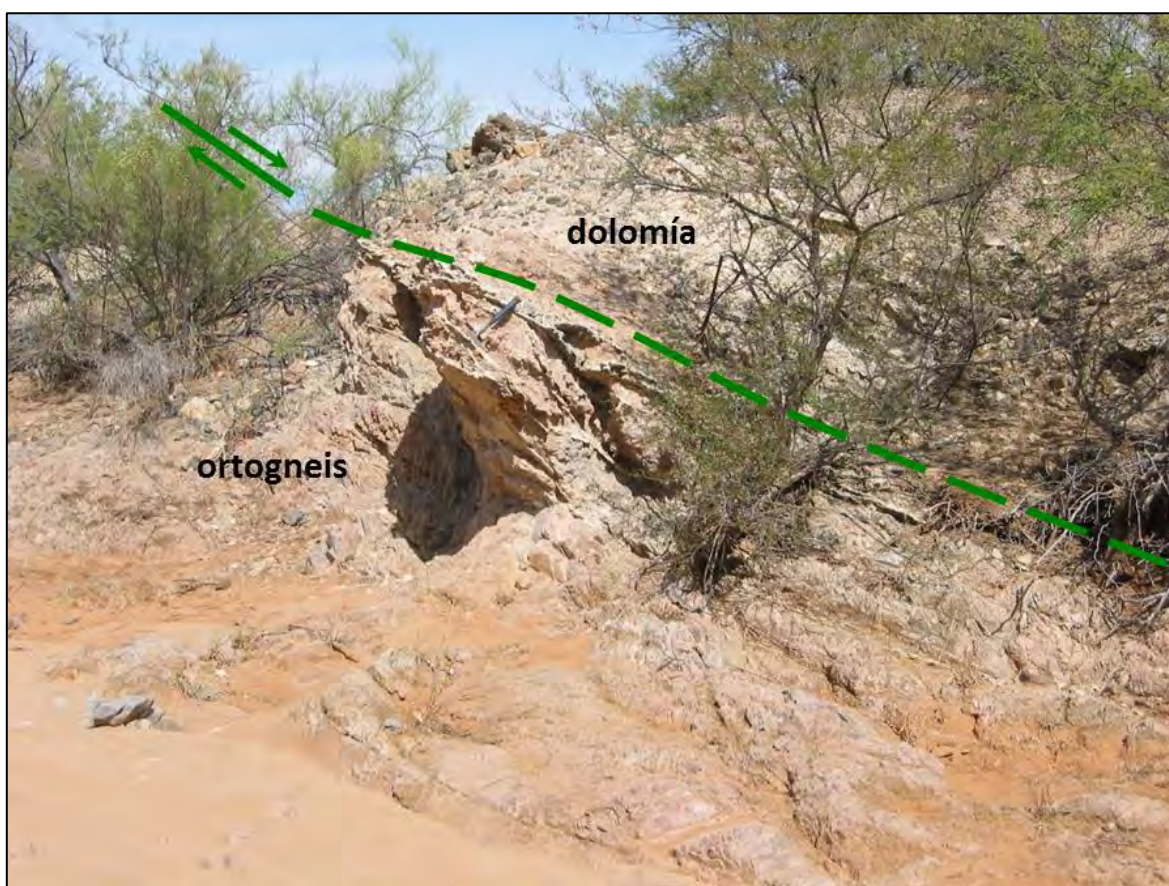


Figura 47. Falla normal $NW34^\circ/56^\circ NE$, que pone en contacto ortogneis con dolomía en el arroyo Los Hornitos. El espesor de la zona de brecha de falla es aproximadamente de 10 m.

sedimentos continentales de la Formación Báucarit, que presenta dimensiones de 6 km de largo por 2.5 km de ancho.

A escala regional, de acuerdo con los trabajos de cartografía y el análisis descriptivo de las estructuras, en las fallas orientadas E-W se aprecia un escalonamiento de bloques hacia el norte.

El macizo rocoso que constituye el cerro Las Cruces, queda delimitada dentro de estas estructuras este-oeste; así como también el área al norte del cerro Prieto.

Fueron identificadas algunas fallas NNE como la que se presenta en el área del rancho Las Cruces que cortan al sistema este-oeste, que define el límite oriental de una pequeña cuenca terciaria y que también pudo servir de conducto de salida del magma basáltico.

Posteriormente, las fallas de rumbo NW, desarrollan un escalonamiento de bloques hacia el noreste, así como pequeñas cuencas alargadas orientadas al NW rellenas con sedimentos continentales terciarios.

Esto nos indica una extensión en dirección noreste, como se puede ver en los datos graficados en la red estereográfica de Schmidt (Figuras 48 y 49).

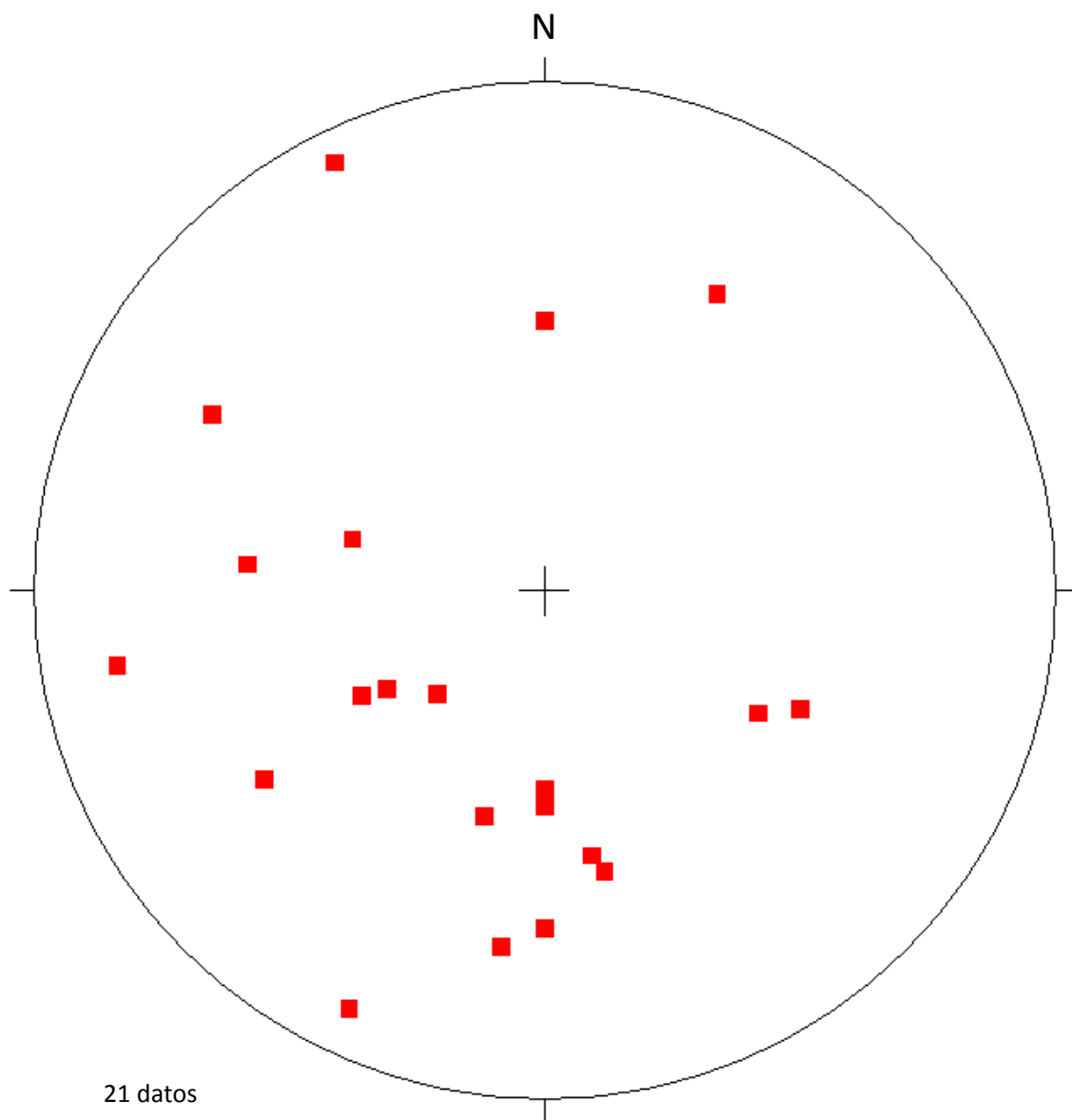


Figura 48. Gráfica utilizando la red de Schmidt, hemisferio inferior, donde se muestra los polos de los planos de falla medidos. Se puede observar que la mayor concentración de las fallas presenta un rumbo NW-SE.

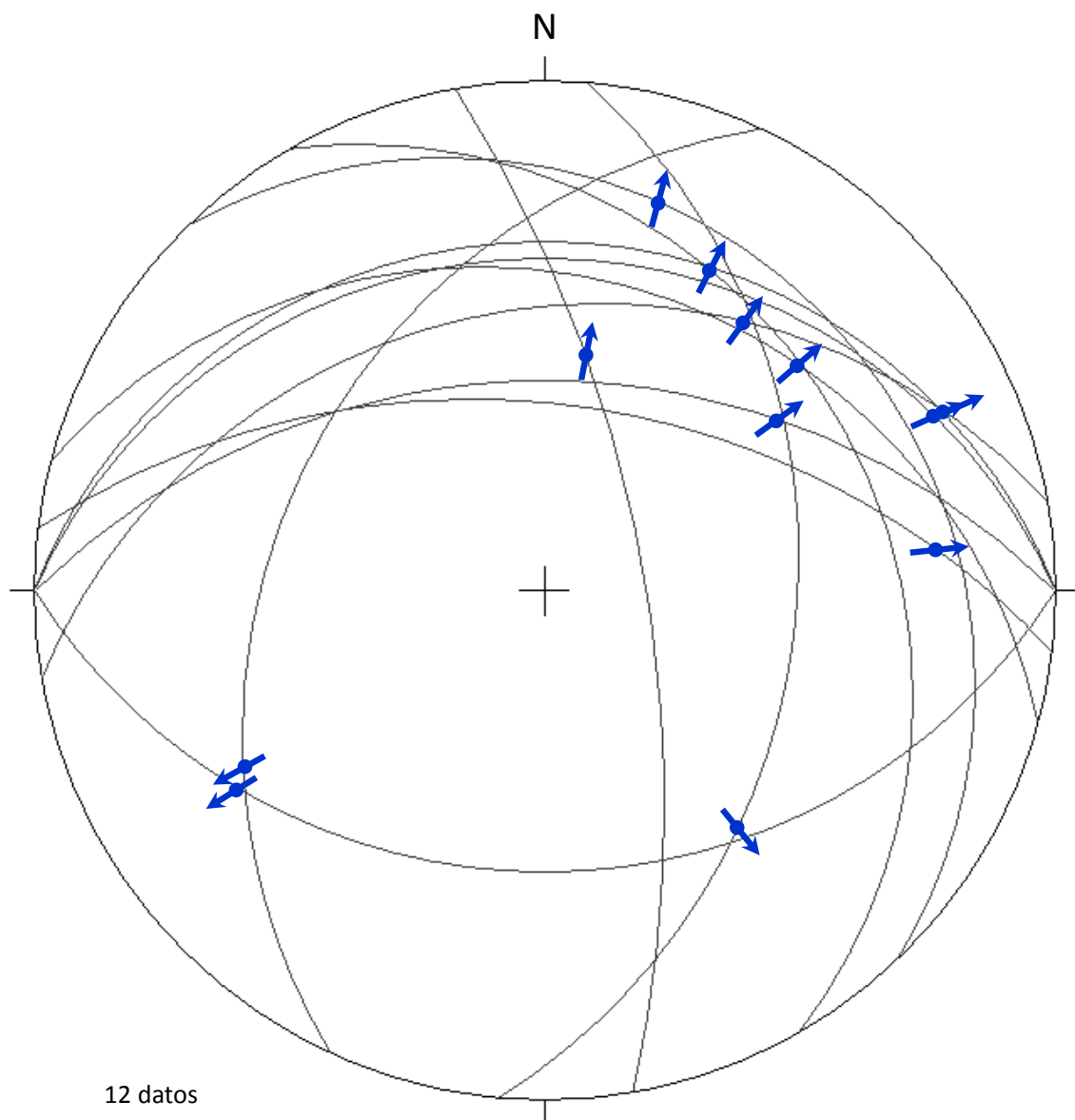


Figura 49. Gráfica que muestra en círculo grande una mayor concentración de planos de fallas normales de rumbo NW-SE, y en menor proporción fallas orientadas E-W y NE-SW. Aquí se observa que las flechas nos indican una extensión en dirección noreste-suroeste.

Lineamientos

De acuerdo con la interpretación regional del modelo digital de elevación de las cartas La Ciénega y Sierrita Prieta escala 1:50,000, se trazaron lineamientos con diferentes orientaciones, y curvilineamientos.

Se observan tres orientaciones preferenciales de lineamientos regionales, noreste-suroeste, noroeste-sureste y norte-sur. Los lineamientos orientados noroeste-sureste se encuentran asociados a la morfología de la sierra Santa Rosa.

Los curvilineamientos o rasgos circulares, son el reflejo de cuerpos intrusivos que se encuentran aflorando o que permanecen cerca de la superficie del terreno.

Se observa un rasgo circular de gran tamaño localizado en la carta Sierrita Prieta, que posiblemente corresponda a una estructura dómica (Figura 50).

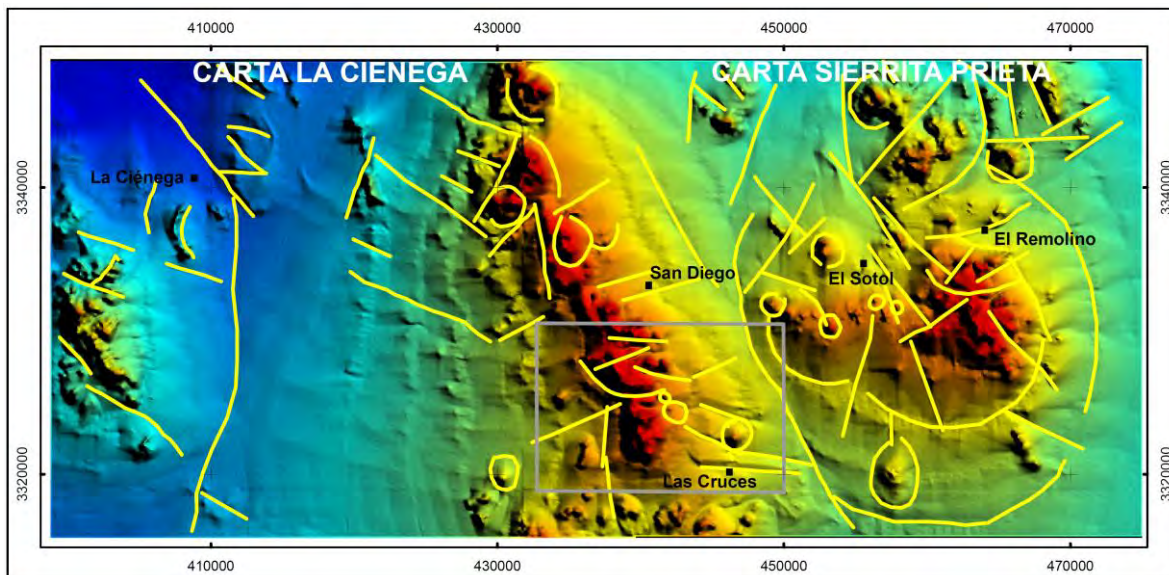


Figura 50. Interpretación del modelo digital de elevación. El área de estudio se presenta en el recuadro.

6. GEOFÍSICA

6.1. INTRODUCCIÓN

Los estudios que utilizan geofísica aérea de alta resolución son una herramienta de exploración rápida, eficaz y de bajo costo, que es muy utilizada en la exploración minera. Se realizan vuelos de baja altura aplicando dos o más métodos simultáneamente, los cuales son de gran ayuda para conocer el contexto geológico de una región, especialmente en lugares donde los afloramientos son escasos y la cubierta de sedimentos recientes es extensa.

En este trabajo se utilizan los resultados del levantamiento de alta resolución utilizando el método de magnetometría aérea, realizado por el Servicio Geológico Mexicano en la región de Trincheras, Sonora.

6.2. METODOLOGÍA

Los parámetros que se emplearon para realizar el levantamiento de alta resolución con el método magnético aéreo fueron los siguientes:

- Distancia entre líneas de vuelo 250 m con rumbo N-S.
- Distancia entre líneas de control 2500 m con rumbo E-W.
- Altura de vuelo sobre el nivel del terreno 106 m en promedio siguiendo el contorno del terreno.
- Muestreo del magnetómetro 10 Hz.
- Velocidad promedio de la aeronave 220 km/hr, para tener un espaciamiento de muestreo de aproximadamente 6m con el magnetómetro.

Las características del equipo utilizado son las siguientes:

- Avión ISLANDER modelo BN-2B con matrícula XC-FOE.

- Sistema de adquisición de datos marca Picodas modelo P101.
- Magnetómetro de vapor de cesio marca SCINTREX modelo CS-2, con sensibilidad de 0.001 nT.
- Radar altímetro marca Sperry y un sistema de navegación Ashtech GPS + GLONASS.
- El software utilizado en el SGM para el procesado de los datos fue el Oasis Montaj de Geosoft.

6.3. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

A los datos aeromagnéticos de los vuelos de alta resolución se les aplicaron las siguientes correcciones:

- Movimientos de la aeronave, deriva diaria.
- Sustracción del Campo Magnético Internacional de Referencia (IGRF).
- Líneas de control y micro-nivelación.
- A los datos micronivelados de campo total se les aplicó el proceso de reducción al polo, considerando para el cálculo, una inclinación de 56.806° y una declinación de 11.546° , que son un promedio para toda el área.

6.3.1. PROCESOS ANALITICOS REALIZADOS

Con la finalidad de enfatizar los rasgos geológicos contenidos en el mapa de Campo Magnético Total, se aplicaron algunos procesos analíticos a los datos aeromagnéticos, como son: reducción al polo y aplicación de un filtro pasa bajas.

El regional se generó aplicando un filtro pasa bajas (Butterworth) al Campo Magnético Total reducido al polo, diseñado para cuerpos con profundidades

máximas de 2.6 km. En este mapa se han eliminado las respuestas de altas frecuencias y con ello las fuentes magnéticas someras. Por lo tanto, en el mapa se observa solo la respuesta de las bajas frecuencias correspondientes a estructuras y cuerpos intrusivos profundos.

6.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de los datos magnetométricos se realizó en base al mapa de campo magnético total reducido al polo (Figura 51), al mapa de anomalía regional (Figura 52) y al mapa de anomalía residual (Figura 53), para relacionar las respuestas magnéticas con las unidades litológicas que afloran.

Comparativamente con otras áreas cercanas, la anomalía regional en el área de estudio no muestra altos magnéticos pronunciados. En cambio, se observan bajos magnéticos asociados a unidades sedimentarias, a rocas metamórficas y a cuerpos intrusivos con poca respuesta magnética.

La anomalía residual se utilizó para identificar cuerpos superficiales, eliminando las bajas frecuencias; de esta manera las altas frecuencias son el reflejo de cuerpos magnéticos someros.

En este caso si se presenta buena respuesta magnética correspondiente a altos magnéticos como monopolos y dipolos, relacionados a ortogneises, anfibolitas y cuerpos riolíticos. El intrusivo granítico laramídico no presenta una respuesta magnética apreciable.

Las rocas metamórficas se correlacionan con altos magnéticos orientados NE-SW así como con altos aislados y dispersos. Las rocas volcánicas jurásicas

presentan altos magnéticos con orientación NW-SE. Algunos lineamientos magnéticos se correlacionan con los lineamientos y fallas medidas en campo.

La franja de milonitas de área del cerro “Las Cruces” se correlaciona con bajos magnéticos en el residual.

La cubierta sedimentaria terciaria presenta buena respuesta, lo que sugiere la cercanía a la superficie de posibles cuerpos intrusivos.

En la interpretación cualitativa regional de la carta Trincheras escala 1:100,000, se observan lineamientos magnéticos principales orientados noroeste-sureste y noreste-suroeste en toda la región, y este-oeste en la porción norte, probablemente asociados a fallas profundas (Figura 51).

Dentro del área de estudio, el sistema de lineamientos magnéticos orientados noreste-suroeste se puede relacionar geológicamente a fallas normales, foliación, a una franja de milonita, y a lineamientos interpretados de la imagen de satélite, como se puede ver en la mitad sur del área de estudio.

Los lineamientos magnéticos orientados noroeste-sureste se asocian a fallas normales, como se puede ver en el mapa geológico y de campo magnético reducido al polo (ver lámina 1, Figura 51); como la falla que pone en contacto ortogneis con dolomía y ortogneis con sedimentos de la Formación Báucarit, como se puede observar al oeste del Rancho Las Cruces.

En la porción noroeste del área, los lineamientos magnéticos con esta misma orientación se relacionan con la orientación de los afloramientos de las rocas sedimentarias jurásicas.

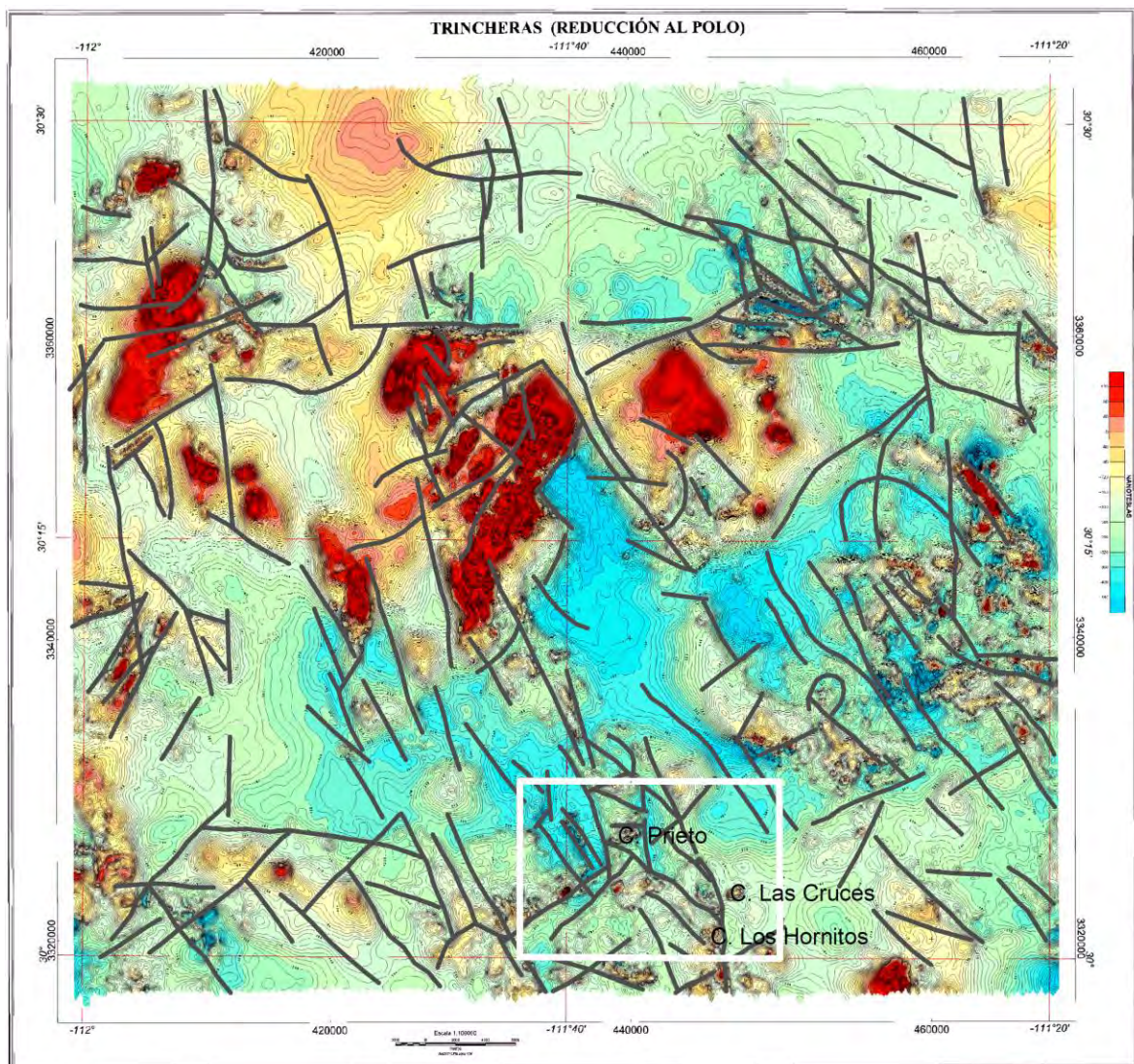


Figura 51. Mapa de campo magnético total reducido al polo de la región de Trincheras escala 1:100,000. El área de estudio se presenta en el recuadro.

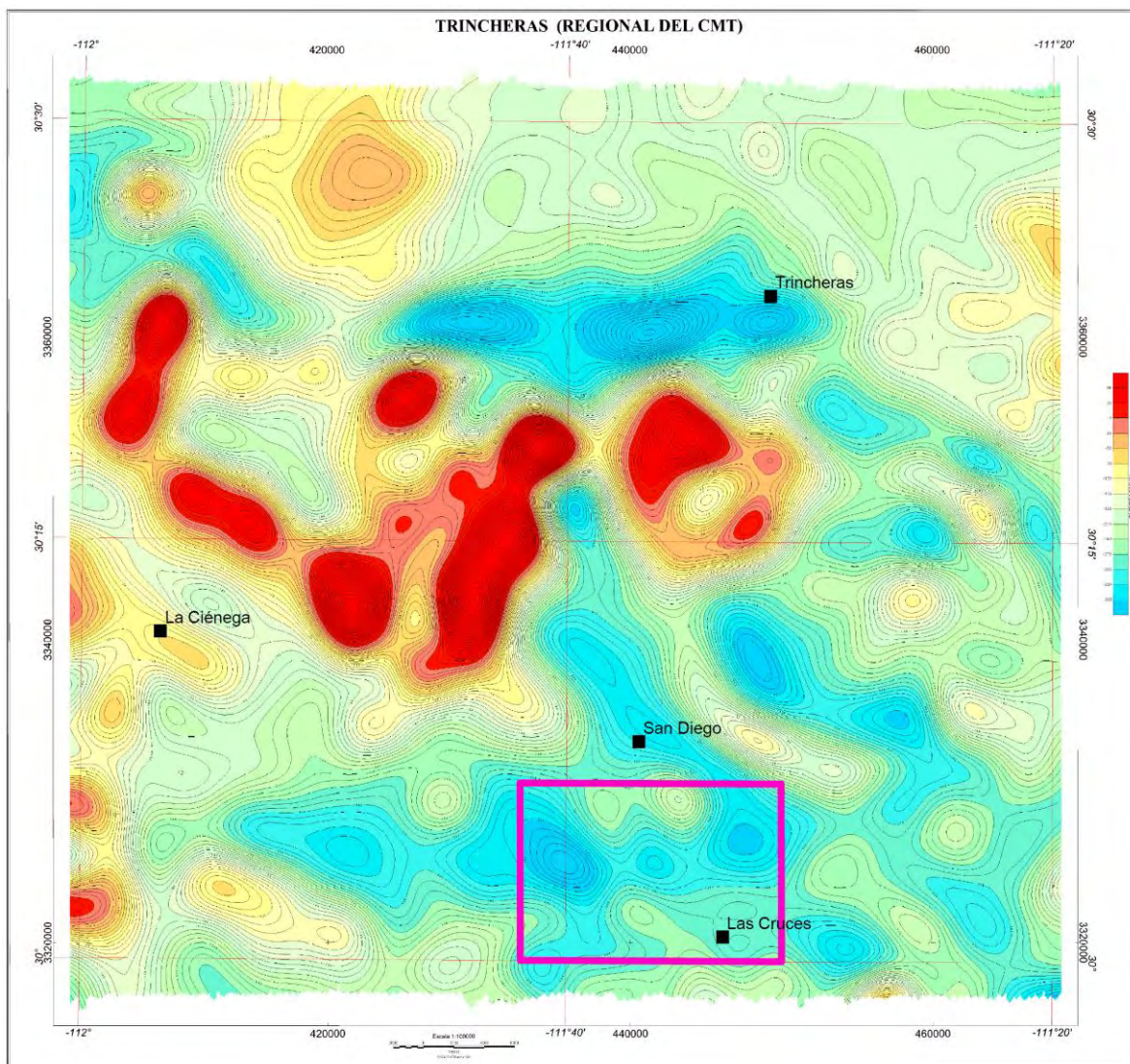


Figura 52. Mapa de anomalía regional de la región de Trincheras escala 1:100,000. El área de estudio se presenta en el recuadro.

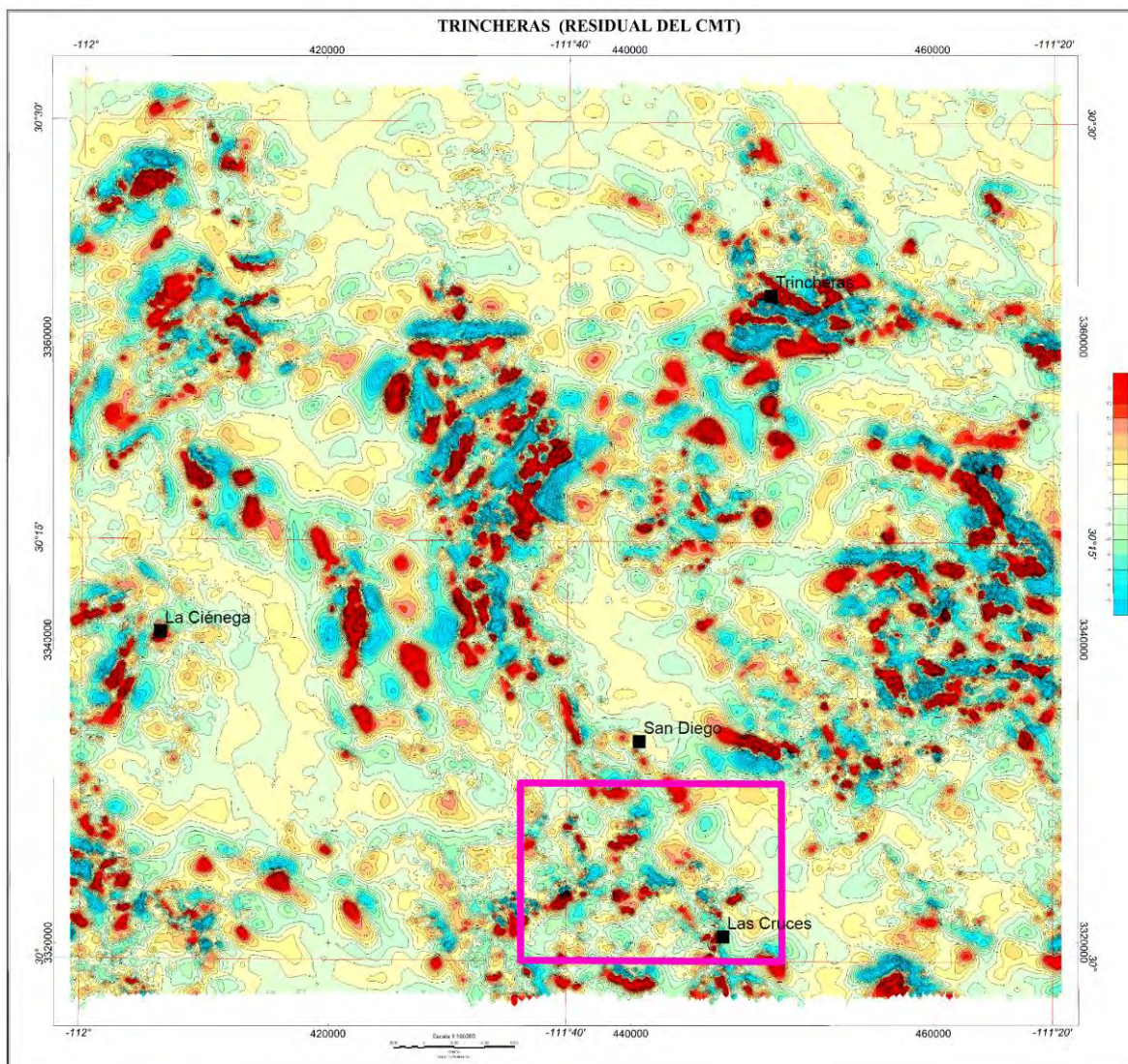


Figura 53. Mapa de anomalía residual de la región de Trincheras escala 1:100,000. El área de estudio se presenta en el recuadro.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los trabajos de cartografía y estudios geocronológicos U-Pb en zircones de ortogneis (1722 Ma) al norte del rancho Las Cruces, se ha determinado que las rocas metamórficas del basamento de la región son de edad Paleoproterozoico, y correlacionables con las rocas de las provincias cristalinas Paleoproterozoicas Yavapai y/o Mojave del suroeste de Norteamérica, y con otros afloramientos de Puerto Peñasco, Quitovac y Sierrita Prieta en el noroeste de Sonora.

En base a la edad obtenida por U-Pb en zircones en el granito que aflora al noroeste del rancho Las Cruces (66 Ma) se ubica en el Cretácico Superior a este intrusivo.

Se reconoció una franja de milonitas al norte y noroeste del rancho Las Cruces, de aproximadamente 7 km de longitud y más de 10 metros de ancho, con una orientación general este-oeste, con variaciones al suroeste en su extremo occidental, que afecta a la secuencia de rocas metamórficas paleoproterozoicas, que consisten de paragneis, esquisto, anfibolita y ortogneis. Contiene porfiroblastos de granate rotados y con sombras de presión, estructuras sigmoidales donde se puede observar las superficies de foliación S y de cizalla C, que nos ayudan a definir un movimiento de cizalla derecho.

En el cerro Las Cruces se tienen pliegues inferidos a partir de los datos de foliación con planos axiales orientados noreste-suroeste, lo que indica un acortamiento en dirección noroeste-sureste en el basamento metamórfico.

Se determinaron varias direcciones de fallas normales, entre las que destacan la NW, NE y normales oblicuas E-W, con inclinaciones que varían de 24°

a 83°. Se considera que la dirección NW es la más joven, y se relaciona al fallamiento normal del evento Sierras y Valles. Las otras direcciones NE y E-W son más antiguas, también se relacionan al mismo evento de extensión terciaria. De acuerdo con el análisis de las fallas normales, estas nos indican una extensión en dirección noreste.

De acuerdo con el análisis del mapa de anomalía regional de los datos de magnetometría aérea, no se observan altos magnéticos que puedan asociarse a estructuras y cuerpos intrusivos profundos. En el mapa de anomalía residual (fuentes magnéticas superficiales) si se presenta una respuesta magnética, ya que se distinguen altos magnéticos como monopolos y dipolos, los cuales se correlacionan con litologías como ortogneises, anfibolitas y cuerpos riolíticos.

Las rocas metamórficas se correlacionan con altos magnéticos orientados NE-SW así como con altos aislados y dispersos. Las rocas volcánicas jurásicas presentan altos magnéticos con orientación NW-SE. Algunos lineamientos magnéticos se correlacionan con los lineamientos y fallas medidas en campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, T.H., and Nourse, J.A., 1998, Releasing bends of the sinistral Late Jurassic Late Jurassic Mojave-Sonora fault system; principal structures within the southwestern borderland of North America: Geological Society of America, Rocky Mountain Section, 50th annual meeting, Abstracts with Programs, 30, 6.
- Anderson, T.H., and Silver, L.T., 1979, The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of Northern Sonora: Geol. Soc. of Am. Guidebook-Field Trip núm. 27, p. 59-68.
- Anderson, T.H., and Schmidt, V.A., 1983, The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea region during Mesozoic time: Geological Society of America Bulletin, v. 94, p. 941-966.
- Anderson, T.H., Silver, L.T., and Salas, G.A., 1980, Distribution and U-Pb isotope ages of some lineated plutons, northwestern Mexico: Geological Society of America, Memoir 153, p. 269-283.
- Atwater, T., 1989, Plate tectonic history of the northeastern Pacific and western North America: The Eastern Pacific Ocean and Hawaii: Geological Society of America, The Geology of North America, p. 21-72.
- Benmore, W.C., 1978, Stratigraphy, sedimentology and paleoecology of the paleophitic or earliest Phanerozoic Johnnie Formation, eastern California and southwestern Nevada: Santa Barbara, University of California, Ph.D. thesis, 243p.
- Blakey, R., 2011, Geologic History of Western US (en línea): Northern Arizona University, Department of Geology, actualización: marzo de 2011,

<<http://www.http://jan.ucc.nau.edu/rcb7/pcpaleo.html>>, consulta: 18 de febrero de 2012.

Campa-Uranga, M.F., and Coney, P.J., 1983, Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico: Canadian Journal of Earth Sciences, v.20, p. 1040-1051.

Campbell, P.A., and Anderson, T.H., 1998, Structure and kinematics along a Jurassic plate boundary transform, the Mojave-Sonora megashear, northwestern Sonora, Mexico: Gold deposits of northern Sonora, Mexico; Guidebook series of the Society of Economic Geologists, p. 177-186.

Carbonell, C.M., y Bustillo, S.G., 1963, Yacimiento de Vermiculita Cerro Toribio Mpio. De Trincheras, Sonora: Servicio Geológico Mexicano, Archivo Técnico, 10p.

Caudillo-Sosa, G., Oviedo-Lucero, F., Rodríguez-Castañeda, J.L., 1996, Falla Quitovac-resultado de un evento de transpresión del Mojave-Sonora megashear, noroeste de Sonora, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 13, núm. 2, p. 140-151.

Centeno-García, E., Coney, P.J., Ruiz, J., Patchett, J., and Ortega-Gutiérrez, F., 1993, Tectonic significance of the sediments of the Guerrero Terrane from petrographic, trace element, and Nd isotopic studies: First Circum-Pacific and Circum-Atlantic Terrane Conference, UNAM-Instituto de Geología, Proceedings, p. 30-36.

Coney, P., and Campa-Uranga, M.F., 1987, Lithotectonic terrane map of Mexico: United States Geological Survey, Miscellaneous Field Studies map, MF-1874-D, with descriptive text.

- Coney, P., Reynolds, S.J., 1977, Cordilleran Benioff zones: *Nature*, 270, 403-406.
- Cooper, G.A., Arellano, A.R.V., Johnson, J.H., Okulitch, V.J., Stoyanow, A., and Lochman, C., 1952, Cambrian stratigraphy and paleontology near Caborca, northwestern Sonora, Mexico: *Smithsonian Miscellaneous Collections*, v.119, núm.1, p. 1-23.
- Damon, P.E., Livingstone, D.E., Mauger, R.L., Giletti, B.J., and Alor, J.P., 1962, Edad del Precámbrico Anterior y de otras rocas del zócalo de la región de Caborca-Altar de la parte noroccidental de estado de Sonora: *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Boletín*, v.64, p. 11-44.
- Damon, P.E., Shafiqullah, M., Roldán, Q.J., y Cocheme, J.J., 1983, El Batolito Laramide (90-40 Ma) de Sonora: *Guadalajara, Jal., Convención Nacional 15, A.I.M.M.G.M., Memorias Técnicas*, p. 63-95.
- Damborenea, S.E., and González-León, C.M., 1997, Late Triassic and Early Jurassic Bivalves from Sonora, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 14, núm. 2, p. 178-201.
- Eells, J.L., 1972, Geology of the Sierra La Berruga, northwestern Sonora, Mexico: *San Diego, California State University, M.S. thesis*, 77p.
- Fries, C., 1962, Reseña de la geología del estado de Sonora, con énfasis en el Paleozoico: *Asociación mexicana de Geólogos Petroleros Boletín*, v.14, p. 257-273.
- Gamper, M.A., y Longoria, J., 1979, Sobre la ocurrencia de estromatolitos en la secuencia Precámbrica del Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW de Sonora: *Universidad de Sonora, Departamento de Geología Boletín*, v.1, p. 95-104.

- Gehrels, G.E., and Stewart, J.H., 1998, Detrital zircon U-Pb geochronology of Cambrian to Triassic miogeosinclinal and eugeosinclinal strata of Sonora, Mexico: *Journal of Geophysical Research, B, Solid Earth and Planets*, 103(2), p. 2471-2487.
- González-León, C.M., 1997, Sequence stratigraphy and paleogeographic setting of the Antimonio Formation (Late Permian-Early Jurassic), Sonora, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 14, p. 136-148.
- González-León, C.M., McIntoch, W.C., Lozano-Santacruz, R., Valencia-Moreno, M., Amaya-Martínez, R., and Rodríguez-Castañeda, J.L., 2000, Cretaceous and Tertiary sedimentary, magmatic, and tectonic evolution of north-central Sonora (Arizpe and Bacanuchi Quadrangles), northwestern Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v.12, núm. 4, p. 600-610.
- Hardy, R.L., 1981, Geology of central Sierra de Santa Rosa Sonora, Mexico: *Geology of Northwestern Mexico and Southern Arizona; Description of field trips prepared for the Geological Society of America, Cordilleran Section 1981 annual meeting, held in Hermosillo, Sonora, Mexico, march 21-30, and sponsored by the Instituto de Geología UNAM and Universidad de Sonora*, p. 73-98.
- INEGI, 1981, Carta fisiográfica Tijuana, escala 1:1'000,000.
- , 1993, Carta topográfica LA CIENEGA H12A87, escala 1:50,000.
- , 1996, Carta topográfica SIERRITA PRIETA H12A88, escala 1:50,000.
- Iriondo, A., 2001, Proterozoic basements and their Laramide juxtaposition in NW Sonora, Mexico: Tectonic constraints on the SW margin of Laurentia [PhD dissertation]: University of Colorado, 222p.

- Iriondo, A., Premo, W., Martínez-Torres, L.M., Budahn, J., Atkinson, W., Siems, D., and Guarás-Gonzalez, B., 2004, Isotopic, geochemical and temporal characterization of Proterozoic basement rocks in the Quitovac region, northwestern Sonora, Mexico: Implications for the reconstruction of the southwestern margin of Laurentia; *Geological Society of America Bulletin*, v. 116, p. 154-170.
- Jaworski, E., 1929, Eine Lias-faune aus Nordwest-Mexiko: *Abh. Sch. Paleon. Gesch.*, v. 48, 12p.
- Jones, D.L., Howell, D.G., Coney, P.J., and Monger, J.W., 1982, Recognition, character and analysis of tectonostratigraphic terranes in western North America: *Center of Academic Publications Japan Oji Seminar*, v. 20.
- Lara-Sánchez, J., y Gaona-Mota, M., 2008, Postulación del origen de los depósitos de Au de placer en el área de Trincheras, Sonora, México, empleando magnetometría y radiometría aérea: *Servicio Geológico Mexicano revista geociencia*, año 2, número 4, p. 34-44.
- Longoria, J., 1981, Geologic features of northwestern Sonora: *Geological Society of America, Cordilleran Section Annual meeting, Hermosillo, Sonora, Mexico, 1981, Proceedings*, p. 1-48.
- Lugo-Hubp, J., 1990, El Relieve de la República Mexicana: *UNAM-Inst. de Geología, Revista*, v.9, p. 82-111.
- Nourse, J.A., Premo, W.R., Iriondo, A., and Stahl, E.R., 2005, Contrasting Proterozoic basement complexes near the truncated margin of Laurentia, northwestern Sonora-Arizona international border region: *Geological Society of America Special Paper* 393, p. 123-182.

- Nyman, M.W., Karlstrom, K.E., Kirby, E., and Graubard, C.M., 1994, Mesoproterozoic contractional orogeny in western North America: evidence from ca. 1.4 Ga plutons: *Geology*, v.33, p. 901-904.
- Ortega-Rivera, M.A., 1997, Geochronological constraints on the thermal and tilting history of the Peninsular Ranges Batholith of Alta and Baja California: Tectonic implications for southwestern North America (Mexico): [Ph.D. Thesis] Queens University, Kingston, Ontario, Canada, 140p.
- Poulsen, K.H., Mortensen, J.K., and Walford, P.C., 2008, San Francisco gold deposit, Santa Ana region, Sonora, Mexico: Laramide orogenic, intrusion-related mineralization?: *Arizona Geological Society Digest* 22, p. 547-559.
- Ramírez-Valenzuela, M.E., 2007, Ambiente de depósito de la porción detrítica de la Formación La Cobriza, Mpio. de Trincheras [Tesis Licenciatura]: Universidad de Sonora, 39p.
- Ricalde-Moreno, O.S., 1994, Descripción anatómica de ejes vegetativos de palmeras fósiles del norte de México [Tesis Licenciatura]: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, 113p.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 2002, Tectónica Cretácica y Terciaria en la margen suroeste del Alto de Cananea, Sonora norte-central [Tesis Doctorado]: Universidad Nacional Autónoma de México, 217p.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1994, Geología del área del Teguachi, Estado de Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, U.N.A.M., Instituto de Geología, v.11, núm.1, p. 11-28.

- Rodríguez-Castañeda, J.L., y Anderson, T.H., 2010, El arco magmático jurásico en Sonora, México-distribución, edades y ambiente tectónico: in Calmus, Thierry, ed., Panorama de la geología de Sonora, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 11 8, cap. 5, p. 1-31.
- Roldán-Quintana, J.S.F., 2002, Caracterización geológico-geoquímica y evolución del arco magmático Mesozoico-Terciario entre San Carlos y Maycoba, sur de Sonora [Tesis Doctorado]: Universidad Nacional Autónoma de México, 185p.
- Roldán-Quintana, J.S.F., y McDowell, F.W., 1992, The Baucarit formation in the rio Yaqui area, Municipality of Onavas, Sonora. Geology and Mineral Resources of Northern Sierra Madre Occidental, Mexico. Guidebook for the 1992 Field Conference, El Paso Geological Society. P. 223-228.
- Romero, M.S., 1966, Informe de exploración de la zona A-33 Mina La Cobriza, Mpio de Trincheras, Sonora: Servicio Geológico Mexicano, Archivo Técnico, 8p.
- Servicio Geológico Mexicano, 2008, Carta Geológico-Minera estado de Sonora, escala 1:500,000.
- Silver, L.T., 1996, Petrogenetic implications of petrographic and geochemical zonations in the integrated Peninsular Ranges and Sonoran Batholiths: [Abstract] Geological Society of America, Abstracts with Programs, 92Annual Cordilleran Section, v. 28, núm. 5, p. 112.
- Smulikowski, W., Desmons, J., Fettes, D.J., Harte, B., Sassi, F.P., Schmid, R., 2003, Types, Grade and Facies of Metamorphism; Recommendations by

the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01.02.07, <http://www.bgs.ac.uk/scmr/products.html>, consulta: 24 de agosto de 2007.

Soto-Verdugo, L. del C., 2006, El zócalo ígneo-metamórfico Sierrita Prieta, Sonora norte central, México: características petrográficas, geoquímicas y geocronológicas [Tesis Licenciatura]: Universidad de Sonora, 113p.

Stewart, J.H., McMenamin, M., and Morales-Ramirez, J.M., 1984, Upper Proterozoic and Cambrian Rocks in the Caborca Region, Sonora, Mexico-Physical Stratigraphy, Biostratigraphy, Paleocurrent Studies, and Regional Relations: U.S. Geological Survey Professional Paper 1309, 36p.

Stewart, J.H., Poole, F.G., Ketner, K.B., Madrid, R.J., Roldán-Quintana, J., and Amaya-Martínez, R., 1990, Tectonics and stratigraphy of the Paleozoic and Triassic southern margin of North America, Sonora, Mexico: In Gehrels, G.E. and Spencer, J.E. (eds). Geologic excursions through the Sonoran Desert Region Arizona and Sonora: Tucson, Az., Arizona Geological Survey Special Paper 7, p. 183-202.

Stewart, J.H., Amaya-Martínez, R., and Palmer, A.R., 2002, Neoproterozoic and Cambrian strata of Sonora, Mexico; Rodinia supercontinent to Laurentian Cordilleran margin: Geological Society of America Special Paper, 365, p. 5-48.

Stewart, J.H., Gehrels, G.E., Barth, A.P., Link, P.K., Christie-Blick, N., and Wrucke, C.T., 2001, Detrital zircon provenance of Mesoproterozoic to Cambrian arenites in western United States and northwestern Mexico: Geological Society of America Bulletin, v.113, núm. 10, p. 1343-1356.

- Stewart, J.H., and Roldán-Quintana, J., 1991, Upper Triassic Barranca Group: Nonmarine and Shallow-marine rift-basin deposits of northwestern Mexico: Geological Society of America Special Paper, 254, p. 19-35.
- Stewart, J.H., Anderson, T.H., Haxel, G.B., Silver, L.T., and Wright, J.E., 1986, Late Triassic paleogeography of the southern Cordillera: the problem of a source for voluminous volcanic detritus in the Chinle Formation of the Colorado Plateau region: *Geology*, 14, p. 567-570.
- Stoyanow, A., 1942, Paleozoic paleogeography of Arizona: *Geological Society of America Bulletin*, v.53, núm.9, p.1255-1282.
- Tosdal, R.M., Haxel, G.B., and Wright, J.E., 1989, Jurassic geology of the Sonoran Desert region, southeastern California, and northernmost Sonora: Construction of a continental-margin magmatic arc, in Jenny, J.P., and Reynolds, S.J., eds., *Summary of Arizona Geology: Arizona Geological Society Digest 17*, (in press).
- Weber, R., Cevallos-Ferriz, S., López-Cortés, A., Olea-Franco, A., y Singer-Sochet, S., 1979, Los estromatolitos del Precámbrico Tardío de los alrededores de Caborca, estado de Sonora: *Universidad nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Revista*, v.3, núm.1, p. 9-23.

APÉNDICE A

APÉNDICE B

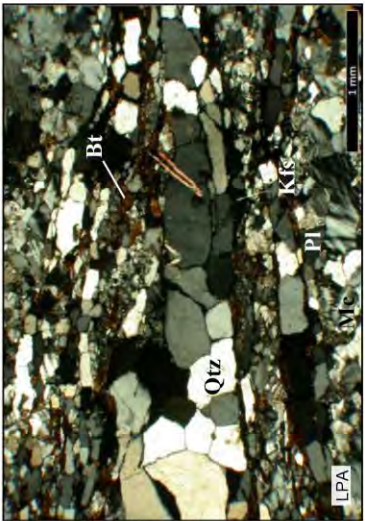
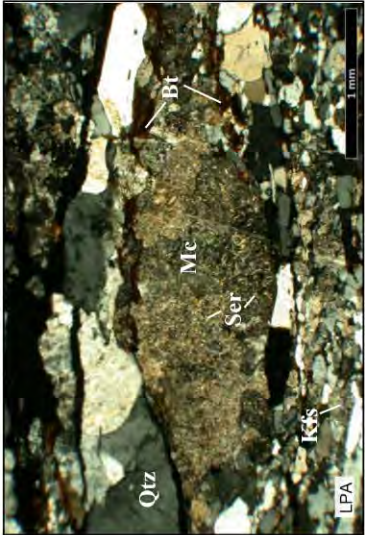
TABLA 1. RESUMEN PETROGRAFÍA

MUESTRA	X	Y	ESENCIALES	ACCESORIOS	SECUNDARIOS	ALTERACION	FABRICA	CLASIFICACION	ORIGEN	METAMORFISMO	FACIES	PROTOLITO
PSR-1	441504	332048	CUARZO MICROCLINA, ORTOCLASA, BIOTTA, PLAGIOCLASA	APATITO, ZIRCON	SERICITA, EPIDOTA	ARGILITIZACION	AUGEN GNEISICA	AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTTA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA	GRANITOIDE (POSIBLEMENTE GRANITO)
PSR-6	442936	3323542	MICROCLINA, CUARZO, PLAGIOCLASA	BIOTTA, MUSCOVITA, MIN. OPACOS	SERICITA, MIN. ARCILLOSOS, HEMATITA	ARGILITIZACION	EQUIGRANULAR-IPIDIOMORFICA A PORFIDICA	GRANITO	ROCA IGNEA INTRUSIVA			
PSR-7	444561	3319846	MICROCLINA, CUARZO, ORTOCLASA, BIOTTA, PLAGIOCLASA	APATITO, ZIRCON	SERICITA, ILITA, HEMATITA, CLORITA	ARGILITIZACION, CLORITIZACION	GNEISICA	GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTTA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA	GRANITOIDE
PSR-8	445042	3320129	FRAGMENTOS DE ROCA, CUARZO		HEMATITA		CLASTICA	BRECHA SEDIMENTARIA DOLOMITICA	SEDIMENTARIO			
PSR-9	445884	3321232	ANALCIMA, NEFELINA, OLIVINO	SANDINO, FLOGOPITA, MAGNETITA, FLUORITA, APATITO	IDONGITA, HEMATITA	IDONGITIZACION	SUBOFITICA A OFITICA-PORFIDICA	BASALTO DE OLIVINO	ROCA IGNEA EXTRUSIVA			
PSR-12	447153	3321515	CUARZO, PLAGIOCLASA, MICROCLINA, ORTOCLASA	BIOTTA, MUSCOVITA, ZIRCON, APATITO	MIN. ARCILLOSOS, SERICITA, CLORITA	ARGILITIZACION, CLORITIZACION	AUGEN GNEISICA	AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTTA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA	POSIBLE GRANITO PORFIDICO
PSR-13	446428	3322283	HORNBLENDA, PLAGIOCLASA	CUARZO, MIN. OPACOS, ZIRCON, APATITO, EPIDOTA	SERICITA, ILITA, CALCITA, CLORITA	ARGILITIZACION	ESQUISTOSA	ORTO ANFIBOLITA ESQUISTOSA		REGIONAL	ANFIBOLITA	DIQUE IMAFICO
PSR-14	446882	3320056	CUARZO, ORTOCLASA, MICROCLINA, BIOTTA, PLAGIOCLASA	APATITO	MIN. ARCILLOSOS, SERICITA, HEMATITA	ARGILITIZACION, HEMATIZACION	GNEISICA	GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTTA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA	GRANITOIDE (POSIBLE GRANITO)
PSR-15	446070	3319549	CALCITA		CUARZO, MIN. ARCILLOSOS, HEMATITA		GRANOCLASTICA EQUIGRANULAR POLIGONAL VARIANDO A INEQUIGRANULAR	CALIZA RECRISTALIZADA (MARMOL)	ROCA VOLCANOSEDIMENTARIA			CALIZA
PSR-16	446070	3319550	CUARZO, ORTOCLASA	MUSCOVITA, MIN. OPACOS, ZIRCON	MIN. ARCILLOSOS, HEMATITA	ARGILITIZACION, HEMATIZACION	CLASTICA CON GRANOCLASIFICACION	TOBA ARENOSA (ARENISCA)	ROCA VOLCANOSEDIMENTARIA			
PSR-17	446071	3319550	FRAGMENTOS DE ROCA, VORIO	MIN. OPACOS	MIN. ARCILLOSOS, CALCITA, HEMATITA, SILICE	ARGILITIZACION, HEMATIZACION	CLASTICA	TOBA LITICA DE COMPOSICION ANDESITICA	ROCA IGNEA INTRUSIVA (DIQUE)			
PSR-19	442878	3323317	CUARZO, BIOTTA, ORTOCLASA, PLAGIOCLASA	GRANATE, ZIRCON, ESFENA	CLORITA	CLORITIZACION	AUGEN GNEISICA MILONITICA	AUGEN GNEIS DE CUARZO-BIOTTA-FELDESPATO Y GRANATE		REGIONAL	ANFIBOLITA	POSIBLE GRANITO PORFIDICO O SEDIMENTARIA PELITICA
PSR-20	442946	3323410	ORTOCLASA, PLAGIOCLASA, CUARZO, HORNBLENDA, PLAGIOCLASA, DIOPSIDA, HORNBLINA	BIOTTA, GRANATE	CALCITA, HEMATITA, CLORITA	CLORITIZACION, HEMATIZACION	HOLOCRISTALINA-IPIDIOMORFICA	GRANITO	ROCA IGNEA INTRUSIVA (DIQUE)			
PSR-21	440940	3331056	HORNBLENDA, PLAGIOCLASA, DIOPSIDA	MIN. OPACOS, ESFENA	ACTINOLITA, SERICITA, HEMATITA	CLORITIZACION, HEMATIZACION	GRANOFELSICA	ANFIBOLITA DE DIOPSIDA		REGIONAL Y CONTACTO	ANFIBOLITA	POSIBLE DIQUE IMAFICO
PSR-22	441630	3328695	MICROCLINA, PLAGIOCLASA, CUARZO	BIOTTA, MUSCOVITA, MIN. OPACOS, APATITO	MIN. ARCILLOSOS, CLORITA, HEMATITA	ARGILITIZACION, HEMATIZACION	EQUIGRANULAR-IPIDIOMORFICA A PORFIDICA	GRANITO	ROCA IGNEA INTRUSIVA			
PSR-23	438176	3333003	MICROCLINA, CUARZO, PLAGIOCLASA	APATITO, MIN. OPACOS	MIN. ARCILLOSOS, HEMATITA	ARGILITIZACION, HEMATIZACION	MOSACO, HOLOCRISTALINA, MICROPERITITICA	GRANITO DE FELDESPATO ALCALINO (PEGMATITA)	ROCA IGNEA INTRUSIVA			
PSR-25	438141	3323299	HORNBLENDA, PLAGIOCLASA, FELDESPATO, CUARZO	APATITO, MIN. OPACOS	CLORITA, MIN. ARCILLOSOS, SERICITA, EPIDOTA, HEMATITA	CLORITIZACION, OXIDACION, ARGILITIZACION, HEMATIZACION	ESQUISTOSA	ORTO ANFIBOLITA ESQUISTOSA		REGIONAL	ANFIBOLITA	POSIBLE DIQUE IMAFICO
PSR-26	438963	3332063	VORIO, CUARZO, PLAGIOCLASA		SILICE, MIN. ARCILLOSOS, CALCITA	SILICIFICACION, CARBONATACION	ESPERULITICA	RIOLITA	ROCA IGNEA EXTRUSIVA SILICIFICADA			
PSR-27	438426	3325125	CUARZO MICROCLINA, PLAGIOCLASA, BIOTTA, EPIDOTA	MAGNETITA, APATITO, ZIRCON, ESFENA	CLORITA, ILITA, SERICITA, HEMATITA	ARGILITIZACION, HEMATIZACION	AUGEN GNEISICA	AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTTA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA	GRANITOIDE
PSR-30	445867	3323526	CUARZO, MICROCLINA, MUSCOVITA, FELDESPATO, PLAGIOCLASA	GRANATE, MIN. OPACOS	ILITA, CLORITA	CLORITIZACION, HEMATIZACION	AUGEN ESQUISTOSA	AUGEN ESQUISTOS DE CUARZO-BIOTTA-FELDESPATO CON GRANATE		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES	ROCA SEDIMENTARIA PELITICA
PSR-31	445801	3323334	PLAGIOCLASA, CUARZO, FELDESPATO	MAGNETITA, ESFENA, APATITO, ZIRCON	EPIDOTA, BIOTTA, HEMATITA, MIN. ARCILLOSOS	ARGILITIZACION, HEMATIZACION	CLASTICA (SEDIMENTARIA), LIGERAMENTE ESQUISTOSA (METAMORFICA)	METAARENISCA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES	ROCA SEDIMENTARIA ARENISCA ARCOSICA
PSR-32	438695	3320552	CUARZO, FELDESPATO, BIOTTA	MIN. OPACOS, ZIRCON	CLORITA, SERICITA, ILITA, HEMATITA	CLORITIZACION, HEMATIZACION	ESQUISTOSA	AUGEN ESQUISTO DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTTA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES	ROCA SEDIMENTARIA PELITICA
PSR-33	439726	3320119	CUARZO, PLAGIOCLASA, MICROCLINA	BIOTTA, MIN. OPACOS, ZIRCON	CLORITA, SERICITA, ILITA, CALCITA, HEMATITA	CLORITIZACION, HEMATIZACION	AUGEN GNEISICA	AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTTA Y CLORITA		REGIONAL	ESQUISTOS VERDES	ROCA SEDIMENTARIA ARCILLO-ARENOSA

Delum: NAD 27

Muestra: PSR-1

Coordenadas UTM: 441504 E 3322048 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA DE COLOR GRIS CLARO VERDOSO, CON FABRICA GNEISICA MILONITICA. PRESENTA BANDAS PARALELAS Y ONDULADAS DE MINERALES CLAROS CON FELDESPATO Y CUARZO, Y BANDAS OSCURAS RICAS EN MICAS. ALGUNOS PORFIROCLASTOS DE FELDESPATO ESTAN ESTIRADOS Y APARENTAN ESTAR ROTADOS.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	30	1085	155	SUBHEDRAL		LOS BLASTOS SE OBSERVAN ALARGADOS. EN ALGUNAS PARTES SUS BORDES FORMAN PUNTOS TRIPLES. EXISTEN BLASTOS CON EXTINCIÓN ONDULANTE, CON INCLUSIONES DE APATITO. ALGUNAS BANDAS DE CUARZO CONTIENEN CRISTALES DE CUARZO FUERTEMENTE ALARGADOS.
	MICROCLINA	22	5000	155	SUBHEDRAL		EN MICROBLASTOS CON PREDOMINIO DE EXTINCIÓN ONDULANTE. CON MACLADO DE TIPO REJILLA PARCIALMENTE BORRADO. SE ENCUENTRA ASOCIADA EN SUS BORDES CON ORTOCLASA, PLAGIOCLASA, CUARZO Y MICA. SE OBSERVAN BANDAS DE AGREGADOS POLICRISTALINOS DE MICROCLINA, ORTOCLASA Y PLAGIOCLASA.
	ORTOCLASA	15	775	155	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN MICROBLASTOS, ASOCIADO EN SUS BORDES CON MICROCLINA, CUARZO Y MICA. ALTERÁNDOSE A SERICITA MICROCRISTALINA. LOS CRISTALES GRANDES DE FELDESPATO DESARROLLAN ESTRUCTURAS "CORE AND MANTLE".
	BIOTITA	15	620	78	SUBHEDRAL		EN MICROBLASTOS ALINEADOS SUBPARALELOS CON LAS BANDAS DE CUARZO Y FELDESPATO. TAMBIÉN SE OBSERVA RELLENANDO LOS ESPACIOS DEJADOS POR LOS CRISTALES DE CUARZO Y FELDESPATO.
	PLAGIOCLASA	12	775	155	SUBHEDRAL		EN MICROBLASTOS, PRESENTA SU MACLADO ACUÑADO.
Accesorios	APATITO	<1	30	15	EUHEDRAL		INCLUIDO EN EL CUARZO.
	ZIRCON	<1	30	15	SUBHEDRAL		INCLUIDO EN CUARZO Y FELDESPATO.
Secundarios	SERICITA	3	5	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACIÓN DE LOS FELDESPATOS.
	EPIDOTA	1	90	30	SUBHEDRAL		PISTACHITA, COMO PRODUCTO DE ALTERACIÓN DE LA PLAGIOCLASA.

Fábrica: AUGEN GNEISICA

Clasificación: AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTITA

Metamorfismo: REGIONAL

Facies: ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA

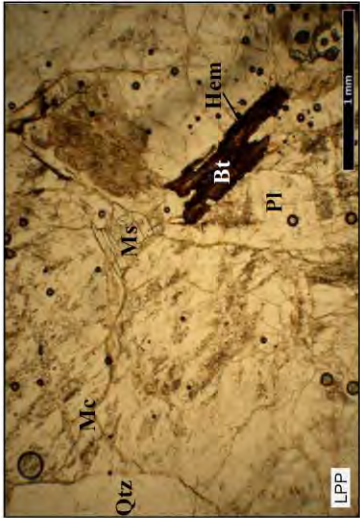
Protolito: GRANITOIDE (POSIBLEMENTE GRANITO)

Muestra: PSR-6

Coordenadas UTM: 442936 E 3323542 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA DE COLOR ROSACEO, CON TEXTURA FANERITICA DE GRANO MEDIO A GRUESO, PORFIDICA A FANERITICA. CONSTITUIDA DE CUARZO, FELDESPATO, MUSCOVITA, BIOTITA Y OXIDOS DE FIERRO.



Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	MICROCLINA	35	5000	1000	SUBHEDRAL		FENOCRISTALES DE MICROCLINA CON MACLADO EN ENREJADO. ASOCIADOS A TRAVES DE SUS BORDES CON PLAGIOCLASA Y CUARZO. ALGUNOS CRISTALES DE MICROCLINA PRESENTAN BANDAS DE EXSOLUCION DE PLAGIOCLASA CON MACLA POLISINTETICA. SE ALTERA A MINERALES ARCILLOSOS.
	CUARZO	28	5000	600	ANHEDRAL		EN FENOCRISTALES, ASOCIADO CON MICROCLINA Y PLAGIOCLASA.
	PLAGIOCLASA	22	3000	400	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	FORMANDO PARTE DEL MOSAICO DE LA ROCA. ASOCIADO CON MICROCLINA Y CUARZO. ALTERANDOSE A MINERALES ARCILLOSOS Y SERICITA, CON INCLUSIONES DE APATITO Y MINERALES OPACOS.
	BIOTITA	6	1000	200	SUBHEDRAL		DISPERSO EN EL MOSAICO DE LA ROCA. ALTERANDOSE PARCIALMENTE A HEMATITA A TRAVES DE SUS ZONAS DE DEBILIDAD. SE ASOCIA CON CRISTALES DE MUSCOVITA.
Accesorios	MUSCOVITA	5	800	100	SUBHEDRAL		DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA ASOCIADO EN LOS BORDES CON CRISTALES DE BIOTITA Y FELDESPATO.
	MIN. OPACOS	1	10	5	SUBHEDRAL		DISPERSOS EN LA MATRIZ DE LA ROCA E INCLUIDOS EN ALGUNOS CRISTALES DE PLAGIOCLASAS.
	SERICITA	1	5	2	ANHEDRAL		MICROCISTALINA REEMPLAZANDO A LA PLAGIOCLASA
	ARCILLA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE PLAGIOCLASA
Secundarios	HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE BIOTITA.

Fábrica EQUIGRANULAR-HIPIDIOMORFICA A PORFIDICA

Clasificación: GRANITO

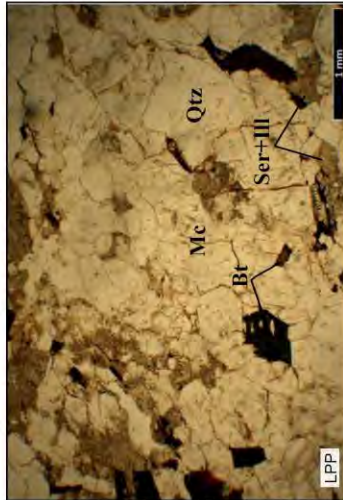
Origen: ROCA IGNEA INTRUSIVA.

Muestra: PSR-7

Coordenadas UTM: 444561 E 3319846 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA DE COLOR GRIS ROSADO CON TINTE VERDOSO, CON FABRICA GNEISICA. CONSTITUIDA DE CUARZO, FELDSPATO, MICAS Y ESCASOS OXIDOS DE FIERRO. LA MAYORIA DE LAS MICAS TIENEN ORIENTACION PREFERENCIAL.



Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	MICROCCLINA	28	1550	233	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBlastOS: PRESENTA MACLAS EN ENREJADO, ASOCIADA EN SUS BORDES CON PLAGIOCLASA Y CUARZO. LLEGA A PRESENTAR BANDAS DE EXSOLUCION CON PLAGIOCLASA.
	CUARZO	23	2480	155	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBlastOS ASOCIADOS EN SUS BORDES CON FELDSPATO, PLAGIOCLASA Y MICA FORMANDO UN MOSAICO. EN ALGUNAS PARTES LOS BLASTOS PRESENTAN UNA TEXTURA DE PUNTOS TRIPLES, Y DE INTERCRECIMIENTO MIRMEKITICA CON LA PLAGIOCLASA. PRESENTA BANDAS DE CUARZO MAL DESARROLLADAS..
	ORTOCLASA	17	2015	155	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN MICROFENOBlastOS, ASOCIADA EN SUS BORDES CON PLAGIOCLASA Y CUARZO. ALTERANDESE PARCIAL A TOTALMENTE A SERICITA E ILLITA.
	PLAGIOCLASA	16	2015	155	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	VARIEDAD OLIGOCCLASA-ANDESINA. EN MICROFENOBlastOS, PRESENTA MACLADO POLISINTETICO ACUÑANDESE HACIA LOS BORDES DEL MINERAL. LLEGA A FORMAR TEXTURA MIRMEKITICA DE INTERCRECIMIENTO CON CUARZO. ALTERANDESE A SERICITA E ILLITA.
	BIOTITA	8	1550	178	SUBHEDRAL	HEMATIZACION CLORITIZACION	EN MICROFENOBlastOS LIGERAMENTE ORIENTADA. RELLENANDO LOS ESPACIOS DEJADOS POR LOS BLASTOS DE CUARZO Y FELDSPATOS. Y EN MICROFRACTURAS. ALTERANDESE A HEMATITA Y CLORITA.
Accesorios	APATITO	<1	39	15	EUHEDRAL		INCLUIDO EN CUARZO
	ZIRCON	<1	30	10	SUBHEDRAL		INCLUIDO EN CUARZO Y FELDSPATO
Secundarios	SERICITA	2	5	1	ANHEDRAL		MICROCCLISTALINA REEMPLAZANDO A FELDSPATO Y PLAGIOCLASA
	ILLITA	2	5	1	ANHEDRAL		REEMPLAZANDO PARCIAL A TOTALMENTE A ORTOCLASA Y PLAGIOCLASA.
	HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LA BIOTITA.
	CLORITA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE LA BIOTITA.

Fabrica

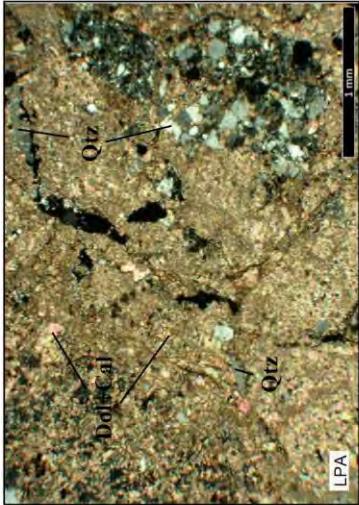
Clasificación: GNEIS DE CUARZO-FELDSPATO-BIOTITA
Metamorfismo: REGIONAL
Facies: ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA
Protolito: GRANITOIDE

Muestra: PSR-8

Coordenadas UTM: 445042 E 3320129 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA SEDIMENTARIA DE COLOR GRIS ROSADO, MASIVA, CON FRAGMENTOS DE ROCA SUBANGULOSOS DE TAMAÑOS VARIABLES DE CALIZA DOLOMITIZADA EN UNA MATRIZ DE LA MISMA COMPOSICION, CON ESCASOS OXIDOS DE FIERRO. TIENE APARIENCIA DE BRECHA.

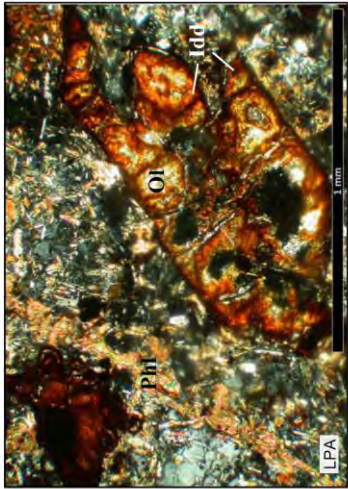


Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	FRAGMENTOS DE ROCA	40	3100	1550	SUBHEDRAL		DE BAJA ESFERICIDAD. PRESENTAN MATRIZ MICRITICA CON CALCIESFERAS DE ESPATITA, OTROS ESTAN CONSTITUIDOS POR CUARZO MICROCRISTALINO CEMENTADOS POR CALCITA Y ALGUNOS CON CUARZO Y DOLOMITA COMO CEMENTANTE.
	DOLOMITA	38	155	15	SUBHEDRAL		CEMENTANDO LOS FRAGMENTOS DE ROCA.
	CALCITA	10	155	15	SUBHEDRAL		COMO CEMENTANTE DE LOS FRAGMENTOS DE ROCA.
	CUARZO	10	233	78	SUBHEDRAL		EN MICROCRISTALES DE BAJA ESFERICIDAD DISPERSOS EN LA MATRIZ DE LA ROCA, Y RELLENANDO MICROFRACTURAS
Secundarios	HEMATITA	2	5	1	ANHEDRAL		DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA.
Fábrica:	CLASTICA						
Clasificación:	BRECHA SEDIMENTARIA DOLOMITICA						
Origen:	SEDIMENTARIO						

Muestra: PSR-9

Coordenadas UTM: 445884 E 3321232 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA VOLCANICA DE COLOR GRIS OSCURO CON PUNTOS ROJIZOS DISPERSOS EN LA ROCA, MASIVA, CON TEXTURA PORFIROAFANITICA, CONSTITUIDA DE FELDESPATO, OLIVINO Y MAGNETITA.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	ANALCIMA	18	305	153	SUBHEDRAL		EN MICROFENOCRISTALES, CON INCLUSIONES DE OLIVINO, FORMANDO UNA TEXTURA SUBOFITICA A OFITICA, TAMBIEN CON INCLUSIONES DE APATITO.
	NEFELINA	18	9000	1550	SUBHEDRAL		EN FENOCRISTALES, PRESENTA GRAN CANTIDAD DE INCLUSIONES DE OLIVINO, DANDO ORIGEN A UNA TEXTURA SUBOFITICA A OFITICA LLEGANDO EN ALGUNAS PARTES A SER ABIGARRADA, CON INCLUSIONES DE APATITO.
	OLIVINO	16	1000	30	SUBHEDRAL	IDDINGITIZACION	LOS MICROCRISTALES FORMANDO LA TEXTURA SUBOFITICA A OFITICA JUNTO CON EL FELDESPATOIDE QUE ES EL OIKOCRISTAL. LOS FENOCRISTALES SON DE FORMA TABULAR, SE ENCUENTRAN ALTERANDOSE PARCIAL A TOTALMENTE POR IDDINGITA ROJIZA EN LA PERIFERIA Y EN FRACTURAS.
Accesorios	SANIDINO	15	155	90	SUBHEDRAL		EN MICROCRISTALES FORMANDO PARTE DE LA MATRIZ DE LA ROCA, SE ASOCIA CON FELDESPATOIDES, PRESENTA SU CARACTERISTICO MICROFRACTURAMIENTO RELLENO POR HEMATITA.
	FLOGOPITA	9	427	122	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	MICROFENOCRISTALES DE FORMA LAMELAR, ASOCIADO EN SUS BORDES CON FELDESPATOIDES Y OLIVINO, ALTERANDOSE A HEMATITA.
	MAGNETITA	7	155	109	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	DISPERSA EN LA ROCA, ALTERANDOSE A HEMATITA.
	FLUORITA	5	155	15	SUBHEDRAL		EN MICROCRISTALES, ASOCIADA EN SUS BORDES CON MICA, NEFELINA Y OLIVINO.
Secundarios	APATITO	4	15	12	EUHEDRAL		INCLUIDO EN LA ANALCIMA Y NEFELINA.
	IDDINGITA, HEMATITA	8	5	1	ANHEDRAL		REEMPLAZANDO PARCIAL A TOTALMENTE LOS FENOCRISTALES DE OLIVINO, COMO ALTERACION DE MAGNETITA Y FLOGOPITA, RELLENANDO EL MICROFRACTURAMIENTO DE SANIDINO.

Fábrica: SUBOFITICA A OFITICA, PORFIDICA.
Clasificación: BASALTO DE OLIVINO
Origen: ROCA IGNEA EXTRUSIVA.

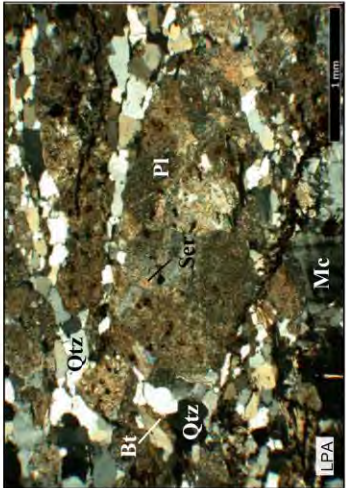
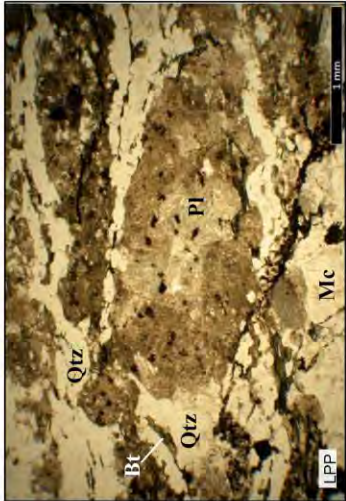
Muestra:

PSR-12

Coordenadas UTM: 447153 E 3321515 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA METAMORFICA DE COLOR GRIS VERDOSO CON MANCHAS ROSACEAS, CON FABRICA AUGEN-GNEISICA EN MATRIZ DE GRANO FINO, PRESENTA PORFIROBLASTOS DE FELDESPATO ROSA ORIENTADOS, ALARGADOS, DE UN TAMAÑO <2 CM, BANDAS DE CUARZO, EN UNA MATRIZ FOLIADA DE COLOR GRIS-VERDOSA COMPUESTA DE ABUNDANTE BIOTITA, CUARZO Y FELDESPATO.



Descripción Microscópica:

Especímenes	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	25	775	78	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBlastOS. LOS GRANOS SE OBSERVAN ALARGADOS Y RECRISTALIZADOS FORMANDO BANDAS DE CUARZO BIEN DESARROLLADAS RODEANDO A PORFIROBLASTOS DE FELDESPATO. ALGUNOS CRISTALES PRESENTAN MACLAS DE DEFORMACION Y UN ARREGLO EN TABLERO DE AJEDREZ. CONTIENE INCLUSIONES DE APATITO.
	PLAGIOCLASA	23	2500	155	SUBHEDRAL	SERICITIZACION	AUGEN POLICRISTALINOS Y ESCASAMENTE DISPERSA EN LA ROCA. PRESENTA MACLADO POLISINTETICO, CON EXTINCION ONDULANTE.
	MICROCLINA	20	800	155	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBlastOS. PRESENTA MACLAS BORRADAS EN ENREJADO, CON EXTINCION ONDULANTE; CRISTALES DEFORMADOS, ESTIRADOS Y CURVADOS.
	ORTOCLASA	10	2200	310	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN PORFIROBLASTOS "AUGEN" CON DESARROLLO DE SOMBRAS DE PRESION, RODEADOS POR BANDAS DE CUARZO Y MATRIZ MICACEA. ALGUNOS FRAGMENTOS DE FELDESPATO CONTIENEN PLAGIOCLASA EN FORMA DE FLAMAS (PERTITA). SE ENCUENTRA ALTERADA A MINERALES ARCILLOSOS Y SERICITA MICROCRISTALINA.
Accesorios	BIOTITA	9	233	78	SUBHEDRAL	CLORITIZACION	MICAS CON BANDAS DISCONTINUAS ASOCIADAS EN SUS BORDES CON CUARZO Y FELDESPATO. ALTERANDOSE A CLORITA.
	MUSCOVITA	3	155	15	SUBHEDRAL		ESCAMAMENTE DISPERSA EN LA ROCA.
	ZIRCON	<1	30	5	SUBHEDRAL		INCLUIDO EN CUARZO Y FELDESPATO.
	APATITO	<1	30	1	EUHEDRAL		INCLUIDO EN EL CUARZO.
Secundarios	ARCILLA	3	5	1	ANHEDRAL		COMO ALTERACION DE LA ORTOCLASA.
	SERICITA	3	10	5	SUBHEDRAL		COMO ALTERACION DE LA PLAGIOCLASA.
	CLORITA	2	5	1	ANHEDRAL		REEMPLAZANDO PARCIAL A TOTALMENTE A LA BIOTITA, ALGUNOS CRISTALES PRESENTAN EXTINCION ONDULANTE.

Fábrica: AUGEN GNEISICA

Clasificación: AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTITA

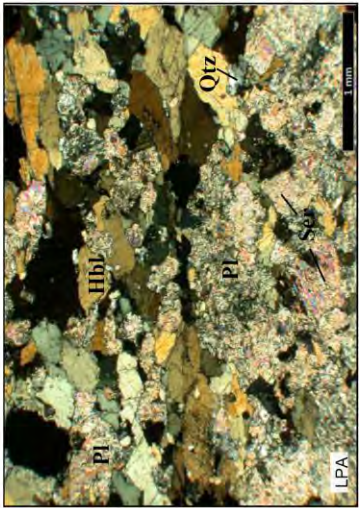
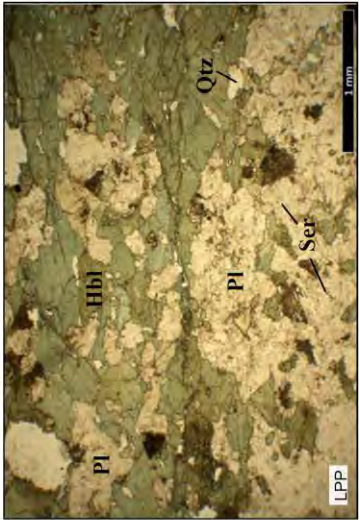
Metamorfismo: REGIONAL

Facies: ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA

Protolito: POSIBLE GRANITO PORFIDICO

Muestra: PSR-13

Coordenadas UTM: 446428 E 3322293 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA METAMORFICA CON BANDAS INTERCALADAS DE COLOR VERDE OSCURO-NEGRO Y BLANCO, CON FABRICA ESQUISTOSA, FOLIADA, CONSTITUIDA DE HORNBLENDA, PLAGIOCLASA Y ESCASO CUARZO.

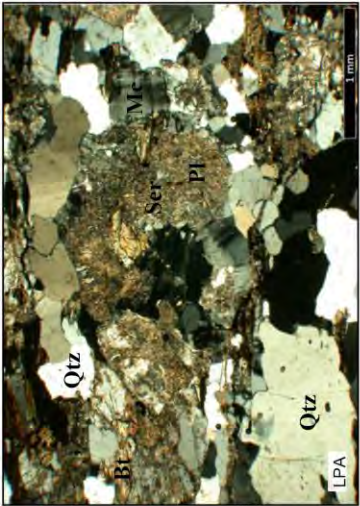
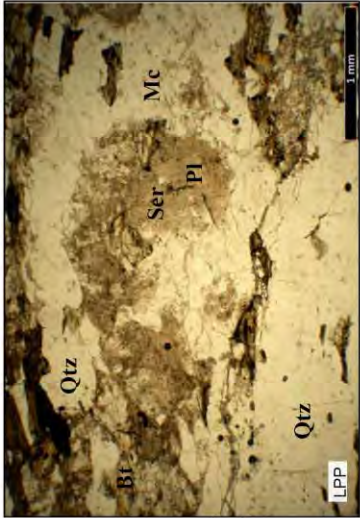
Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	HORNBLENDA	48	1550	155	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBLASTOS; EN ALGUNAS PARTES SE ENCUENTRA ASOCIADA EN SUS BORDES CON CUARZO Y PLAGIOCLASA. LA MAYORIA DE LOS CRISTALES SE ENCUENTRAN ORIENTADOS PREFERENCIALMENTE SEGUN LA FOLIACION. EXISTEN BLASTOS A LOS CUALES SE LES PUEDE OBSERVAR CLARAMENTE SU EXFOLIACION EN DOS DIRECCIONES. SE ALTERA A CLORITA.
	PLAGIOCLASA	30	310	155	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN MICROBLASTOS CON ORIENTACION PREFERENCIAL, ASOCIADA EN SUS BORDES CON HORNBLENDA Y CUARZO; OCASIONALMENTE SE OBSERVAN MACLAS BORRADAS. ALTERANDOSE PARCIAL A TOTALMENTE A ILLITA Y SERICITA.
Accesorios	CUARZO	5	155	15	SUBHEDRAL		EN MICROBLASTOS FORMANDO LENTES, SE ASOCIA CON PLAGIOCLASA. PRESENTA EXTINCION RECTA Y ONDULANTE.
	MIN. OPACOS	<1	150	70	SUBHEDRAL		DISPERSOS EN LA ROCA
	ZIRCON	<1	30	20	SUBHEDRAL		DISPERSO EN LA ROCA
	APATITO	<1	50	20	SUBHEDRAL		DISPERSO EN LA ROCA
	EPIDOTA	<1	100	50	SUBHEDRAL		AMARILLA, AGLOMERADA
Secundarios	SERICITA	5	5	1	ANHEDRAL		REEMPLAZANDO PARCIAL A TOTALMENTE A LA PLAGIOCLASA.
	ILLITA	2	5	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LA PLAGIOCLASA.
	CALCITA	3	5	1	ANHEDRAL		RELLENANDO EL MICROFRACTURAMIENTO QUE PRESENTA LA ROCA.
	CLORITA	3	5	1	ANHEDRAL		COMO ALTERACION DE LA HORNBLENDA.

Fábrica: ESQUISTOSA
Clasificación: ORTO ANFIBOLITA ESQUISTOSA
Metamorfismo: REGIONAL
Facies: ANFIBOLITA
Protolito: DIQUE MAFICO

Muestra: PSR-14

Coordenadas UTM: 446082 E 3320056 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA METAMORFICA DE COLOR GRIS ROSACEO. CON FABRICA GNEISICA, CON FOLIACION LIGERAMENTE DESARROLLADA. CONSTITUIDA DE CUARZO, FELDESPATO Y MICA, CON ALGUNAS BANDAS DE CUARZO.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	28	2015	78	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBLASTOS. GRANOS ALARGADOS FORMANDO BANDAS DE CUARZO, EN ALGUNAS PARTES PRESENTAN TEXTURA CONSERTAL Y PUNTOS TRIPLES.
	ORTOCLASA	20	1550	115	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	SE ALTERA PARCIAL A TOTALMENTE A ARCILLA.
	MICROCLINA	18	775	115	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN MICROBLASTOS. PRESENTA MACLADO EN ENREJADO CON EXTINCION ONDULANTE, SE OBSERVA ALARGAMIENTO EN LOS CRISTALES EN FORMA DE LENTES.
	BIOTITA	13	1705	115	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	ALTERANDOSE A ARCILLA.
	PLAGIOCLASA	10	775	115	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN MICROFENOBLASTOS ORIENTADOS. SE ENCUENTRA FORMANDO HORIZONTES ALTERNADOS CON CUARZO Y FELDESPATOS. ALTERANDOSE A HEMATITA Y CLORITA. DE LA VARIEDAD ALBITA-OLIGOCLASA. ESCASAMENTE DISPERSA EN LA ROCA. SE OBSERVA SU MACLADO PARCIALMENTE BORRADO POR LA ALTERACION A SERICITA Y MINERALES ARCILLOSOS.
Accesorios	APATITO	<1	20	1	EUHEDRAL		INCLUIDO EN CUARZO
Secundarios	ARCILLAS	4	5	1	ACICULAR		REEMPLAZANDO PARCIAL A TOTALMENTE A FELDESPATOS Y PLAGIOCLASAS.
	SERICITA	4	5	1	ACICULAR		REEMPLAZANDO PARCIAL A TOTALMENTE A FELDESPATOS Y PLAGIOCLASAS.
	HEMATITA	2	5	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LAS MICAS.

Fábrica: GNEISICA
Clasificación: GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTITA.
Metamorfismo: REGIONAL
Facies: ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA
Protolito: GRANITOIDE (POSIBLE GRANITO)

Muestra: PSR-15

Coordenadas UTM: 446070 E 3319549 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA SEDIMENTARIA CARBONATADA DE COLOR CAFE GRISACEO, RECRISTALIZADA, ESTRATIFICADA. DE GRANO FINO-MEDIO CON VETILLAS DE CUARZO DE 2 mm DE ESPESOR.



Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CALCITA	86	3100	1550	SUBHEDRAL		EN FENOCRISTALES FORMANDO UN MOSAICO. DESPLIEGA EL CLIVAJE ROMBOHEDRAL; PRESENTA EXTINCIÓN ONDULANTE Y SIMETRICA, ALGUNOS CRISTALES PRESENTAN ZONEAMIENTO. SE ASOCIA CON CRISTALES DE CUARZO.
Secundarios	CUARZO	10	1860	155	SUBHEDRAL	SILICIFICACIÓN	EN MICROFENOCRISTALES. SE ENCUENTRA ASOCIADO EN SUS BORDES CON CALCITA. SUS BORDES SON RECTOS. SE OBSERVA CUARZO AUTIGENO E HIDROTHERMAL RELLENANDO VETILLAS, TOMANDO LA FORMA DEL CLIVAJE DE LA CALCITA.
	ARCILLA	2	5	1	ANHEDRAL		DISPERSA EN LA ROCA.
	HEMATITA	2	5	1	ANHEDRAL		DISPERSA EN LA ROCA.

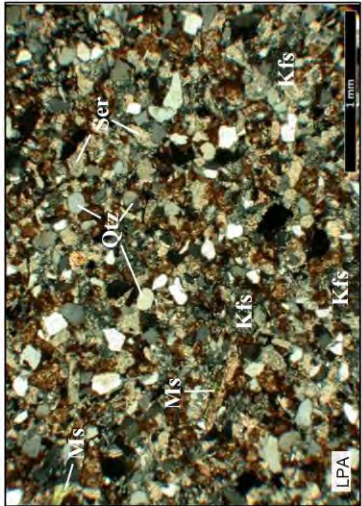
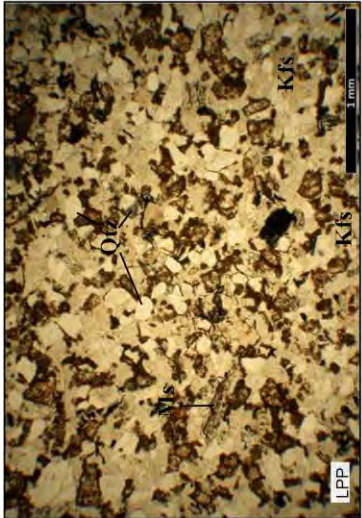
Fábrica: GRANOBLASTICA EQUIGRANULAR POLIGONAL VARIANDO A INEQUIGRANULAR.
Clasificación: CALIZA RECRISTALIZADA (MARMOL).
Protolito: CALIZA

Muestra: PSR-16

Coordenadas UTM: 446070 E 3319550 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA SEDIMENTARIA CLASTICA ESTRATIFICADA DE COLOR CAFE CLARO CON TINTE AMARILLENTO. DE GRANO FINO-MEDIO, CONSTITUIDA DE GRANOS ANGULOSOS A SUBANGULOSOS DE CUARZO, FELDESPATO, FRAGMENTOS DE ROCA Y MICAS.



Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	42	465	78	SUBHEDRAL		EN MICROCRISTALES DE BAJA ESFERICIDAD. ALGUNOS PRESENTAN SUS BORDES SUBREDONDEADOS, CON EXTINCIÓN RECTA Y ONDULANTE.
	ORTOCLASA	26	465	78	SUBHEDRAL	ARGILITIZACIÓN	EN MICROCRISTALES. ALTERÁNDOSE PARCIAL A TOTALMENTE A MINERALES ARCILLOSOS Y SERICITA.
Accesorios	MUSCOVITA	7	155	15	SUBHEDRAL		EN MICROCRISTALES DE FORMA LAMELAR. ASOCIADA EN SUS BORDES CON CUARZO Y FELDESPATO.
	MIN. OPACOS	3	155	78	SUBHEDRAL	HEMATIZACIÓN	DISPERSOS EN LA ROCA. ALTERÁNDOSE A HEMATITA.
	ZIRCON	<1	30	15	SUBHEDRAL		DISPERSO EN LA ROCA
Secundarios	ARCILLA	15	5	1	ANHEDRAL		DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA Y REEMPLAZANDO PARCIAL A TOTALMENTE AL FELDESPATO.
	HEMATITA	6	5	1	ANHEDRAL		COMO ALTERACIÓN DE LOS MINERALES OPACOS Y DISPERSA EN LA ROCA.

Fábrica: CLASTICA CON GRANOCLASIFICACION

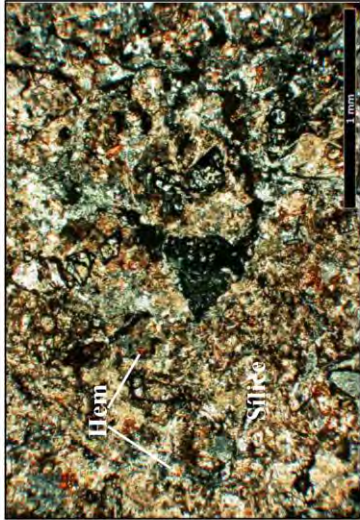
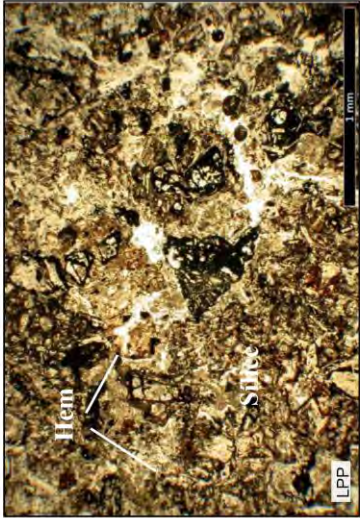
Clasificación: TOBA ARENOSA

Origen: ROCA VOLCANOSEDIMENTARIA

Muestra:

PSR-17

Coordenadas UTM: 446071 E 3319550 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA VOLCANICA CLASTICA DE COLOR CAFE MORADO, DE GRANO MEDIO, CONSTITUIDA DE GRANOS ANGULOSOS A SUBREDONDEADOS DE FELDSPATO, FRAGMENTOS DE ROCA Y OXIDOS DE FIERRO.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	FRAGMENTOS DE ROCA	35	930	155	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	DE ORIGEN IGNEO, COMPOSICION ANDESITICA, BAJA ESFERICIDAD Y TEXTURA MICROLITICA. SU MATRIZ SE ENCUENTRA HEMATIZADA. ALTERANDOSE A MINERALES ARCILLOSOS, SERICITA Y CALCITA.
Accesorios	VIDRIO	25	5	1	ANHEDRAL	ARGILITIZACION	FORMANDO LA MATRIZ DE LA ROCA. ALTERANDOSE A ARCILLA, CALCITA Y SILICE.
	MIN. OPACOS	5	155	30	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	DISPERSOS EN LA ROCA. ALTERANDOSE A HEMATITA.
Secundarios	ARCILLA	15	5	1	ANHEDRAL		REEMPLAZANDO LOS FRAGMENTOS DE ROCA Y MATRIZ VITREA DE LA ROCA.
	CALCITA	10	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE LA MATRIZ Y CRISTALES DE LOS FRAGMENTOS DE ROCA, CON ALGUNOS CRISTALES MACLADOS.
	HEMATITA	5	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE LA MATRIZ DE LOS FRAGMENTOS DE ROCA Y MINERALES OPACOS.
	SILICE	5	5	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LA MATRIZ DE LA ROCA.

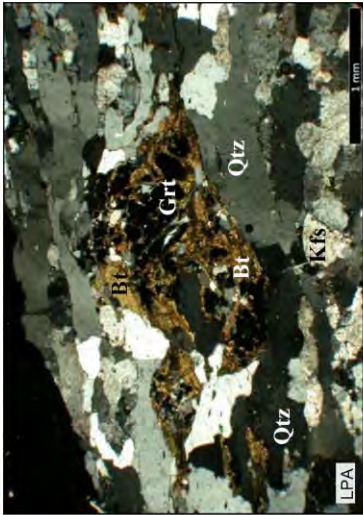
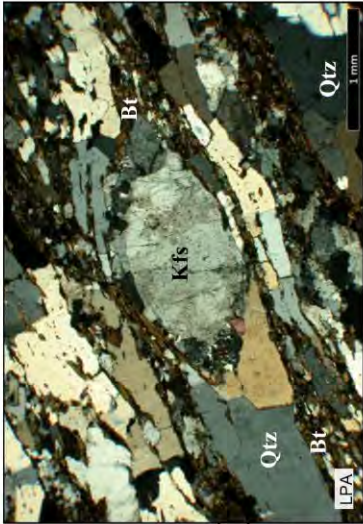
Fábrica: CLASTICA

Clasificación: TOBA LITICA DE COMPOSICION ANDESITICA

Origen: ROCA PIROCLASTICA VOLCANOSEDIMENTARIA

Muestra: PSR-19

Coordenadas UTM: 442878 E 3323317 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA METAMORFICA DE COLOR GRIS OSCURO CON BANDAS Y LENTES DE COLOR CLARO, CON FABRICA GNEISICA, CONSTITUIDA DE FELDESPATO, MICAS Y BANDAS DE CUARZO.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	30	1085	30	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBlastOS SE ENCUENTRAN ALARGADOS FORMANDO BANDAS DE CUARZO INTERCALADAS CON MICA ENVOLVIENDO A PORFIROBLASTOS DE FELDESPATO, PLAGIOCLASA Y GRANATE. EN ALGUNAS PARTES LOS BLASTOS PRESENTAN UNA TEXTURA CONSERVAL. ALGUNOS FENOBlastOS ESTAN EN FORMA DE "AUGEN".
	BIOTITA	22	775	30	SUBHEDRAL	CLORITIZACION	EN MICROFENOBlastOS ORIENTADOS, DE FORMA LAMELAR. SE ENCUENTRA FORMANDO PLANOS ALTERNANTES CON CUARZO Y FELDESPATOS. ALTERANDOSE A CLORITA.
	ORTOCLASA	20	1500	155	SUBHEDRAL		EN MICROFENOBlastOS ASOCIADOS EN SUS BORDES CON CUARZO Y PLAGIOCLASA; LOS BLASTOS SE ENCUENTRAN ALARGADOS Y FORMANDO BANDAS. LOS PORFIROBLASTOS "AUGEN" PRESENTAN EXTINCION ONDULANTE, SOMBRAS DE PRESION, RODEADOS POR BANDAS DE CUARZO Y MICA. SE OBSERVAN ESTRUCTURAS "CORE AND MANTLE".
	PLAGIOCLASA	15	620	155	SUBHEDRAL		DE LA VARIEDAD ALBITA-OLIGOCCLASA, EN MICROFENOBlastOS CON EXTINCION ONDULANTE. SU MACLADO POLISINTETICO ESTA PARCIALMENTE BORRADO POR LA RECRISTALIZACION. LIGERAMENTE ALTERADA A SERICITA.
Accesorios	GRANATE	5	155	15	SUBHEDRAL		LOS PORFIROBLASTOS DE GRANATE SE OBSERVAN FRACTURADOS, ESTIRADOS Y ROTADOS, CON RELLENO DE MICAS. CUARZO Y FELDESPATO EN LAS MICROFRACTURAS.
	ZIRCON	<1	25	10	EUHEDRAL		INCLUIDO EN CUARZO
	ESFENA	<1	30	15	EUHEDRAL		EN CONTACTO CON BIOTITA Y CUARZO
Secundarios	CLORITA	6	5	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LA BIOTITA

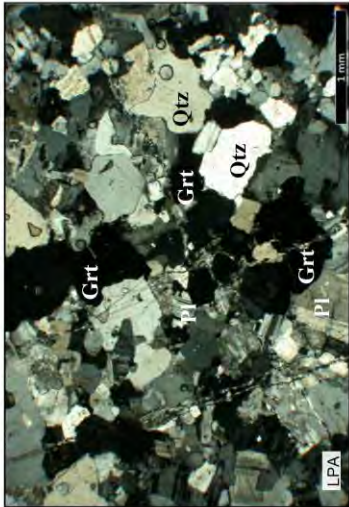
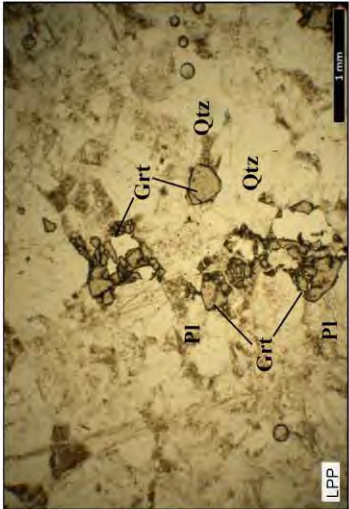
Fábrica: AUGEN GNEISICA MILONITICA
Clasificación: AUGEN GNEIS DE CUARZO-BIOTITA-FELDESPATO Y GRANATE
Metamorfismo: REGIONAL
Facies: ANFIBOLITA
Protolito: POSIBLE GRANITO HIPERALUMINOSO O SEDIMENTARIA PELITICA

Muestra: PSR-20

Coordenadas UTM: 442946 E 3323410 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA INTRUSIVA DE COLOR ROSADO, FANERITICA, CONSTITUIDA DE FELDSPATO, CUARZO, MICA, GRANATE COLOR MIEL-ROJIZO DISEMINADO DE TAMAÑO <1mm, MICROFRACTURAS RELLENAS CON CALCITA.



Descripción Microscópica:

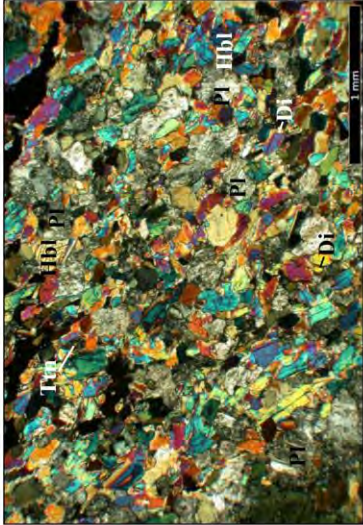
	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	ORTOCLASA	30	465	155	SUBHEDRAL		EN MICROFENOCRISTALES, ASOCIADA EN SUS BORDES CON CUARZO Y PLAGIOCLASA.
	PLAGIOCLASA	30	620	155	SUBHEDRAL		DE LA VARIEDAD OLIGOCLASA-ANDESINA. EN MICROFENOCRISTALES, ASOCIADA EN SUS BORDES CON ORTOCLASA Y CUARZO; FORMANDO UN MOSAICO. PRESENTA SU MACLADO POLISINTETICO CARACTERISTICO.
	CUARZO	10	465	155	SUBHEDRAL		EN MICROFENOCRISTALES ESCASAMENTE DISPERSOS EN LA ROCA, ASOCIADO EN SU BORDES CON ORTOCLASA Y PLAGIOCLASA. Y EN MICROCRISTALES CON EXTINCION ONDULANTE RELLENANDO MICROFRACTURAS.
Accesorios	MICROCLINA	5	465	155	SUBHEDRAL		ESCASAMENTE DISPERSA EN LA ROCA. EN MICROFENOCRISTALES.
	BIOTITA	7	78	15	SUBHEDRAL	CLORITIZACION HEMATIZACION	EN MICROCRISTALES, ESCASAMENTE DISPERSA EN LA ROCA, ALTERANDOSE A HEMATITA Y CLORITA.
	GRANATE	7	697	233	SUBHEDRAL		DISPERSO EN LA ROCA. EN MICROFENOCRISTALES, ASOCIADO EN SUS BORDES CON CUARZO, PLAGIOCLASA Y ORTOCLASA.
Secundarios	CALCITA	6	5	1	ANHEDRAL		EN VETILLAS RELLENANDO MICROFRACTURAS.
	HEMATITA	3	5	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LA BIOTITA
	CLORITA	2	78	15	SUBHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LA BIOTITA
Fábrica:	HOLOCRISTALINA, HIPIDIOMORFICA.						
Clasificación:	GRANITO						
Origen:	ROCA IGNEA INTRUSIVA (DIQUE).						

Muestra: PSR-21

Coordenadas UTM: 440940 E 3331056 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA METAMORFICA DE COLOR VERDE OSCURO, FANERITICA, DE GRANO MEDIO, CONSTITUIDA DE HORNBLENDA Y PLAGIOCLASA.



Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	HORNBLENDA	65	1800	50	SUBHEDRAL	CLORITIZACION	FORMANDO GRAN PARTE DEL MOSAICO DE LA ROCA ALTERANDOSE A ACTINOLITA. LOS CRISTALES FORMAN UNA TEXTURA DE MOSAICO HIPIDIOMORFICA. LA MAYORIA DE LOS CRISTALES PRESENTAN SU EXFOLIACION EN DOS DIRECCIONES BIEN DEFINIDAS.
	PLAGIOCLASA	16	800	100	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	DE LA VARIEDAD OLIGOCCLASA-ANDESINA CON MACLAS BORRADAS, DISPERSOS EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ALTERANDOSE PARCIAL A TOTALMENTE A SERICITA.
	DIOPSIDA	10	600	50	SUBHEDRAL		DISPERSA EN LA ROCA.
Accesorios	MIN. OPACOS	1	200	10	ANHEDRAL	HEMATIZACION	DISPERSOS EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ALTERANDOSE A TRAVES DE SUS BORDES A HEMATITA.
	ESFENA	<1	150	50	SUBHEDRAL		DISPERSA EN LA ROCA.
Secundarios	ACTINOLITA	4	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE LA HORNBLENDA.
	SERICITA	2	5	1	ANHEDRAL	ARGILITIZACION	PRODUCTO DE ALTERACION DE LA PLAGIOCLASA.
	HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTRACION DE MINERALES OPACOS.

Fábrica: GRANOFELSICA

Clasificación: ANFIBOLITA DE DIOPSIDA

Metamorfismo: REGIONAL Y CONTACTO

Facies: ANFIBOLITA

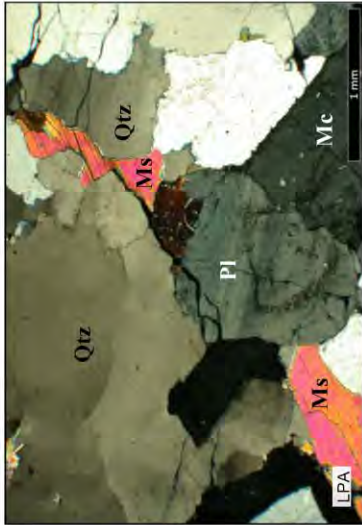
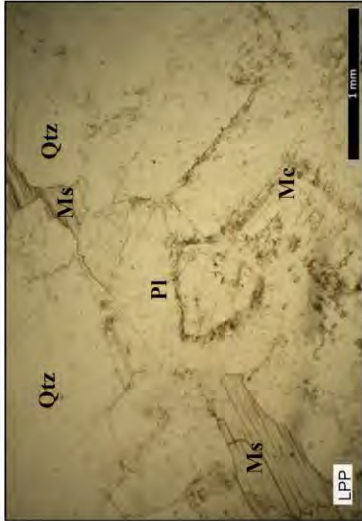
Protolito: POSIBLE DIQUE MAFICO

Muestra: PSR-22

Coordenadas UTM: 441630 E 3328695 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA INTRUSIVA DE COLOR BLANQUECINO, FANERITICA DE GRANO GRUESO, CONSTITUIDA DE FELDESPATO, CUARZO, BIOTITA, MUSCOVITA Y PLAGIOCLASA.



Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	MICROCLINA	35	5000	200	SUBHEDRAL		PRESENTA MACLAS EN ENREJADO, FORMANDO PARTE DEL MOSAICO DE LA ROCA, ASOCIADO A TRAVES DE SUS BORDES CON PLAGIOCLASA Y CUARZO. ALGUNOS CRISTALES PRESENTAN BANDAS DE EXOLUCION DE PLAGIOCLASA CON MACLA POLISINTETICA BORRADA. SE ALTERA PARCIALMENTE A MINERALES ARCILLOSOS DE LA VARIEDAD OLIGOCCLASA-ANDESINA, FORMANDO PARTE DEL MOSAICO DE LA ROCA, ASOCIADO CON MICROCLINA Y CUARZO, CON INCLUSIONES DE APATITO Y MINERALES OPACOS. SE ALTERA PARCIALMENTE A MINERALES ARCILLOSOS. EN FENOCRISTALES, ASOCIADO CON MICROCLINA Y PLAGIOCLASA, CON INCLUSIONES DE APATITO
Accesorios	BIOTITA	8	2000	100	SUBHEDRAL		DISPERSO EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ALTERANDOSE PARCIALMENTE A HEMATITA A TRAVES DE SUS ZONAS DE DEBILIDAD Y A CLORITA. SE ASOCIA CON CRISTALES DE MUSCOVITA.
	MUSCOVITA	7	3000	100	SUBHEDRAL		DISPERSOS EN LA MATRIZ DE LA ROCA ASOCIADO EN LOS BORDES CON CRISTALES DE BIOTITA Y FELDESPATO.
	MIN. OPACOS	2	8	2	ANHEDRAL		DISPERSOS EN LA MATRIZ DE LA ROCA E INCLUIDOS EN ALGUNOS CRISTALES DE PLAGIOCLASAS.
	APATITO	<1	50	10	EUHEDRAL		EN MICROCRISTALES, INCLUIDOS EN CRISTALES DE CUARZO Y PLAGIOCLASA.
Secundarios	ARCILLA	2	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE PLAGIOCLASA.
	CLORITA	1	500	100	SUBHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE LA BIOTITA
	HEMATITA	<1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE BIOTITA.

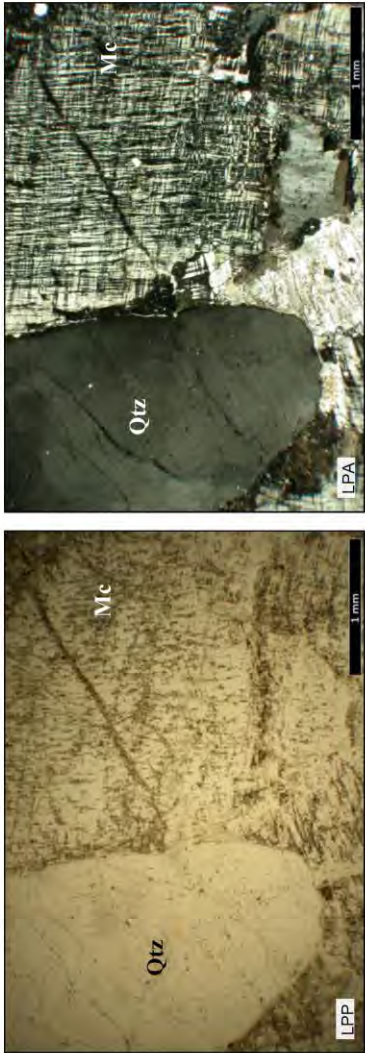
Fábrica: EQUIGRANULAR-HIPIDIOMORFICA A PORFIDICA
Clasificación: GRANITO
Origen: ROCA IGNEA INTRUSIVA.

Muestra: PSR-23

Coordenadas UTM: 438176 E 3333003 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA INTRUSIVA DE COLOR ROSADO, FANERITICA, PEGMATITICA, DE GRANO MUY GRUESO, CONSTITUIDA DE FELDSPATO Y CUARZO.



Descripción Microscópica:

		Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
				Máximo	Mínimo			
Esenciales		MICROCLINA	45	6000	500	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN FENOCRISTALES CON TENDENCIA A FORMAR UNA TEXTURA MICROPERTITICA. CON INCLUSIONES DE APATITO, ASOCIANDOSE CON CUARZO Y PLAGIOCLASA. SE ALTERA PARCIALMENTE A MINERALES ARCILLOSOS.
		CUARZO	40	8000	20	SUBHEDRAL		FORMANDO EL MOSAICO DE LA ROCA, ASOCIADO CON MICROCLINA, CON INCLUSIONES DE APATITO.
		PLAGIOCLASA	10	500	100	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	DE LA VARIEDAD ALBITA-OLIGOCLASA, DISPERSO EN EL MOSAICO DE LA ROCA, FORMANDO UNA TEXTURA MICROPERTITICA CON LA MICROCLINA. SE ALTERA PARCIALMENTE A MINERALES ARCILLOSOS.
Accesorios		APATITO	<1	30	5	SUBHEDRAL		EN MICROCRISTALES INCLUIDOS EN CRISTALES DE MICROCLINA Y CUARZO.
		MIN. OPACOS	<1	100	10	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	DISPERSO EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ALTERANDOSE EN SUS BORDES A HEMATITA.
Secundarios		ARCILLA	2	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE PLAGIOCLASA Y MICROCLINA.
		HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE MINERALES OPACOS.
Microtextura:		MOAICO, HOLOCISTALINO, MICROPERTITICA.						
Clasificación:		GRANITO DE FELDESPATO ALCALINO (PEGMATITA).						
Origen:		ROCA IGNEA INTRUSIVA.						

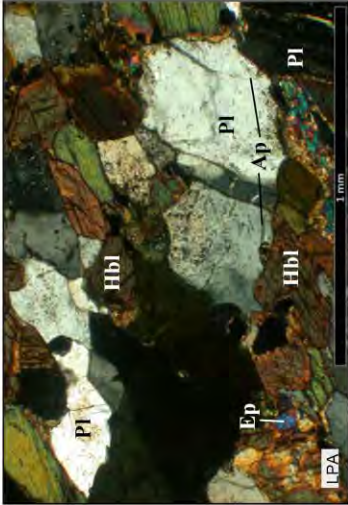
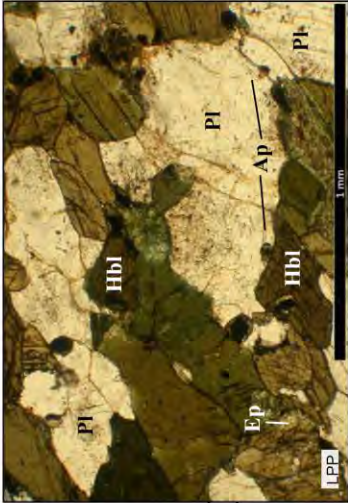
Muestra:

PSR-25

Coordenadas UTM: 438141 E 3332999 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA INTRUSIVA DE COLOR VERDE OSCURO CON MANCHAS BLANCAS, CON FABRICA ESQUISTOSA, FOLIADA, DE GRANO FINO, CONSTITUIDA DE HORNBLENDA, PLAGIOCLASA Y ESCASO CUARZO.



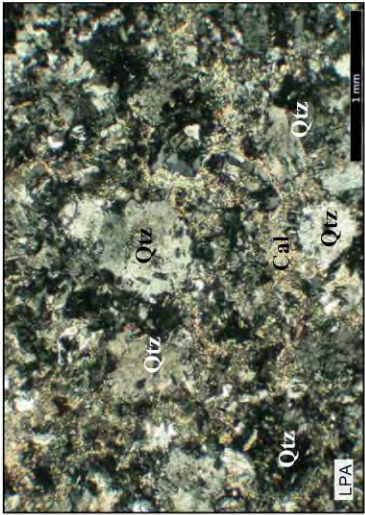
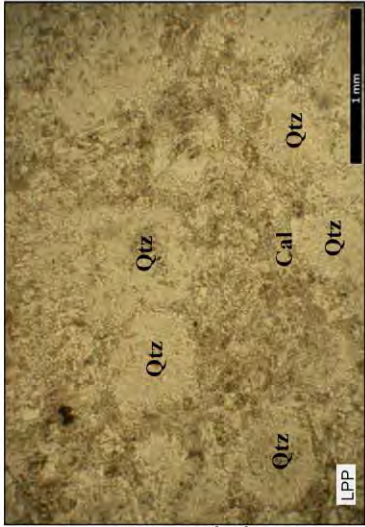
Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	HORNBLENDA	40	1200	100	SUBHEDRAL	CLORITIZACION OXIDACION	EN FENOCRISTALES FORMANDO PARTE DEL MOSAICO DE LA ROCA, ASOCIANDOSE CON CRISTALES DE PLAGIOCLASA, FELDESPATO Y CUARZO. LA MAYORIA DE LOS CRISTALES SE ENCUENTRAN ORIENTADOS PREFERENCIALMENTE. SE ALTERA PARCIAL A TOTALMENTE A HEMATITA. CLORITA Y EPIDOTA A TRAVES DE SUS PLANOS DE CRUCERO. CRISTALES SUTURADOS FORMANDO PUNTOS TRIPLES.
	PLAGIOCLASA	23	800	100	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	DE LA VARIEDAD ALBITA-OLIGOCLASA, ASOCIANDOSE CON CUARZO, FELDESPATO Y ANFIBOL, ALTERANDOSE A TRAVES DE SUS PLANOS DE DEBILIDAD A MINERALES ARCILLOSOS Y SERICITA. LAS MACLAS POLISINTETICAS PARCIALMENTE BORRADAS. PRESENTA INCLUSIONES DE APATITO.
	FELDESPATO	10	1200	100	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	DISPERSO EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ASOCIANDOSE EN SUS BORDES CON PLAGIOCLASA, CUARZO Y ANFIBOL. ALTERANDOSE A TRAVES DE SUS PLANOS DE DEBILIDAD A MINERALES ARCILLOSOS Y SERICITA. CON INCLUSIONES DE APATITO.
	CUARZO	10	800	100	SUBHEDRAL		DISPERSO EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ASOCIANDOSE CON PLAGIOCLASA, FELDESPATO Y ANFIBOL. CON INCLUSIONES DE APATITO. ALGUNOS CRISTALES SE ENCUENTRAN ELONGADOS.
Accesorios	APATITO	1	50	5	EUHEDRAL		EN MICROCRISTALES INCLUIDOS EN CUARZO, FELDESPATO Y PLAGIOCLASA.
	MIN. OPACOS	2	300	10	ANHEDRAL	HEMATIZACION	DISPERSOS EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ALTERANDOSE A HEMATITA.
Secundarios	CLORITA	8	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE LA HORNBLENDA.
	ARCILLA	2	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE FELDESPATO Y PLAGIOCLASA.
	SERICITA	2	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE FELDESPATO Y PLAGIOCLASA.
	EPIDOTA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE LA HORNBLENDA.
	HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE MINERALES OPACOS Y ANFIBOL.

Fábrica: ESQUISTOSA
Clasificación: ORTO ANFIBOLITA ESQUISTOSA
Metamorfismo: REGIONAL
Facies: ANFIBOLITA
Protolito: POSIBLE DIQUE MAFICO

Muestra: PSR-26

Coordenadas UTM: 436963 E 3332063 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA VOLCANICA DE COLOR GRIS, PORFIDICA CON MATRIZ AFANITICA, COMPUESTA DE FELDESPATO Y OJOS DE CUARZO EN MATRIZ MUY FINA DE LA MISMA COMPOSICION. SE ENCUENTRA SILICIFICADA; CON OXIDOS DE FIERRO.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	VIDRIO	20	3	1	ANHEDRAL	SILICIFICACION	FORMANDO PARTE DE LA MATRIZ DE LA ROCA, ALTERANDOSE A SILICE MICROCRISTALINO, FORMANDOSE MASAS RADIALES CONCENTRICAS DE CRISTALES FIBROSOS (ESFERULITAS).
	CUARZO	12	70	40	ANHEDRAL		EN MICROCRISTALES ASOCIADO CON LOS CRISTALES DE PLAGIOCLASA, FORMANDO PARTE DE LA MESOSTASIS DE LA ROCA.
	PLAGIOCLASA	10	1500	10	SUBHEDRAL	CARBONATACION	LOS MICROCRISTALES SE ENCUENTRAN REEMPLAZADOS PARCIAL A TOTALMENTE POR CALCITA Y MINERALES ARCILLOSOS EN LOS PLANOS DE EXFOLIACION.
Secundarios	SILICE	45	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE DESVITRIFICACION DEL VIDRIO VOLCANICO, SE OBSERVA FORMANDO ESFERULITAS CON TAMAÑOS DE 80 A 120 MICRONES, SE ASOCIA CON FELDESPATOS. DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA Y COMO ALTERACION DE LAS PLAGIOCLASAS.
	ARCILLA	8	3	1	ANHEDRAL		
	CALCITA	5	6	1	ANHEDRAL		DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA REEMPLAZANDO A LA PLAGIOCLASA.

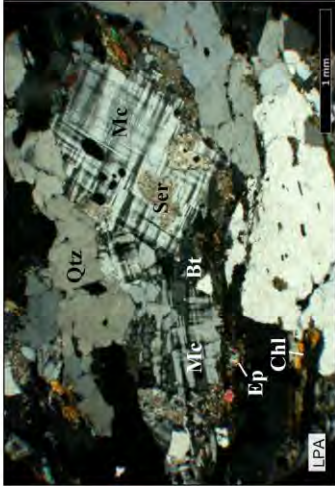
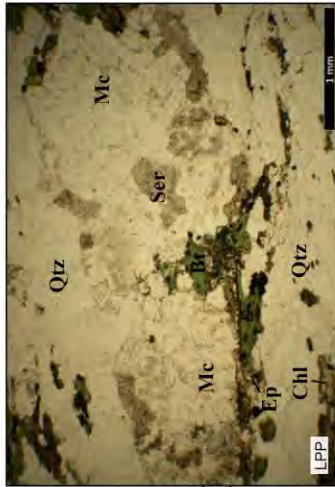
Fábrica: ESFERULITICA

Clasificación: RIOLITA SILICIFICADA.

Origen: ROCA IGNEA EXTRUSIVA.

Muestra: PSR-27

Coordenadas UTM: 439426 E 3325125 N
 Datum: NAD27
 Localidad: SIERRA SANTA ROSA
 Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA METAMÓRFICA DE COLOR VERDE CON MANCHAS BLANCAS. DE FABRICA AUGEN-GNEISICA, MILONITICA, COMPUESTA DE MEGACRISTALES DE FELDESPATO BLANCO GRISACEO QUE APARENTAN ESTAR ROTADOS, EN UNA MATRIZ FOLIADA COLOR VERDE COMPUESTA DE BIOTITA, CUARZO Y FELDESPATOS. PRESENTA BANDAS DE CUARZO Y FELDESPATO.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	28	2000	100	ANHEDRAL		LOS GRANOS SE OBSERVAN ALARGADOS Y RECRISTALIZADOS FORMANDO BANDAS DE CUARZO BIEN DESARROLLADAS, RODEANDO A PORFIROBLASTOS DE MICROCLINA Y PLAGIOCLASA. CONTIENE INCLUSIONES DE APATITO.
	MICROCLINA	15	200	100	ANHEDRAL		ASOCIÁNDOSE CON CRISTALES DE PLAGIOCLASA, BIOTITA Y EPIDOTA, CON INCLUSIONES DE APATITO. PRESENTA MACLAS EN ENREJADO PARCIALMENTE BORRADAS, INTERRUMPIDAS Y TERMINADAS EN PUNTA, CON EXTINCIÓN ONDULANTE; Y "AUGEN" ROTADOS CON DESARROLLO DE SOMBRAS DE PRESIÓN
	PLAGIOCLASA	15	5000	100	ANHEDRAL		ARGILITIZACIÓN DE LA VARIEDAD OLIGOCLASA-ANDESINA, ASOCIADO CON CRISTALES DE CUARZO, BIOTITA Y EPIDOTA. ALTERÁNDOSE TOTALMENTE A ILLITA Y SERICITA ENMASCARANDO EL MACLADO POLISINTÉTICO. LAS BANDAS DE EXOLUCIÓN CON FELDESPATO POTÁSICO DAN UN ASPECTO VETEADO AL MINERAL. SE OBSERVAN CRISTALES ROTADOS "AUGEN" CON DESARROLLO DE SOMBRAS DE PRESIÓN.
	BIOTITA	10	1000	200	EUHEDRAL		ASOCIADA CON EPIDOTA, CUARZO, PLAGIOCLASA Y FELDESPATO. ALTERÁNDOSE TOTALMENTE A CLORITA DE LA VARIEDAD PENNINITA, EN BANDAS ORIENTADAS.
	EPIDOTA	6	600	100	EUHEDRAL		DISPERSO EN LA MATRIZ DE LA ROCA, ASOCIÁNDOSE CON BIOTITA, CUARZO, FELDESPATO Y PLAGIOCLASA, Y COMO ALTERACIÓN DE PLAGIOCLASA.
Accesorios	MAGNETITA	3	200	10	SUBHEDRAL	HEMATIZACIÓN	DISPERSA EN LA ROCA, ALTERÁNDOSE EN SUS BORDES A HEMATITA.
	APATITO	2	150	5	SUBHEDRAL		EN MICROCRISTALES INCLUIDOS EN CRISTALES DE CUARZO Y FELDESPATO.
	ZIRCON	<1	100	50	ANHEDRAL		INCLUIDO EN MICROCLINA, PLAGIOCLASA Y CUARZO.
	ESFENA	<1	100	50	SUBHEDRAL		INCLUIDO EN PLAGIOCLASA.
	CLORITA	8	5	1	ANHEDRAL		DE LA VARIEDAD PENNINITA, PRODUCTO DE LA ALTERACIÓN DE BIOTITA.
Secundarios	ILLITA	5	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACIÓN DE LA PLAGIOCLASA.
	SERICITA	5	10	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACIÓN DE LA PLAGIOCLASA.
	HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACIÓN DE MINERALES OPACOS.

Fábrica: AUGEN GNEISICA

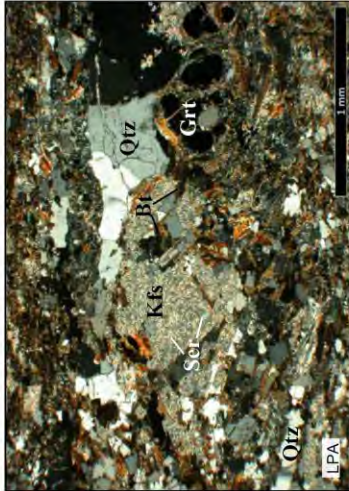
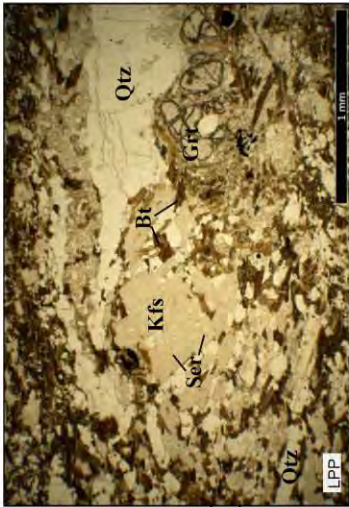
Clasificación: AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTITA
 Metamorfismo: REGIONAL
 Facies: ESQUISTOS VERDES-ANFIBOLITA
 Protolito: GRANITOIDE

Muestra: PSR-30

Coordenadas UTM: 445967 E 3323526 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA

Descripción Megascópica:

ROCA METAMORFICA DE COLOR GRIS CON MANCHAS BLANCAS, CON FABRICA PORFIROBLASTICA, MILONITICA, COMPUESTA DE CUARZO, MICA Y GRANATE. LOS PORFIROBLASTOS DE CUARZO Y GRANATE SE PUEDEN OBSERVAR ROTADOS.



Descripción Microscópica:

Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
		Máximo	Mínimo			
Esenciales						
BIOTITA	25	300	60	SUBHEDRAL	CLORITIZACION	LOS CRISTALES SE PRESENTAN ORIENTADOS DEFINIENDO LA ESQUISTOCIDAD DE LA ROCA Y SE AGRUPLAN FORMANDO BANDAS DE COLOR OSCURO QUE RODEAN A CRISTALES DE FELDESPATO, GRANATE Y CUARZO. LA BIOTITA SE ALTERA PARCIALMENTE A CLORITA.
CUARZO	25	600	150	SUBHEDRAL		EN MICRO Y PORFIDOBASTOS; LOS CRISTALES DE CUARZO SE OBSERVAN ESTIRADOS Y RECRISTALIZADOS FORMANDO BANDAS DELGADAS Y LENTES RODEANDO A PORFIDOBASTOS DE FELDESPATO Y GRANATE.
MUSCOVITA	15	200	100	SUBHEDRAL	CLORITIZACION	ASOCIADA CON BIOTITA DEFINIENDO LA ESQUISTOCIDAD QUE PRESENTA LA ROCA. SE ALTERA A CLORITA.
FELDESPATO	9	200	150	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN "AUGEN" CON DESARROLLO DE SOMBRAS DE PRESION RODEADOS POR BANDAS DE MICAS Y LENTES DE CUARZO FORMANDO ESTRUCTURAS "CORE AND MANTLE". LOS MICROFENOBASTOS ESTAN ASOCIADOS CON CUARZO; SE ALTERA A SERICITA.
PLAGIOCLASA	8	350	200	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN MICROFENOBASTOS CON MACLA POLISINTETICA PARCIALMENTE BORRADAS, LOS PORFIDOBASTOS DESARROLLAN SOMBRAS DE PRESION. SE ALTERA PARCIAL A TOTALMENTE A SERICITA.
Accesorios						
GRANATE	8	300	150	SUBHEDRAL		EN MICRO Y PORFIDOBASTOS DE LA VARIEDAD PIROPO, LOS CRISTALES PRESENTAN UNA ESTRUCTURA HELICITICA POCO DEFINIDA, EN UNA MATRIZ LAMELAR FORMADA POR LAS MICAS. LOS PORFIDOBASTOS SE OBSERVAN ROTADOS Y CON SOMBRAS DE PRESION.
Secundarios						
MIN. OPACOS	1	100	50	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	POSIBLE MAGNETITA DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA, ALTERANDOSE A HEMATITA.
SERICITA	5	3	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LOS FELDESPATOS.
CLORITA	4	6	1	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LAS MICAS.

Fábrica:

Clasificación: AUGEN ESQUISTOSO DE CUARZO-BIOTITA-FELDESPATO-MUSCOVITA CON GRANATE.

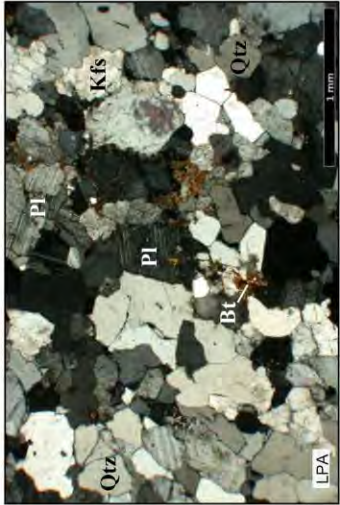
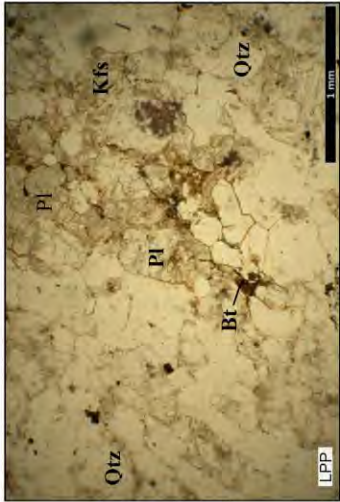
Metamorfismo: REGIONAL

Facies: ESQUISTOS VERDES

Protolito: ROCA SEDIMENTARIA PELITICA

Muestra: PSR-31

Coordenadas UTM: 445801 E 3323334 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA SEDIMENTARIA CLASTICA, METAMORFIZADA, DE COLOR GRIS CLARO, DEBILMENTE FOLIADA, DE GRANO FINO, COMPUESTA DE CUARZO, FELDESPATO Y MAGNETITA.

Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	PLAGIOCLASA	40	1000	100	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	DE LA VARIEDAD ALBITA-OLIGOCLASA CON LIMITE DE GRANO LIGERAMENTE SUTURADOS, ASOCIANDOSE CON CUARZO Y ESCASA ESFENA. ALGUNAS MACLAS SE OBSERVAN PARCIALMENTE BORRADAS CON TERMINACION EN PUNTAS; GRANOS CON MICROFRACTURAS. SE ALTERA PARCIALMENTE A MINERALES ARCILLOSOS Y A EPIDOTA, CON INCLUSIONES DE APATITO.
	CUARZO	35	1500	100	SUBHEDRAL		ASOCIANDOSE CON PLAGIOCLASA, FORMANDO EL MOSAICO DE LA ROCA CON LIMITES DE GRANO LIGERAMENTE SUTURADOS, CON INCLUSIONES DE APATITO.
	FELDESPATO	10	900	100	SUBHEDRAL		ASOCIANDOSE CON PLAGIOCLASA Y CUARZO, FORMANDO EL MOSAICO DE LA ROCA CON LIMITES DE GRANO LIGERAMENTE SUTURADOS.
Accesorios	MAGNETITA	4	300	10	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	DISPERSOS EN LA MATRIZ DE LA ROCA, INTERCRECIDA CON BIOTITA HIDROTHERMAL Y EPIDOTA.
	ESFENA	3	200	40	ANHEDRAL		DISPERSOS EN EL MOSAICO DE LA ROCA, ASOCIANDOSE EN SUS BORDES CON CUARZO, PLAGIOCLASA Y MINERALES OPACOS.
	APATITO	<1	50	5	EUHEDRAL		EN MICROCRISTALES, INCLUIDOS EN CRISTALES DE CUARZO Y PLAGIOCLASA.
	ZIRCON	<1	50	10	SUBHEDRAL		INCLUIDO EN PLAGIOCLASA Y CUARZO.
Secundarios	EPIDOTA	2	50	1	ANHEDRAL		PISTACHITA, DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA, ASOCIADO CON LOS ESCASOS CRISTALES DE ESFENA, Y REEMPLAZANDO A PLAGIOCLASA.
	BIOTITA	2	50	5	ANHEDRAL		HIDROTHERMAL INTRODUCIDA EN EL CONTACTO ENTRE LOS GRANOS DE CUARZO Y PLAGIOCLASA, CON EXTINCION MOTEADA, Y ALTERANDOSE A CLORITA.
	HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		DISPERSO EN LA ROCA, PRODUCTO DE ALTERACION DE MINERALES OPACOS Y PIROXENOS.
	ARCILLA	1	5	1	ANHEDRAL		PRODUCTO DE ALTERACION DE PLAGIOCLASA.

Fábrica: CLASTICA (SEDIMENTARIA), INEQUIGRANULAR LIGERAMENTE ESQUISTOSA (METAMORFICA)

Clasificación: METAARENISCA

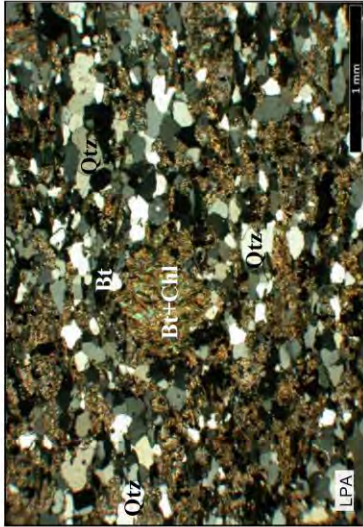
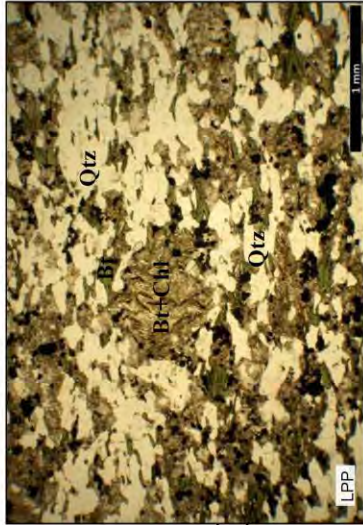
Metamorfismo: REGIONAL

Facies: ESQUISTOS VERDES

Protolito: ROCA SEDIMENTARIA CLASTICA (POSIBLEMENTE ARENISCA ARCOSICA).

Muestra: PSR-32

Coordenadas UTM: 439695 E 3320552 N
 Datum: NAD27
 Localidad: SIERRA SANTA ROSA
 Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA SEDIMENTARIA CLASTICA METAMORFIZADA DE FABRICA GRANOBLASTICA ORIENTADA, DE COLOR GRIS OSCURO, DE GRANO FINO, CONSTITUIDA DE CUARZO, FELDESPATO, BIOTITA Y OXIDOS DE FIERRO.

Descripción Microscópica:

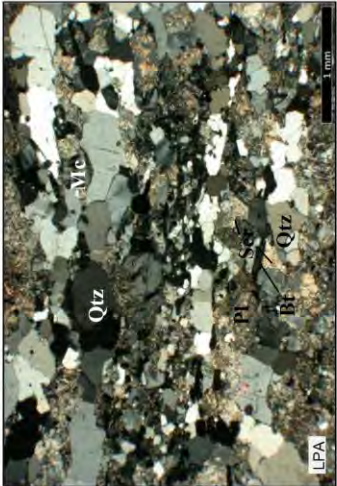
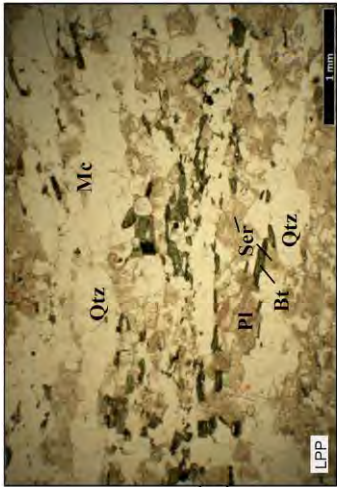
	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	40	250	60	ANHEDRAL		LOS CRISTALES SE OBSERVAN DISPERSOS, RECRISTALIZADOS Y ESTIRADOS FORMANDO LENTES DE CUARZO CON UNA ORIENTACION SUBPARALELA A LAS MICAS DEFINIENDO LA ESQUISTOCIDAD DE LA ROCA. ESTOS LENTES RODEAN A CRISTALES GRANDES DE FELDESPATO.
	FELDESPATO	32	350	200	SUBHEDRAL	ARGILITIZACION	EN MICROFENOCRIETALES DE PLAGIOCLASA Y MICROCLINA, SE ASOCIAN CON CUARZO Y ESTAN TOTAL A PARCIALMENTE ALTERADAS A ILLITA Y SERICITA. LOS FENOCRIETALES SE OBSERVAN RODEADOS POR LENTES DE CUARZO Y MICAS.
	BIOTITA	10	200	70	SUBHEDRAL	CLORITIZACION	LOS CRISTALES SE ASOCIAN CON CUARZO EN SUS BORDES Y TIENDEN A ORIENTARSE EN FORMA SUBPARALELA A LOS CRISTALES DE CUARZO. LA MAYORIA DE LOS CRISTALES PRESENTAN UN REEMPLAZAMIENTO PARCIAL A TOTAL POR CLORITA.
Accesorios	MIN. OPACOS	3	70	40	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	POSIBLE MAGNETITA EN LA MATRIZ DE LA ROCA, PRESENTA ALTERACION EN LOS BORDES A HEMATITA.
	ZIRCON	<1	50	30	SUBHEDRAL		ALGUNOS CRISTALES SE OBSERVAN REDONDEADOS.
Secundarios	CLORITA	7	60	10	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE LA BIOTITA.
	SERICITA	4	10	5	ANHEDRAL		COMO PRODUCTO DE ALTERACION DE FELDESPATO.
	ILLITA	2	3	1	ANHEDRAL		DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA.
	HEMATITA	1	5	1	ANHEDRAL		COMO ALTERACION DE LOS MINERALES OPACOS COMO MAGNETITA.

Fábrica:

ESQUISTOSA
 Clasificación: AUGEN ESQUISTO DE CUARZO-FELDESPATO-BIOTITA
 Metamorfismo: REGIONAL
 Facies: ESQUISTOS VERDES
 Protolito: ROCA SEDIMENTARIA PELITICA

Muestra: PSR-33

Coordenadas UTM: 439726 E 3320619 N
Datum: NAD27
Localidad: SIERRA SANTA ROSA
Estado: SONORA



Descripción Megascópica:

ROCA METAMORFICA DE COLOR GRIS VERDOSO DE FABRICA GNEISICA, COMPUESTA DE CUARZO, FELDSPATO Y MICAS. SE OBSERVAN BANDAS DE CUARZO.

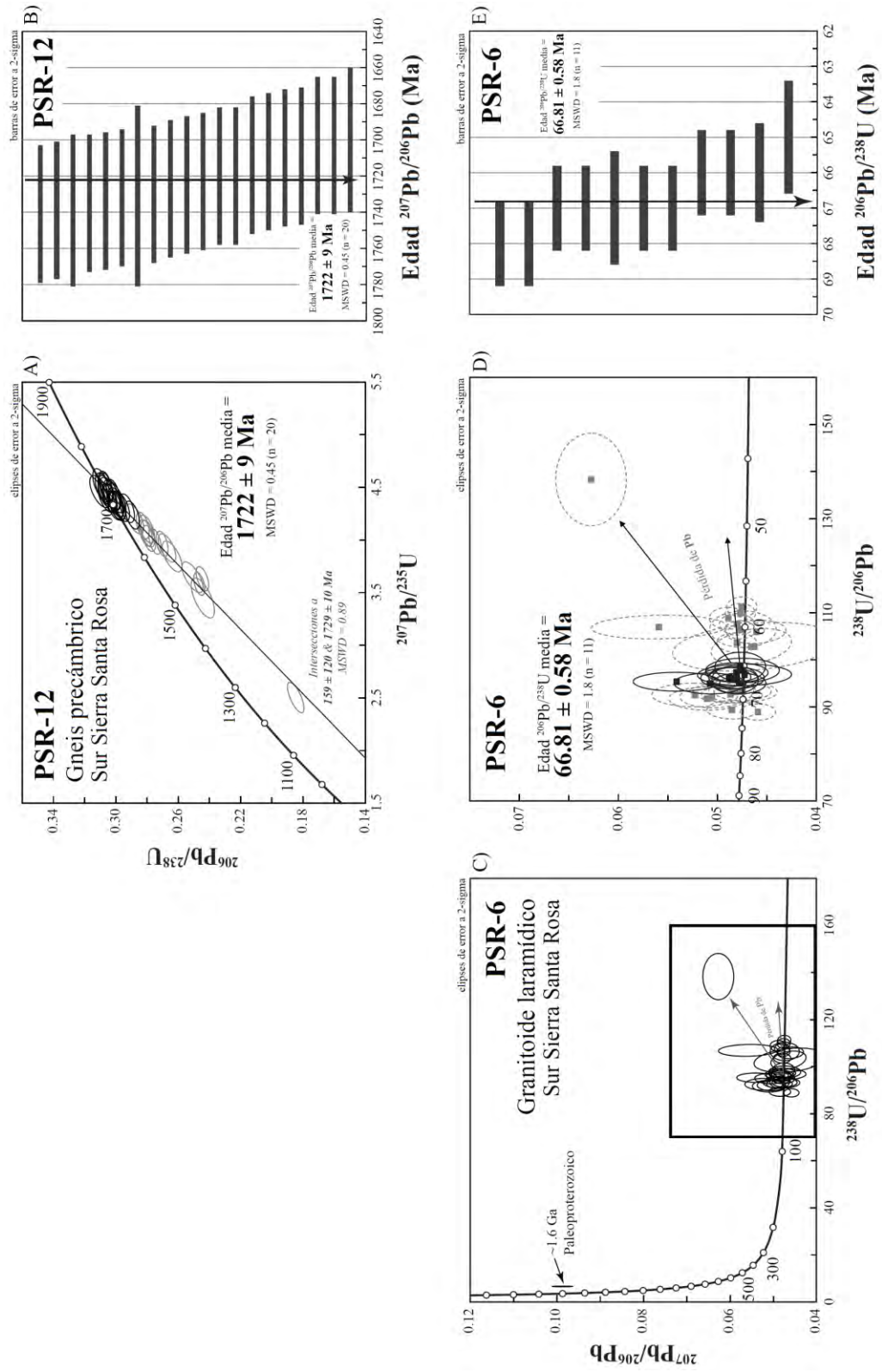
Descripción Microscópica:

	Mineral	Porcentaje	Tamaño en micras		Forma	Alteración	Características
			Máximo	Mínimo			
Esenciales	CUARZO	40	600	130	SUBHEDRAL		EL CUARZO PRESENTA RECRISTALIZACION Y ESTIRAMIENTO FORMANDO BANDAS Y LENTES MONO Y POLICRISTALINAS RODEANDO A PORFIROBLASTOS DE FELDSPATO. SERICITIZACION DE LA VARIEDAD ALBITA-OLIGOCLASA. EN MICRO Y FENOBLOSTOS ASOCIADOS CON CUARZO. LOS FENOBLOSTOS "AUGEN" PRESENTAN UNA ALTERACION A SERICITA, LLEGANDO A REEMPLAZAR A LA PLAGIOCLASA PARCIAL A TOTALMENTE. SE TIENEN ESTRUCTURAS "CORE AND MANTLE" CON SOMBRAS DE PRESION POCO DEFINIDAS.
	PLAGIOCLASA	14	700	250	SUBHEDRAL		EN PORFIROBLASTOS DE PERTITA "AUGEN" ROTADOS ASOCIADO EN SUS BORDES CON CUARZO Y PLAGIOCLASA. ESTAN ALTERANDOSE PARCIALMENTE A SERICITA. LOS AGREGADOS DE CRISTALES DE MENOR TAMAÑO FORMAN BANDAS Y LENTES MONO Y POLIMINERÁLICAS CON EXTINCION ONDULANTE SIN ALTERACION APARENTE, QUE DAN A LA ROCA UNA APARIENCIA BANDEADA.
	MICROCLINA	9	400	300	SUBHEDRAL		SE OBSERVA ASOCIADO CON LOS CRISTALES DE CUARZO, LA MAYORIA DE LOS CRISTALES PRESENTAN UN REEMPLAZAMIENTO TOTAL POR CLORITA. POSIBLE MAGNETITA DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA. PRESENTA ALTERACION EN LOS BORDES A HEMATITA.
Accesorios	BIOTITA	12	150	80	SUBHEDRAL	CLORITIZACION	INCLUIDO EN CUARZO Y FELDSPATO.
	MIN. OPACOS	3	80	50	SUBHEDRAL	HEMATIZACION	EN LA MATRIZ DE LA ROCA Y COMO PRODUCTO DE LA ALTERACION DE LA MICA. ABUNDANTE PENINA. ALGUNAS ESTAN CURVADAS CON EXTINCION ONDULANTE.
	ZIRCON	<1	40	20	SUBHEDRAL		DISPERSA EN LA MATRIZ DE LA ROCA Y COMO ALTERACION DE LOS FELDSPATOS.
	CLORITA	10	5	1	ANHEDRAL		DISPERSO EN LA MATRIZ DE LA ROCA.
	SERICITA	5	10	1	ANHEDRAL		RELLENANDO MICROFRACTURAS.
	ILLITA	4	3	1	ANHEDRAL		COMO ALTERACION DE LOS MINERALES OPACOS.
	CALCITA	1	5	1	SUBHEDRAL		
Secundarios	HEMATITA	<1	3	1	ANHEDRAL	HEMATIZACION	
	AUGEN GNEISICA						
	Clasificación:	AUGEN GNEIS DE CUARZO-FELDSPATO-BIOTITA Y CLORITA					
	Metamorfismo:	REGIONAL					
	Facies:	ESQUITOS VERDES					
	Protolito:	ROCA SEDIMENTARIA ARCILLO-ARENOSA.					

Lista de abreviaturas:

Ap	= Apatito	LPP	= Luz Polarizada Plana
Bt	= Biotita	LPA	= Luz Polarizada Analizada
Cal	= Calcita		
Chl	= Clorita		
Di	= Diopsida		
Dol	= Dolomita		
Ep	= Epidota		
Grt	= Granate		
Hbl	= Hornblenda		
Hem	= Hematita		
Idd	= Iddingita		
Ill	= Illita		
Kfs	= Feldespato potásico		
Mc	= Microclina		
Ms	= Muscovita		
Ne	= Nefelina		
Ol	= Olivino		
Phl	= Flogopita		
Pl	= Plagioclasa		
Qtz	= Cuarzo		
Ser	= Sericita		
Ttn	= Titanita (Esfena)		

APÉNDICE C



RELACIONES CORREGIDAS										EDADES CORREGIDAS (Ma)													
$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	RbO	% disc	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	Edad elegida (Ma)	Is				
Muestra PSR-6 Probeta ICGEOS-8 (Octubre 2009)																							
PSR6-4	3090	3880	1.15	0.0627	0.0014	0.0626	0.0023	0.0072	0.0002	0.0023	0.0002	0.0001	0.780	26	46.0	1.0	62	2	697	45	1	46.0 $\pm$ 1.0	
PSR6-24	3959	2490	0.58	0.0474	0.0006	0.0589	0.0009	0.0090	0.0001	0.0027	0.0000	0.530	1	57.7	0.4	58.1	0.9	71	26	49	54	1	58.0 $\pm$ 0.4
PSR6-25	3052	3776	1.13	0.0475	0.0006	0.0598	0.0009	0.0091	0.0001	0.0027	0.0000	0.470	1	58.4	0.4	59	0.9	76	29	55	1	4	58.0 $\pm$ 0.4
PSR6-21	1416	844	0.55	0.0488	0.0008	0.0620	0.0011	0.0092	0.0001	0.0032	0.0000	0.400	3	59.0	0.5	61	1	136	35	65	1	1	59.0 $\pm$ 0.5
PSR6-1	1842	893	0.44	0.0479	0.0007	0.0616	0.0011	0.0093	0.0001	0.0033	0.0001	0.470	2	59.7	0.5	61	1	96	33	67	1	1	60.0 $\pm$ 0.5
PSR6-14	4055	1917	0.44	0.0475	0.0006	0.0618	0.0009	0.0094	0.0001	0.0029	0.0000	0.500	1	60.3	0.4	60.9	0.9	74	29	58	1	1	60.0 $\pm$ 0.4
PSR6-30	10412	1455	0.13	0.0559	0.0027	0.0721	0.0037	0.0094	0.0001	0.0029	0.0000	0.500	16	60.0	0.5	71	4	450	100	59	1	1	60.0 $\pm$ 0.5
PSR6-7	1140	1754	1.41	0.0474	0.0014	0.0614	0.0020	0.0094	0.0001	0.0029	0.0001	0.460	0	60.2	0.6	60	2	69	60	59	1	1	60.0 $\pm$ 0.6
PSR6-29	1240	706	0.52	0.0461	0.0012	0.0600	0.0018	0.0094	0.0001	0.0032	0.0002	0.440	-3	60.6	0.6	59	2	1	45	65	3	1	61.0 $\pm$ 0.6
PSR6-2	5929	3080	0.48	0.0463	0.0032	0.0621	0.0050	0.0097	0.0002	0.0031	0.0002	0.500	-2	62.0	1.0	61	5	11	138	63	3	1	62.0 $\pm$ 1.0
PSR6-20	1775	898	0.46	0.0480	0.0008	0.0639	0.0012	0.0097	0.0001	0.0033	0.0001	0.410	-1	61.9	0.5	63	1	98	38	66	1	1	62.0 $\pm$ 0.5
PSR6-22	2617	1650	0.58	0.0466	0.0015	0.0625	0.0027	0.0097	0.0002	0.0031	0.0001	0.500	-1	62.4	1.0	62	3	72	48	62	1	1	62.0 $\pm$ 1.0
PSR6-23	729	599	0.75	0.0476	0.0010	0.0667	0.0017	0.0102	0.0001	0.0031	0.0001	0.520	1	65.1	0.8	66	2	77	62	61	1	1	65.0 $\pm$ 0.8
PSR6-13	400	622	1.43	0.0476	0.0015	0.0669	0.0023	0.0102	0.0001	0.0030	0.0000	0.330	1	65.6	0.7	66	2	78	67	61	1	1	66.0 $\pm$ 0.7
PSR6-13	633	906	1.31	0.0479	0.0013	0.0681	0.0019	0.0103	0.0001	0.0030	0.0001	0.320	1	65.9	0.6	67	2	96	58	61	1	1	66.0 $\pm$ 0.6
PSR6-9	525	386	0.67	0.0473	0.0018	0.0673	0.0027	0.0103	0.0001	0.0033	0.0000	0.260	0	66.2	0.6	66	3	62	76	66	1	1	66.0 $\pm$ 0.6
PSR6-11	417	537	1.18	0.0535	0.0018	0.0783	0.0027	0.0105	0.0001	0.0033	0.0001	0.240	13	67.3	0.6	77	3	350	70	67	1	1	67.0 $\pm$ 0.6
PSR6-27	1974	1064	0.49	0.0486	0.0009	0.0698	0.0014	0.0104	0.0001	0.0032	0.0001	0.430	2	66.6	0.6	68	1	129	39	65	1	1	67.0 $\pm$ 0.6
PSR6-63	778	731	0.86	0.0480	0.0010	0.0694	0.0016	0.0104	0.0001	0.0035	0.0001	0.520	2	67.0	0.8	68	2	98	44	70	1	1	67.0 $\pm$ 0.8
PSR6-34	420	370	0.70	0.0487	0.0012	0.0700	0.0018	0.0104	0.0001	0.0031	0.0001	0.330	3	66.8	0.6	69	2	131	53	62	1	1	67.0 $\pm$ 0.6
PSR6-8	475	410	0.79	0.0481	0.0012	0.0689	0.0018	0.0104	0.0001	0.0033	0.0001	0.370	2	66.7	0.6	68	2	105	53	66	1	1	67.0 $\pm$ 0.6
PSR6-17	457	405	0.81	0.0476	0.0011	0.0694	0.0017	0.0105	0.0001	0.0032	0.0001	0.390	1	67.5	0.6	68	2	80	50	64	1	1	68.0 $\pm$ 0.6
PSR6-35	507	425	0.77	0.0506	0.0015	0.0737	0.0022	0.0105	0.0001	0.0031	0.0001	0.290	6	67.5	0.6	72	2	221	63	63	1	1	68.0 $\pm$ 0.6
PSR6-12	421	443	0.97	0.0486	0.0012	0.0724	0.0019	0.0108	0.0001	0.0031	0.0001	0.240	3	69.2	0.6	71	2	126	55	63	1	1	69.0 $\pm$ 0.6
PSR6-15	405	345	0.78	0.0481	0.0017	0.0713	0.0027	0.0107	0.0001	0.0034	0.0001	0.270	2	68.8	0.7	70	3	106	76	69	1	1	69.0 $\pm$ 0.7
PSR6-31	752	962	1.17	0.0474	0.0012	0.0701	0.0019	0.0107	0.0001	0.0032	0.0000	0.330	0	68.7	0.6	69	2	68	53	64	1	1	69.0 $\pm$ 0.6
PSR6-33	829	461	0.51	0.0485	0.0009	0.0717	0.0016	0.0107	0.0001	0.0033	0.0001	0.500	2	68.6	0.8	70	3	126	42	66	1	1	69.0 $\pm$ 0.8
PSR6-6	350	271	0.71	0.0523	0.0018	0.0779	0.0028	0.0108	0.0001	0.0033	0.0001	0.300	9	69.3	0.8	76	3	298	73	67	2	1	69.0 $\pm$ 0.8
PSR6-28	821	551	0.62	0.0503	0.0013	0.0757	0.0021	0.0109	0.0001	0.0032	0.0001	0.330	6	69.6	0.7	74	2	207	57	65	1	1	70.0 $\pm$ 0.7
PSR6-32	278	136	0.45	0.0512	0.0016	0.0767	0.0025	0.0109	0.0001	0.0033	0.0001	0.370	7	69.9	0.8	75	2	248	67	67	1	1	70.0 $\pm$ 0.8
PSR6-19	721	470	0.60	0.0484	0.0010	0.0749	0.0017	0.0112	0.0001	0.0033	0.0001	0.430	-3	71.7	0.6	73	2	119	46	67	1	1	72.0 $\pm$ 0.6
PSR6-5	717	477	0.61	0.0459	0.0007	0.0712	0.0013	0.0113	0.0001	0.0037	0.0001	0.450	-3	72.1	0.6	70	1	-10	27	75	1	1	72.0 $\pm$ 0.6
PSR6-16	655	161	0.23	0.0985	0.0010	2.0577	0.0262	0.1512	0.0012	0.0125	0.0002	0.630	20	907.0	7.0	1135	9	1596	17	250	4	1	1596.0 $\pm$ 17.0
										Weighted $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ mean age = 66.8 ± 0.6													
										MSWD = 1.8; n = 11													
Muestra PSR-12 Probeta ICGEOS-8 (Octubre 2009)																							
PSR12-17	1175	621	0.49	0.0983	0.0015	2.5039	0.0589	0.1847	0.0022	0.0540	0.0006	0.710	14	1092.0	12.0	1273	17	1593	28	1063	11	1	1593 $\pm$ 28
PSR12-1	827	322	0.36	0.1024	0.0016	3.4494	0.0777	0.2442	0.0031	0.0712	0.0009	0.650	7	1409.0	16.0	1516	18	1669	27	1389	16	1	1669 $\pm$ 27
PSR12-24	316	137	0.40	0.1042	0.0012	4.4599	0.0623	0.3102	0.0027	0.0887	0.0015	0.660	-1	1742.0	13.0	1724	12	1700	20	1718	25	1	1700 $\pm$ 20
PSR12-21	478	199	0.38	0.1043	0.0012	4.4051	0.0584	0.3059	0.0023	0.0878	0.0013	0.560	0	1721.0	11.0	1713	10	1703	19	1700	18	1	1703 $\pm$ 19
PSR12-27	472	198	0.39	0.1043	0.0012	4.3278	0.0564	0.3007	0.0021	0.0859	0.0013	0.530	0	1695.0	10.0	1699	11	1703	19	1665	24	1	1703 $\pm$ 19
PSR12-27	361	179	0.46	0.1044	0.0012	4.0149	0.0507	0.2788	0.0017	0.0801	0.0013	0.490	3	1585.0	9.0	1637	10	1703	19	1558	24	1	1703 $\pm$ 19
PSR12-23	506	264	0.48	0.1047	0.0012	4.3211	0.0561	0.2999	0.0021	0.0879	0.0014	0.530	1	1687.0	10.0	1697	11	1709	19	1702	26	1	1709 $\pm$ 19
PSR12-29	252	103	0.41	0.1047	0.0012	4.3339	0.0547	0.2999	0.0017	0.0861	0.0014	0.490	1	1691.0	9.0	1700	10	1710	19	1669	26	1	1710 $\pm$ 19
PSR12-18	4300	212	0.49	0.1049	0.0012	4.3959	0.0543	0.3039	0.0017	0.0881	0.0013	0.460	0	1710.0	8.0	1712	10	1712	19	1665	24	1	1712 $\pm$ 19
PSR12-23	725	483	0.61	0.1050	0.0012	4.0673	0.0516	0.2809	0.0018	0.0817	0.0013	0.500	3	1596.0	9.0	1648	10	1713	19	1587	24	1	1713 $\pm$ 19
PSR12-12	537	212	0.36	0.1050	0.0012	4.4020	0.0562	0.3039	0.0020	0.0874	0.0014	0.510	0	1711.0	10.0	1713	11	1714	19	1694	26	1	1714 $\pm$ 19
PSR12-12	773	384	0.46	0.1051	0.0012	3.9860	0.0498	0.2749	0.0016	0.0772	0.0012	0.470	4	1566.0	8.0	1631	10	1716	19	1503	22	1	1716 $\pm$ 19
PSR12-28	846	451	0.49	0.1053	0.0013	3.6462	0.0594	0.2598	0.0018	0.0783	0.0013	0.510	3	1589.0	9.0	1646	10	1720	19	1523	23	1	1720 $\pm$ 19
PSR12-31	671	351	0.48	0.1054	0.0012	4.0607	0.0519	0.2796	0.0018	0.0851	0.0013	0.520	1	1681.0	9.0	1681	10	1720	19	1651	25	1	1720 $\pm$ 19
PSR12-34	396	225	0.52	0.1054	0.0012	4.3590	0.0545	0.2979	0.0018	0.0851	0.0013	0.470	8	1690.0	10.0	1700	10	1720	19	1705	25	1	1720 $\pm$ 19
PSR12-34	375	205	0.50	0.1054	0.0012	4.3590	0.0564	0.2998	0.0020	0.0880	0.0013	0.520	1	1680.0	10.0	1705	10	1720	19	1705	25	1	1720 $\pm$ 19
PSR12-8	767	358	0.43	0.1054	0.0012	3.5843	0.0447	0.2465	0.0015	0.0684	0.0013	0.550	1	1674.0	7.0	1546	10	1721	19	1633	25	1	1721 $\pm$ 19
PSR12-30	313	214	0.63	0.1055	0.0012	4.3153	0.0570	0.2965	0.0022	0.0836	0.0013	0.470	8	1674.0	11.0	1696	10	1723	19	1721	19	1	1723 $\pm$ 19

