



UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

**Ambiente de Depósito de la Porción Detrítica de la
formación La Cobriza, Municipio de Trincheras**

TESIS

**Que para obtener el Grado de:
Geólogo.**



PRESENTA:

Ma. Eduviges Ramírez Valenzuela.

Hermosillo, Sonora, Junio de 2007

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

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar.

Mi tía Blanca Valenzuela.

Mis amiga Alba Lucina y Marinee.

A mi director de tesis Fco. Javier Grijalva por su paciencia.

A todos los Maestros del Departamento de Geología.

ÍNDICE

Capítulo	Página
I.- Introducción.....	1
I.1.- Planicie de Mareas.....	3
I.2.- Área de Estudio.....	7
I.2.1.- Fisiografía.....	9
I.2.2.- Clima.....	9
I.2.3.- Flora y Fauna.....	9
I.2.4.- Objetivo.....	10
I.2.5.- Metas.....	10
I.2.6.- Metodología.....	10
I.2.7.- Trabajos Previos.....	12
II Formación La Cobriza.....	14
II.1.- Miembro Inferior.....	16
II.1.1.- Litología y Espesor.....	16
II.1.2.- Contactos.....	19
II.2.- Miembro Superior.....	20
II.2.1.- Litología y Espesor.....	20
II.2.2.- Contactos.....	24
II.3.- Ambiente de Depósito de la Porción Detrítica.....	25
II.3.1.- Litofacies.....	25

Capítulo	Página
III.- Discusiones.....	36
IV.- Conclusiones.....	39
Anexos.....	40
Geología.....	41
Secciones.....	42
Columna y Secciones Esquemáticas.....	43
Muestreo de Campo.....	44
Bibliografías.....	49

I.- INTRODUCCION

De manera general, el término de AMBIENTE SEDIMENTARIO está definido como el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que se lleva a cabo durante la sedimentación. Al comprender las condiciones por medio de las cuales se formaron las rocas sedimentarias, los geólogos pueden deducir la historia de éstas, incluyendo información acerca del origen de sus componentes, el mecanismo de transporte que tuvieron y las características físicas y el origen del sitio donde se depositan los granos que forman la roca; lo que es conocido como Ambiente de depósito.

Los sedimentos son depositados en la superficie de la tierra, por lo tanto, conservan mucha información acerca de las condiciones físicas, químicas y biológicas que existieron en las áreas donde se acumularon. Además, tomando en cuenta las condiciones actuales, los geólogos tratan de reconstruir ambientes antiguos y las relaciones geográficas de un área particular en la cual fueron depositadas diferentes tipos de rocas. Estos análisis normalmente van de la mano con la creación de mapas, los cuales nos muestran la distribución de tierra y mar, montañas y planicies, desiertos y glaciares, así como otros ambientes de depósito.

Los ambientes sedimentarios comúnmente se dividen en tres categorías principales: terrestres o continentales, transicionales y marinos. Debido a que el área que comprende a la costa presenta características de ambos, se le llama zona transicional (Figura 1). Cada una de estas produce o tiene rocas sedimentarias características o asociaciones que reflejan las condiciones en las que se encontraban.

Cuando se estudia una secuencia estratigráfica de rocas sedimentarias con el objetivo de determinar el ambiente de depósito del cual son producto, se deben de caracterizar las propiedades de estos cuerpos sedimentarios para poder inferir los

procesos antiguos que estuvieron activos en su formación. Además de la caracterización litológica, una de las propiedades más importantes que nos dan información sobre dichos procesos es el estudio de las estructuras primarias presentes.

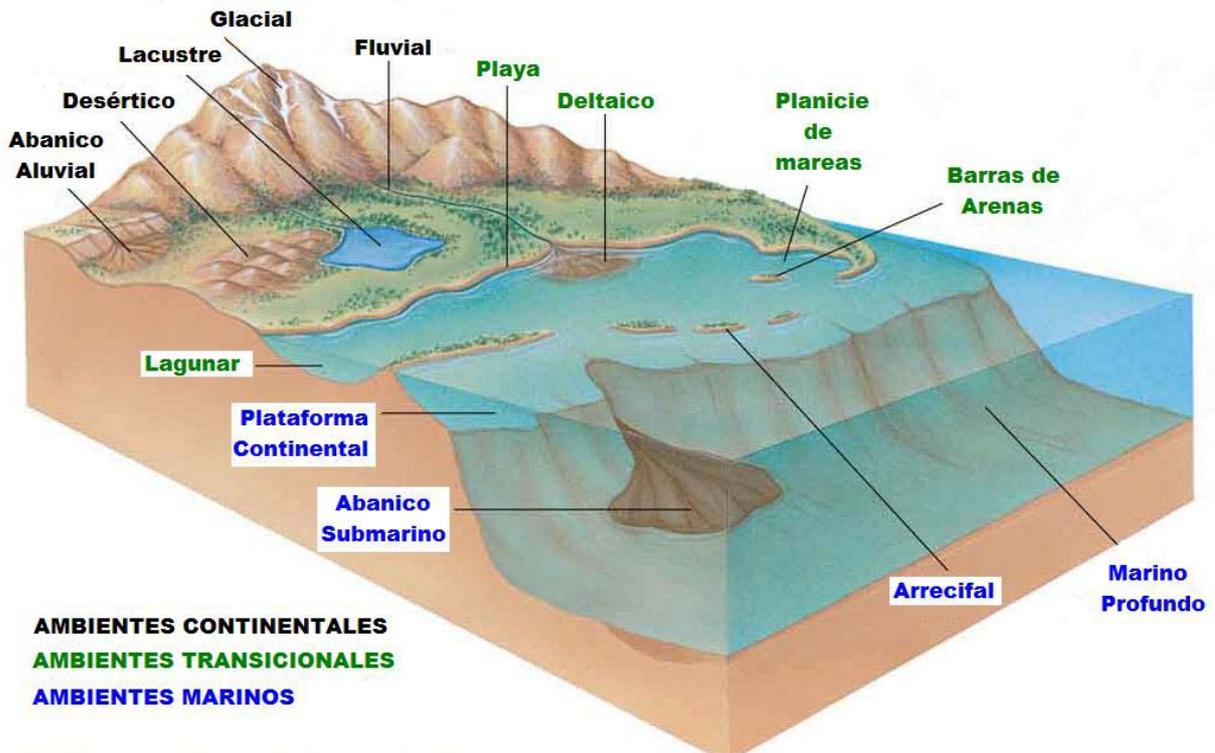


Figura 1.- Distribución de los diferentes ambientes sedimentarios de depósito.
Modificada de Barbara W. Murck, Brian J. Skinner (1999).

Una vez que se tiene la información, la definición del modelo de facies es determinante para continuar con el estudio. Dado que el análisis de ambientes sedimentarios actuales ha arrojado información con la cual se han definido modelos de facies generales para los diferentes ambientes, el modelo obtenido es comparado con éstos para llegar a establecer aquel que prevaleció en el área estudiada.

Es importante establecer que en una secuencia estratigráfica regularmente establecemos cambios sucesivos verticales en las condiciones ambientales que ocurrieron en un lugar en particular con el paso del tiempo; sin embargo, los cambios en ambientes antiguos pueden verse también cuando una sola unidad es estudiada de manera lateral. Esto es debido a que en determinada área, pueden existir diferentes ambientes de depósito en diferentes espacios y períodos del tiempo.

I.1 .- PLANICIE DE MAREAS

Las planicies de mareas son ambientes sedimentarios que se desarrollan en las regiones costeras que no presentan una carga excesiva de sedimentos al mar, y donde la acción de las mareas es el proceso dominante para el depósito de los sedimentos. Este ambiente sedimentario está subdividido en los subambientes de supramarea, donde no se tiene la influencia de la marea; el de intermarea, el cual normalmente descansa entre el rango de marea alta y baja; y el de submarea, normalmente representando la región cubierta por agua (Figura 2).

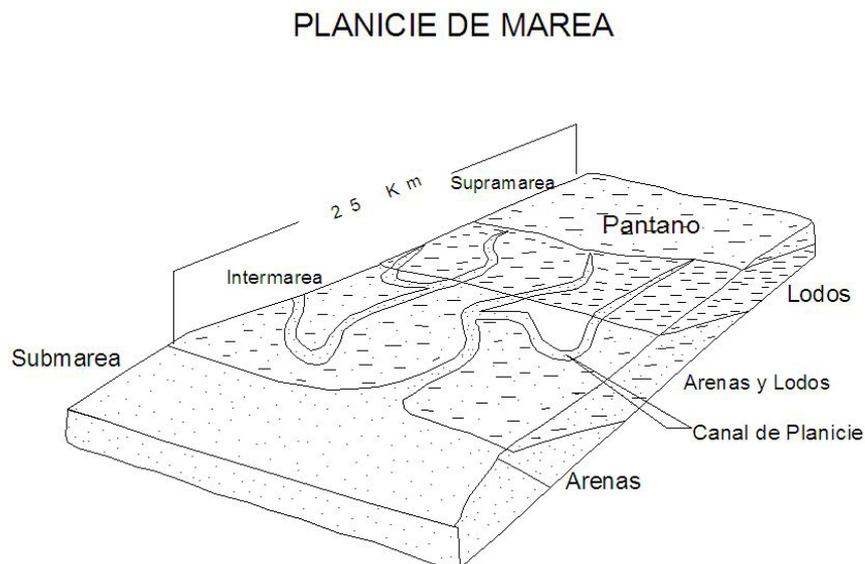


Figura 2.- Subambientes y depósitos principales dentro un ambiente de Planicie de Mareas. Modificado de Pothero (2000)

La mayor parte del crecimiento de los ambientes de mareas es en forma de acreción lateral y progradación, y su fluctuación entre los canales de marea, lo cual da como resultado un depósito muy característico. Estos ambientes sedimentarios son excelentes en la preservación de estructuras sedimentarias primarias, porque las capas alternadas de arena y lodo realzan la expresión de éstas. Los ambientes de marea desarrollan una secuencia típica caracterizada por una disminución en el tamaño de grano hacia arriba (fining up-ward sequence), dominada por una secuencia detrítica arenosa en la base, una alternancia de areniscas y lutitas en su parte media y una predominancia de lutitas en la porción superior (Figura 3).

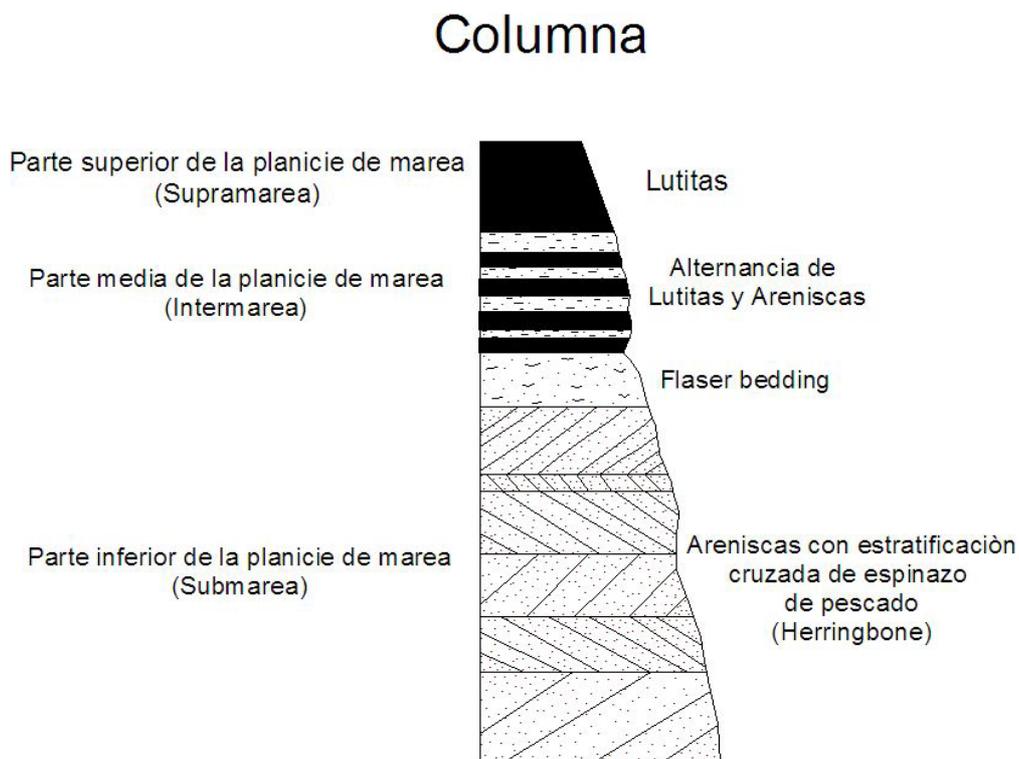


Figura 3- Secuencia de disminución en el tamaño de grano hacia arriba (fining up-ward sequence) que caracteriza un depósito dentro de la planicie de mareas. Modificada de Prothero (2000).

Una de las características más importantes del ambiente de planicie de mareas que lo hace único entre los demás ambientes, es su exposición diaria a un ciclo de circulación de agua con cambio de dirección y exposición subaérea. Esta actividad del agua permite que los sedimentos sean depositados como una alternancia cíclica de capas o láminas de arena y lodo; una vez que esta asociación

logra preservarse en las rocas, se le conoce con el nombre de estratificación de mareas (tidal bedding) o ritmitas de mareas (Figura 4).

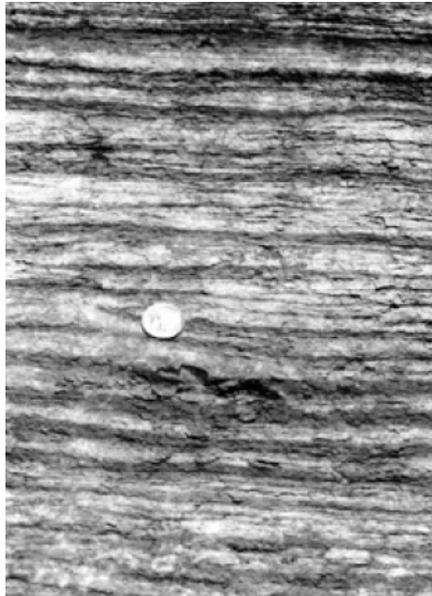


Figura 4.- Estratificación de Marea (Tidal bedding).
Las capas delgadas de color oscuro son lutitas y las de color gris claro son areniscas.
Formación Horseshoe, Cretácico en Canyon USA .

Cuando la planicie se encuentra en exposición subaérea durante la marea baja, la energía es mínima dentro de esta área, por lo que se facilita el depósito de sedimentos finos. Sin embargo, al momento que la planicie es inundada por las aguas de la marea alta, se tienen condiciones de mayor energía y eventualmente podemos tener el depósito de arenas que pueden desarrollar estratificación cruzada bidireccional o de espinazo de pescado (Figura.5) por la acción de la entrada y salida del agua a la planicie.



Figura 5.- Estratificación Cruzada bidireccional.
Modificada de Barbara W. Murck, Brian J. Skiner (1999).

Otra de las características sedimentarias fundamentales de las planicies de mareas es el desarrollo de estratificación flaser (flaser bedding), lenticular (lenticular bedding) y ondulante (wavy bedding) (Figura 6).

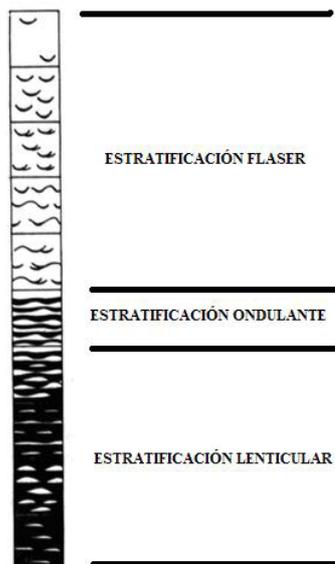


Figura 6.- Diferentes tipos de estratificación en secuencias de planicies de mareas.
Las capas claras representan arenas y las oscuras capas de lodos.
Modificada de Prothero (2000).

Las diferencias de energía de las corrientes entre los ciclos de mareas separan la fracción fina de la arenosa. Las rizaduras que se forman por la acción de las velocidades más altas acumulan lodo en sus depresiones, las cuales no son erosionadas por las corrientes de mareas subsecuentes, formando así la estratificación flaser. Cuando la abundancia de lodos se incrementa, eventualmente puede resultar la estratificación ondulante; mientras que la estratificación lenticular se produce cuando lentes de arena son preservados dentro de capas de lodo.

Las superficies del ambiente de intermarea son comúnmente bioturbadas o contienen lodos ligeramente laminados con alguna lámina delgada de arena. De cualquier manera todas estas estructuras, pueden ser modificadas o completamente destruidas por animales, bioturbación, o rastros profundos de organismos.

I.2 .- ÁREA DE ESTUDIO

El área que se estudia en este trabajo incluye un total de 16 km², dentro la hoja topográfica, escala 1:50,000 denominada Sierrita Prieta (H12A88). Está enmarcada por las coordenadas 30° 11' 32" y 30° 13' 10" de Latitud Norte y 111° 28' 02" y 111° 25' 33" de Longitud Oeste. El acceso principal al área de estudio se puede efectuar a partir del poblado de Benjamín Hill, situado en el km. 126 de la carretera federal N° 15 (Hermosillo-Nogales), donde inicia un camino de terracería hacia el oeste, el cual pasa por los ranchos siguientes: El Remolino localizado en el municipio de Benjamín Hill, San Hipólito y El Sotol. Estos dos últimos ranchos se localizan dentro del municipio de Trincheras (Figura 7).

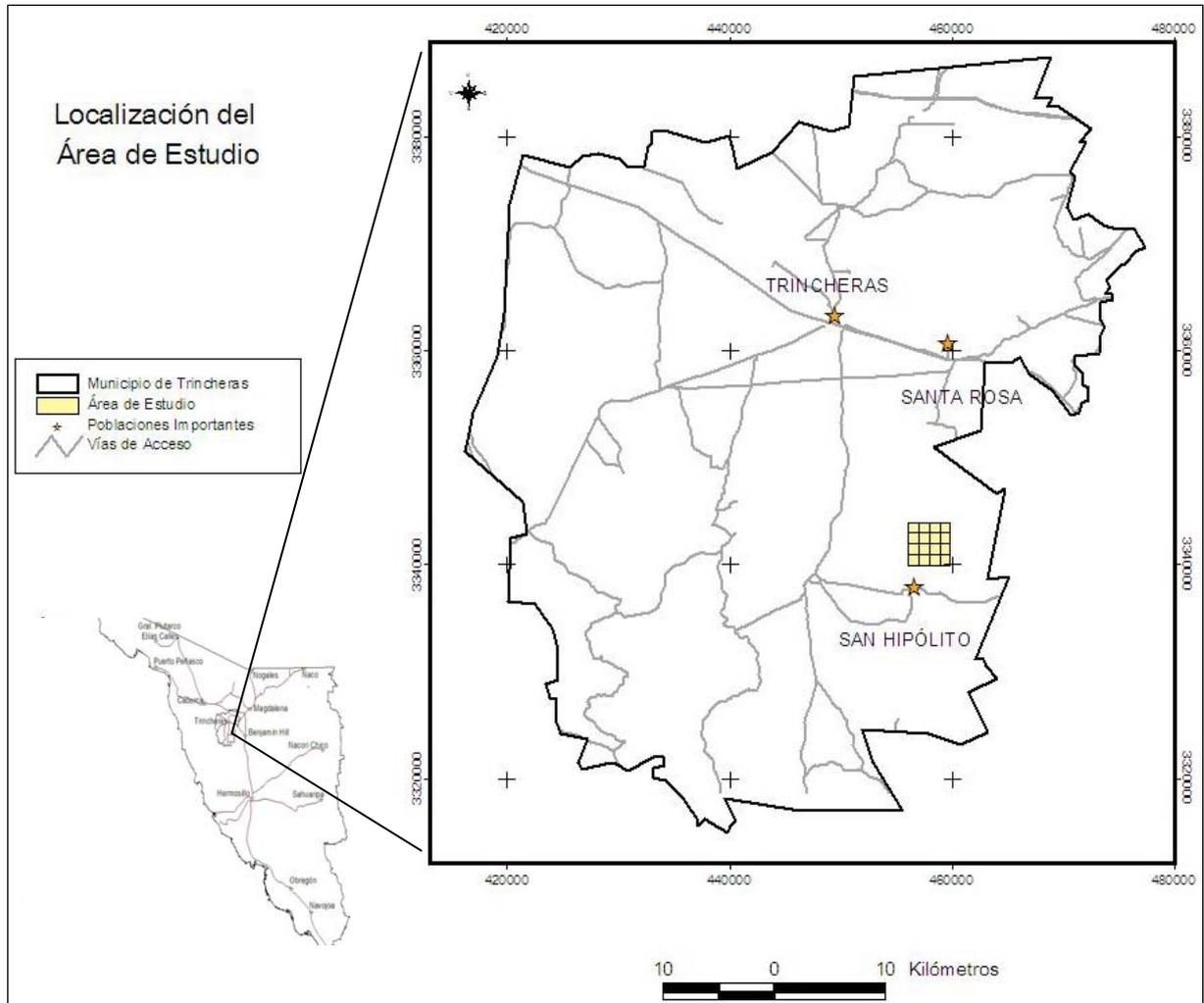


Figura 7.- Localización y vías de acceso al área de estudio

I.2.1 .- FISIOGRAFIA

El área de estudio se localiza dentro de la Provincia Fisiográfica Llanuras Sonorenses, particularmente dentro de la Subprovincia de Sierras y Llanuras Sonorenses (Raisz, E., 1964).

La Subprovincia de Sierras y Llanuras Sonorenses está representada en esta área por sierras bajas (Sierrita Prieta) separadas por llanuras. Las sierras van de 700 a 1, 400 msnm. Estas Llanuras se van haciendo mas estrechas hacia el oriente y van ampliándose hacia el occidente.

I.2.2 .- CLIMA

El clima para esta región del área de estudio es árido, en el cual la temperatura media anual es de 22° C, teniendo variaciones contrastantes en la temperatura, llegando a tener en el invierno hasta de -8° y alcanzando hasta los 45° C en el verano. La precipitaciones dominan en el verano y escasean en el invierno por lo tanto teniendo una precipitación media anual de 250 mm en promedio.

I.2.3 .- FLORA Y FAUNA

La flora y la fauna de esta área, es la típica de las regiones donde imperan las condiciones climatológicas extremas. La vegetación predominante son los matorrales del tipo xerófitas y cactáceas, los cuales se presentan en los lugares topográficamente mas bajos. A continuación se mencionan las especies comunes: Cactus (*Hariota salicornoides*), Mezquite (*Prosopis juliflora*), Sahuaro (*Carnegia gigantea*), Ocotillo (*Fouquiera spelndevis*), Choya (*Opuntia choya*), Nopal (*Opuntia sp.*), Uña de gato (*Prosopis greggy*), Garambullo (*Lephocerus schotti*), Palo verde (*Cercidium michrophyllum*), Lechuguilla (*Agave funkiana*), Maguey (*Agave lophanta*), Pitahaya (*Cereus thurberi*) y Palma (*Ucca sp.*).

Dentro de la fauna que se presenta en el área, se observa principalmente: venado cola blanca, coyote, puma, jabalí, gato montés, zorra, mapache, león, zorrillo, víbora de cascabel, liebre, conejo, etc. Y una gran variedad de aves, insectos y roedores.

I.2.4 .- OBJETIVO

El objetivo principal del presente trabajo es establecer las características estratigráficas de una secuencia detrítico-carbonatada que aflora en el área de estudio, poniendo énfasis en la interpretación del ambiente de depósito que caracteriza a la porción detrítica a partir de sus estructuras primarias.

I.2.5 .- METAS

Para alcanzar el objetivo buscado, se lograron las metas siguientes:

- a) Cartografía geológica del área de estudio a una escala 1:25,000.
- b) Definición de una columna estratigráfica general de los afloramientos litológicos.
- c) Descripción general de las unidades presentes.
- d) Descripción a detalle de la secuencia detrítico-carbonatada.
- e) Caracterización de las litofacies y el modelo de facies para la secuencia detrítico-carbonatada.
- f) Interpretación del ambiente de depósito de la secuencia detrítico-carbonatada.

I.2.6 .- METODOLOGÍA

Esta secuencia detrítico-carbonatada fue identificada a partir de los trabajos de campo enmarcados en la materia curricular de Geología de Campo III, y a partir de lo atractivo de estudiar una secuencia no reportada anteriormente y que presentaba una serie de estructuras sedimentarias primarias muy particulares, se estableció la metodología siguiente para su estudio:

- a) Trabajo de gabinete inicial.
- b) Trabajo de Campo.
- c) Trabajo de laboratorio y gabinete final.

a) Trabajo de gabinete inicial

Se analizaron tanto las fotografías aéreas como la imagen de satélite del área con el fin de contar con un mapa geológico base, que permitiera identificar las áreas para el trabajo de campo para verificación y la ubicación de las secciones a desarrollar. Así mismo, durante esta etapa se recopiló información existente sobre la geología de esta área.

b) Trabajo de Campo.

A partir de 4 salidas de campo con duración promedio de 5 días, se llevó a cabo la verificación de los contactos de la unidad en estudio y se desarrollaron un total de tres secciones estratigráfico-estructurales. De igual manera, durante esta etapa se recolectaron una serie de muestras (tabla II), principalmente para efectuar los estudios petrográficos, paleontológicos y de estructuras sedimentarias primarias que complementarían la descripción de campo de esta secuencia.

c) Trabajo de laboratorio y gabinete final.

Como parte de los trabajos de laboratorio en esta etapa, se realizaron secciones delgadas de las muestras colectadas y se caracterizaron bajo el microscopio las diferentes litologías de la unidad; así mismo, se identificaron con mayor certidumbre las características de las estructuras sedimentarias primarias y elementos estructurales de la secuencia.

Una vez obtenida toda la información necesaria, se integró a la obtenida en campo y se procedió a desarrollar la descripción de cada una de las rocas tanto en muestra de mano como en lamina delgada y de esa manera integrarla y explicarla

para dar a conocer el ambiente sedimentario característico y correlacionarlo con los existentes.

I.2.7 .- TRABAJOS PREVIOS

Los trabajos geológicos que se han desarrollado en el área de estudio y zonas aledañas se han enfocado principalmente a los afloramientos de las secuencias metamórficas e ígneas. Uno de los primeros fue el de Salas (1968), en el cual establece las características de una secuencia metamórfica que se consideró como parte del Precámbrico superior. Sin embargo, en el área Estación Llano – Ímuris al NW del área de estudio, Morales (1984) las reasigna al Jurásico (Grupo Coyotillo) y presenta una columna estratigráfica generalizada, incluyendo una secuencia metamórfica de esquisto, gneis, cuarcita y anfibolita que correlaciona con el Complejo Metamórfico Bámori. Dentro de esta misma región, Herrera y Pérez (1990) presentan un estudio más a detalle de las rocas metamórficas de alto grado de Estación Llano (Unidad San Francisco), logrando determinar las características de las diferentes facies que representan, y aportado una de las primeras columnas estratigráficas más completas. La edad de este metamorfismo es de 911 Ma (Pérez-Segura y otros, 1996).

Las rocas metamórficas del área de estudio también se encuentran dentro de un proyecto cartográfico desarrollado por PEMEX (1987), donde son mencionadas como parte de una secuencia metamórfica constituida por una serie de gneis de biotita y cuarzo-feldespáticos, anfibolitas y hornfels, asignándolas al Proterozoico Temprano y también correlacionándola con el Complejo Metamórfico Bámori. También se mencionan en la Carta Geológico-Minera Trincheras 12R-b editada por el Consejo de Recursos Minerales (2002), como una unidad de gneis y esquistos del Proterozoico Inferior-Medio. Al sur del área de estudio, Hardy (1981) reporta una serie metamórfica en la Sierra de Santa Rosa que también litocorrelaciona con el Complejo Metamórfico Bámori del área de Caborca (Longoria y otros, 1978).

El trabajo más reciente sobre las rocas metamórficas del área de estudio es presentado por Soto (2006), a las cuales las nombra informalmente como Zócalo Ígneo-Metamórfico Sierrita Prieta y describe con detalle sus características litológicas, geoquímicas y geocronológicas, sobre todo aquellas que afloran en el cerro El Apache, fechándolas en $1,732 \pm 8$ Ma y de $1,733 \pm 7$ Ma y correlacionándolas con el paleoproterozoico del área de Caborca. Este mismo autor, desarrolla un excelente y claro panorama de la situación actual sobre las rocas metamórficas precámbricas y su cobertura sedimentaria en la región norte y noroeste de Sonora, incluyendo la correlación de dichas unidad y su interpretación paleotectónica.

Cabe mencionar que esta secuencia metamórfica también es descrita en trabajos más regionales como la Carta Geológica Cananea 1:250,000 (H12-5) editada por INEGI (1984), y la Carta Geológica Sonora 1:500,000 de Fernández y otros (1993). Dentro de estos trabajos, también se describen los diferentes tipos de rocas ígneas que afloran en el área, desde el conjunto de rocas ígneas intrusivas laramídicas, hasta las rocas volcánicas terciarias que las cubren.

Los intrusitos laramídicos presentan una amplia gama composicional que va desde gabro y diorita hasta granito y granodiorita, y cuyo estudio geoquímico - mineralógico es actualmente el tema de una tesis de posgrado (Urrutia, com. Pers., 2006). Para el caso de la secuencia volcánica antes mencionada, Tarazón Pacheco (2002) reporta una serie de rocas máfico-intermedias de basalto, andesita, dacita y latita del Oligoceno-Mioceno, a las cuales considera originadas en un ambiente de subducción de margen continental activo.

Los trabajos enfocados a la secuencia metasedimentaria objeto de este estudio han sido realmente escasos y se han presentado a manera de resúmenes en diferentes foros académicos (... y ...). Sin embargo, sus afloramientos han sido mencionados como parte de la cobertura sedimentaria del Precámbrico Superior y Paleozoico que, en la mayoría de los casos, se tiene en contacto tectónico con las secuencias metamórficas del precámbrico del área de estudio y zonas adyacentes

(Soto, 2006). Una parte importante de los trabajos que mencionan a esta secuencia en trabajos regionales, la correlacionan con las Capas Gamuza del Proterozoico Superior de la región de Caborca (Morales-Montaño, 1984; Castro y Morfín, 1988; Figueroa y Grijalva, 1989; Vega y otros.1991; etc.), sin embargo, existen otros que la ubican en el Paleozoico (Rodríguez, 1988, y 1994; De La Cruz y Dórame, 2000).

Secuencias mesozoicas sedimentarias también afloran en localidades cercanas, principalmente rocas jurásicas. Al sur del área de estudio, Hardy (1981) reporta a la Formación Santa Rosa como una secuencia detrítico-carbonatada marina, dentro de la cual se ha reportado una asociación faunística oxfordiana (Radelli, 1990); más hacia el sur, en las inmediaciones del Poblado de Félix Gómez, se describe una secuencia volcanosedimentaria correlacionable con la Formación Santa Rosa (Vega y otros, 1991). En la Sierra Caracahi, al E en las inmediaciones de Benjamín Hill, Palafox y otros (1992) describen dos unidades jurásicas formadas por arenisca, lutitas y caliza fosilíferas intercalada con tobas y aglomerado, que también se correlacionan con esta última formación.

Rocas sedimentarias correlacionables con el Grupo Bisbee del Cretácico Temprano (Aptiano-Albiano) se han reportado, tanto al sur del área de estudio en el cerro Mayo (González, 1994; Dórame, 2003), como el norte en el área de Santa Ana (Jacques, 1992), las cuales consisten de secuencias detrítico-carbonatadas ricas en pelecípodos y equinodermos fósiles.

II .- FORMACIÓN LA COBRIZA

Se propone en este trabajo a la formación La Cobriza nombre informal como una secuencia metasedimentaria detrítico-carbonatada, caracterizada por caliza y dolomía recristalizada en la base, y una intercalación de lutita y arenisca en la cima, cuyos afloramientos se tienen ampliamente distribuidos en el área de estudio (Figura 8). El nombre asignado a esta unidad litoestratigráfica se toma de un rancho localizado en la esquina suroeste del área de estudiada. En base a su

caracterización litológica, se ha dividido en dos miembros para su descripción específica.

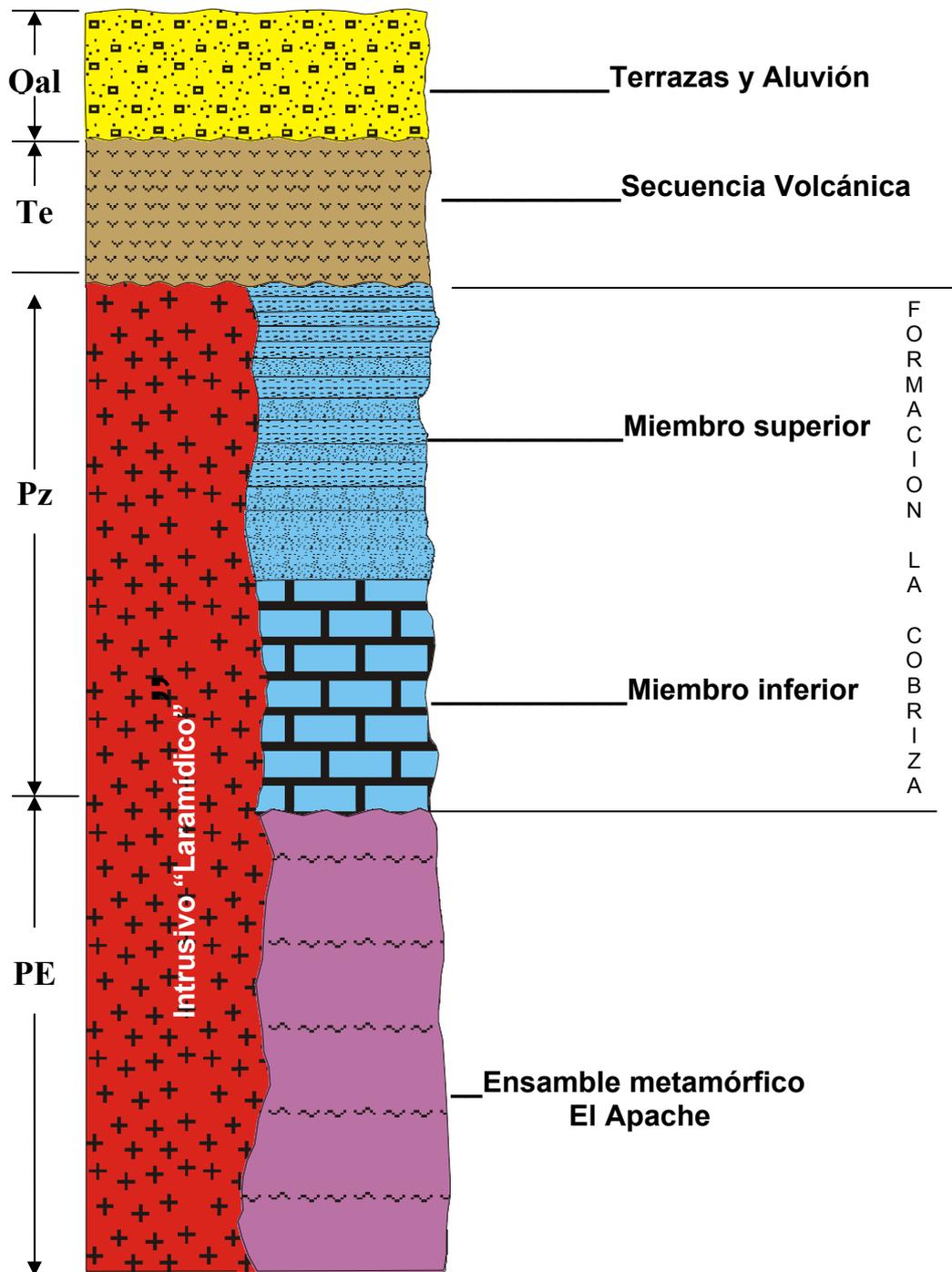


Figura 8.- Columna estratigráfica esquemática del área de estudio.

II.1 .- Miembro Inferior

II.1.1 .- Litología y Espesor:

Tanto las calizas como las dolomías presentan una coloración pardo a gris oscuro y claro en superficie de intemperismo, con zonas locales donde la coloración se tiene gris rojizo por efectos de la oxidación; mientras que en superficie fresca, estas rocas presentan colores de gris claro a gris rosado. Regularmente se tienen con una estratificación media (Figura 9) y espesores promedio de 35 cms., llegando a alcanzar espesores máximos de 1.5 metros. Texturalmente las rocas carbonatadas corresponden a grainstone y packstone con algunas variaciones de calizas arenosas de grano medio a grueso y color pardo oscuro. Superficialmente es muy evidente el intemperismo “karst” de estas rocas (Figura 10).



Figura. 9.- Estratificación media en calizas recristalizadas del miembro inferior.

Las diferentes cuerpos intrusivos dioríticos y granodioríticos que se tienen afectando a las rocas de este miembro, desarrollan una aureola de metamorfismo local, llegando a presentar un metamorfismo de contacto importante con la formación de mármoles carbonatados, identificándose minerales metamórficos como la wollastonita y sillimanita, muy evidentes tanto en muestra de mano como en lámina delgada (Figura 11), así como el desarrollo de abundantes fracturas rellenas por calcita.

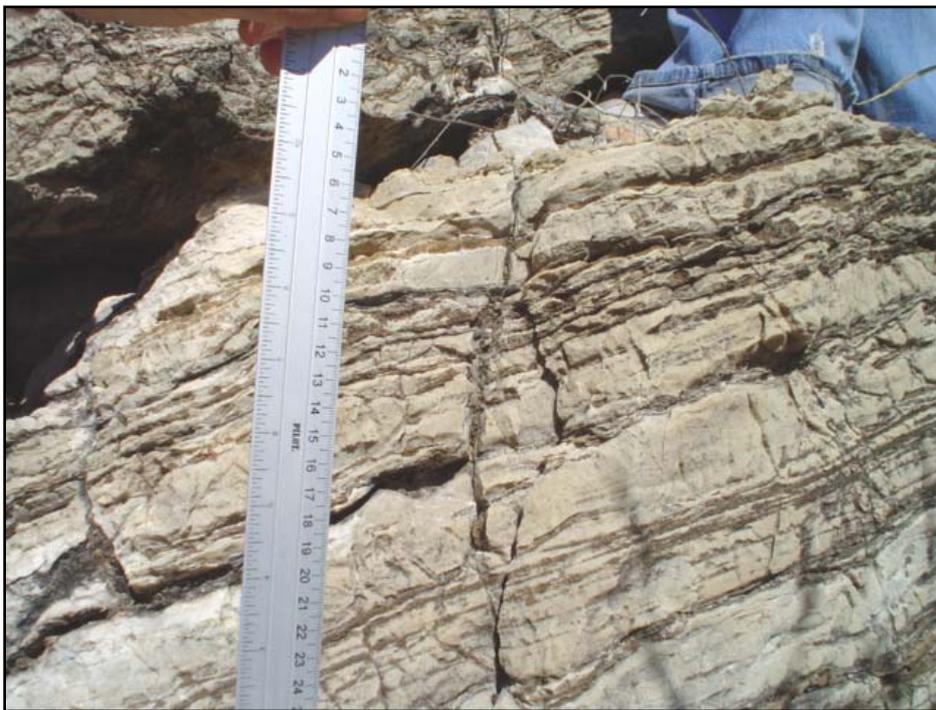


Figura. 10.- Intemperismo Karst en las rocas carbonatadas del miembro inferior.

Si bien es cierto que se esperaba que la secuencia carbonatada fuera fosilífera, el metamorfismo de contacto a que ha estado sujeta no permite identificar claramente un contenido paleontológico con certidumbre. Localmente se tienen estratos de caliza gris claro, donde lentes arenosos delgados y pequeños, pudieran estar representando vestigios de depósitos de material algáceo (Figura 12). Solamente en un afloramiento local en la ladera poniente del cerro El Apache se lograron coleccionar muestras con contenido fosilífero, el cual fue determinante para integrar una discusión importante sobre la edad a esta formación.



Figura. 11.- Cristal de Sillimanita en las calizas recristalizadas del miembro inferior.



Figura. 12.- Caliza con lentes delgadas arenosas con probables vestigios de contenido algáceo.

Dado que la secuencia presenta una repetición de su afloramiento en función de la complejidad estructural del área, el espesor para este miembro se obtiene a partir de las secciones estratigráfico-estructurales, de las cuales se establece un espesor máximo medido de 200 metros.

II.1.2 .- Contactos

El contacto estratigráfico inferior es una discordancia (Anexo 1) con una secuencia metamórfica precámbrica constituida por gneis bandeados y un augen gneis caracterizado por porfidoblastos de feldespato potásico de hasta 5 cms. de diámetro, al cual Soto (2006) lo incluye en su Zócalo Metamórfico Sierrita Prieta (Figura 13). Su contacto superior es concordante gradacional con la secuencia detrítica del miembro superior, donde las calizas empiezan a tener un carácter más arenoso.



Figura. 13.- Afloramiento del augen-gneis del Zócalo Metamórfico Sierrita Prieta.

II.2 .- Miembro Superior

Este miembro está constituido por una secuencia metasedimentaria detrítica dominada por una alternancia de areniscas y lutitas, cuya característica principal es la preservación de una gran cantidad de estructuras sedimentarias primarias. Sus afloramientos presentan un rumbo general NW 65 SE, con un echado promedio de 40 al SW.

II.2.1 .- Litología y Espesor:

Esta secuencia está dominada por una alternancia rítmica de lutitas y areniscas que en el afloramiento se presentan con un fracturamiento muy intenso (Figura 14). Las lutitas son de color gris oscuro a gris verdoso tanto en superficie de intemperismo como en superficie fresca.



Figura 14.- Afloramiento fracturado de la alternancia detrítica del miembro superior.

Esta alternancia se presenta con una estratificación muy variada, desde estratos medios a gruesos de 25 cm de espesor en promedio, hasta láminas delgadas de 3 mm. Los estratos más gruesos llegan a presentar lentes arenosos delgados que localmente muestran una deformación sinsedimentaria (Figura 15); mientras que en las láminas podemos encontrar pequeñas estructuras de carga. En el área de influencia de las intrusiones que afectan a esta secuencia, estas rocas desarrollan una textura hornféisica.



Figura 15.- Deformación sinsedimentaria dentro de la secuencia detrítica del miembro superior.

La arenisca de esta alternancia son de grano fino a medio con coloraciones que van desde gris claro a gris medio. Localmente pueden observarse coloraciones rojizas por oxidación. Se tienen principalmente con estratificación delgada a media y en láminas que van desde los 2 hasta los 8 mm, dentro de las cuales se desarrolla estratificación cruzada de pequeña escala. También se presenta como láminas lenticulares delgadas dentro de los estratos de lutitas, generando estratificación ondulante y lenticular, lo que hace que estas rocas puedan ser confundidas con rocas metamórficas (gneis bandeado) que también aflora en la localidad (Figuras 16

y 17). Dentro de esta alternancia también podemos encontrar estratificación flaser, y grietas de desecación en la base de los estratos de arenisca.



Figura 16.- Láminas de arenisca de grano fino (gris claro) intercaladas con lutita (oscuro), del miembro superior.

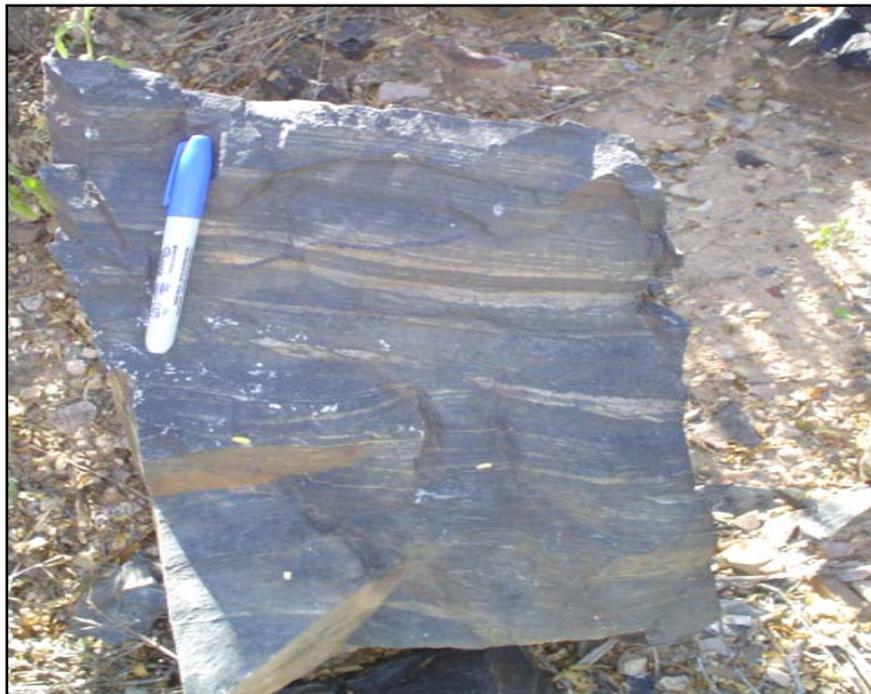


Figura 17.- Laminas delgadas lenticulares de arenisca dentro de los estratos de lutita del miembro superior.

Dentro de esta alternancia detrítica se presentan estratos gruesos lenticulares de una arenisca de cuarzo de grano medio a grueso de color gris claro, la cual llega a presentar estratificación cruzada de pequeña escala definidas claramente por láminas de minerales oscuros (Figura 18). Los afloramientos se encuentran muy fracturados, lo que hace difícil tomar sus datos estructurales; sin embargo, sus dimensiones en promedio son de 8 metros de largo y espesores máximos de 2.5 metros.



Figura 18.- Lámina delgada mostrando la estratificación cruzada a pequeña escala (mostrada por la inclinación de concentraciones de minerales oscuros) que se tiene en la arenisca del miembro inferior.

Como parte de este miembro también se tienen capas de arenisca de cuarzo de grano medio a grueso, y son de color gris claro con estratificación cruzada de mediana escala (Figura 19). Estas capas presentan una estratificación lenticular con espesores máximos de 2.5 metros, llegando a presentarse con un fracturamiento muy intenso.

A partir de las secciones estratigráfico-estructurales medidas en campo, se define un espesor máximo de 300 metros.



Figura 19.- Arenisca con estratificación cruzada de mediana escala que presentan los estratos lenticulares gruesos de arenisca de cuarzo en el miembro inferior.

II .2.2 .- Contactos

El contacto inferior de este miembro es concordante con la secuencia carbonatada del miembro inferior; mientras que su contacto superior es estructural con una secuencia de brechas de cuarcita que repite la secuencia (plano geología). Al sur del área de estudio, esta secuencia esta unidad es discordantemente sobreyacida por una secuencia volcanoclástica intermedia que incluye aglomerado. Al igual que el miembro inferior, es intrusionado por cuerpos graniodioríticos y dioríticos de edad terciaria (Figura 20).



Figura 20 .- Intrusito granodiorítico terciario que se encuentra afectando a la formación La Cobriza

II.3 .- AMBIENTE DE DEPÓSITO DE LA PORCIÓN DETRÍTICA

II.3.1 .- Litofacies

Con el propósito de llevar a cabo la interpretación del ambiente de depósito de la porción detrítica de esta secuencia, se establecieron las diferentes litofacies que se tienen dentro de ésta (secciones y columna esquemática):

Litofacies A: Dominada por una secuencia rítmica de lutita de color gris oscuro y arenica de grano fino a medio de color gris claro a pardo claro, con espesores que van de 5 mm a 1.5 cm. En algunas capas se identifica estratificación cruzada plana de pequeña escala y en los límites de esta interestratificación, se puede llegar a observar estructuras de carga (Figura 21).



Figura 21.- Litofacias A. Intercalación de lutita y arenisca de grano fino a medio con estratificación cruzada a pequeña escala y estructuras de carga.

Litofacies B: Compuesta por una intercalación de lutita de color gris oscuro y arenisca de grano fino a medio de color gris claro en estratos delgados y láminas con espesores que van de los 2 cm en la lutita a 3 mm en las arenisca. Esta litofacies se presenta con estratificación ondulante (wavy) las cuales se encuentran incluidas en los estratos de lutita (Figuras 22 y 23).

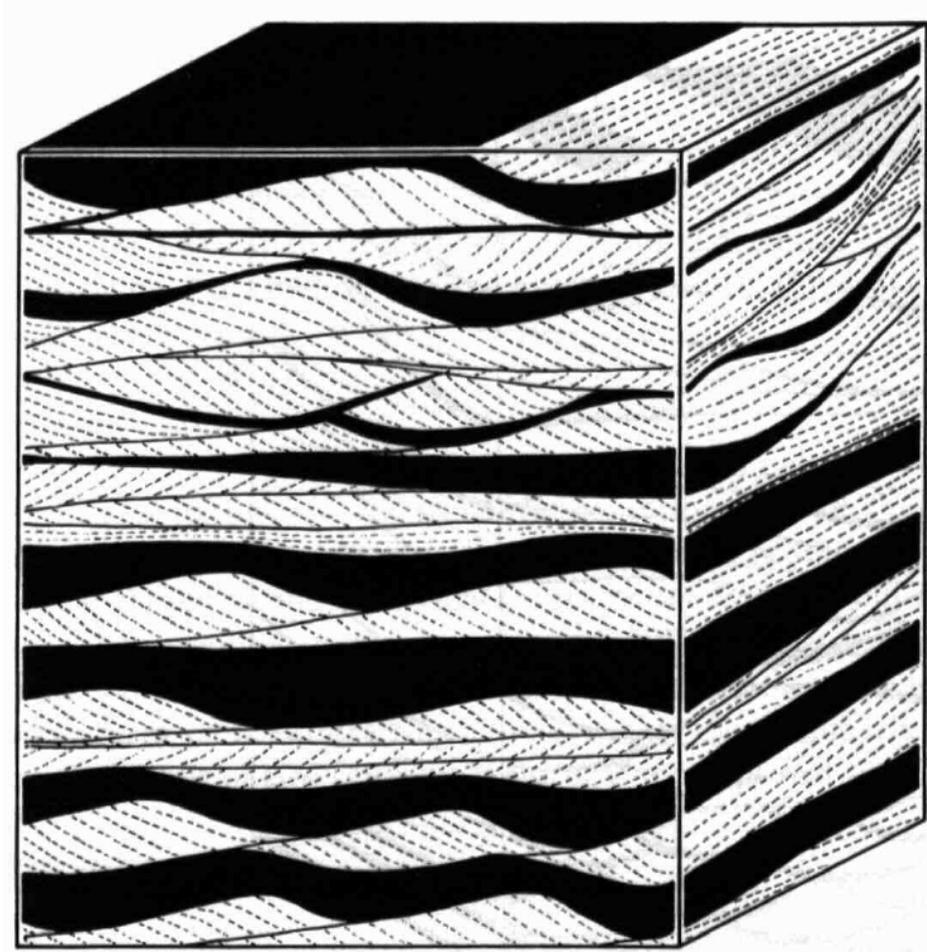


Figura 22.- Caracterización gráfica de la estratificación ondulante, donde la arenisca está representada por las fracciones claras y la lutita con las oscuras.
Modificada de Sam Bogas, Jr (1987).



Figura 23.- Litofacies B. (A) Alternancia de lutita y arenisca de grano fino con estratificación ondulante. (B) Lámina delgada de la estratificación ondulante.



Litofacies C: Arenisca de grano medio de color gris claro con horizontes color gris claro con las presencia de estratificación flaser. Este tipo de estratificación está caracterizada por arenisca con estratificación cruzada, delimitadas por lámina de lutita de forma cóncava (Figuras 24 y 25) en la base de la arenisca.

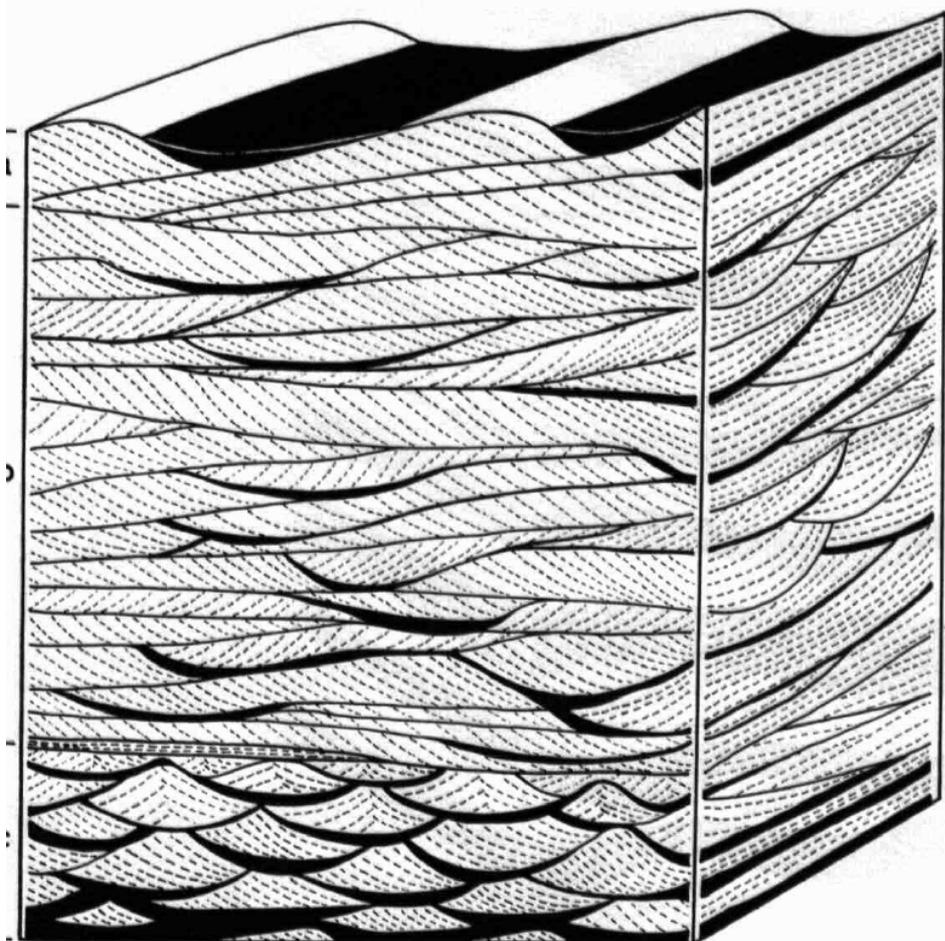


Figura. 24.- Caracterización gráfica de la estratificación flaser, donde la arenisca está representada por las fracciones claras y la lutita con las oscuras. Modificada de Sam Bogas, Jr (1987).

Litofacies D: Compuesta por una alternancia de arenisca de grano fino a medio con presencia de estratificación lenticular y lutita gris oscuro (Figuras 25, 26 y 27).



Figura 25.- Litofacies C. Estratificación flaser caracterizada por láminas cóncavas de lutita dentro de arenisca con estratificación cruzada.

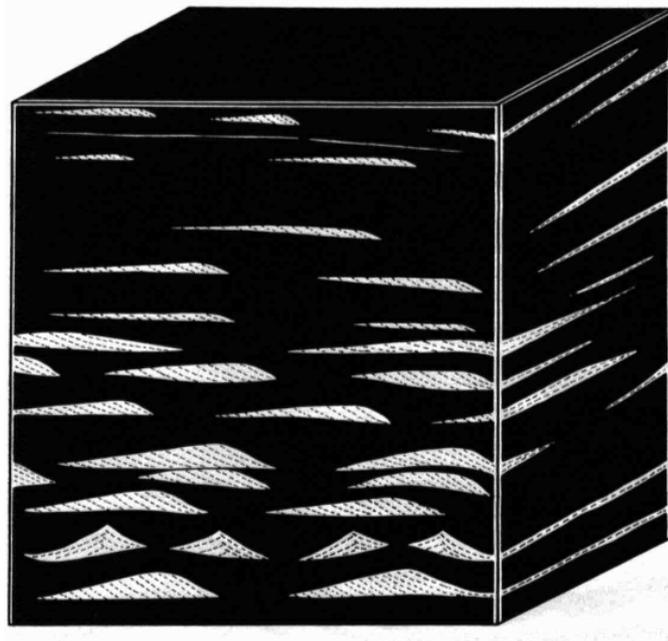


Figura 26.- Caracterización gráfica de la estratificación lenticular, donde las arenisca está representada por las fracciones claras y las lutita con las oscuras.
Modificada de Sam Bogas, Jr (1987).



Figura 27.- Litofacies D. Estratificación lenticular de la litofacies D.



Figura 28.- Litofacies D. Estratificación lenticular de la litofacies D.

Litofacies E: Arenisca de grano medio a grueso de color gris oscuro con la formación de grietas de desecación (figura 29).



Figura 29.- Litofacies E. Grietas de desecación en la cara inferior de las capas de arenisca

Litofacies F: Arenisca de grano medio a grueso de color gris oscuro en estratos lenticulares gruesos y estratificación cruzada plana y espinazo de pescado (Herringbone) de mediana y mayor escala (Figura 30).

En la Tabla 1 se muestra la asociación de las litofacies obtenidas en esta formación y su interpretación ambiental

El conjunto de las litofacies y estructuras tipo flasser, estratificación lenticular y ondulante anteriormente descritas, permite proponer con certidumbre un ambiente de depósito de planicie de marea para la secuencia detrítica del miembro superior de la esta unidad; donde el depósito de lodos durante el período de baja energía determinado por una dominancia de lutita de color gris oscuro (litofacie A) y la arenisca con grietas de desecación (Litofacies E) define el área de supramarea, mientras que la alternancia de lutita y arenisca de las litofacies B, C y D, indica la zona intermareal, apareciendo en esta misma la estratificación flasser, lenticular y ondulante que se generan durante los períodos de alta energía cuando las mareas entran a la planicie. Los canales de submarea están representados por las areniscas de cuarzo con estratificación cruzada plana y de espinazo de pescado de la litofacies F.



Figura 30.- Afloramiento de estrato lenticular de arenisca de grano grueso muy fracturado.

LITOFACIES	INTERPRETACIÓN
Lutita oscuras con lentes incluidos de arenisca de grano fino a medio (A) y arenisca con grietas de desecación (E)	Parte superior de la Planicie de Marea (Supramareal), sedimentos depositados en suspensión
Lutita y arenisca con estratificación ondulante y lenticular (B y D)	Zona de intermareas, depositados suspensión y de carga
Arenisca y lutita con estratificación flasser (C)	Zona de intermareas, depositados suspensión y de carga
Arenisca de cuarzo con estratificación cruzada plana y de espinazo de pescado de mediana y mayor escala (F)	Zona submarea deposito de carga

Tabla 1.- Asociación de litofacies e interpretación ambiental de la porción detrítica de la formación la Cobriza.

III .- DISCUSIÓN

Una de las mayores controversias que surgieron con el desarrollo de este trabajo fue la determinación de la edad de la secuencia en estudio. Si bien es cierto que se esperaba que la porción carbonatada fuera fosilífera, para tener elementos para asignarle una edad, esto no fue posible debido a: 1) no es fosilífera, y 2) la recristalización producto de las intrusiones borró cualquier evidencia paleontológica que apoyara la asignación de una edad.

En la mayor parte de las referencias citadas en el capítulo de trabajos previos, se establece que la edad de esta secuencia sedimentaria es Precámbrico y se correlaciona con las capas Gamuza del área de Caborca; sin embargo, en otras (Soto, 2006) su edad puede establecerse de manera general en el Paleozoico Tardío, a partir de la probable presencia de fusulínidos en las rocas carbonatadas del miembro inferior. En el presente trabajo se trató de corroborar este dato y se recolectaron muestras que al parecer contenían dichos fósiles, sin embargo, éstas son rodadas y no se pudo establecer su afloramiento “in situ”; además de que la determinación macro y microscópicamente estos fósiles no fueron hechas con certidumbre.

Basados en la literatura presente, la fracción carbonatada del miembro inferior podría ser litocorrelacionable con las Capas Gamuza; mientras que la fracción detrítica del miembro superior no lo es en este contexto, y a partir de una litocorrelación con rocas muy similares a las aquí descritas para el miembro superior que se describen como parte de la Formación Newland de Montana en EEUU (Schieber, 1985), se asigna a la formación La Cobriza en su conjunto una edad precámbrica.

Otro de los elementos importantes que se tienen dentro del área de estudio es la presencia de brechas de cuarcita (Figura 31), que por su competencia, se observa solamente en la cima de los cerros del área (Figura 32), dando como resultado un lineamiento con formas de arcos que en la parte sur del área se presenta con un rumbo NW – SE y conforme se avanza hacia al norte cambia su actitud NE – SW, lo cual existe la posibilidad que a escala regional se pueda tener un pliegue.



Figura 31.- Detalle de la brecha de cuarcita que se tiene en el área de estudio.

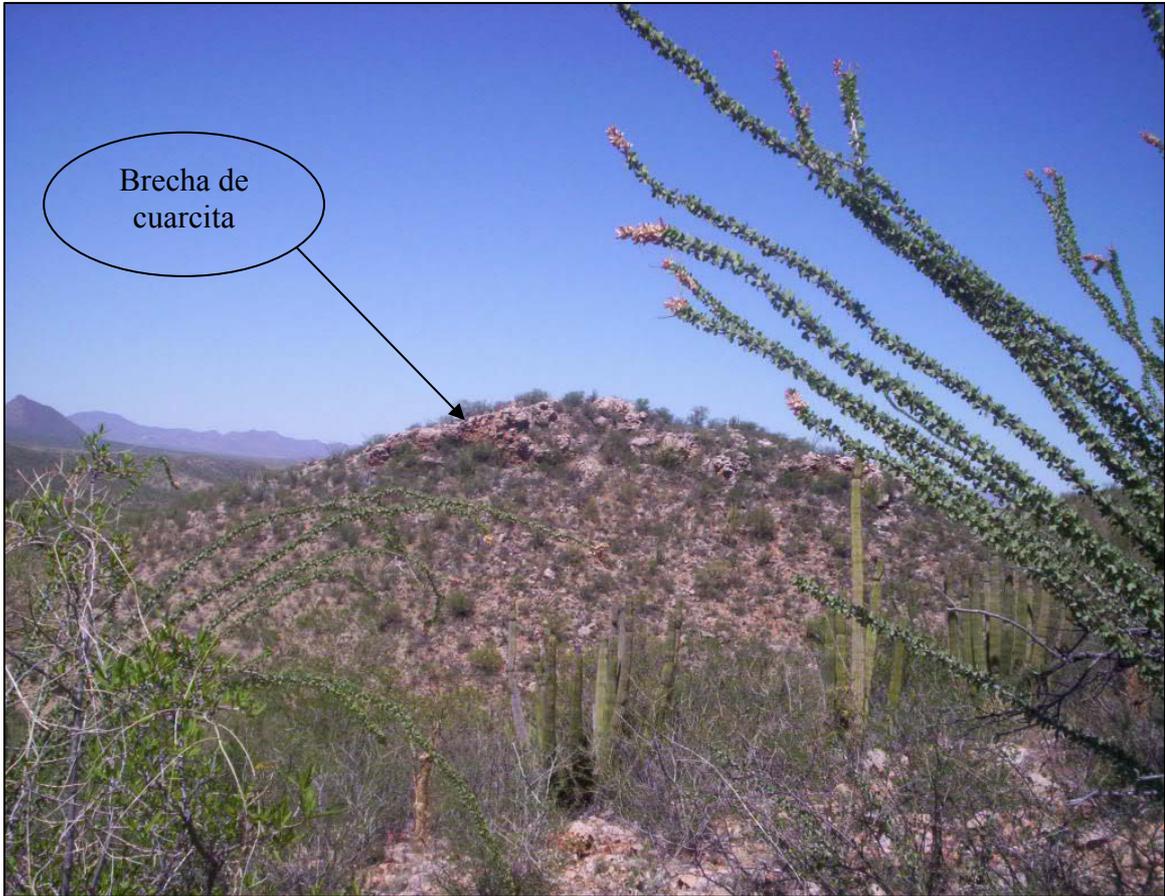


Figura 32 .- Afloramiento característico de la brecha de cuarcita en la cima de cerros del área de estudio.

No cabe duda que esta brecha tiene un origen estructural, ya que en los afloramientos de la formación La Cobriza en las inmediaciones de ésta, se encuentran estructuras de compresión de pequeña y mediana escala (Figura 32); así mismo, la brecha en mención repite los afloramientos de la unidad estudiada. Esto permite proponer que el estilo estructural que afecta a esta secuencia estratigráfica es un sistema de fallas inversas imbricadas.

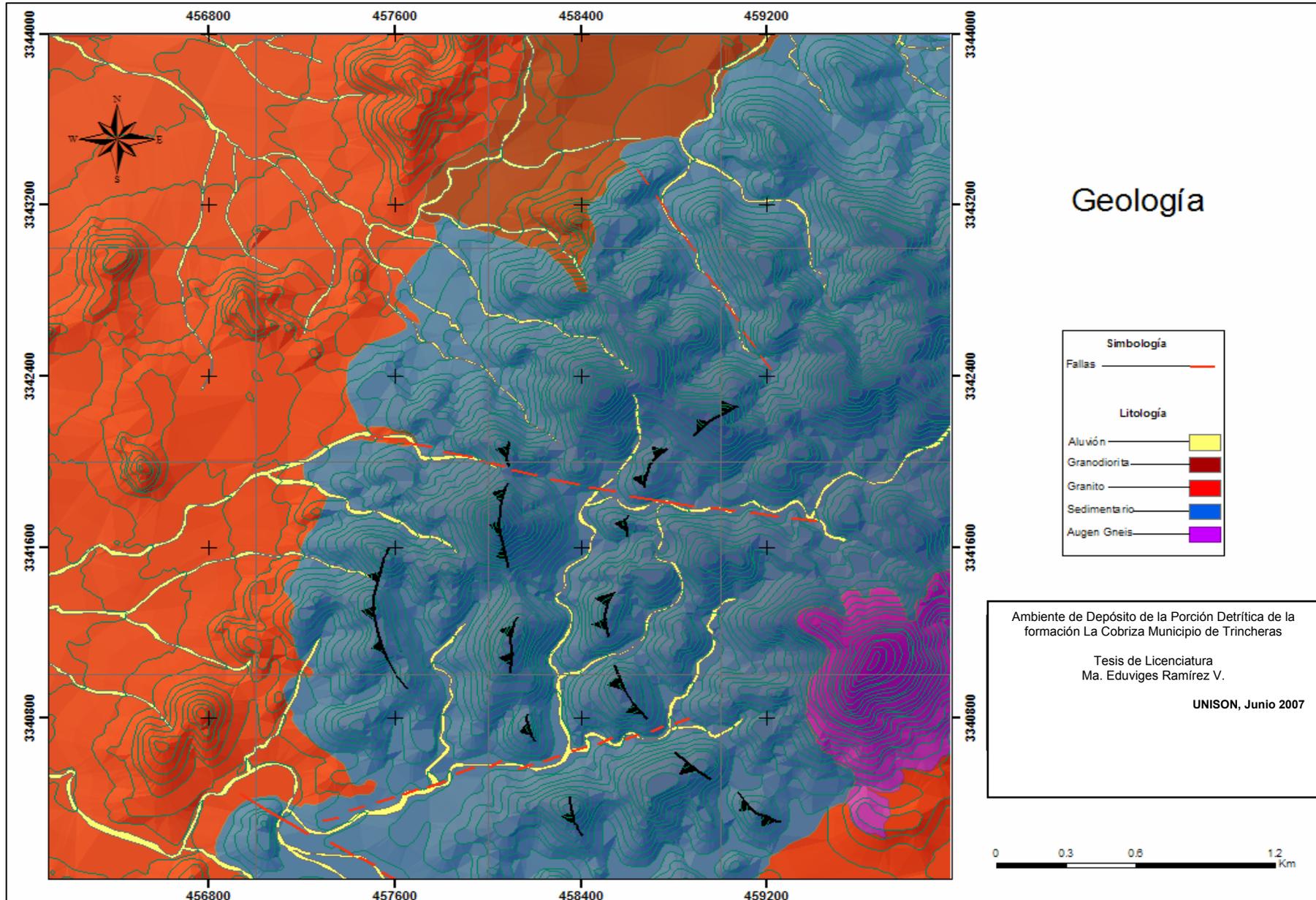
Otro de los puntos que es importante mencionar en este trabajo y que no pudo establecerse con certidumbre, fue el contacto inferior de la formación con la unidad metamórfica precámbrica. Si bien es cierto que aunque Soto (2006) reporta un contacto estructural en la porción oeste del cerro El Apache mediante una falla

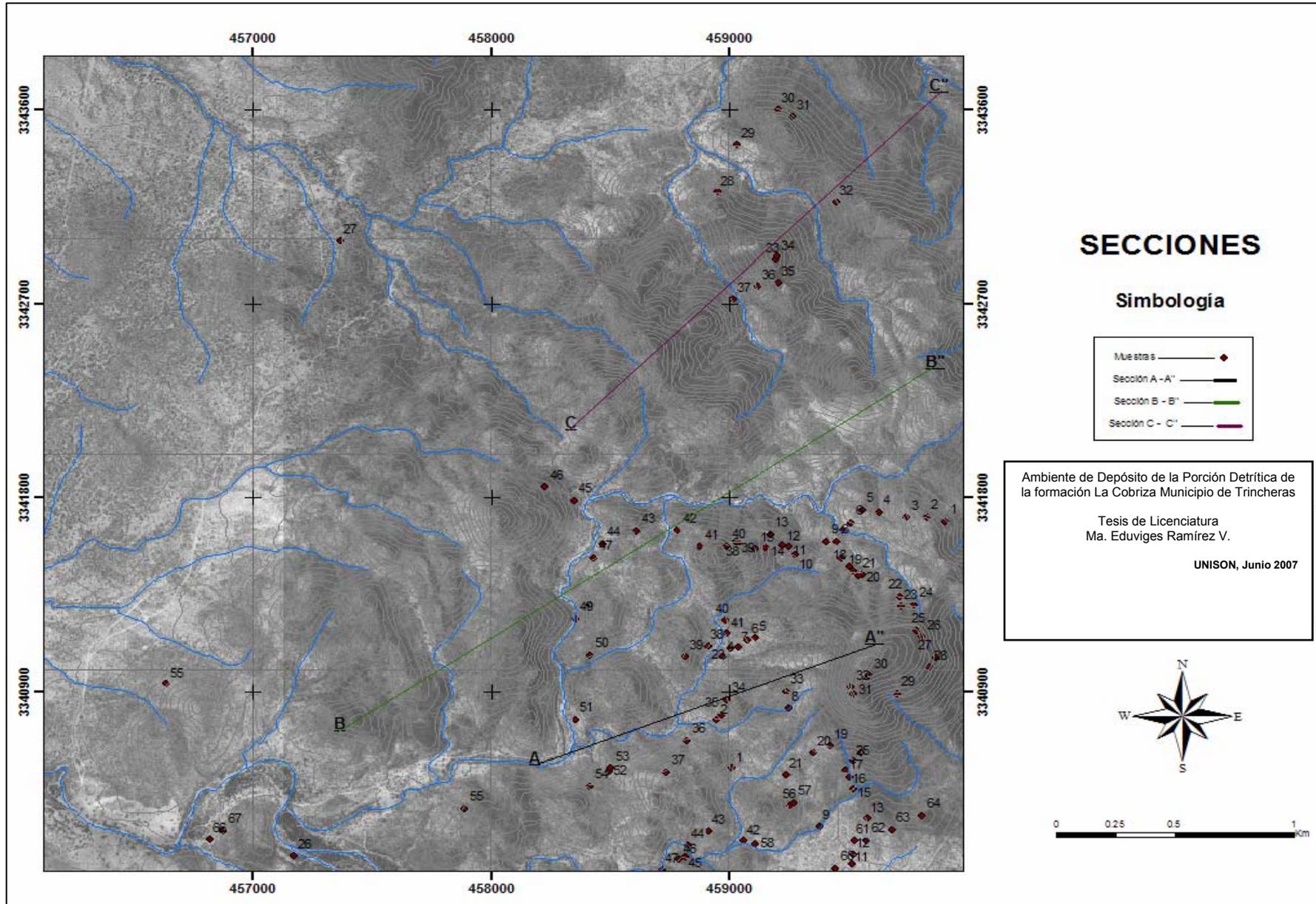
normal de bajo ángulo, y que Herrera (com. pers., 2006) menciona que el contacto entre estas unidades también es estructural en una localidad más hacia el sur, evidencias de dicha estructura no fueron encontradas en campo dentro del área estudiada. Por otro lado, la relación entre unidades precámbricas metamórficas y sedimentarias de la región litocorrelacionables con la formación La Cobriza, es identificada como estratigráfica a través de una discordancia. Por lo anterior, en este trabajo se propone que la formación La Cobriza descansa discordantemente sobre el Zócalo Metamórfico Sierrita Prieta.

IV .- CONCLUSIONES

- Se propone informalmente la formación La Cobriza como una secuencia metasedimentaria precámbrica, dividida en dos miembros, uno inferior dominado por calizas y dolomías, y otro superior caracterizado por areniscas y lutitas.
- La preservación e identificación de estructuras sedimentarias primarias como estratificación rítmica, estratificación flaser, estratificación ondulante y estratificación lenticular, permiten establecer el ambiente de depósito para la secuencia detrítica como una planicie de marea.
- El metamorfismo que presenta esta secuencia es de contacto de bajo grado, desarrollando mármoles de sillimanita y hornfels con abundante sericita en las inmediaciones de los contactos con intrusitos de la región.
- Las brechas de cuarcitas que se tienen aflorando en el área repiten los afloramientos de la formación La Cobriza, generando algunas estructuras en compresión dentro de ésta, proponiéndose el desarrollo de un sistema de fallas inversas imbricado como el generador de estas brechas.

ANEXOS

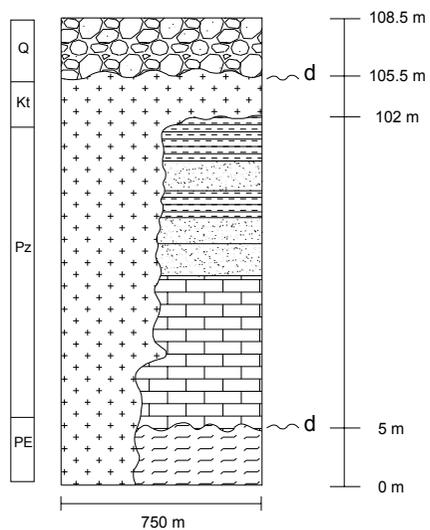




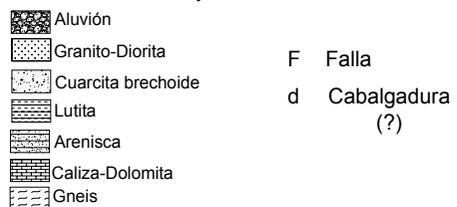
Universidad de Sonora

Departamento de Geología

Columna



Leyenda



Tesis de Licenciatura:

Ambiente de Depósito de la Porción Detrítica de la formación La Cobriza, Municipio de Trincheras

Ma. Ediviges Ramírez Valenzuela

Junio, 2007

Secciones Esquemáticas

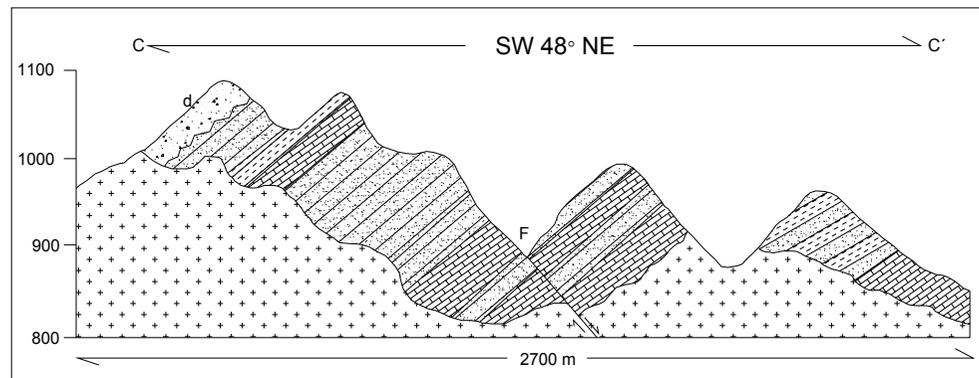
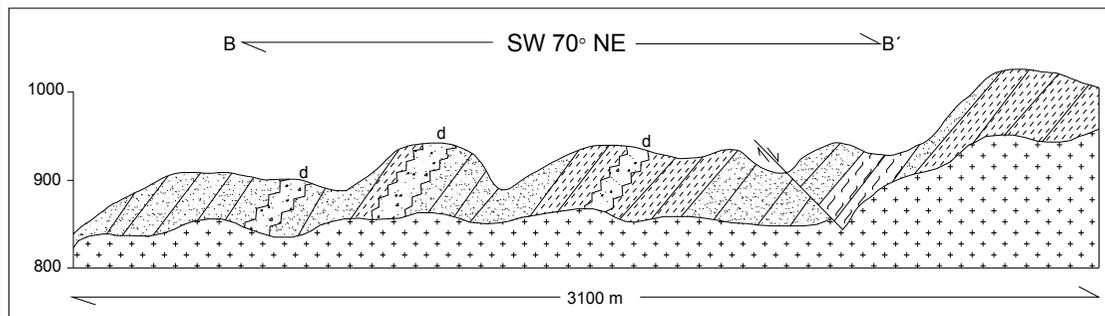
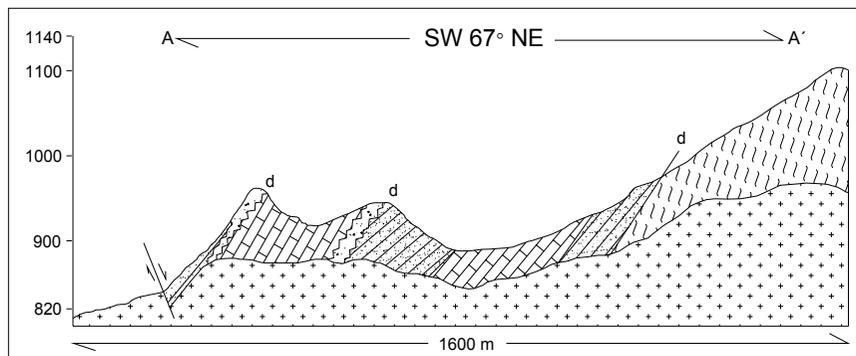


Tabla 2. Muestreo de Campo

NO. MUESTRA	X	Y	RUMBO	ECHADO	OBSERVACIÓN
1	459911	3341688			Contacto entre el gneis y la cuarcita en el arroyo
2	459833	3341709			Contacto entre el gneis y la cuarcita en el arroyo
3	459749	3341708	NW80SE		Contacto entre el gneis y la cuarcita mas gruesa y con mayo contenido de silice
4	459633	3341733			Contacto entre el gneis y la cuarcita mas gruesa y con mayo contenido de silice
5	459562	3341741			Contacto entre el gneis y lo metasedimenario
6	459517	3341682			Contacto de cuarcitas
7	459484	3341647	NW12SE	42SW	Contacto entre la cuarcita y metasedimentario
8	459456	3341594	NW10SE	46SW	Contacto entre la cuarcita y metasedimentario
9	459411	3341594			Afloramiento de cuarcitas
10	459280	3341534			Afloramiento de dolomías plegadas con intercalación de areniscas de cuarzo, posible fallamiento
11	459255	3341572			Afloramientos de dolomías plegadas
12	459226	3341580			Secuencia de dolomías y areniscas de cuarzo con fallamiento
13	459176	3341627			Intercalación de dolomías con areniscas de cuarzo
14	459157	3341570			Secuencia de curacitas en la base seguidas por una zona de milonitas y en la cima conglomerados
15	459113	3341560			Paquete de cuarcita brechoide
16	459043	3341592			Contacto entre en gneis bandeado y la meta arenisca de curazo
17	459477	3341521	NW60SE	52 SW	Zona de cuarcitas bandeadas de diferentes espesores y plegadas
18	459507	3341479	NW60SE	52 SW	Arenisca de cuarzo con estratificación cruzada
19	459528	3341457	NW60SE	70SE	Arenisca de cuarzo con estratificación cruzada
20	459561	3341445	NW60SE	70SE	Contacto entre dolomias y arenicas de cuarzo
21	459546	3341439			Contacto de dolomias y conglomerado polimítico con clastos ángulosos
22	459719	3341342			Contacto entre las dolomias y areniscas de cuarzo
23	459726	3341294			Rodados de augen gneis sobre el arroyo
24	459782	3341302			Afloramiento de augen gneis
25	459792	3341183			Contacto de augen gneis y cuarcitas, seguidas por dolomias
26	459814	3341153			Contacto entre cuarcitas y dolomías echadas al NE - SW
27	459875	3341058			Contacto entre cuarcitas y augen gneis
28	459844	3341012			Contacto entre el augen gneis y gabro
29	459708	3340889			Cima del cerro el gabron con augen gneis

30	459593	3340974			Contacto augen gneis y cuarcitas brechoides
31	459528	3340890			Contacto entre ortocuarzitas (areniscas de cuarzo) y gabro
32	459517	3340919			Contacto entre el gabro y cuarcitas
33	459242	3340902			Contacto entre las cuarcitas y areniscas estratificadas
34	458995	3340861			Afloramiento de dolomías plegadas
35	458971	3340792	E-W	19N	Contacto e intercalación entre cuarcitas y dolomías
36	458824	3340673			Afloramientos de conglomerados polimítico, con clastos de cuarcita, gabroides.
37	458737	3340525			Cuarcitas
38	459032	3341597	NW7SE	Falla	Zona de falla de desplazamiento normal, de arenisca con estratificación y arenisca de cuarzo
39	459034	3341596			Contacto de dolomías y areniscas de cuarzo
40	458995	3341575			Contacto entre gneis bandeado y el conglomerado
41	458881	3341572	NW66SE		Cuarcitas brechoide
42	458786	3341647	NW88SE	36SW	Afloramiento de gneis bandeado AR a 10m la secuencia de cuarcitas
43	458613	3341644	NW10SE		Zona de metaarenisca de cuarzo estratificación cruzada
44	458470	3341586	NW10SE		Zona de metaarenisca de cuarzo estratificación cruzada
45	458350	3341787			Zona de metaarenisca de cuarzo estratificación cruzada
46	458228	3341849			Cima del cerro, contacto entre las areniscas de cuarzo y las areniscas con estratificación (lutitas)
47	458433	3341518	SE24NW	54NE	Discordancia angular entre las cuarcitas y el conglomerado
48	458415	3341301	SE65NW		Afloramiento de caliche
49	458355	3341237	SW42NE	falla	Intercalación de areniscas de cuarzo con las cuarcitas y la cuencia de las areniscas con estratificación cruzada en la cima
50	458418	3341069			Metaarenica de cuarzo
51	458356	3340770			Metaarenica de cuarzo
52	458497	3340531	SW42NE	60NW	Discordancia angular entre las dolomia y el conglomerado. La secuencia presenta el mismo echado de las cuarcitas y la metaarenisca
53	458504	3340544	NW10SE	40NE	Zona de falla entre la cuarcita y la metaarenisca
54	458417	3340459	NE65SW	Falla	Discordancia angular entre las areniscas de cuarzo y la cuarcita brechoide
55	457891	3340357	NE65SW		Areniscas de cuarzo con espesor de 300m con la cuarcita brechoide en la cima con el mismo rumbo de la secuencia anterior
56	459259	3340371	NE83SW	48SE	Arenisca de cuarzo con estratificación cruzada
57	459274	3340385			Contacto con arenisca de cuarzo y arenisca estatificada (lutitas)

58	459112	3340195	NW7SE	33SW	Afloramiento de cuarcita brechoide en la cima de los cerros
59	459359	3340047			Afloramiento de arenisca estartificada (lutitas)
60	459450	3340081			Afloramiento de arenisca de euarzo con estartificación cruzada
61	459532	3340207	NE55SW		Contacto entre la cuarcita y cg con clastos de ugen gneis y arenisca de cuarzo con estartificación (lutitas)
62	459580	3340210	NW70SE	46SW	Cambio de rumbo de las cuacitas brechadas
63	459686	3340260			Falla de las cuarcitas brechoide
64	459815	3340325			Contacto de las cuarcitas brechoide y el gabro
66	456821	3340213	NW15SE	38SE	Cg de latitas y dacitas Jr. No presenta clastos del intrusivo
67	456876	3340254	NW53SE	52SW	Contacto discordante angular entre Cg no cuenta con clastos de cuarcitas, probablemente se puede sugerir una concordancia.
68	459015	3340545			Caliza con intempersimo Kárstico (En el Arroyo)
69	458952	3340768	75 SE	30 SW	Arenisca de cuarzo de color gris oscuro de grano fino - medio, con estartificación plana. Presenta bandamiento de lutitas negras de 5 a 2 mm cuenta con fracturamiento 45 SW
71	459009	3341098	25 NW		Cuarcita brechoide
72	458977	3341060			Dolomia
73	459115	3341151	65 NW	25 SW	Dolomia reemplazada por silice, con intempersimo kárstico de color negro, en muestra fresca es de color blanco - rosado de grano fino.
74	459081	3341140	55 NE	25 SW	Arenisca de color negro con bandas de cuarzo (flaser beddings), de grano fino, se encuentra fracturada de 45 SW
76	459041	3341104	65 NW	25 SW	Dolomia reemplazada por silice, con intempersimo kárstico de color negro, en muestra fresca es de color blanco - rosado de grano fino.
77	459253	3340823	40 NW	41 SW	Dolomia de color gris claro
78	459383	3340275	31 NW	37 SW	Contacto de dolomias y metareniscas
79	459509	3340016			Granito
80	459520	3340103			Granito
82	459524	3340143			Caliza recrsitalizada
83	459583	3340311			Dique (rosa)
84	459527	3340447			Rocas detriticas con clastos de cuarcita, bandeadas y deformatas, continen conglomerados
85	459508	3340500			Intrusivo rosas con grano mas fino con presencia de cuarzo y feldespatos, se confunde con una arenisca posiblemente facie tardia del granito
87	459495	3340534			Contacto con el intrusivo de grano fino con el gabro de cristales medio (1 a 5 mm), Nota: gneis deformado al acercarse al contacto con el gabro, los ojos se vuelven mas ala

					Gabro con cristales de tamaño medio con alguna presencia de gnesis, se ven bandeados con algunos ojos de feldesparos alterados de color negro.
88	459558	3340615			
89	459430	3340652			Dolomia
90	459359	3340618			Metarenisca de cuarzo de grano medio y de color gris, cuenta con estratificación muy fina con algunas capas de ferromagnesianos
91	459241	3340515			Hornfels con epidota, metamorfismo de contacto, de color gris claro en superficie fresca, intemperismo negro con zonas verdes de grano medio con poca calcita
93	458916	3341113	35 NW	46 SW	Dolomitas de color gris con intemperismo kárstico
94	458916	3341113	33 NW	46 SW	Dolomia, la roca presenta un color gris oscuro en superficie de intemperismo y gris claro en superficie fresca. Se observa una recristalización intensa
95	458722	3340036	64 NW	57 SW	Metarenisca de grano fino a medio se observa estratificación cruzada, con horizontes de arenas y lodos. Se observa biotita y cuenta con microfallas normales.
96	459525	3340576			Gabro, roca de color gris - negro en superficie de intemperismo y fresca. Localmente oxidado. La mineralogía está representada por cristales de anfíboles y plagioclasas
98	457172	3340138	56 NW	52 SW	Mármol, roca de color blanco rosado en superficie de intemperismo y fresca con pequeñas vetillas de calcita (menores a 1 cm de espesor) muy silicificada.
99	457367	3342993			Intrusivo granítico con xenolitos de diorita
100	458953	3343219	84 NW	37 SW	Caliza recristalizada, con fracturamiento 8 NE
101	459036	3343439			Diorita y a 5 m tenemos un dique aplítico (Rumbo E-W, ancho 60cm), en la cima de la loma tenemos a la cuarcita brechoide
103	459210	3343600			Por el arroyo tenemos el contacto de las areniscas de cuarzo y de la diorita
104	459272	3343568			Por las faldas del cerro aparece la diorita
105	459453	3343173	80 SE		Areniscas de cuarzo, fracturas 20 NW
106	459199	3342906		NW	Caliza recristalizada
107	459205	3342920			Arenisca con estructura flaser
109	459208	3342796	55 NW	34 NE	Areniscas con flaser beddings
110	459124	3342782			Lutitas con bandas claras y oscuras
111	459022	3342722	65 NW		Cuarcita brechoide
112	458909	3341114	54 NW	41 SW	Caliza recristalizada
114	458820	3341062	54 NW		Areniscas de cuarzo con "marcas de gusano" (?) estratificación cruzada
115	458989	3341232	65 NW	55 SW	Areniscas con intercalación de lutitas
116	458995	3341169	E-W		Cuarcita brechoide
117	459062	3340208			Cuarcita brechoide

119	458915	3340253	10 NW	8 SW	Caliza recristalizada en la cima encontramos cuarcita brechoide
120	458828	3340190	60 NW	19 SW	Caliza dolomitizada con vetillas de silice, fracturamiento 30 NW
121	458817	3340135	30 NW	45 SW	Areniscas de cuarzo con estratificación curzada y plana, con fracturamiento de 5 a 30 NW
122	458792	3340120	25 NW	28 SW	Areniscas de cuarzo con flaser beddings
123	458720	3340075	25 NW		Cuarcita brechoide
125	458716	3340033	45 NW	42 SW	Areniscas
126	458721	3340038	30 NW	47 SW	Calizas
127	458682	3340046			Intursivo cortando a la metarenisca, el intursivo es de tipo felsico.
128	458678	3340047	20 NW		Cuarcita brechoide
130	457165	3340027	70 NW		Falla que pasa por el arrollo, encontramos turmalina, muscovita y epidota y cuarzo
131	456636	3340936			Granito y mas de la mitad del cerro es metasedimentario y en la cima encontramos cuarcita

BIBLIOGRAFÍA

DÓRAME-NAVARRO, M.A. ; (2003) ; Orogenias Nevadiana y Oregoniana en el NW de México ; *Tesis de Maestría en Ciencias-Geología ; Departamento de Geología - Universidad de Sonora* ; Hermosillo, Sonora ; 159 p.

CASTRO, A.A. y MORFÍN-V. , S. ; (1988); Contribución a la geología del área Cerro de Oro; *Boletín Departamento Geología Uni-Son*; Vol. 5; No. 1 y 2; p. 25-39.

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES; (2002); Carta Geológico-Minera Trincheras 12R-b (10) Sonora; Escala 1 : 100,000.

CHAPARRO-MEZA, M.E. ; (1992); Geología de la carta Los Chinos H12C19 Sonora Central; *Tesis de Licenciatura - Universidad de Sonora*; 62 p.

DE LA CRUZ-ORTEGA, L.D. y DÓRAME-NAVARRO, M.A.; (2000); Geología estratigráfica de las formaciones pre-jurásicas del área comprendida entre la Sierra del Viejo y la Sierra Jojoval; *Tesis de Licenciatura - Universidad de Sonora*; 107 p.

GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA ; (1993); Carta Geológica Sonora; Escala 1 : 500,000.

GONZÁLEZ-LEÓN, C. M. ; (1994) ; Early Cretaceous tectono-sedimentary evolution of the southwestern margin of the Bisbee basin ; *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas-UNAM* ; Vol. 11 ; No. 2 ; p. 139-146.

GRIJALVA-NORIEGA, J. ; (1991); Sobre el Cretácico Temprano en Sonora y áreas adyacentes; *Boletín Departamento Geología Uni-Son*; Vol. 8; No. 2; p. 1-18.

HARDY, R.L.; (1981); Geology of the Central Sierra de Santa Rosa, Sonora, Mexico; In: Ortlieb, L. and Roldán-Quintana, J. (Editors); *Geology of Northwestern Mexico and Southern Arizona; Field Guides and Papers; Geological Society of America, Cordilleran Section Annual Meeting*; Hermosillo, Sonora, Mexico; March 21-30; p. 73-98.

HERRERA-URBINA, S. y PÉREZ-SEGURA, E.; (1990); Facies de metamorfismo en las secuencias de las inmediaciones del poblado de Estación Llano, Sonora; *Boletín Departamento de Geología Uni-Son*; Vol. 7; No.1 y 2; p. 7-28.

INEGI; (1996); Carta topográfica Sierrita Prieta (H12A88); Escala 1:50,000; 2^a Impresión.

JACQUES-AYALA, C. ; (1992) ; The Lower Cretaceous Bisbee Group near Santa Ana, northern Sonora, Mexico; In : Clark, K.F. , Roldán-Quintana, J. & Schmidt, R.H. (editors) ; *Geology and Mineral Resources of Northern Sierra Madre Occidental, Mexico ; Field Conference Guidebook ; El Paso Geological Society* ; p. 349-357.

LONGORIA, J.F., GONZÁLEZ, M.A., MENDOZA, J.J. y PÉREZ, V.A.; (1978); Consideraciones estructurales en el cuadrángulo Pitiquito-La Primavera NW de Sonora; *Boletín Departamento de Geología Uni-Son*; Vol.1; No.1; p.19-34.

LONGORIA, J.F. y PÉREZ, V.A. ; (1978); Bosquejo geológico de los Cerros Chino y Rajón, cuadrángulo Pitiquito-La Primavera (NW de Sonora); *Boletín Departamento de Geología Uni-Son*; Vol. 1; No. 2; p. 119-144.

MORALES-MONTAÑO, M.; (1984); Bosquejo geológico del cuadrángulo Estación Llano-Imuris; *Boletín Departamento Geología Uni-Son*; Vol.1; No.1; p. 25-36.

OROZCO-DÍAZ, M.A. ; (1999); Verificación de curvilineamientos y su relación con la mineralización del área Sierrita Prieta (H12A88); *Tesis de Licenciatura Universidad de Sonora* (no editada).

PALAFIX, J.J., MENDOZA, A. y MINJÁREZ, V.A. ; (1992); Geología de la región de la Sierra Caracahui (Sonora, México); *Boletín Departamento de Geología Uni-Son*; Vol. 9; No.1; p.19-34.

PEMEX ; (1987); *Prospecto Trincheras*; Reporte Inédito.

PORTHERO DONALD R. ; (1990); Interpreting the Stratigraphic Record.

RADELLI, L. ; (1990) ; La chaîne névadienne (gilienne) et ses déformations crétacées au NW du Mexique (nappes d'origine gondwanienne de Caborca et du Sonora central ; *Géologie Alpine* ; t. 66 ; p. 57-100.

RODRÍGUEZ-CASTAÑEDA, J.L. ; (1988); Estratigrafía de la región de Tuape, Sonora; *Revista Instituto de Geología UNAM*; Vol. 7; No. 1; p. 52-66.

SAM BOGGS, JR. ; (1987); Principles of Sedimentology and Stratigraphy.

SALAS, G. A. ; (1968); Areal geology and petrology of the igneous rocks, Santa Ana quadrangle, Sonora, Mexico; *Master of Science Thesis; University of Oklahoma*; Norman, Oklahoma; 118 p.

TARAZÓ PACHECO, RAMSES ARMANDO; (2002); *Estudio Petrológico del Volcanismo Terciario Afinidad Potásica, Ranchos San Hipólito y El Cúmaro, de Trincheras, Sonora, México. Tesis para obtener el título de Geólogo. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora. Agosto 2002.*

VEGA-GRANILLO, R. , PÉREZ-SOTO, F. Y CHAPARRO-MEZA, M. ; (1991); *Mantos de corrimiento y cabalgaduras imbricadas en Sonora central; Boletín Departamento Geología Uni-Son ; Vol. 8 ; No. 2 ; p. 37-46.*

Comentarios del M.C. Alfredo Ochoa Granillo

Cursos de Campo III y IV, realizado en el área.

Página Web: www.depauw.edu/.../tcope/SedStruct.html