



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
División de Ciencias exactas y naturales  
Departamento de Geología

Consideraciones Estratigráficas del Cámbrico  
al norte del poblado de San José de Gracia,  
Municipio de Hermosillo, Sonora, México.

**TESIS**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**GEÓLOGO**

Presenta:

**ROBERTO OCHOA CONTRERAS**



Director de Tesis: M.C. José Alfredo Ochoa  
Granillo

Hermosillo, Sonora, Diciembre del 2014

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



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



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

# UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales  
Departamento de Geología

10 de octubre, 2014

**DR. I. GUADALUPE ESPINOZA MALDONADO**  
JEFE DEL DEPTO. DE GEOLOGÍA  
UNIVERSIDAD DE SONORA  
P R E S E N T E.-

Por este conducto y de la manera más atenta, me permito someter a su consideración, para su aprobación el siguiente tema de tesis, intitulado:

**“CONSIDERACIONES ESTRATIGRAFICAS DEL CAMBRICO AL NORTE DEL  
POBLADO DE SAN JOSE DE GRACIA, MUNICIPIO  
DE HERMOSILLO, SONORA, MEXICO”**

Esto es con el fin de que **ROBERTO OCHOA CONTRERAS**, con Expediente No. **209201910**, pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título de Licenciatura en Geología.

Sin otro en particular y agradeciendo de antemano su atención al presente, quedo de Usted.

**A T E N T A M E N T E**  
**“EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA”**

  
M.C. JOSE ALFREDO OCHOA GRANIELLO  
DIRECTOR



  
DR. JUAN JOSE PALAFOX REYES  
CO-DIRECTOR

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

El saber de mis hijos  
hará mi grandeza  
**DEPARTAMENTO  
DE GEOLOGIA**



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

# UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales  
Departamento de Geología

28 de noviembre, 2014

**M.C. JOSE ALFREDO OCHOA GRANILLO**  
DIRECTOR  
**DR. JUAN JOSE PALAFOX REYES**  
CO-DIRECTOR  
P R E S E N T E.-

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

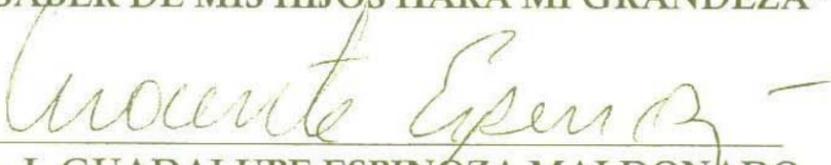
**“CONSIDERACIONES ESTRATIGRAFICAS DEL CAMBRICO AL NORTE DEL  
POBLADO DE SAN JOSE DE GRACIA, MUNICIPIO  
DE HERMOSILLO, SONORA, MEXICO”**

Esto es con el fin de que el alumno **ROBERTO OCHOA CONTRERAS**, pueda presentar su examen profesional, para la obtención de su título de Licenciatura. Asimismo les comunico que han sido asignados los siguientes Sinodales:

<b>DR. JUAN JOSE PALAFOX REYES</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>M.C. JESUS PORFIRIO SOSA LEON</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>M.C. JOSE ALFREDO OCHOA GRANILLO</b>	<b>VOCAL</b>

Sin otro en particular y agradeciendo de antemano su atención al presente, quedo de Ustedes.

**A T E N T A M E N T E**  
**“EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA”**

  
**DR. I. GUADALUPE ESPINOZA MALDONADO**  
JEFE DEL DEPARTAMENTO.

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



El saber de mis hijos  
hará mi grandeza  
**DEPARTAMENTO  
DE GEOLOGIA**



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

# UNIVERSIDAD DE SONORA

División de Ciencias Exactas y Naturales  
Departamento de Geología

NOMBRE DE LA TESIS:

**"CONSIDERACIONES ESTRATIGRAFICAS DEL CAMBRICO AL NORTE DEL  
POBLADO DE SAN JOSE DE GRACIA, MUNICIPIO  
DE HERMOSILLO, SONORA, MEXICO"**

NOMBRE DEL SUSTENTANTE:

**ROBERTO OCHOA CONTRERAS**

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

**DR. JUAN JOSE PALAFOX REYES**

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

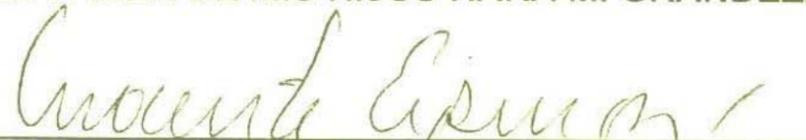
**M.C. JESUS PORFIRIO SOSA LEON**

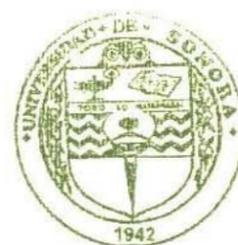
El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuado, como requerimiento parcial para obtener el Título de Licenciatura en la Universidad de Sonora.

**M.C. JOSE ALFREDO OCHOA GRANILLO**

**ATENTAMENTE**

**"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"**

  
**DR. I. GUADALUPE ESPINOZA MALDONADO**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA.**



El saber de mis hijos  
hará mi grandeza  
**DEPARTAMENTO  
DE GEOLOGIA**

C.c.p. Archivo.

## Dedicatoria y agradecimientos

Dedico esta tesis a una gran persona, quien fue mi guía, mi amigo y mi abuelo, Celestino Ochoa Sánchez, quien aunque ya no se encuentre físicamente con nosotros, siempre estará en mi corazón, te agradezco infinitamente por todo.

A mis padres: Griselda Contreras y Roberto Ochoa, quienes me dieron la vida y me apoyaron incondicionalmente en todo momento. Sobre todo por ser un gran ejemplo de vida a seguir.

A mis compañeros de estudio y amigos; Heriberto Vega, Erik Ramírez, Ramón Tenorio y Ricardo Rivera. Quienes me apoyaron acompañándome en los trabajos en campo.

A mis amigos Francisco Apodaca, Jazmín Gallegos, Ismael Limón y Vianey Casillas. A estas personas que considero como parte de mi familia, quienes siempre estuvieron conmigo listos para brindarme su ayuda y motivarme a seguir adelante en los momentos de desesperación, muchísimas gracias.

Al profesor Alfredo Ochoa Granillo y Juan Palafox Reyes por todo el apoyo brindado, por su tiempo, amistad y conocimiento que me transmitieron siendo mis directores de tesis.

Para todos ellos es esta dedicatoria, pues son a quienes les agradezco por su gran apoyo.

Roberto Ochoa Contreras.

## Contenido

1. Resumen .....	5
2. Introducción.....	6
3. Objetivo.....	6
3.1. Objetivos Secundarios .....	6
4. Generalidades .....	7
4.1. Localización y acceso al Área de Estudio .....	7
4.2. Clima, Vegetación y tipo de Suelo .....	10
4.3. Fisiografía, Geomorfología e hidrografía .....	12
4.4. Antecedentes y Trabajos Previos .....	16
4.5. Metodología de trabajo .....	22
5. Estratigrafía del área de trabajo .....	23
5.1 Precámbrico.....	23
5.1.1 Grupo El Águila .....	23
5.2 Paleozoico .....	26
5.2.1 Formación Proveedora .....	26
5.2.2 Formación Buelna.....	29
5.2.3 Formación Cerro Prieto .....	31
5.2.4 Formación Arrojos.....	33
5.3 Cenozoico .....	37
5.3.1 Mioceno Inferior .....	37
5.3.2 Cuaternario.....	38
6. Estratos Neoproterozoicos y Cámbricos en Sonora.....	41
6.1 Correlaciones estratigráficas.....	42
7. Marco geológico regional.....	44
8. Tectónica y Geología Histórica .....	47
8.1 Geología Histórica .....	47
8.2 Tectónica.....	49
8.2.1 Eventos Tectónicos Precámbricos .....	49
8.2.2 Eventos Tectónicos Cámbricos.....	50

---

9. Resultados y conclusiones .....	50
9.1 Recomendaciones .....	51
10. Bibliografía .....	52

## 1. Resumen

Al norte del poblado de San José de Gracia, municipio de Hermosillo, afloran unidades sedimentarias del Cámbrico Inferior a Cámbrico Medio, relacionándolas estratigráficamente con las Formaciones Cuarcita Proveedora, Buelna, Cerro Prieto y Arrojos, las cuales su localidad tipo se encuentra localizada en el área de Caborca, Sonora. Dichas unidades Cámbricas están siendo cabalgadas por unidades del Grupo El Águila, las cuales han sido datadas mediante circones detríticos dando edades precámbricas (760 Ma. - 1057 Ma.), estas unidades consisten en dolomías y cuarcitas, dichas unidades presentan fauna estromatolítica en la parte superior.

## 2. Introducción

El presente trabajo forma parte de una investigación geológica de rocas en su mayoría Cámbricas, en la cual hablaremos de contenidos fosilíferos, se describirán los eventos tectónicos que han afectado el área y se correlacionara estratigráficamente con otras unidades Cámbricas. Nuestra área de estudio está localizada en los alrededores del Rancho El Retanque, región de Úres, Sonora, México.

## 3. Objetivo

Partiendo de los posteriores estudios realizados en estratos cámbricos en México, el objetivo principal del presente trabajo es de realizar una cartografía a semidetalle del área, así como estudiar las distintas unidades lito estratigráficas presentes para correlacionar esta área con otros afloramientos cámbricos, así como definir los eventos geológicos más relevantes que han afectado a dicha región.

### 3.1. Objetivos Secundarios

Como objetivos secundarios tenemos los siguientes:

- Analizar los contenidos faunístico en estas unidades.
- Correlacionar estas unidades cámbricas con otras localidades en Sonora.
- Realizar un estudio petrológico con la finalidad de caracterizar la litología presente en las unidades estratigráficas.

#### 4. Generalidades

##### 4.1. Localización y acceso al Área de Estudio

El lugar de estudio se encuentra localizado en la porción centro del estado de Sonora, México. Cuyas coordenadas son: 29°21'54.00"N, 110°38'24.00"O; 29°21'54.00"N, 110°36'54.00"O; 29°20'6.00"N, 110°36'54.00"O; 29°20'6.00"N, 110°38'24.00"O (Véase figura 1 y 2), cubriendo un área aproximada de 8km<sup>2</sup>, y lo podemos encontrar en la carta topográfica Úres H12-D32, escala 1:50 000 (INEGI, 2001) y en la carta geológica-minera Úres H12-D32 escala 1:50 000 (SGM, 2002). (Vease figura 3).

El acceso al área es a partir de la ciudad de Hermosillo, dirigiéndose por la carretera federal no. 15 (Hermosillo-Santa Ana) alrededor de 10km hasta llegar al entronque con la carretera federal no. 21 (Hermosillo-Moctezuma) donde se caminarán 35 km más hasta llegar al poblado de San José de Gracia donde se tomara un camino de terracería hacia el noroeste por 10 km más hasta llegar a nuestra área de interés. El tiempo estimado de camino partiendo desde la ciudad de Hermosillo hasta el área de estudio es de 50 minutos. (Véase figura 1 y 2).

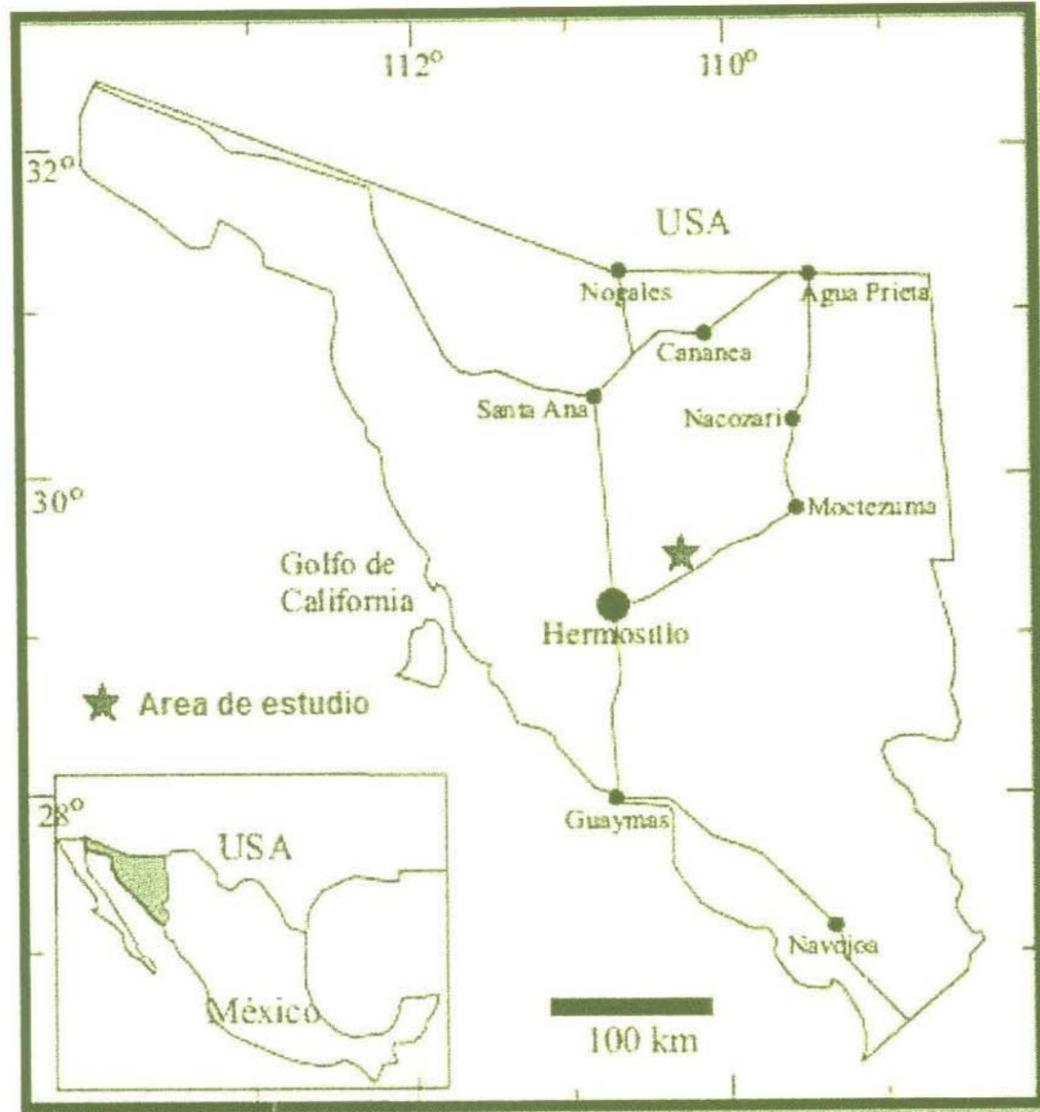


Figura 1. Mapa de localización.

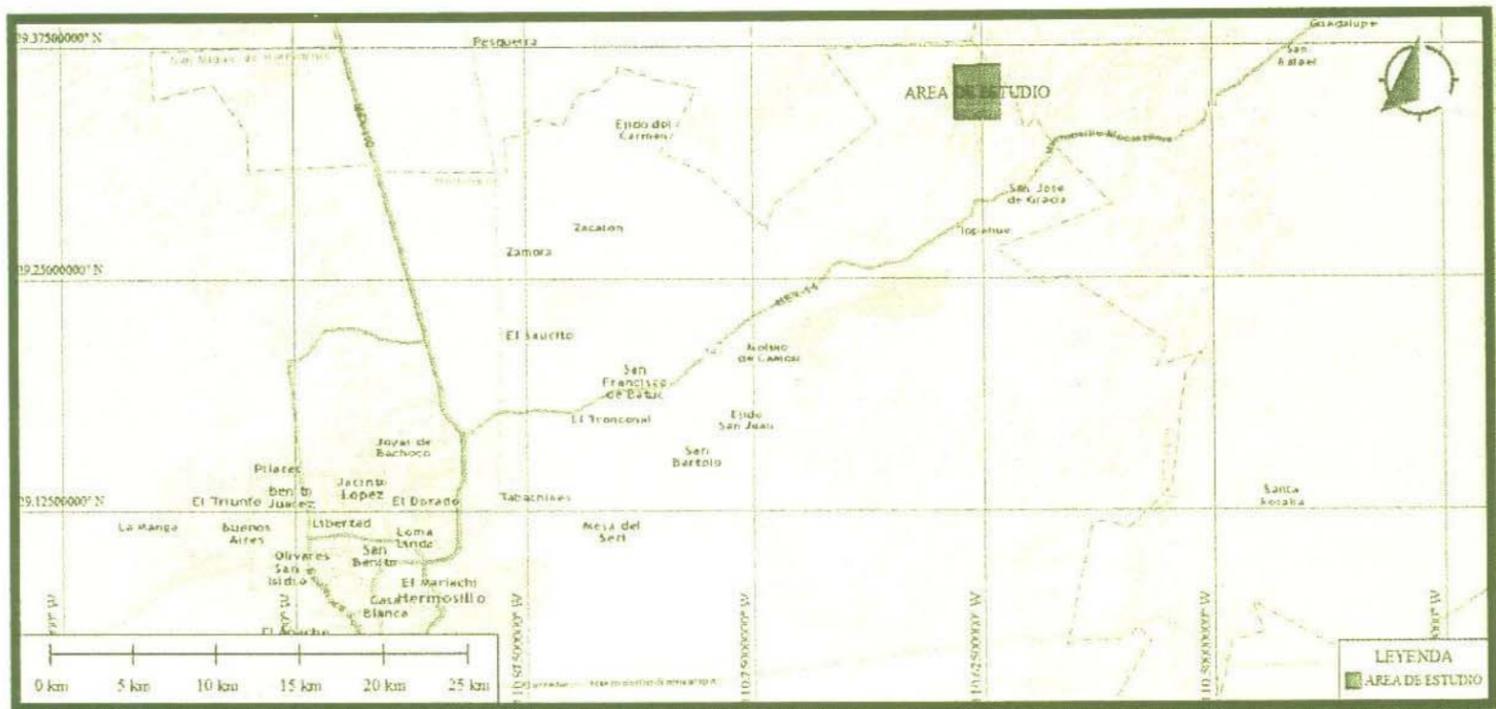


Figura 2. Mapa de vías de acceso al área de estudio.

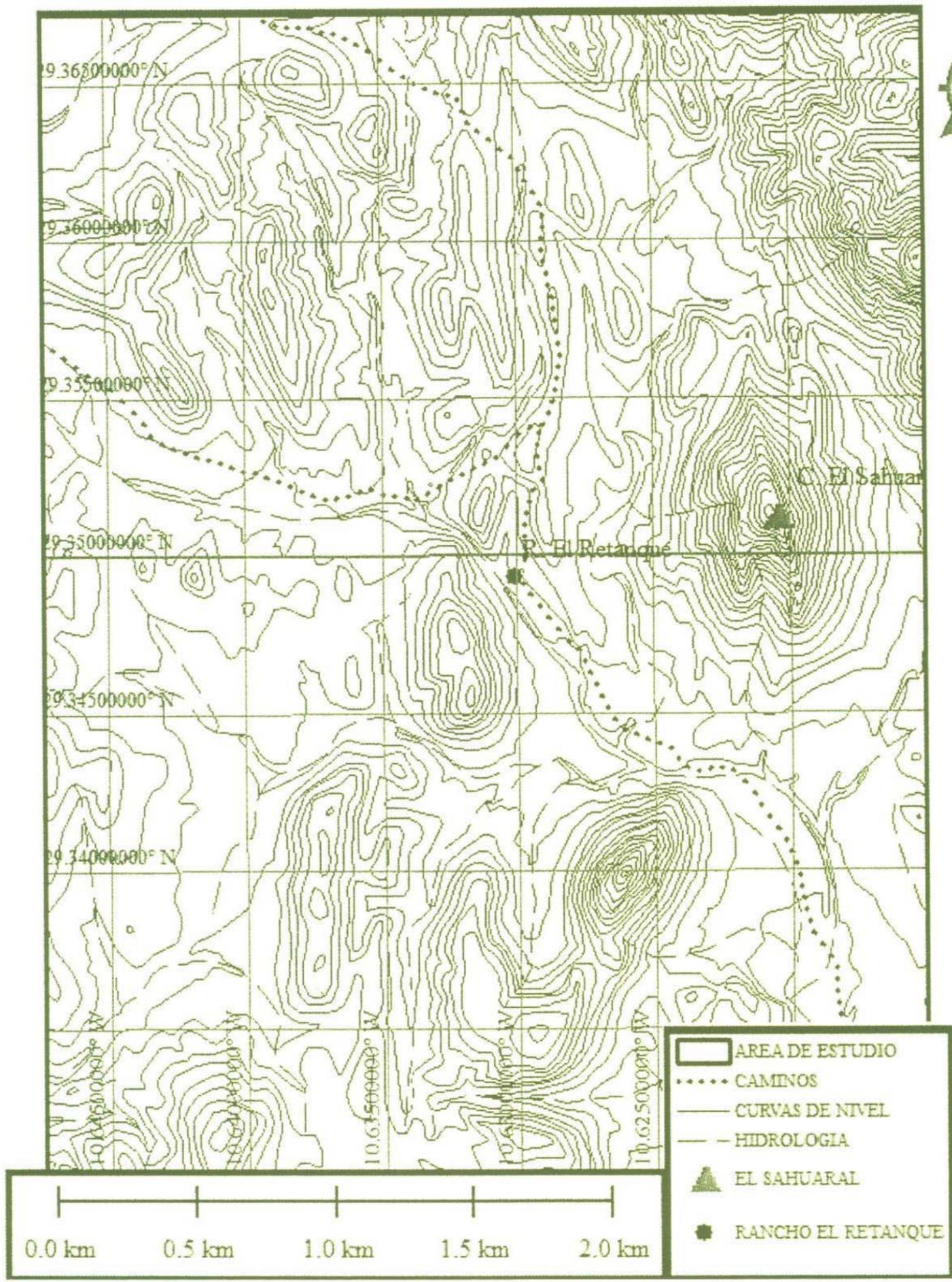


Figura 3. Mapa topográfico del área de estudio.

#### 4.2. Clima, Vegetación y tipo de Suelo

El clima de la región se caracteriza por ser seco, semiseco y muy seco. (INEGI, 2011). La temperatura media máxima mensual es de 32°C en el mes de Julio y la temperatura media mínima mensual es de 16°C en el mes de enero, la temperatura media anual es de 25°C, y se presentan heladas ocasionales de Diciembre a Marzo, mientras que durante el verano se presentan temperaturas extremas superiores a 45°C. (Véase figura 4).

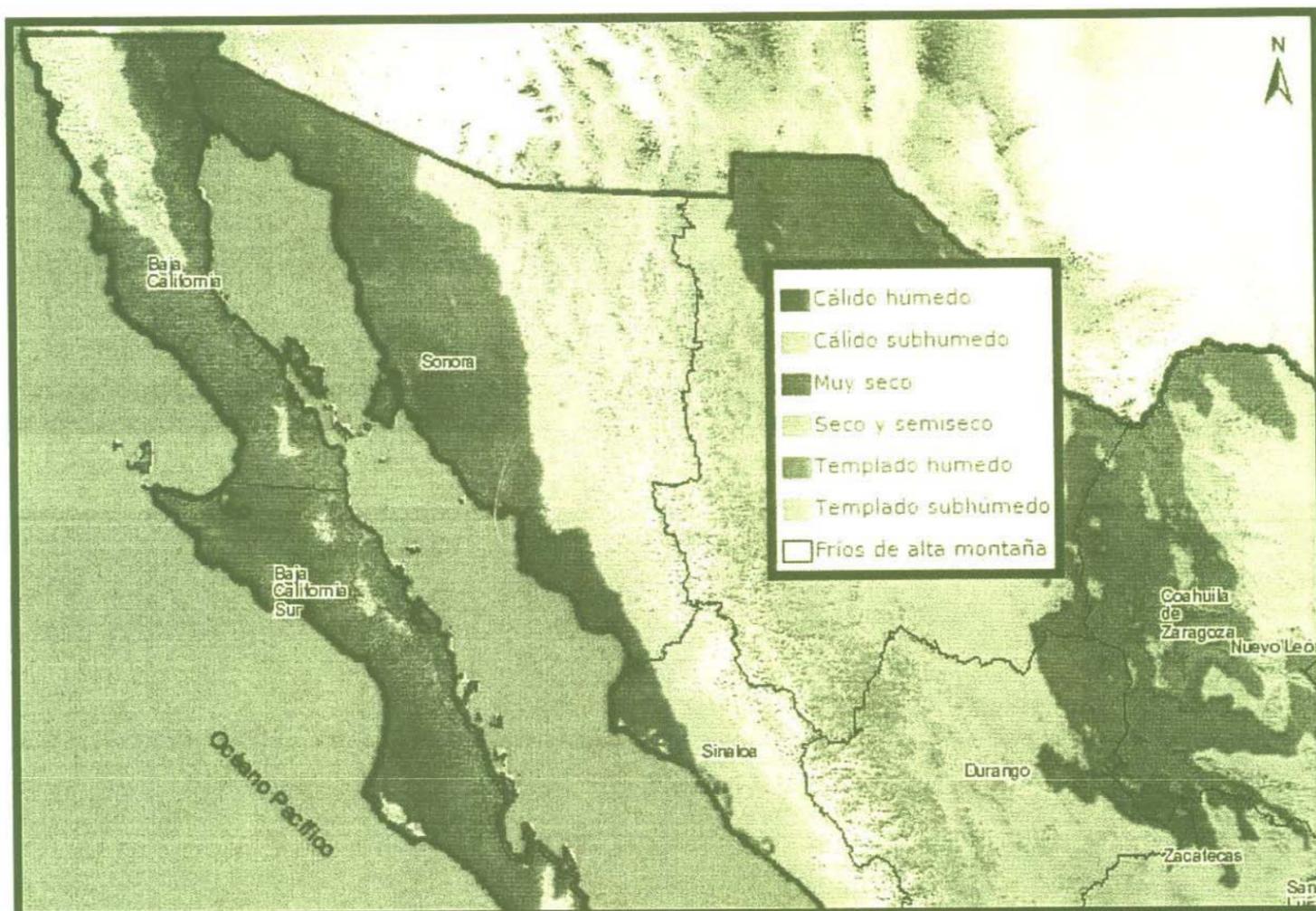


Figura 4. Mapa de Grupos y Subgrupos de Climas de México, Fuente: Editado de INEGI.

Según (INEGI, 2011) el tipo de vegetación existente en el área corresponde a la de Selva Seca y Matorrales de zona semiáridas. Entre lo que encontraremos la presencia de matorral espinoso, mezquite y palo verde, pero principalmente la abundancia de una variedad de arbustos espinosos. (Véase figura 5).

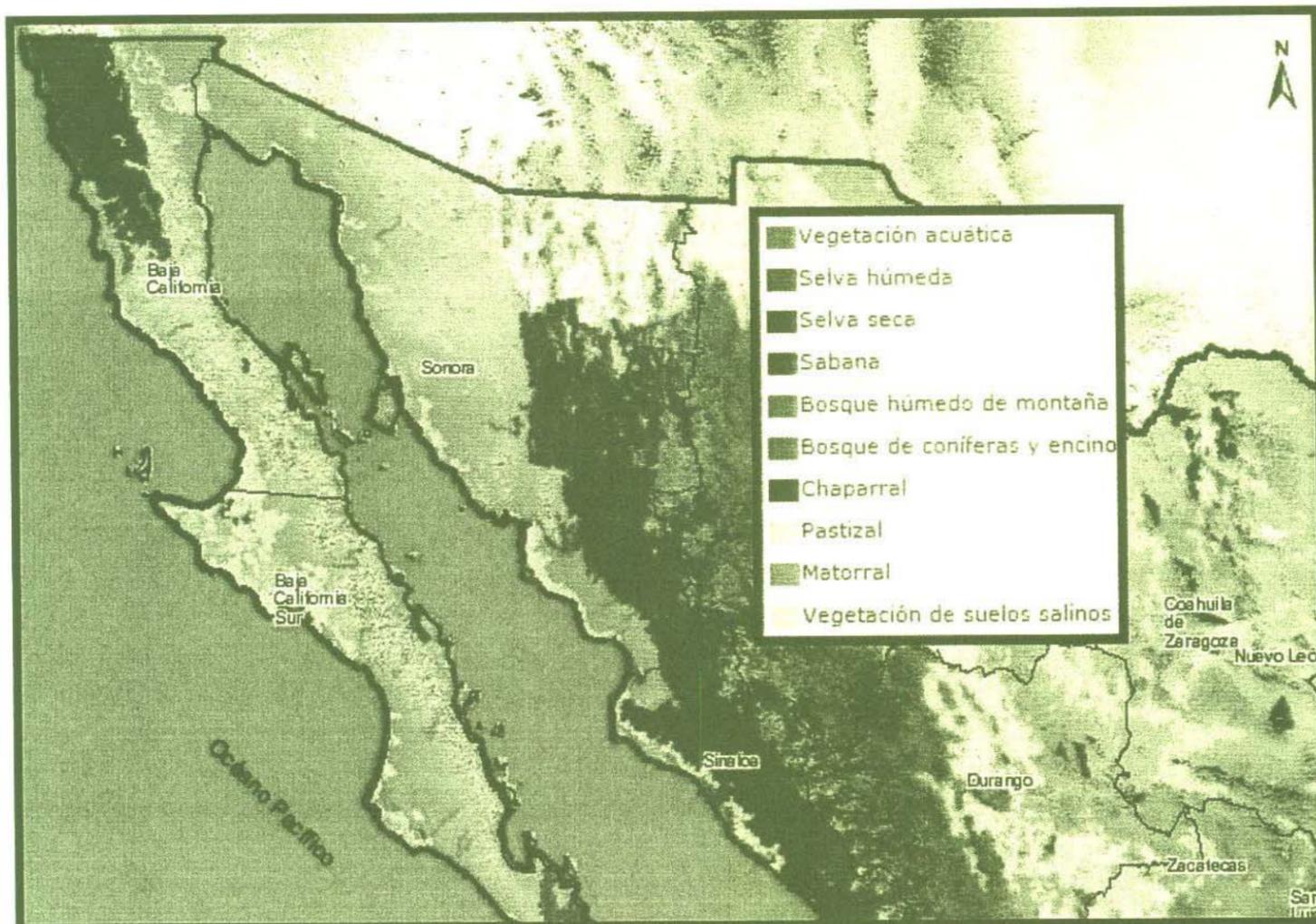


Figura 5. Mapa de Principales Tipos de Vegetación de México. Fuente: Editado de INEGI.

En cuanto al suelo, está conformado por un 30% de material clasificado como litosol, que corresponde a suelos someros constituidos por materiales limos, gravas y fragmentos de rocas de diferentes composiciones; 50% de regosol el cual es un suelo con poco desarrollo y un 10% de rendzina, que es un tipo de suelo oscuro rico en humus. Su principal uso es para agricultura de riego. (Véase figura 6).

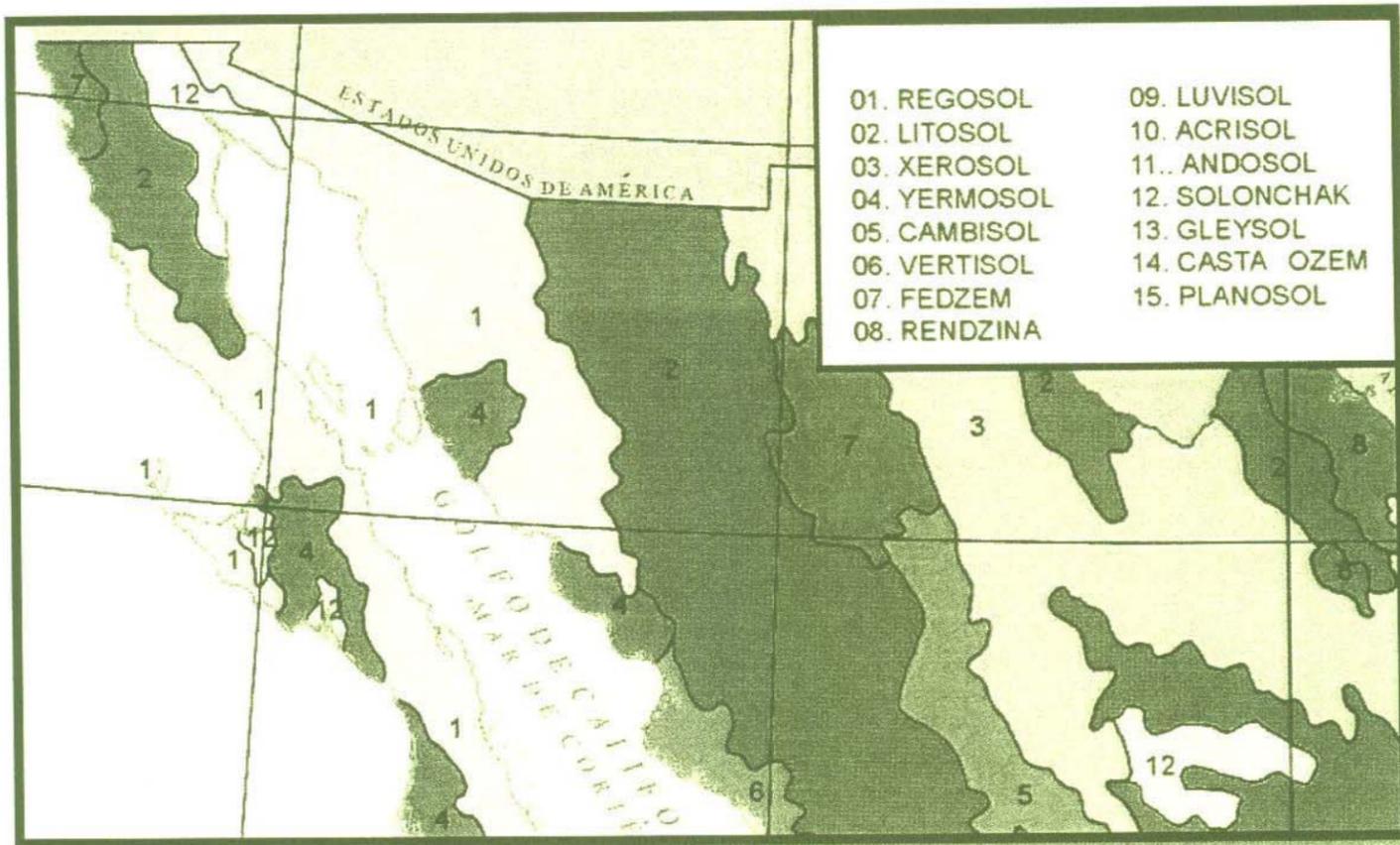


Figura 6. Mapa de Principales Tipos de Suelos en México. Fuente: Editado de INEGI.

#### 4.3. Fisiografía, Geomorfología e hidrografía

Fisiográficamente se encuentra en la provincia de la Sierra Madre Occidental (Raisz, 1964), más específicamente en la subprovincia de Sierras Alargadas o Sierras Altas Sonorenses, la cual corresponde a una característica fisiográfica de transición entre las subprovincias de Sierras Sepultadas y Mesetas de Lavas Riolíticas. (Véase figura 7).

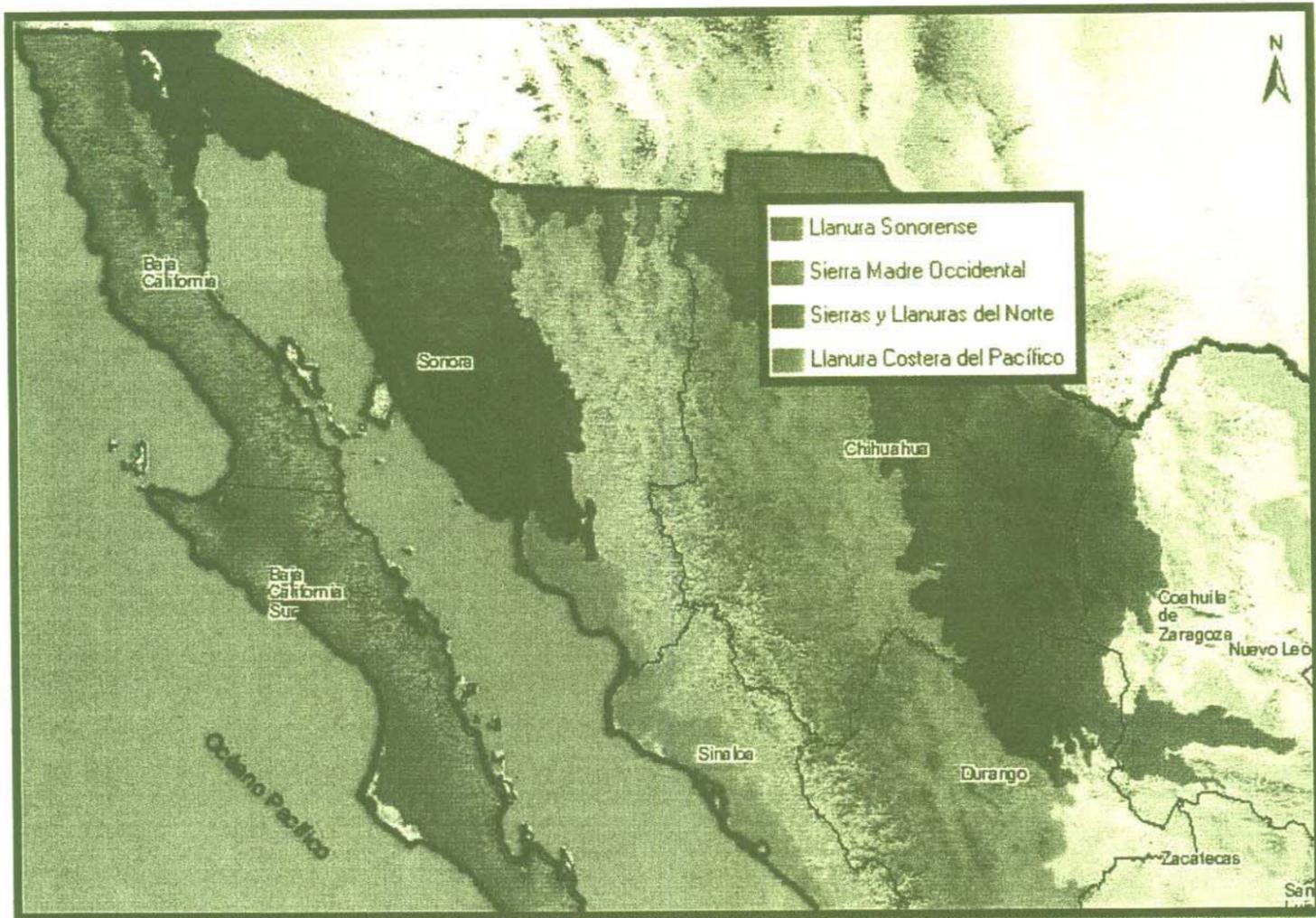


Figura 7. Mapa de Regiones Fisiográficas. Fuente: Editado de INEGI.

El área pertenece a la cuenca del río Sonora, la cual recibe aguas de los arroyos cercanos. Para nuestra área la precipitación media anual es de 430.1 milímetros y los meses más lluviosos son Julio y Agosto. (Véase figura 8).

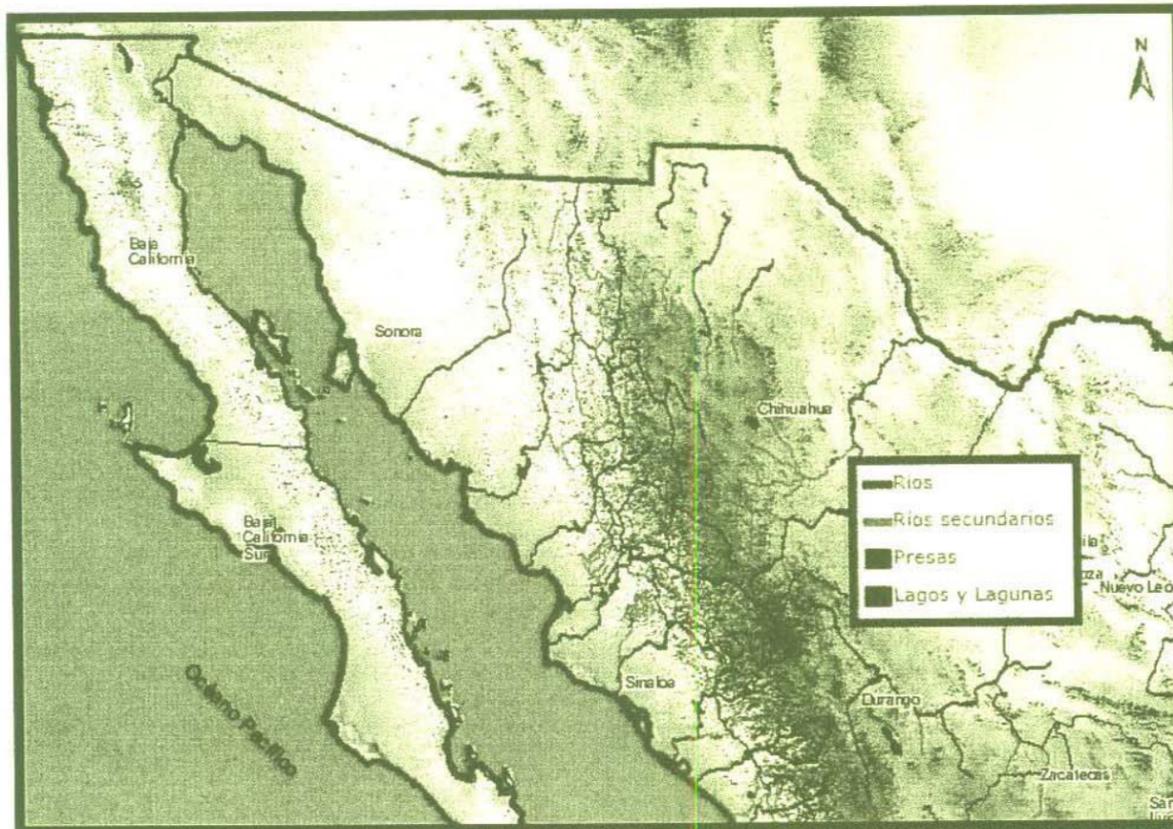
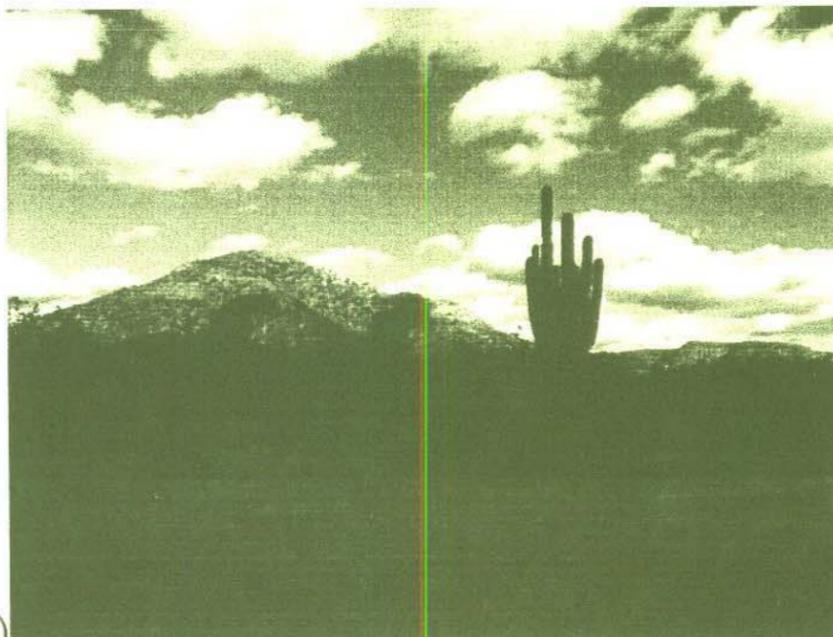


Figura 8. Mapa Hidrológico. Fuente: INEGI editado.

Geomorfológicamente se encuentra dentro del grupo de sierras, lomeríos y valles, formado por las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, ya que dentro del área se encuentra un conjunto de altos topográficos los cuales presentan con una orientación norte-sur. Dentro del área tenemos el Cerro El Sahuaral siendo el punto más alto con 600m, y algunos lomeríos que van desde 350m hasta los 400m de altura aproximadamente. (Véase figura 9 y 10).



z)

Imagen z). Vista panorámica del cerro El Sahuaral.

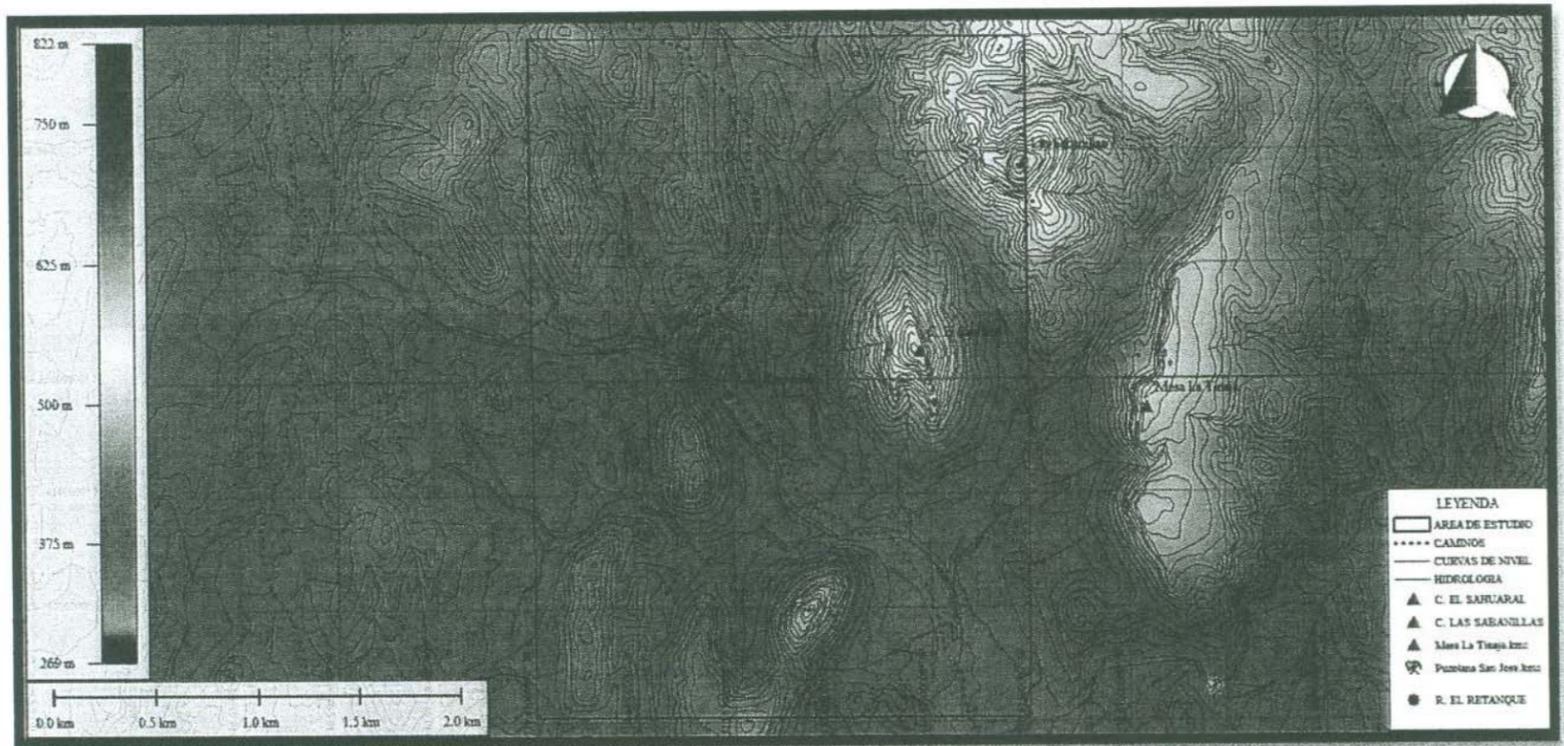


Figura 9. Mapa Topografico del area de estudio.

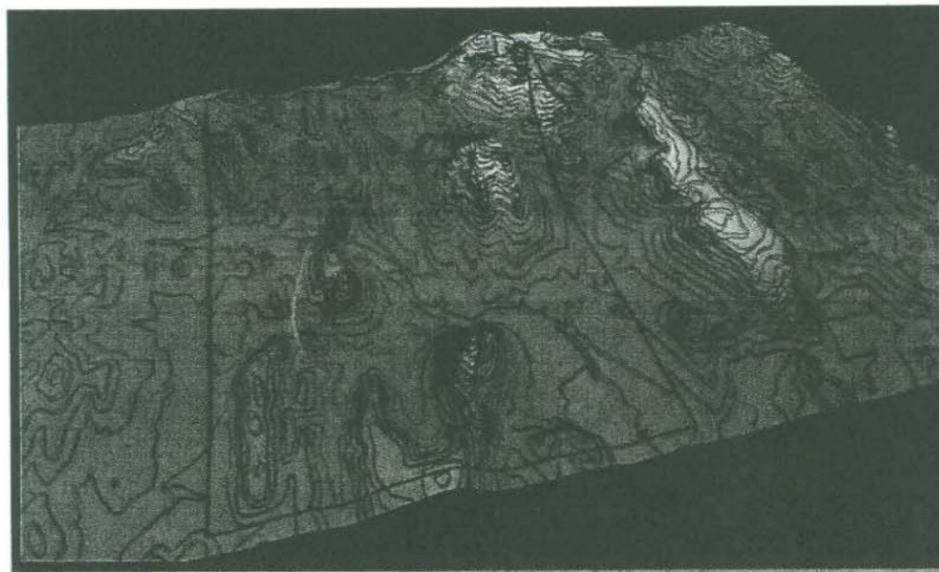


Figura 10. Vista 3D del area de estudio.

#### 4.4. Antecedentes y Trabajos Previos

A continuación se mencionaran en orden cronológico algunas investigaciones y trabajos previos los cuales fueron de gran ayuda para la comprensión y mejorar el entendimiento en lo que corresponde al área de estudio, también fueron de gran ayuda para la identificación de unidades litológicas y en qué momento espacio-tiempo se encuentran.

Los afloramientos Cámbricos en el Noroeste de México son de poca extensión, escasos y por lo general se encuentran muy separados unos de otros, el primero en describir y correlacionar litológicamente las formaciones cámbricas Capote y Puertecitos fue F. S. Emmons en 1910, estas formaciones equivalen a Bolsa y Abrigo en Bisbee, Arizona. (M. Álvarez, 1949:47).

En la cuenca de Cabullona se levantó un mapeo a detalle por parte de N. L. Taliaferro en 1933, en donde fueron descritas las formaciones de Bolsa y Abrigo de Arizona. (M. Álvarez, 1949:48).

Fue hasta 1942 cuando los geólogos Isauro G. Gómez y Lorenzo Torres Izabal encontraron evidencias paleontológicas en los distritos de Altar, Magdalena y Arizpe, demostrando la existencia de piso Cámbrico y pudieron distinguir las formaciones Caborca, Arrojos y Cananea. (M. Álvarez, 1949:48, Cooper et al, 1946; McMenamin, 1987:738; Cuen, 2013:19).

En 1946 G. A. Cooper y A. V. Arellano fueron quienes colectaron *Olenellus* y gran cantidad de *Girvanella* al sur de Caborca en la cima del Cerro Prieto, por lo tanto a estas capas se les asignó edad de Cámbrico medio. (M. Álvarez, 1949:48; Cuen, 2012,).

Tras la expedición realizada en 1952 por el Dr. G. Arthur Cooper se realizó un estudio Geológico y paleontológico en el área de Caborca, culminando con la designación de seis formaciones, ordenadas estratigráficamente como: Puerto

Blanco, Cuarcita Proveedora, Buelna, Cerro Prieto, Arrojos y El Tren. (Cooper et al, 1956; Rivera-Carranco, 1988:22; Almazán-Vázquez, 1989:58; Cuen, 2012; Cuen, 2013:19).

Prácticamente nada se había reportado acerca de la historia del Paleozoico al sur de México hasta 1967, cuando se descubrieron rocas sedimentarias fosilíferas de edad Cámbrica en Nochixtlán, y otra pequeña área en el poblado de Tiñu, Oaxaca. Esta secuencia estratigráfica incluye rocas del Paleozoico temprano y tardío separadas por una unconformidad. (Pantoja-Alor, 1967; Cuen, 2012; Cuen, 2013:18).

Tras el descubrimiento de los estromatolitos en las Capas Gamuza de Caborca, Sonora, en el año de 1941, fueron asignados indecisamente con el nombre de *Collenia* o *Cryptozoon*, pero con el hallazgo de *Conophyton* y *Jacutophyton* permite apoyar la asignación previa de las Capas Gamuza a una edad precámbrica tardía. (Weber et al, 1979:17; Weber et al, 1980).

Con los descubrimientos de *Jacutophyton* y *Platella*, fue sugerido que las unidades basales junto con la formación Gamuza tengan una edad mínima de alrededor de 900m.a. basándose en conocimientos de distribución estratigráfica de *Jacutophyton* y *Platella*. (Weber et al, 1980-108; Cevallos-Ferriz et al, 1981-4).

En el área de Caborca se realizaron estudios a detalle en suelos Precámbricos y Cámbricos de los estromatolitos, pudiendo diferenciar mediante contenido fosilífero, junto con variaciones litológicas que indican al menos dos conjuntos estromatolíticos que se expresan como indicativos de cambios de facies. (Cevallos-Ferriz et al, 1981).

Una nueva fauna esqueletada de posible edad Cámbrica temprana fue descubierta al noroeste de Caborca, Sonora, en una unidad considerada aproximadamente equivalente a la parte basal de la formación Wood Canyon en la región de Death Valley. Probablemente a 900m estratigráficamente debajo de los

fósiles de conchas se encuentran los que pudieran ser fósiles traza más antiguos conocidos de la cordillera sur. (McMenamin et al, 1983; McMenamin, 1987:738).

Tras realizar varios trabajos estratigráficos en las regiones de Lincoln, Lander y Nye, Nevada y Sonora, México. Estas localidades fueron correlacionadas gran parte unidad por unidad y fueron reconocidas como una extensión miogeoclinal de la cordillera hacia el sur o un desplazamiento lateral hacia la izquierda a lo largo de la megacizalla Mojave-Sonora, o una combinación de estos factores. (Stewart et al, 1984, McMenamin, 1987:738; Rivera-Carranco, 1988:22; Stewart et al, 1999:38).

A parte de las localidades cámbricas de Sonora, también se localizaron en la parte norte de Chihuahua mediante la interpretación de datos de subsuelo en donde fueron investigados 18 pozos, donde 12 de ellos alcanzaron edades Paleozoicas y otros 3 investigaron rocas más antiguas que el Carbonífero. (Martínez-Palomares, 1985).

Gonzales-León (1986) describe el área de la sierra del Tule, municipio de Cananea, Sonora, una secuencia de rocas sedimentarias del Cámbrico medio y superior; constituida principalmente por arenisca, caliza y capas de lodolita, limolita y arenisca de grano fino. (Cuen, 2013:19).

En la secuencia del Cámbrico medio al sur de Caborca en el noroeste de Sonora se han encontrado las trilobites *Nevadia ovalis n. sp.* Y *Judomia orbis n. sp.* Más un incompleto *Fallotaspid cephalon*. La zona de *Nevadella* de Fritz (1972) ahora puede ser reconocida en la formación Puerto Blanco, y los fósiles de la parte media de la formación sugieren fuertemente la presencia de una zona de *Fallotapsis*. Estos nuevos fósiles permitieron la correlación de las secuencias mexicanas con las secciones en Estados Unidos y las etapas Cámbricas inferiores de China y la Unión Soviética. (McMenamin, 1987:738).

Mediante el análisis de características litológicas de las formaciones

cámbricas en el área de Caborca en el estado de Sonora, se determinaron las condiciones paleoambientales de su depósito. Esta evaluación señala que la mayor parte de estas formaciones representa medios de aguas someras y tranquilas de carácter lagunar y además de existir depósitos de intermareas y submareas. (Rivera-Carranco, 1988:22b; Cuen, 2012:11; Cuen, 2013:20).

La formación Proveedora del Cámbrico inferior fue analizada a detalle lo cual indico mediante características litológicas que esta unidad se depositó en un medio muy somero la cual podemos dividir en cinco unidades que representan cambios en el depósito de sedimentos. (Rivera-Carranco, 1988:166a).

En la región centro-oriente del estado de Sonora, y al sur-poniente del poblado de Arivechi, aflora un paquete sedimentario del Cámbrico medio y superior, cuyo contenido fosilífero está compuesta de trilobites, braquiópodos, moluscos, artrópodos, conodontos, esponjas, ostrácodos, equinodermos y coprolitos, Distribuidos en las formaciones La Sata, El Mogollón, La Huerta, Milpillas y El Santísimo. (Almazán-Vázquez, 1989:58; Cuen, 2013:20).

Trabajos en el centro-este de Sonora en la Sierra Agua Verde presenta una estructura compleja de edad ordovícica a pérmica temprana cubierta en discordancia por la formación La Mina y en contacto por falla con la formación Tarahumara, estas unidades son cabalgadas por el Grupo San José, que es una secuencia clástica carbonatada de edad Cámbrico, correlacionable con la secuencia del Paleozoico temprano de la región de Caborca. (Ochoa-Granillo y Sosa-León, 1993; Stewart et al, 1999:36).

En la Sierra Agua Verde se encuentran las secciones más complejas y mejor expuestas de rocas miogeoclinales de plataforma interna en Sonora, México. La parte inferior de la sección comprende varios cientos de metros de cuarcitas, limolita y dolomita de edad Cámbrico Temprano y posiblemente Neoprotozoico. La Sierra Agua Verde puede representarse esencialmente como una continuación no interrumpida de estas rocas de plataforma desde California, o

parte de un bloque estructural que ha sido desplazado lateralmente hacia la izquierda desde California a lo largo de la hipotética megacizalla Mojave-Sonora según Silver y Anderson (1974). (Stewart et al, 1999:37).

En el año de 1990, Bartolini y colaboradores realizaron un trabajo estratigráfico y geocronológico (K-Ar) en rocas del Terciario en el área de San José de Gracia. Ellos definen a estas rocas como un conjunto de mesas orientadas norte-sur y bloques inclinados. Estas secuencias volcanoclasticas sobreyacen discordantemente a las secuencias paleozoicas, fueron estudiadas en los cerros La Venta, Sombreroete y Cerro Prieto. (Castillón, 2009:9; Cuen, 2012:12; Cuen, 2013:20).

Estudios en circones provenientes de estratos sedimentarios del Mesoproterozoico y/o Neoproterozoico al Cámbrico Medio en la Formación El Álamo y la unidad El Águila presentan un predominio de edades entre 1.1 a 1.2 Ga. Al igual que los circones de la Cuarcita Bolsa del Cámbrico Inferior – Cámbrico Medio. (Gross et al, (2000).

Stewart y colaboradores realizaron estudios estratigráficos de las secuencias Cámbricas y Neoproterozoicas, dividiendo a estas en cuatro asociaciones:

1. La secuencia neoproterozoica, la cual se encuentra al noreste de Hermosillo, representada por las rocas que conforman a los Grupos Las Víboras y El Águila, consideradas como parte del supercontinente Rodinia.
2. La secuencia que constituye el grupo Cerro Las Bolas, ubicado al oeste de Sahuaripa, conteniendo depósitos glaciares en la parte inferior de la secuencia.
3. En la porción norte-noreste se encuentran estratos Neoproterozoicos y Cámbricos del Miogeoclinal Cordillerano depositados a lo largo del margen

continental de Laurentia.

4. Hacia el suroeste esta la cubierta cratonal del Cámbrico Medio y Superior dentro del Miogeoclinal Cordillerano. (Stewart et al, 2002:5a; Castellón, 2009:10; Cuen, 2012:12; Cuen, 2013:21).

Se han realizado varios trabajos en cuanto al sistema Cámbrico en Sonora, pero en lo que corresponde al área de estudio el trabajo más antiguo es de 1990 por Morales Montaña, et al., en donde identificaron en el área del cerro El Sahuaral las formaciones Cuarcita Proveedora y Arrojos. En el mismo año fueron colectados e identificados por Cota Reyna y A.R. Palmer, los fósiles de *Peronopsis* sp. , *Bathyriscus* sp. , *Oryctocephalus* sp., los cuales indican una edad en alguna parte temprana del Cámbrico medio. (Stewart et al, 2002:13b).

Fue descrita La loma el Chihuarruita, en las cercanías del poblado de San José de Gracia, Sonora, constituida por cuarzo arenita, caliza, lutita y conglomerado, con fauna bien conservada del cámbrico inferior y medio, representando un depósito de plataforma somera. (Cuen, 2012:6).

En el área de San José de Gracia, Sonora, fueron descritos los escleritos aislados de *Chancelloria eros* Walcott, 1920, *Diagoniella* sp. Y asociaciones de espículas hexactinelidas estauractinas y hexactina-pentactinas, para el Cámbrico Medio, este material procede de una secuencia sedimentaria marina de plataforma, constituida principalmente por caliza intercalada con lutita, representativos de la Biozona de Albertella. *Chancelloria eros* Walcott, 1920 ha sido reportada anteriormente para el Cámbrico medio de la formación Arrojos, así como *Chancelloria* sp. Para el Cámbrico inferior de la formación Puerto Blanco, situados en la región de Caborca, lo cual constituye el primer registro para San José de Gracia, Sonora. (Cuen et al, 2013:581).

En la región de Caborca-Pitiquito en el Noroeste de Sonora se realizó un estudio brindando aportaciones petrológicas de los afloramientos volcánicos de rocas maficas y ultramaficas de edades cámbricas, contenidas en la parte basal

de la formación Puerto Blanco. (Barrón-Díaz, 2013).

En el área de San José de Gracia, Sonora. La Formación Arrojos se presenta de manera diferente litostratigráficamente, por lo cual se propone de manera informal la formación El Gavilán en lugar de la Arrojos. (Cuen, 2013).

#### 4.5. Metodología de trabajo

El presente trabajo se llevó a cabo en cuatro etapas principales, las cuales fueron realizadas en el siguiente orden:

- Recopilación de información.- Esta etapa consistió en la recaudación de información bibliográfica y de investigaciones previas que sirvieron como apoyo para entender más sobre el contexto geológico y estructural de la región.
- Visitas al área de estudio.- Se realizaron un total de 14 días de visitas al área de estudio en las cuales se realizaron varias secciones medidas, recolección de muestras de roca y fósiles, y algunos datos estructurales para su consiguiente análisis de gabinete.
- Estudio petrológico y paleontológico.- Se elaboraron láminas delgadas de roca a partir de los muestreos realizados con el fin de elaborar petrografía a detalle, mientras que los fósiles recolectados fueron descritos para conocer su género y especie.
- Integración de información.- Los datos obtenidos durante todo el trabajo fueron analizados y procesados para una interpretación de los resultados y así obtener las conclusiones esperadas en este trabajo.

## 5. Estratigrafía del área de trabajo

A continuación se describirá la estratigrafía del área de estudio, cuya información fue obtenida con la realización de secciones estratigráficas medidas en campo, haciendo énfasis en rocas cámbricas y relacionándolas con el área de Caborca y otras localidades cámbricas en Sonora.

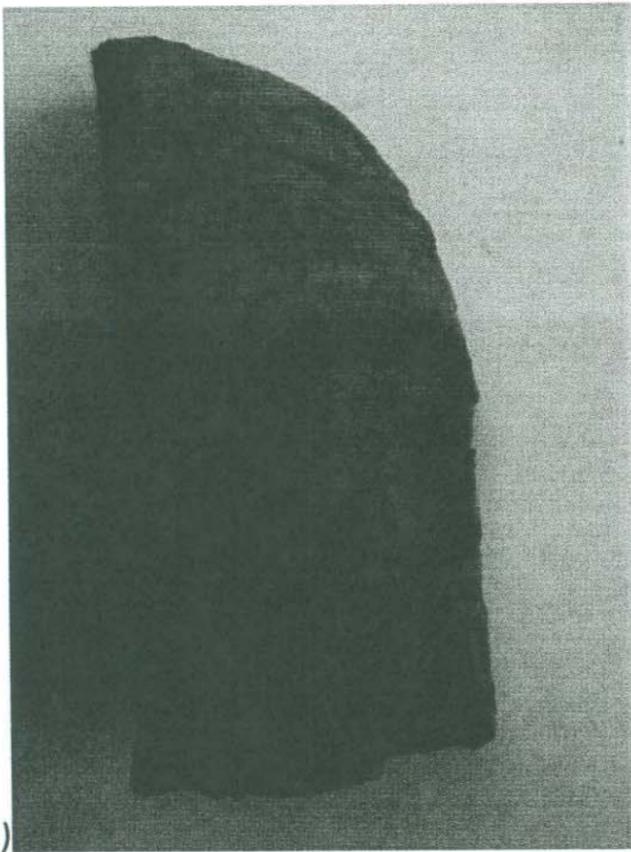
### 5.1 Precámbrico

#### 5.1.1 Grupo El Águila

*Definición.*- Su localidad tipo se encuentra en el Cerro El Águila, al noroeste de Hermosillo, Sonora. Esta secuencia presenta expuesta en la parte baja una unidad de dolomía, seguido de cuarcita de grano fino a grueso, metacaliza conglomerática y en la cima un paquete de dolomías con varios metros de espesor, las cuales presentan contenidos estromatolíticos.

*Litología y espesor.*- En la parte baja se encontraron interestratificaciones de cuarcita de grano fino a medio, y grueso en algunos afloramientos y con algunos nódulos de pedernal. En la cima de estos estratos se presenta un paquete de dolomías color gris obscuro a claro con un espesor aproximado de 3 a 5 metros, en la cual están contenidos estromatolitos, posiblemente *Conophyton* y *Jacutophyton*, los cuales fueron identificados por la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez.

Esta unidad se encuentra aflorando con un espesor total aproximado de 47 metros. (Véase figura 11, 13 y 14).



a)

b)



Imagen a). Estromatolito en muestra de roca. b) Cuarcita con nódulos de pedernal.



c)

d)



Imagen.- c) Estructura estromatolítica de la parte norte del área de estudio. d) Dolomía con estromatolitos.



w)

Imagen. w) Afloramiento de dolomías del Grupo El Águila.

*Distribución.*- En nuestra área de estudio se encuentra distribuida en el límite noroeste y suroeste. (Véase figura 15).

*Relaciones estratigráficas.*- Las unidades del Grupo El Águila se encuentran cabalgando en dirección Noreste a las formaciones Cámbricas, el contacto entre la Formación Cuarcita Proveedora y el Grupo El Águila no pudo ser observado, ya que probablemente se encuentre cubierto.

*Edad y correlación.*- Se correlaciona estratigráficamente con la litología del Grupo El Águila. Siendo el Grupo El Águila estudiado mediante análisis de circones detríticos y presentando edades entre Mesoproterozoico y/o Neoproterozoico (760 Ma. - 1057 Ma.). (Stewart et al, 2002).

*Ambiente.*- Tras la relación con los estromatolitos, se reconoce como un ambiente de zona somera de inframarea e intramarea.

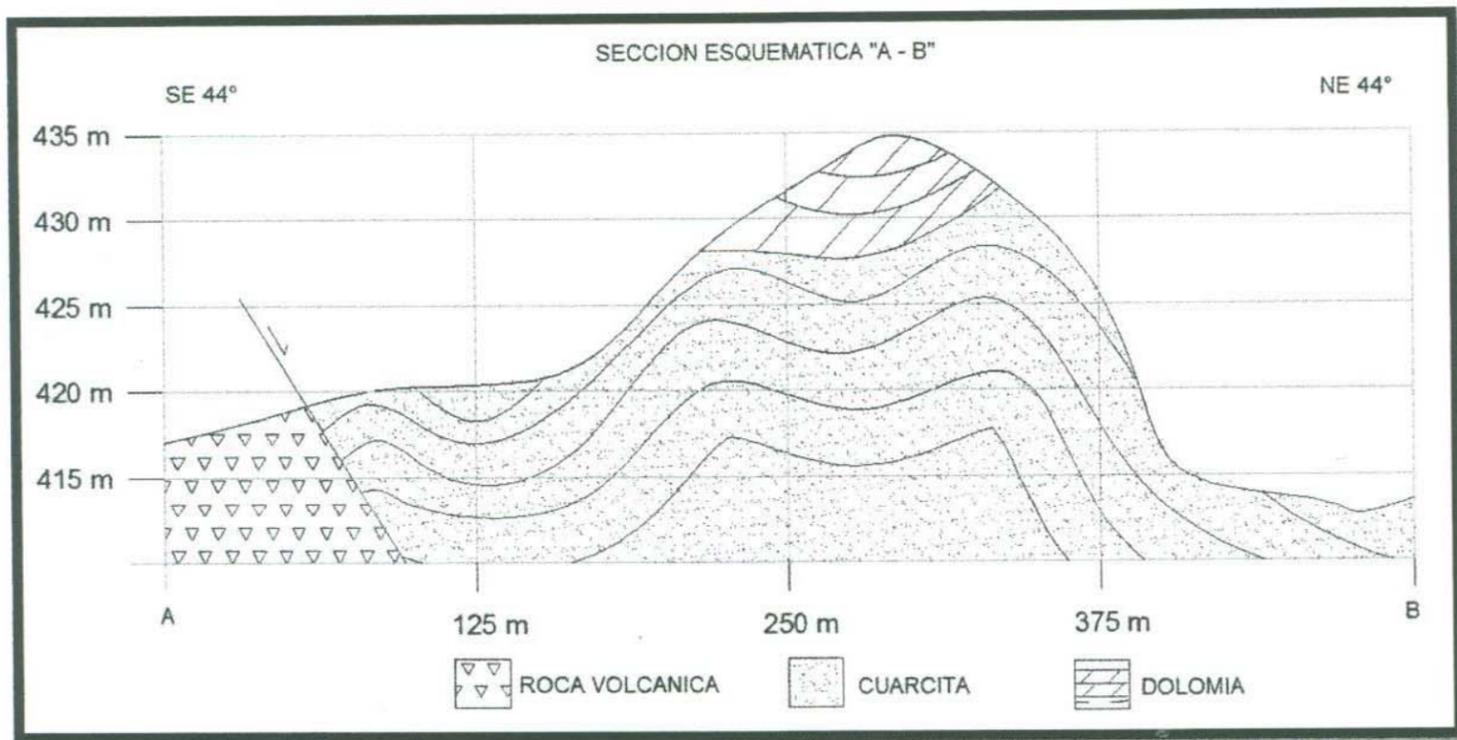


Figura 11. Sección esquemática "A - B".

## 5.2 Paleozoico

### 5.2.1 Formación Proveedora

*Definición.*- Esta formación fue descrita y definida por (Cooper et al, 1956) en el área de Caborca, Sonora. La cual está compuesta por intercalaciones de cuarcitas vítreas y areniscas. Aflorando en base cuarcitas color blanco a grisáceo y con tonalidades rojizas debido al óxido de hierro. En cuanto a las areniscas, son de color café oscuro, grano fino y en ocasiones muy silicificadas. La parte alta está conformada por un horizonte de cuarcitas con un espesor de 37 metros. El espesor total de esta unidad es de 266 metros.

*Litología y espesor.*- La parte baja de esta unidad se encuentra representada por cuarcitas de grano fino a muy fino, color rojizo a guindas debido

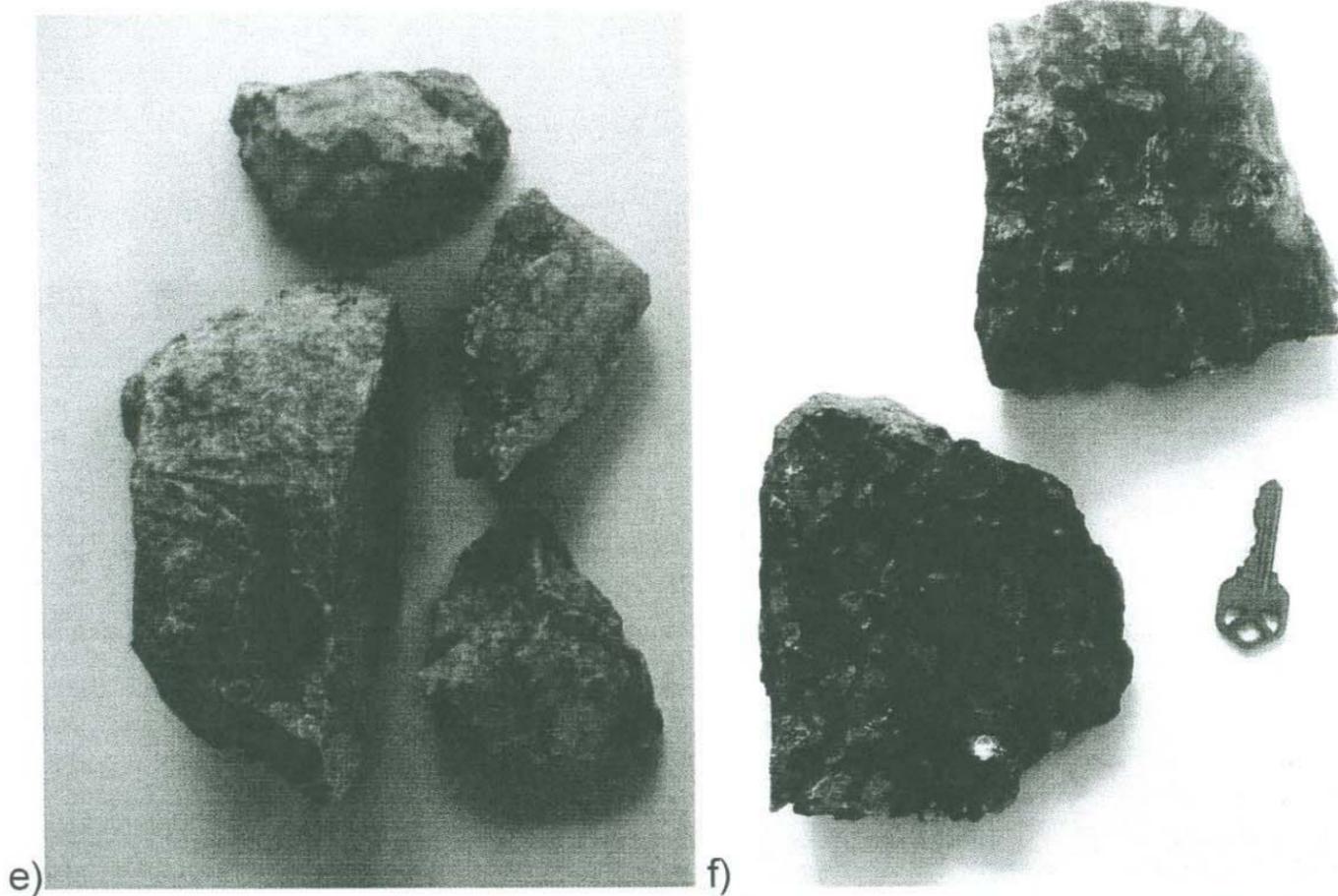
a oxidación de fierro, seguido de cuarzo arenitas color café a gris oscuro con icnofósiles (*Skolithos* isp.), en ocasiones presenta tonalidades rosas a guindas en costras exteriores en la cuarzo arenita. Consecuentemente tenemos cuarcitas color blanco grisáceo disminuyendo gradualmente a completamente blancas en la cima de la unidad. (Véase figura 12).

Esta unidad muestra un espesor total de 216 metros.



g)

Imagen g). Rodado de cuarzo arenita de la Formación Cuarcita Proveedora.



e) Imagen. e) Cuarcita de la Formación Provedora. f) Icnofosiles en cuarzo arenita (Skolithos isp).

*Distribución.*- Esta unidad se encuentra únicamente en la cima del cerro El Sahuaral, siendo este lugar la parte con mayor elevación en el área de estudio. (Véase figura 15).

*Relaciones estratigráficas.*- Se encuentra en contacto con la Formación Buelna en la parte inferior, mientras que el contacto superior no se observa, probablemente debido a deformaciones estructurales en las unidades erosionando las unidades más antiguas.

*Edad y correlación.*- Aunque no se encontraron pruebas mediante fósiles, correlacionamos estratigráficamente esta unidad con la Formación Cuarcita Provedora del Cámbrico Inferior nombrada por (Cooper et al, 1956) y con la Cuarcita Provedora de San José de Gracia descrita por (Cuen et al, 2012).

*Ambiente.*- Esta unidad se depositó en un medio muy somero de inframareas e intramareas.

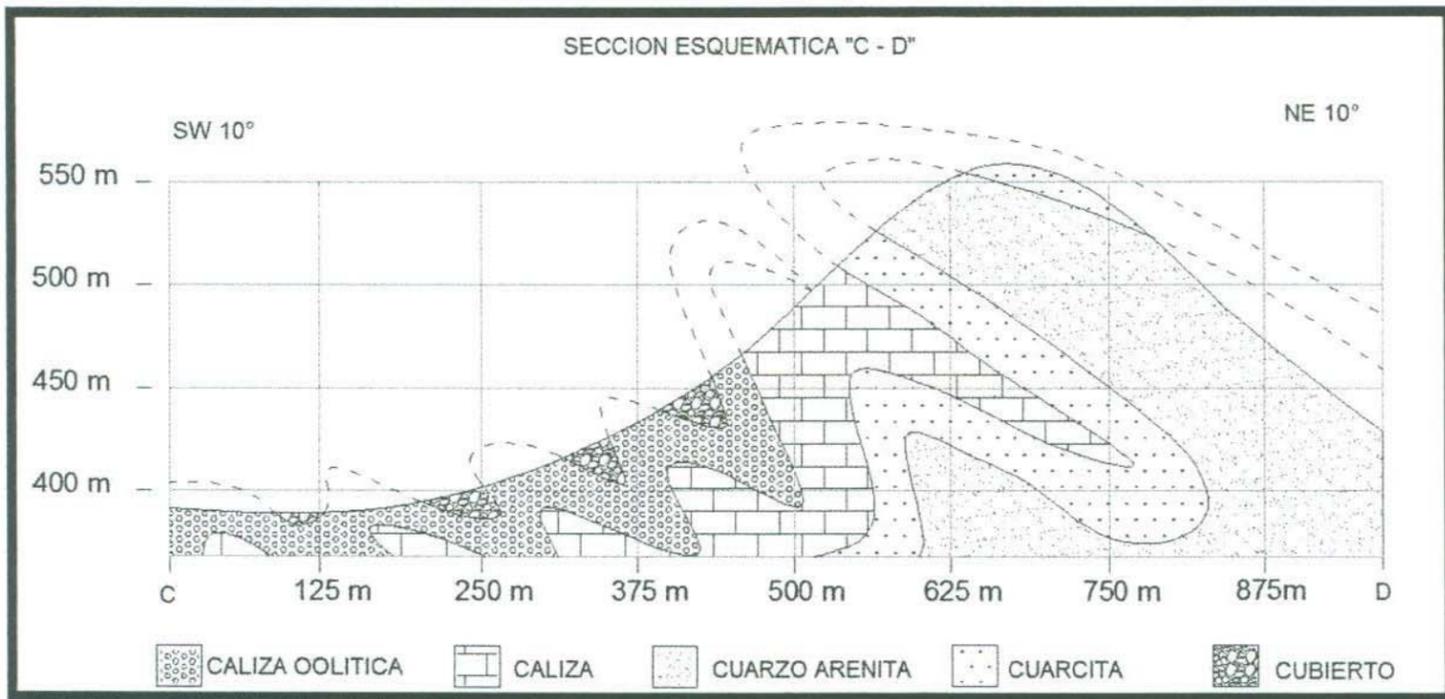


Figura 12. Sección esquemática "C – D".

### 5.2.2 Formación Buelna

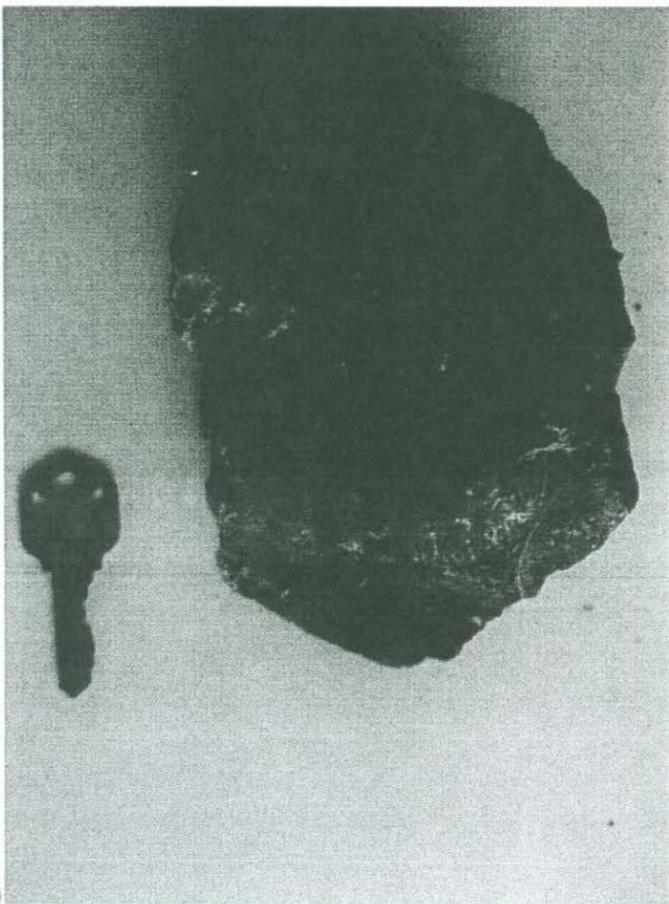
*Definición.*- Esta unidad está compuesta de calizas en su mayoría, en algunas partes cambia de caliza granular a arenisca calcárea.

En la base de la unidad existen fragmentos de *Salterellas* y *Trilobites* en coquinas, mientras que en la parte media está conformada por caliza muy resistente a la erosión y formada por oncolitos de *Girvanella*. La parte superior está constituida por lutita, arenisca calcárea y caliza en capas delgadas que contienen bancos oolíticos o conglomeráticos con clastos de caliza. (Cooper et al, 1956)

*Litología y espesor.*- La litología de esta unidad está compuesta en la parte baja por caliza arenosa con fragmentos de *Salterellas*, seguido por calizas con

oncolitos de *Girvanella*, en la parte media encontramos un banco oolítico de menor espesor, en contacto con la base tenemos aflorando de manera mal expuesta lutita con cambios en su coloración, entre verdes y rojizos, y aparentemente sin fósiles, y finalizando por caliza arenosa de color oscuro en un paquete de más de 10 metros de espesor. (Véase figura 12).

El espesor total de esta unidad es de 64 metros.



h)



i)

Imagen. h) Caliza arenosa oscura con estructuras oncolíticas de *Girvanella*. i) Oncolitos en Caliza resistente a la erosión.

*Distribución.*- Esta unidad se encuentra en la parte centro – este del área de estudio, en lo que sería el pie de monte del cerro El Sahuaral. (Véase figura 15).

*Relaciones estratigráficas.*- Esta unidad se encuentra en contacto en la parte superior con la Formación Cuarcita Proveedora y sobreyaciendo a la Formación Cerro Prieto.

*Edad y correlación.*- Con la presencia de *Salterella*, indica una edad Cámbrica temprana.

Esta unidad se correlaciona estratigráficamente con la Formación Buelna del área de Caborca. (Cooper et al, 1956).

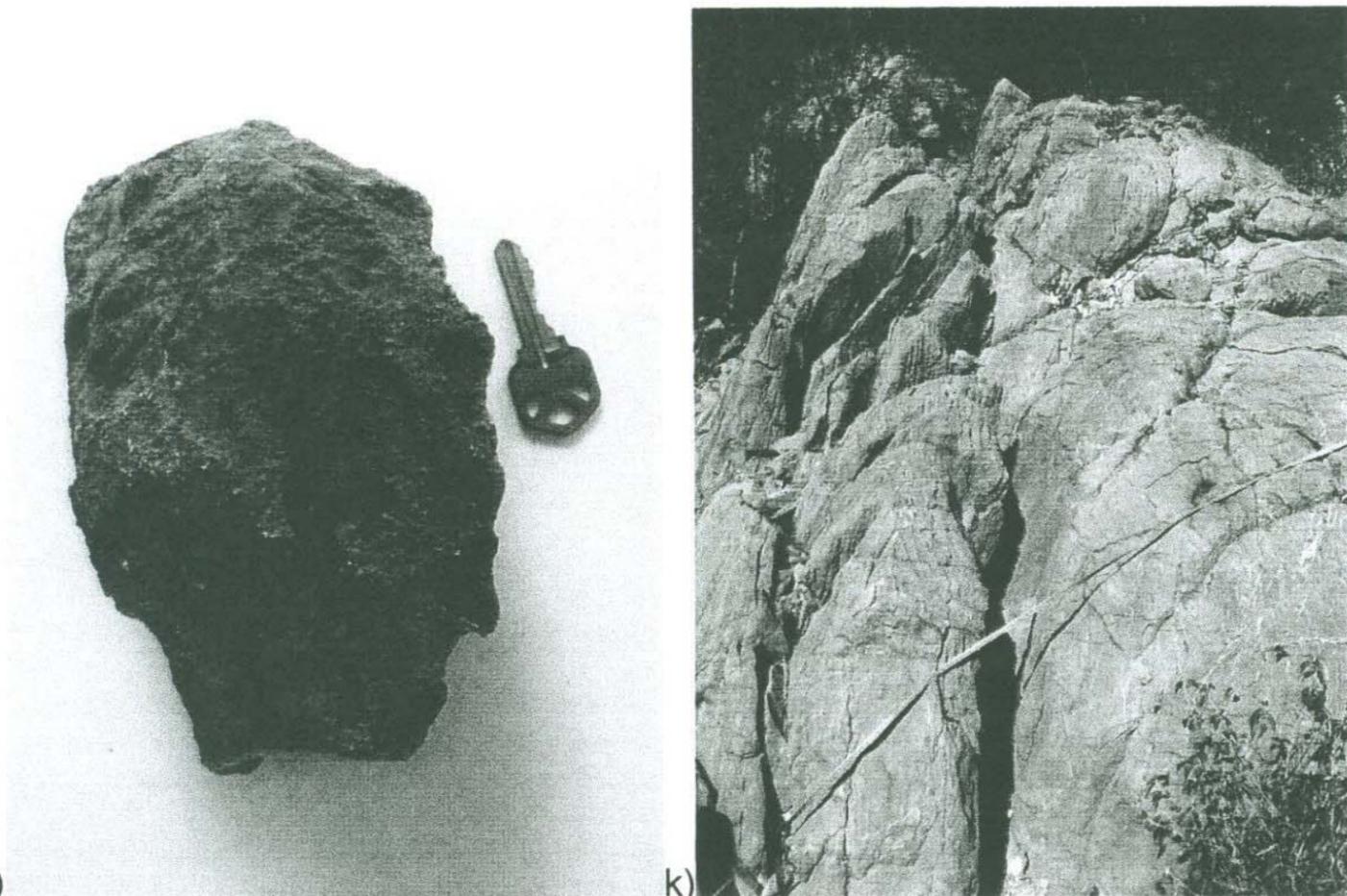
*Ambiente.*- El ambiente de formación es marino somero, ya que la acumulación de fragmentos de fósiles, indica la afectación mecánica del oleaje, y en cuanto a las *Salterellas*, abarca ambientes desde aguas someras tranquilas, hasta ambientes de marea.

### 5.2.3 Formación Cerro Prieto

*Definición.*- Conformada por calizas color gris oscuro a negras, expuestas en forma masiva y con algunos horizontes oncolíticos. (Cooper et al, 1956) asignándole una edad de Cámbrico inferior – Cámbrico medio a su localidad tipo localizada en Cerro Prieto, área de Caborca, Sonora.

*Litología y espesor.*- Caliza Oolítica de color gris oscuro, presente en estratos bien expuestos resistentes a la erosión, la cual se encuentra formando cantiles o lomeríos con indicios de dolomitización. (Véase figura 12 y 13).

Esta unidad presenta un espesor aproximado de 53 metros aflorando en el área de estudio.



j) Imagen. j) Caliza Oolítica con oolites que miden un par de milímetros. k) Cantiles formados de caliza oolítica, de la Formación Cerro Prieto.

*Distribución.*- La encontramos en la parte sur-oeste del Cerro El Sahuaral y en la parte baja de este. (Véase figura 15).

*Relaciones estratigráficas.*- Se encuentra sobreyacida por la Formación Buelna y sobreyaciendo a la Formación Arrojós.

*Edad y correlación.*- Se relaciona litológicamente con la Formación Cerro Prieto del área de Caborca, Sonora. Considerándola como Cámbrico Inferior-Cámbrico Medio. (Cooper et al, 1956).

*Ambiente.*- Se trata de un ambiente marino somero y de alta energía.

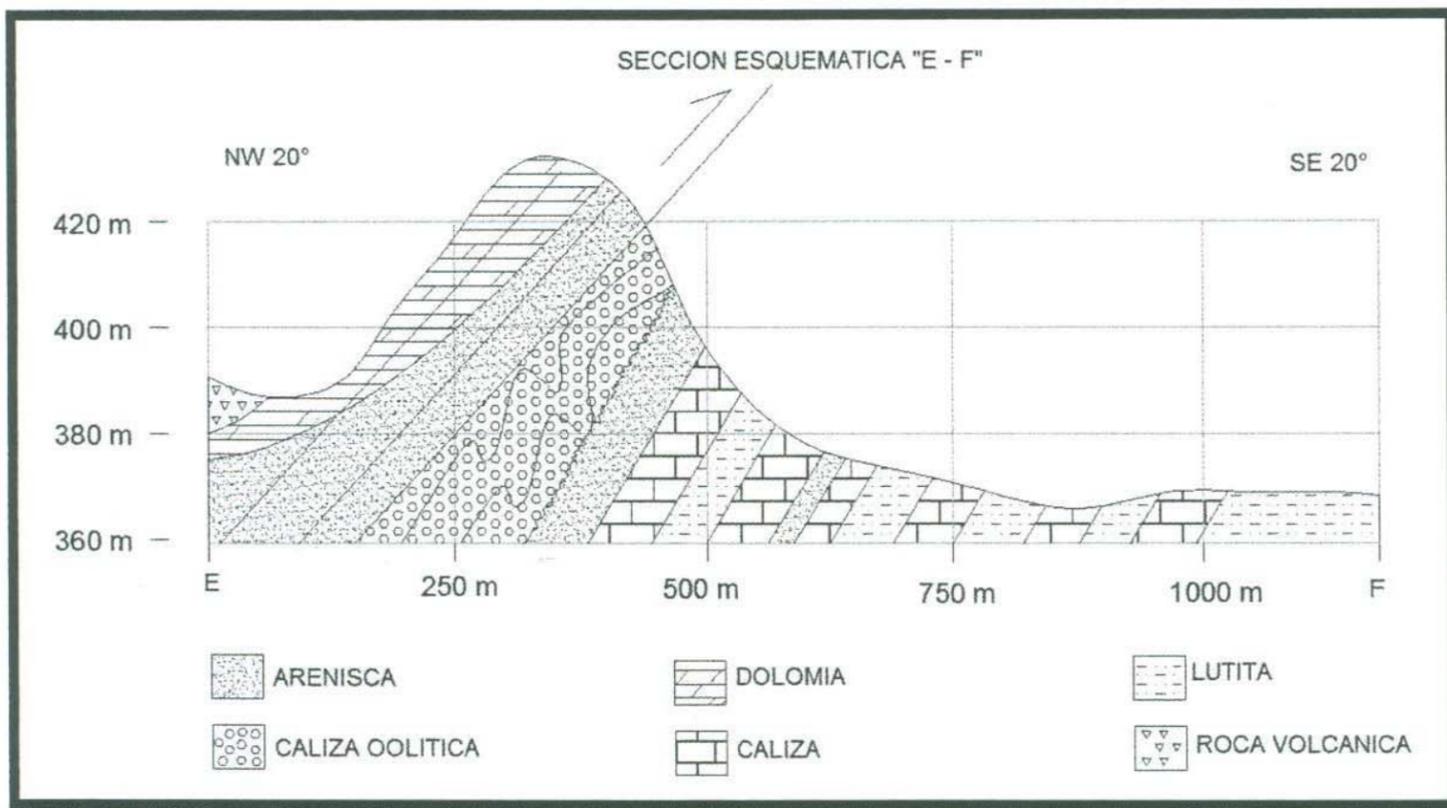


Figura 13. Sección esquemática "E - F".

#### 5.2.4 Formación Arrojos

*Definición.*- Compuesta por lutitas, calizas y areniscas. Las lutitas son de color rojo con intercalaciones de calizas color amarillas, mientras que las areniscas se encuentran en la parte alta de esta formación. Su localidad tipo se encuentra en el Cerro Arrojos, área de Caborca, Sonora. (Cooper et al, 1956).

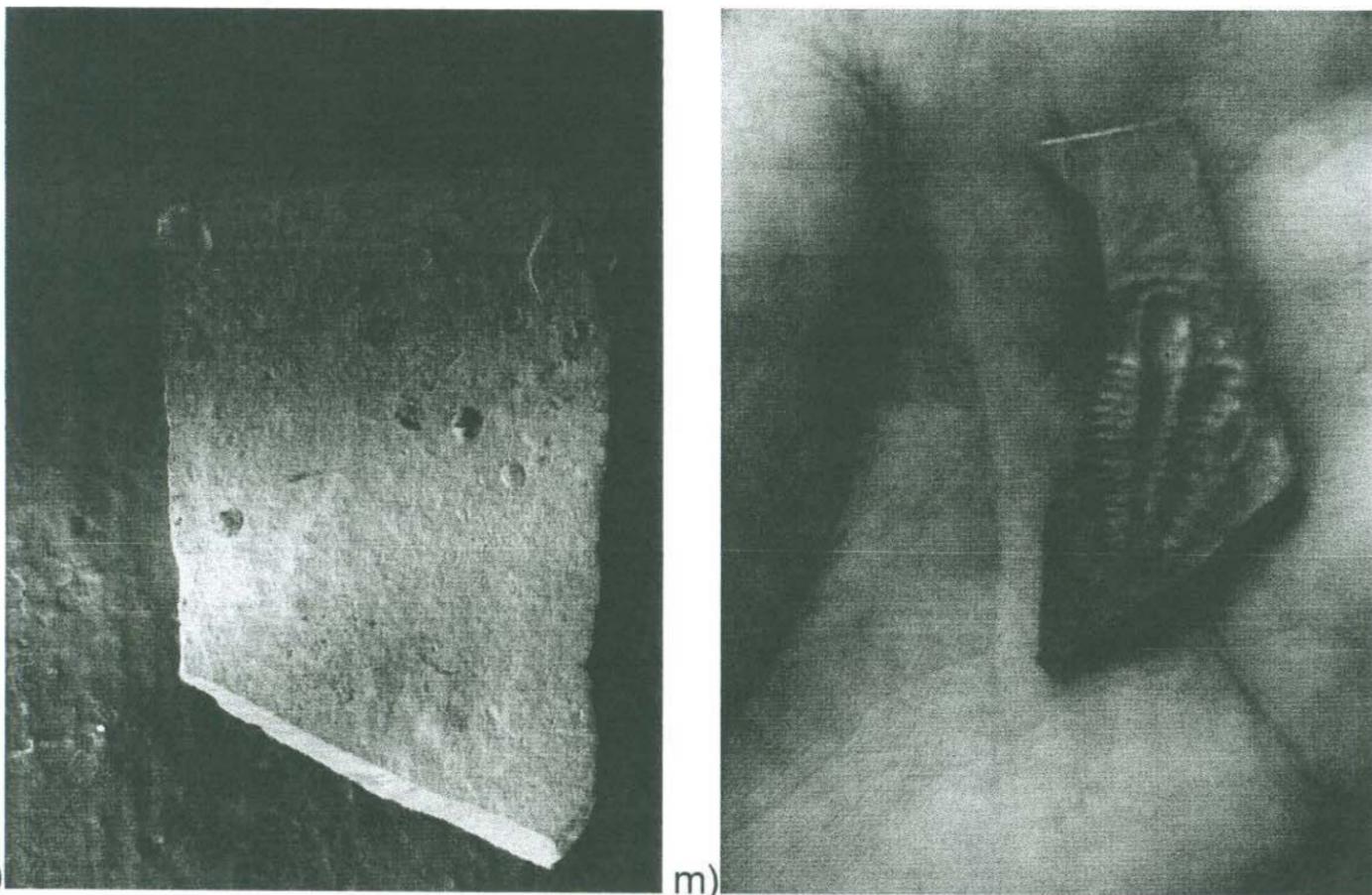
*Litología y espesor.*- La parte baja de esta unidad está compuesta por un gran banco de lutitas (Véase imagen "ñ"), las cuales presentan un cambios en la coloración de rojizas a tonalidades más amarillas, en la cual están contenidos braquiópodos y trilobites (Véase imagen "k" y "l"), entre otra fauna característica del Cámbrico Medio. Seguido por intercalaciones de lutita rojiza con caliza (Véase imagen "m"), expuesta en estratos laminares y de espesores variables las cuales

al igual, presentan contenido fosilífero.

La parte alta de la unidad está conformada por areniscas color amarillo las cuales presentan marcas de rizaduras o también llamadas ripple-marks (Véase imagen “n”), esta misma unidad cuenta con presencia de fragmentos de braquiópodos con algunos muy bien preservados.

Toda la unidad es fosilífera, pero la parte inferior en mayor cantidad.

El espesor de esta unidad no pudo ser definido debido al fuerte plegamiento en el área. (Véase figura 13 y 14).



l) Imagen. l) Lutita fosilífera (*Acrothele* Sp. Y fragmentos de trilobites). m) Trilobite de 4cm de largo, (*Kootenia* sp).



n)



ñ)

Imagen. n) Intercalaciones de caliza y lutita color rojiza de la Formación Arrojos. ñ) Areniscas amarillas con marcas de rizaduras o “Ripple-marks”.



o)

Imagen. o) Banco de lutitas altamente fosilíferas de la Formación Arrojos.

*Distribución.*- Distribuida ampliamente por la parte centro – oeste del área de estudio. (Véase figura 15).

*Relaciones estratigráficas.*- Esta unidad se encuentra siendo sobreyacida por la Formación Cerro Prieto, mientras que en la parte inferior no se observó el contacto. Esta unidad también se encuentra en contacto con rocas volcánicas del Mioceno y dolomías del Grupo El Águila.

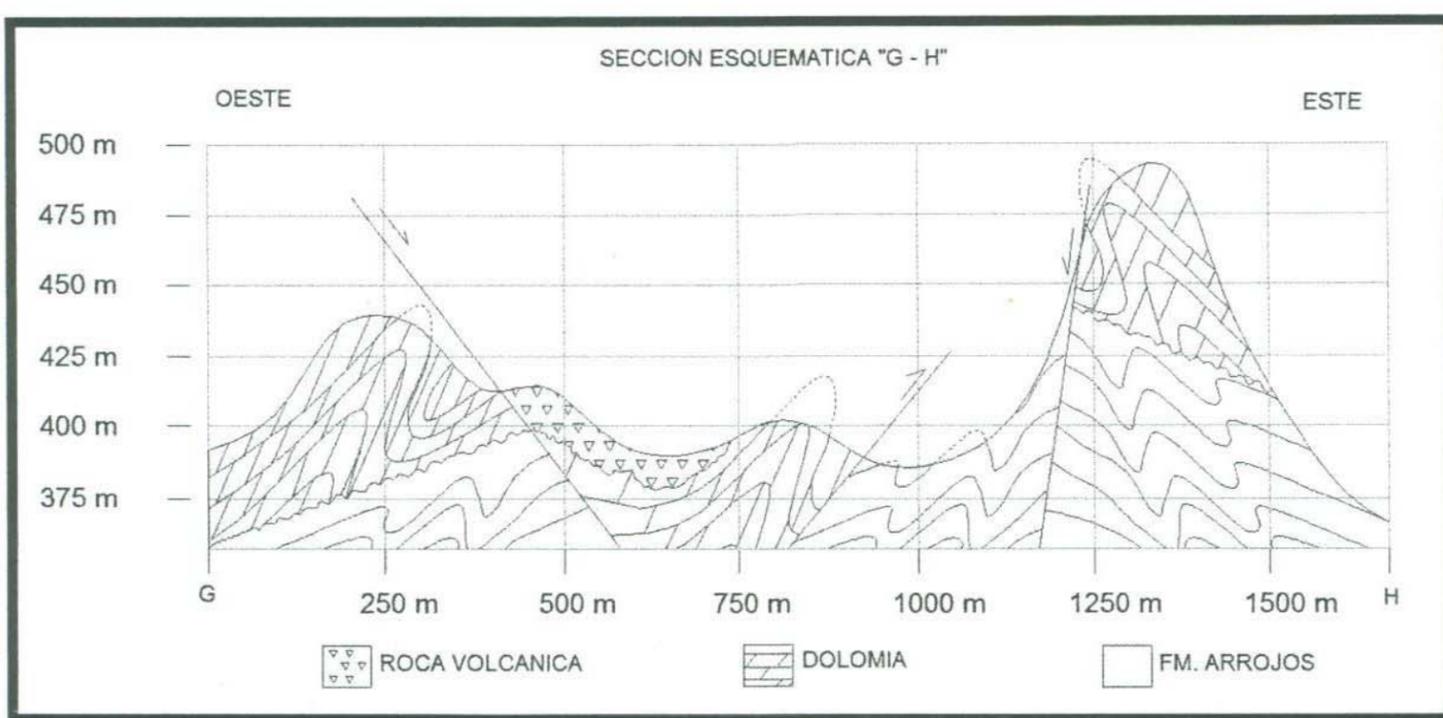


Figura 14. Sección esquemática "G – H".

*Edad y correlación.*- Con el contenido fosilífero y correlación litológica, esta unidad se correlaciona con la Formación Arrojos del área de Caborca, Sonora. Así mismo se le asigna una edad del Cámbrico Medio.

*Ambiente.*- Se trata de un ambiente marino somero, de poca fuerza.

## 5.3 Cenozoico

### 5.3.1 Mioceno Inferior

Cubriendo discordantemente a rocas Cámbricas se encuentran rocas volcánicas de tipo riolitas y andesitas cuya edad corresponde al Mioceno Inferior, estas rocas se encuentran aflorando en toda la porción este, de nuestra área de estudio. (Véase figura 14).



Imagen. p) Termoclastidad en rocas volcánicas aflorando en la parte centro – oeste del área de estudio.

### 5.3.2 Cuaternario

Depósitos de talud y terrazas, están conformados por conglomerados y gravas, así como gravas y arenas se encuentran rellenando los valles, cuyas edades corresponden al Pleistoceno.

En cuanto a los ríos y arroyos del área, están conformados por limos, arenas y aluvión de edad Holoceno.

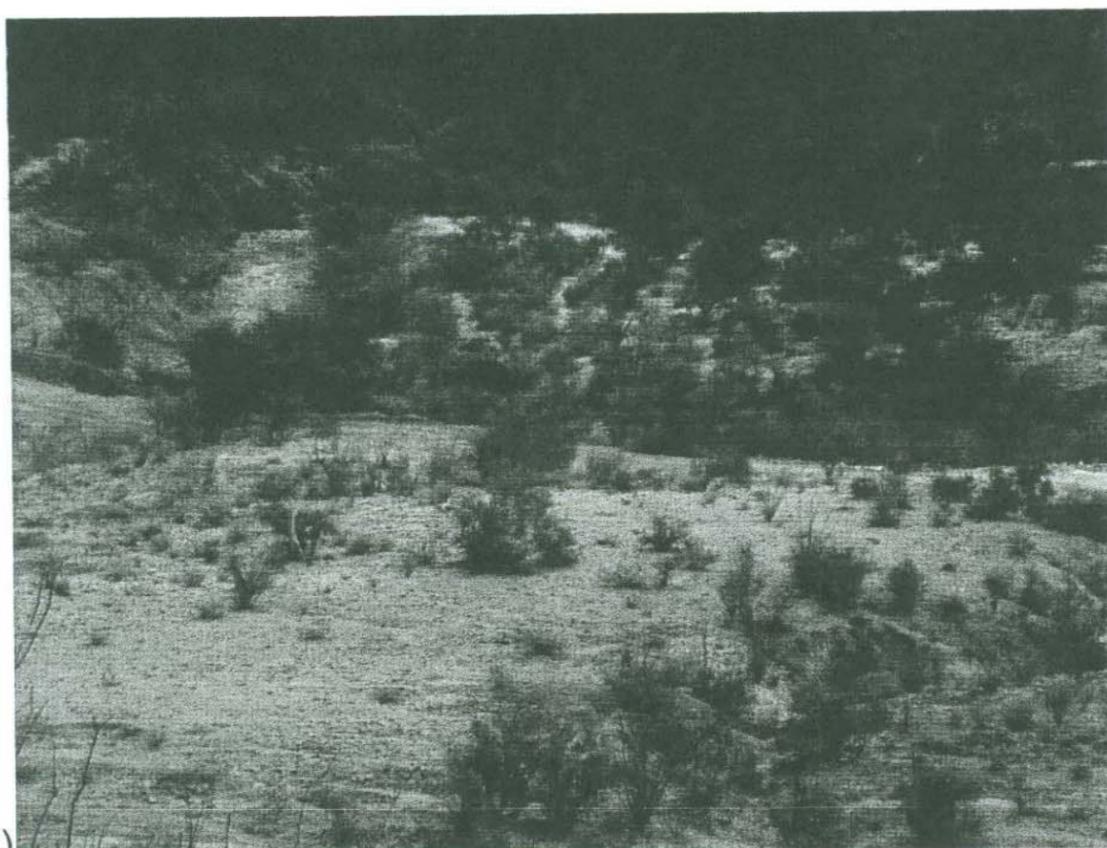


Imagen. q) Arroyo en el cual se observan arenas y aluvión del Holoceno, en contacto con la Formación Arrojos.

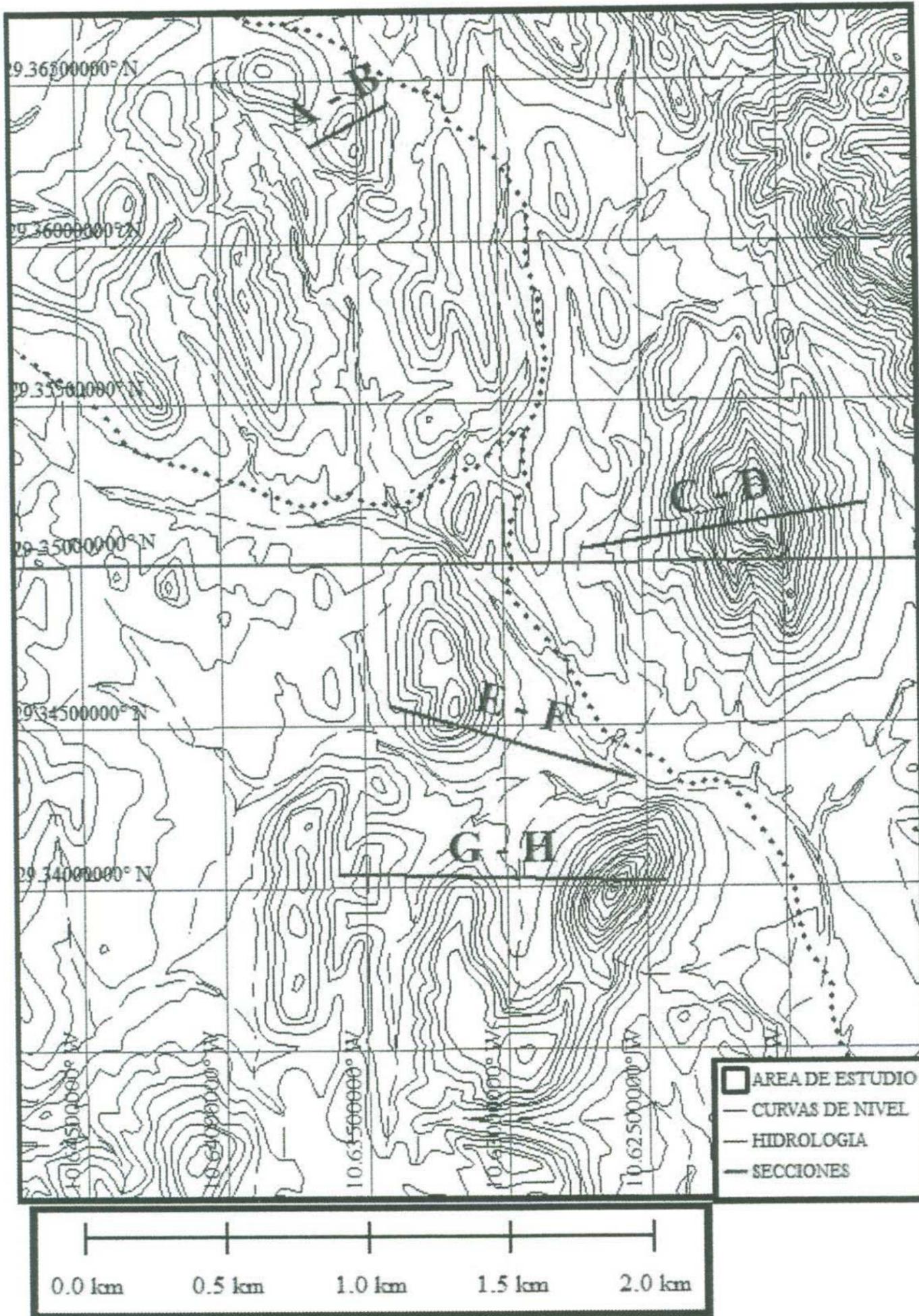


Figura 15. Mapa topográfico con la localización de Secciones

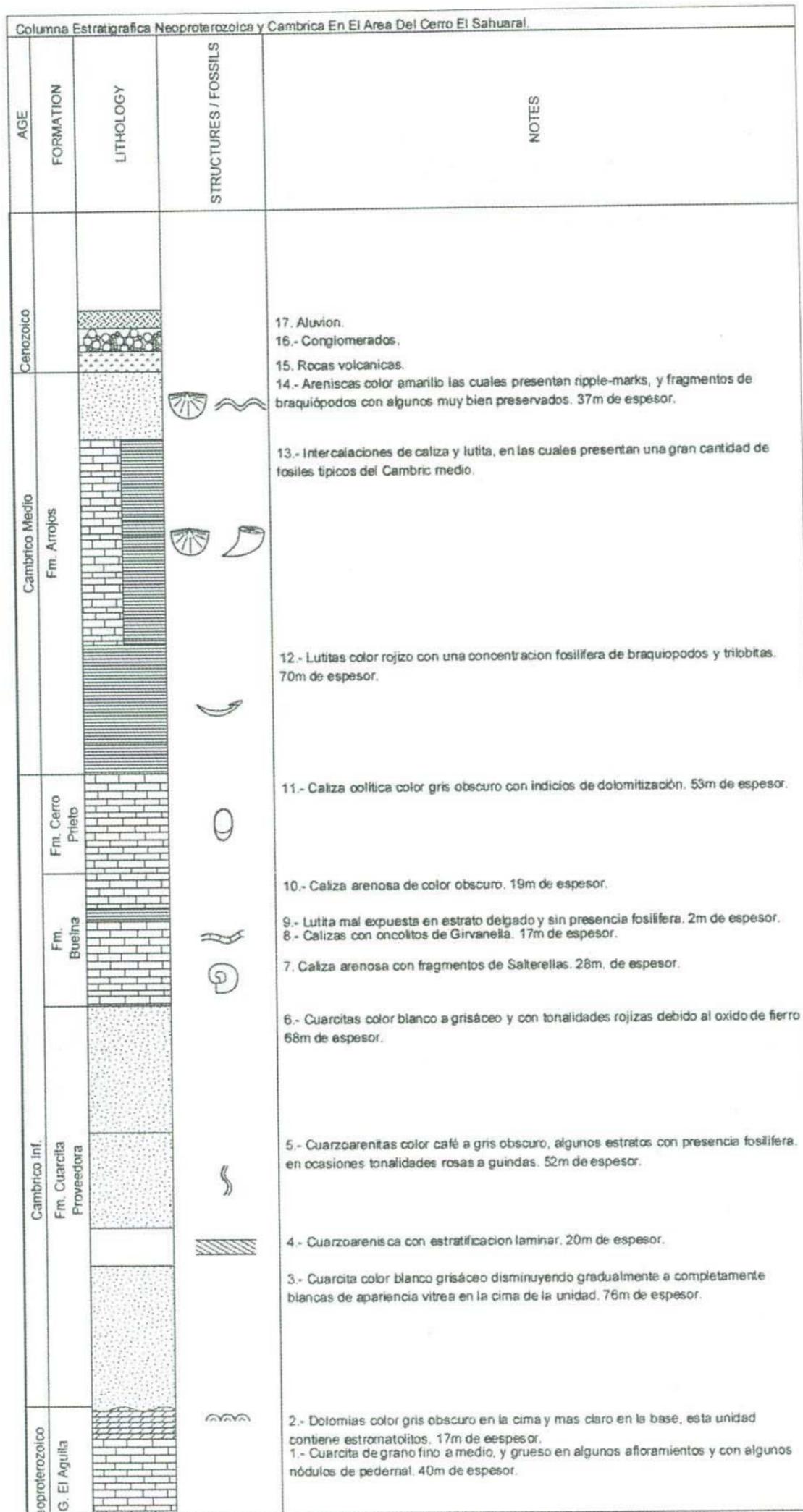


Figura 16. Columna Estratigráfica Neoproterozoica y Cámbrica en el área del Cerro El Sahuara.

## 6. Estratos Neoproterozoicos y Cámbricos en Sonora

Según la clasificación de (Stewart et al, 2002) de procedencia de estratos Neoproterozoicos y Cámbricos en Sonora, para nuestra área de estudio, en la parte inferior de nuestra columna estratigráfica la cual se encuentra representada por el Grupo El Águila, se encontraría dentro de los estratos epicontinentales del supecontinente Rodinia. Mientras que las unidades más jóvenes (Cámbricas) son comprendidas dentro de la Cordillera Miogeoclinal del Neoproterozoico superior y estratos Cámbricos, formados durante la formación del margen continental de Laurentia después de la fragmentación de Rodinia. (Véase figura 17).

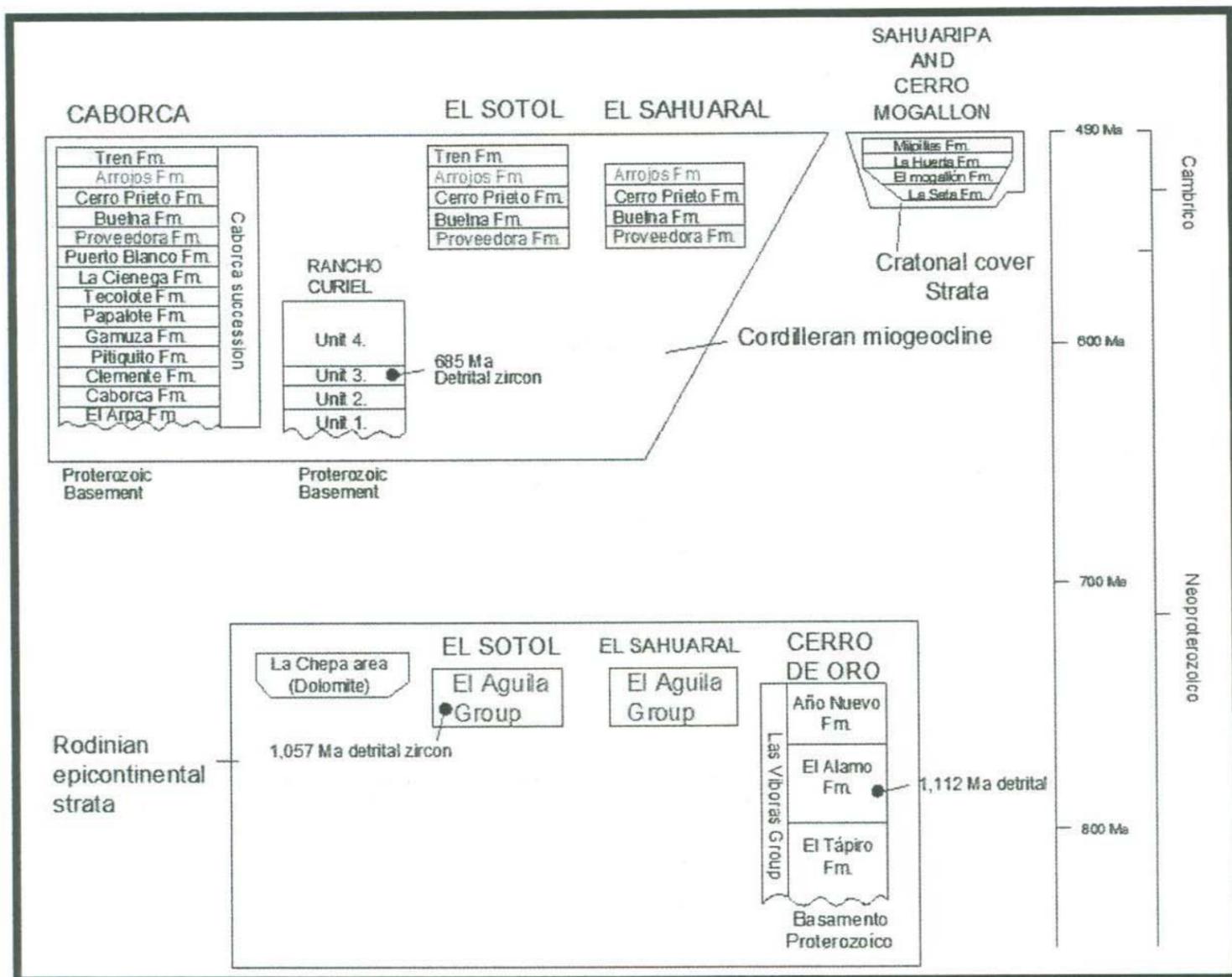


Figura 17. Tabla de clasificación y edad de estratos Neoproterozoicos y Cámbricos de Sonora. Editado de (Stewart et al, 2002; 10).

## 6.1 Correlaciones estratigráficas

En el área estudiada en esta investigación se encuentran unidades Cámbricas y Neoproterozoicas, a continuación se correlacionaran estas unidades con otros afloramientos en Sonora

Debido a su gran parecido litológico, las unidades Cámbricas que se encuentran en nuestra área de estudio son ampliamente correlacionables con las localidades tipo de la Formación Cuarcita Proveedora, Formación Buelna, Formación Cerro Prieto y Formación Arrojos. Localizadas en Caborca, Sonora.

A parte de su localidad tipo, existen otros afloramientos cámbricos en Sonora, los cuales nos permiten correlacionarlos con estas unidades, estando entre ellas la Sierra López, en la cual se encuentra la Formación Cuarcita Proveedora, representada por una unidad delgada de cuarcita con *Skolithos*, sobreyaciendo a esta unidad se encuentra la Formación Buelna.

Otra localidad ampliamente correlacionable se encuentra la Loma El Chihuarruita al Sur del poblado de San José de Gracia, en donde tanto como su litología y asociación faunística son sumamente parecidos. Al igual que El Chihuarruita, otra localidad sumamente parecida es el Cerro El Sotol, en donde aparte de poseer las formaciones Cuarcita Proveedora, Buelna, Cerro Prieto y Arrojos, están expuestas unidades Neoproterozoicas del Grupo El Águila, el cual consiste en cuarcitas y dolomías con fauna estromatolítica. Tanto la Loma El Chihuarruita y el Cerro El Sotol presentan un gran parecido con nuestra área de estudio, debido a que se encuentran relativamente cerca.

Otra correlación posible se encuentra en la parte baja de la Sierra Agua Verde se encuentra la Formación Cuarcita Proveedora del Cámbrico Inferior, conteniendo *obolellus gilberti* y *skolithos*. Por otra parte, más al sureste de Sonora se encuentra el Cerro El Mogallón en cual la parte basal está representada por la Formación Arrojos del Cámbrico Medio. (Stewart et al, 2002). (Véase fig. 18 y 19).

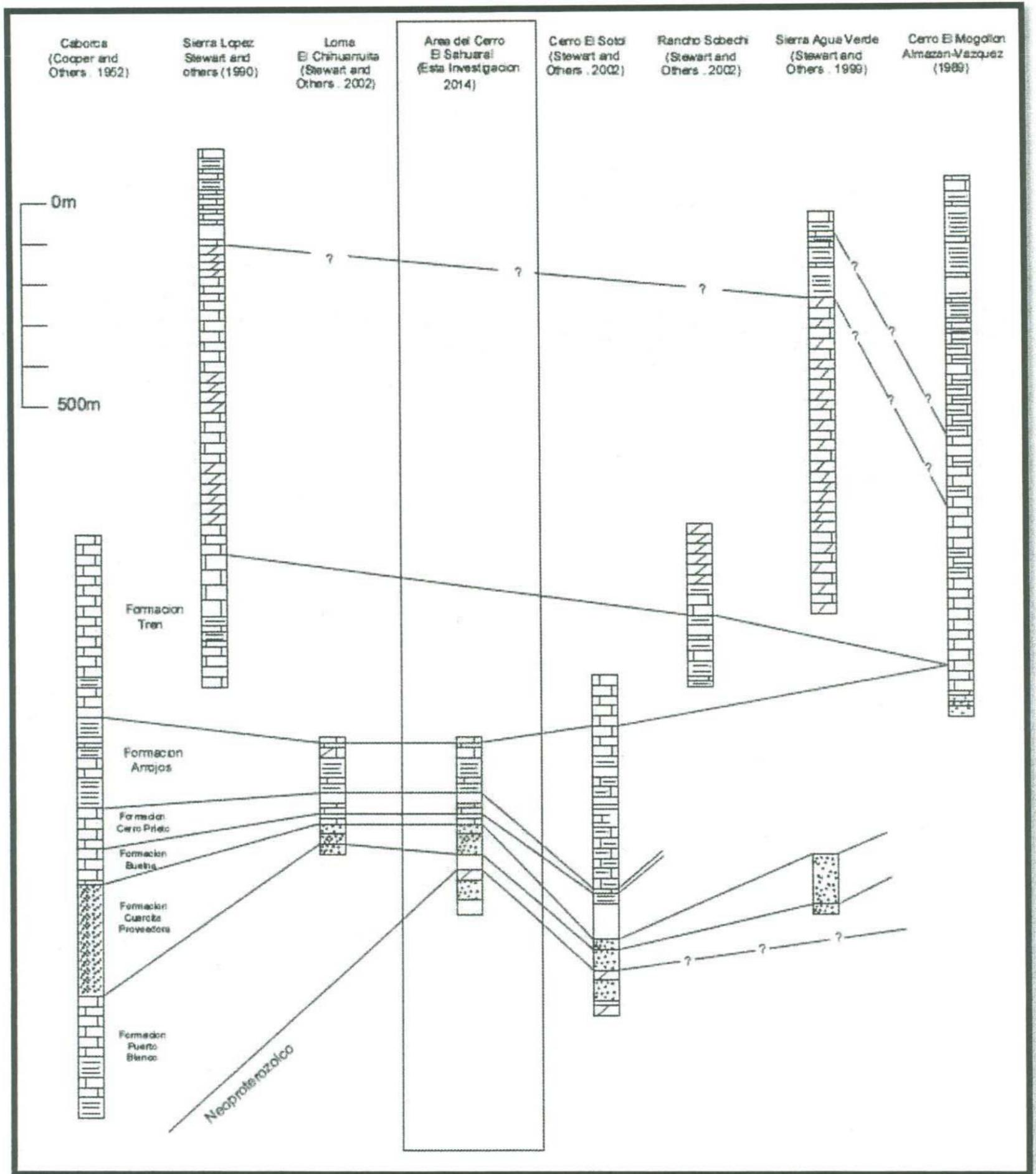


Figura 18. Correlación de estratos Cámbricos del área del Cerro El Sahuaral con otras localidades Cámbricas en Sonora. Editado de (Stewart et al, 2002; 31).

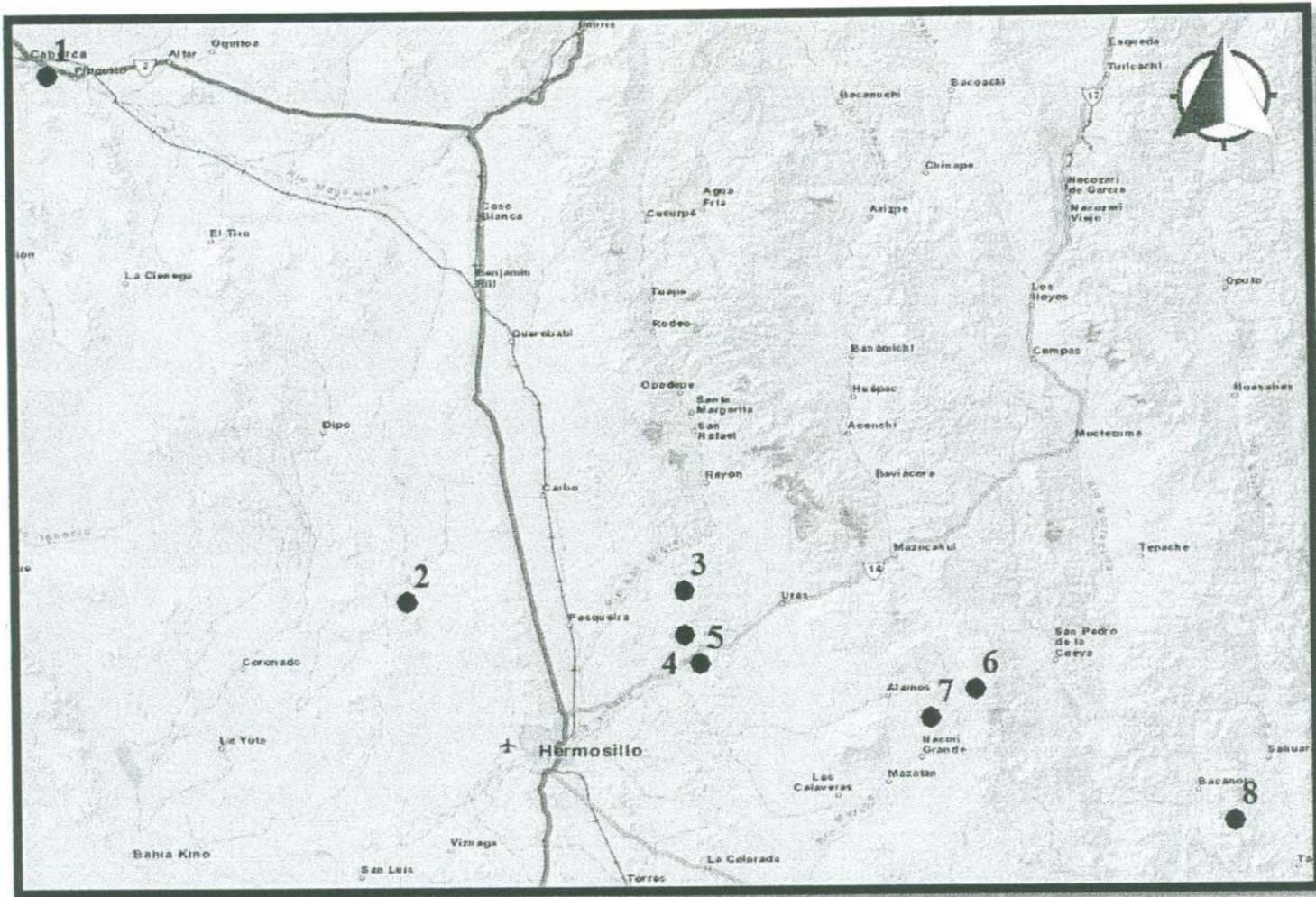


Figura 19. Mapa de localización de localidades Cámbricas. En el cual se muestran enumerados: 1.- Caborca, 2.-Sierra López, 3.- Cerro El Sotol, 4.- Cerro El Sahuaral, 5.- Loma El Chihuarruita, 6.- Sierra Agua Verde, 7.- Rancho Sobechi, 8.- Cerro El Mogallón.

## 7. Marco geológico regional

En la carta Geológica-Minera H12-D32 de Úres (SGM, 2002), Las rocas más antiguas corresponden a una secuencia de edad paleozoica, constituida por calizas, lutitas y areniscas con lentes de pedernal, cuarcitas y escasas dolomías, cuya edad va del Cámbrico al Pérmico, formando parte del Terreno Caborca. Afloran en varias localidades principalmente en la parte noroeste y poniente de Úres, en ocasiones como remanentes sobre granitos laramídicos a manera de techos colgantes, los cuales producen en algunas zonas una aureola de metamorfismo de contacto con desarrollo de skarn, marmolización y silicificación, entre otros aportes mineralizantes.

Las rocas Cámbricas consisten principalmente de Calizas y lutitas y se diferencian de las edades Ordovícico-Pérmico debido a que contienen más horizontes lutíticos.

El resto de afloramientos de rocas paleozoicas corresponden a los afloramientos de calizas y areniscas; se consideran del Ordovícico al Pérmico con base a su correlación con rocas similares en otras áreas donde se tienen edades de esas rocas. Se diferencia de la unidad anterior por contener más horizontes de arenisca cuarcíticas, afectadas por intrusivos laramídicos y aflorando como techos colgantes y cubiertas discordantemente por rocas volcánicas cretácico-terciarias y sedimentos recientes. Estos afloramientos se ubican en la parte noroeste, la parte occidental y al sur de la carta Geológica-Minera.

En la parte noroeste y sur central de la carta, afloran rocas de edad Cretácico superior-Terciario Eoceno, constituidas por tobas riódacíticas, andesitas y riolitas. Las cuales fueron afectadas por cuerpos intrusivos de granito, granodioríticos y cuarzomonzonítico, aflorando en la parte centro y sur de la carta.

Aflorando en la porción norte y oeste también encontramos rocas del Mioceno inferior, constituidas por tobas riolíticas, riolitas y dacitas. El Mioceno medio, se encuentra aflorando discordantemente en la parte noroeste y sur de la carta, compuesto por conglomerados polimícticos, areniscas y riolitas, de la formación Báucarit. (King, 1939). Posteriormente el Mioceno superior se representa por derrames de andesita, andesita basáltica y basalto, localizados en la parte centro y suroeste de la carta.

En cuanto a los depósitos de talud y terrazas, se componen de conglomerados y gravas del Pleistoceno, también gravas y arenas las cuales rellenan los valles, mientras que limos, arenas y aluvión de edades Holocenas afloran en los márgenes de ríos y arroyos. (Véase figura 20).

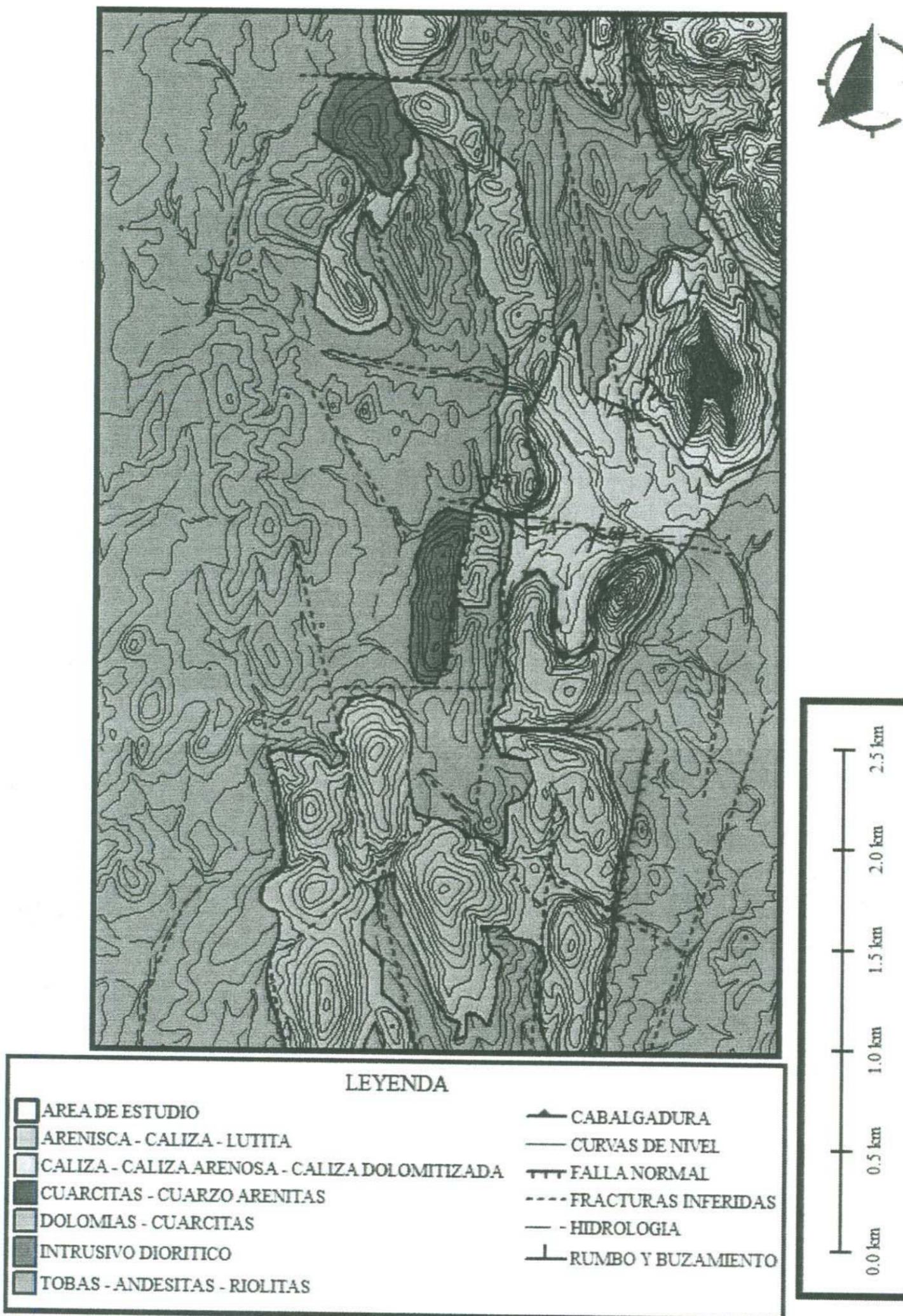


Figura 20. Mapa Geológico del área de estudio.

## 8. Tectónica y Geología Histórica

### 8.1 Geología Histórica

Esta región ha sufrido evoluciones tectónicas muy complejas en general, a continuación en forma breve se explicara la evolución geológica de la región en la que se encuentra nuestra área de estudio:

Nuestra área de estudio se localiza dentro del Terreno Caborca, la secuencia miogeoclinal del terreno está cubierta por un cabalgamiento tectónico con dirección Noreste – Suroeste por una secuencia eugeoclinal de edad Paleozoica Superior del Terreno Cortez. (SGM, 2002).

Durante el Paleozoico se depositaron rocas sedimentarias, en ambiente de plataformas marinas, someras y de aguas cálidas, seguido de incipientes hundimientos, en los cuales al oscilar los niveles del terreno ocurrieron aportes de caliza arenosa, cuarcita y lutita.

La ausencia de rocas de edad Triásico – Jurásico, sugiere una emersión de la región durante ese tiempo o tal vez de eventos erosivos intensos durante o después de este periodo (SGM, 2002). Ya que no se conocen en el área afloramientos de estas edades. Probablemente estos eventos fueron provocados por la orogenia Nevadiana del Jurasico Tardío (Castillon, 2009;51).

Para el Cretácico prevalece hacia el oeste un dominio volcánico de composición andesítica, asociado a un arco volcánico de orientación Noroeste – Sureste, paralelo a la línea de costa del Golfo de California. (Castillon, 2009;52).

La orogenia meso cretácica constituyo un evento de gran trascendencia en el Noroeste de México, ya que preparo el terreno para la subsecuente orogenia, con esfuerzos compresivos y provocando fallamientos inversos y cabalgaduras.

Entre el Cretácico Superior y Terciario Inferior, relacionado con la convergencia entre las placas Farallón y Norteamericana, ocurrió un magmatismo calco alcalino, el cual realizó el aporte mineralizante al área.

Para el Terciario Medio, se lleva a cabo la extrusión de rocas volcánicas félsicas, asociándola a una fase de subducción, representadas por aglomerados, tobas riolíticas, ignimbritas, riolitas y en menor proporción tobas riolíticas. Siguiendo por fallas normales formadas por la fase extensiva del “Basin and Range”, la cual dio origen a la típica morfología de sierras y valles paralelos con rumbo general de Noroeste – Sureste.

En el Cuaternario, las secuencias litológicas preexistentes son sometidas a procesos de erosión, transporte. En donde fragmentos de roca y sedimentos fueron acumulándose en las partes topográficamente bajas. Mientras que en los cauces y cuencas de arroyos están los sedimentos más finos como arenas y arcillas. (Castillon, 2009;52).

## 8.2 Tectonica

A continuacion se describiran las estructuras producidas por los diversos eventos, separados en Cambricos y Precambricos:

### 8.2.1 Eventos Tectónicos Precambricos

En la roseta de lineamientos correspondiente a las unidades Precambricas se observan maximos en direccion Noreste – Suroeste, estas estructuras representan un cabalgamiento de la unidad precambrica El Aguila sobre unidades Cambricas. (Véase figura 21).

Roseta de Lineamientos en Unidades Precambricas

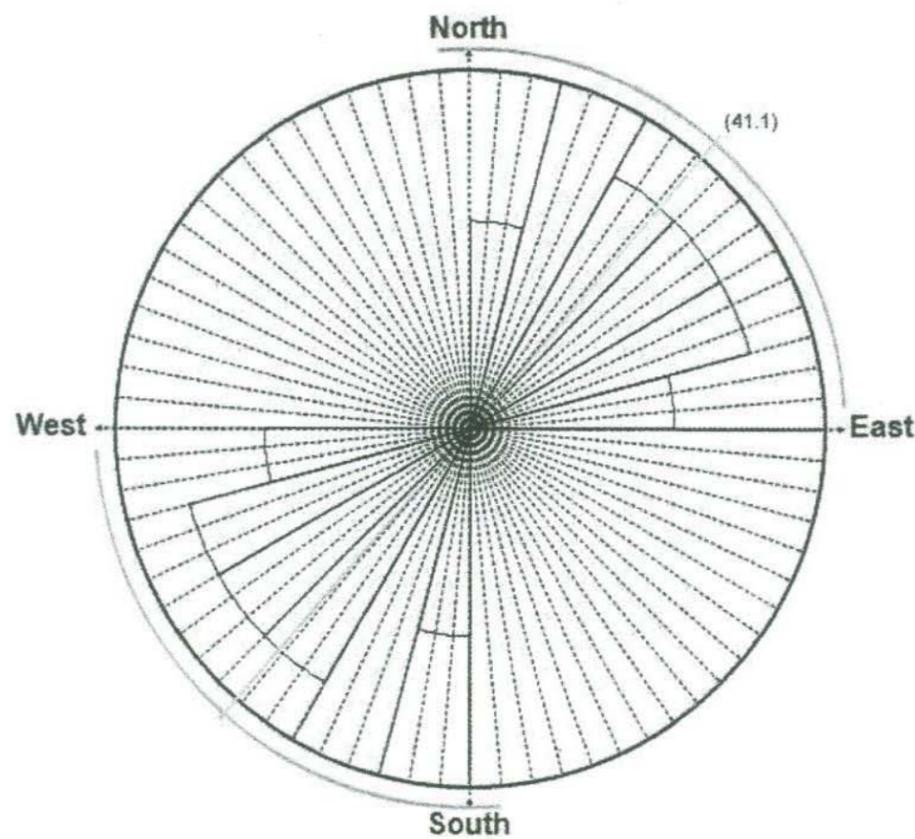


Figura 21. Roseta de Lineamientos en unidades Precámbricas.

### 8.2.2 Eventos Tectónicos Cámbricos

Las unidades Cámbricas presentan estructuras con máximos de dirección casi Norte – Sur, con una ligera inclinación hacia Noreste – Suroeste, estas unidades presentan un fuerte plegamiento debido al evento compresivo que afecto esta región. (Véase figura 22).

**Roseta de Lineamientos en Unidades Cambricas**

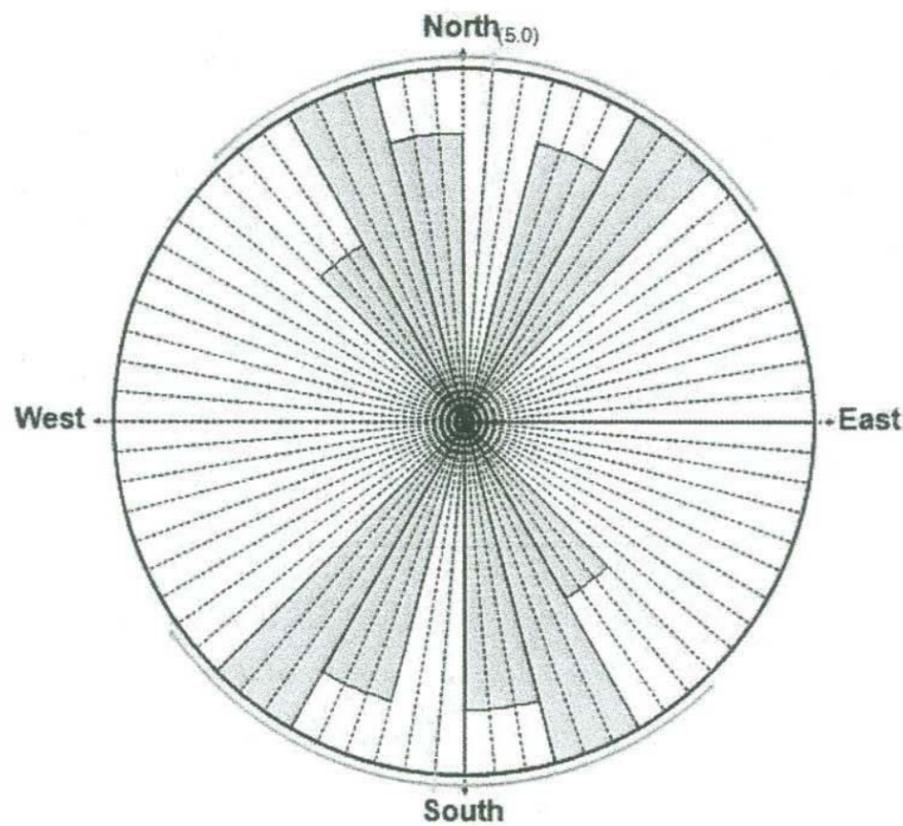


Figura 22. Roseta de lineamientos en unidades Cámbricas.

## 9. Resultados y conclusiones

- Se identificaron las secuencias sedimentarias cámbricas en el área, caracterizándolas y correlacionándolas con su localidad tipo en Caborca, Sonora, México.

- El área fue afectada por dos fuertes eventos tectónicos, el primero fue de deformación compresiva, manifestándose con un fuerte plegamiento de las unidades tempranas y un segundo evento produciendo las cabalgaduras presentes.

### 9.1 Recomendaciones

A continuación se mencionan algunas recomendaciones las cuales complementarían significativamente esta investigación y apoyarían para una mejor comprensión del contexto del área de estudio:

- Realizar un estudio paleontológico completo de la fauna contenida en las distintas unidades presentes en el área de estudio.
- Realizar un estudio con mayor amplitud para conocer los límites de las unidades contenidas en este trabajo.
- Realizar un estudio de rocas volcánicas en el área.
- Hacer una datación del intrusivo aflorante en la parte sur – oeste del área.
- Llevar a cabo un estudio tanto microestructural como macroestructural para definir las relaciones estructurales de rocas Cámbricas y Precámbricas y entender su desarrollo tectónico.
- Continuar con un estudio geológico hacia el norte – este del área de estudio.

## 10. Bibliografía

- Almazán-Vázquez. E., 1989, Cámbrico-Ordovícico de Arivechi, en la región centro oriente del Estado de Sonora: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Revista. V. 8, no. 1, p. 58-66.
- Álvarez M., 1949, Notas sobre el Paleozoico Mexicano, Mexicana de Geólogos Petroleros, Boletín de la Asociación, p. 47-56.
- Barrón-Díaz J. A., 2013. Caracterización petrogenética de las Metabasitas Anorogenicas del límite Cámbrico-Precámbrico, Municipio de Pitiquito, Sonora, México. Tesis profesional para obtener el grado de Maestro en Ciencias-Geología, Universidad de Sonora.
- Bartolini, C., Morales-Montaña M., Damon, M., 2001, Estratigrafía del Terciario y Geocronología (K-Ar) del Área de San José de Gracia, Sonora central, México, Geological Society of America, Vol. 24, p. 6.
- Castillón, G. J., 2009. Recopilación y actualización de la estratigrafía de las rocas del Neoproterozoico y Cámbrico de la región noreste de Hermosillo, Sonora. Tesis de Licenciatura para obtener el grado de Geólogo. Universidad de Sonora.
- Cevallos-Ferriz S., Salcido-Reyna A., Pelayo-Ledesma A., 1981. Una nueva sección del Precámbrico de Sonora; los Estromatolitos y su importancia en estos estudios. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista vol. 5, no. 1, p. 1-16.
- Cooper G. A., Arellano A. R. V., 1946. Stratigraphy Near Caborca, Northwest Sonora, México. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist, vol. 30, no. 4, p. 606-519.

- Cuen F. J., 2012. Sobre la Estratigrafía y Paleontología del Cámbrico del área de San José de Gracia, Sonora, México. Tesis profesional para obtener el grado de Geólogo, Universidad de Sonora.
- Cuen F. J., 2013. Bioestratigrafía del Cámbrico de San José de Gracia, Sonora. Consideraciones Paleogeográficas. Tesis profesional para obtener el grado de Maestro en Ciencias-Geología, Universidad de Sonora.
- Cuen F. J., Beresi M. S., Montijo A., Buitrón B. E., Minjarez I., de la O, M., Palafox J. J., 2013. *Chancelloria* Walcott, 1920 y *Reticulosa* Reid, 1958 del Cámbrico Medio de San José de Gracia, Sonora, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, vol. 65, no. 3, p. 581-590.
- González-León C., 1986, Estratigrafía del Paleozoico de la Sierra del Tule, Noroeste de Sonora, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, Vol. 6, no. 2, p. 117-135.
- Gross E. L., Stewart J. H., Gehrels G. E., 2000, Detrital Zircon geochronology of Neoproterozoic to Middle Cambrian miogeoclinal and platformal strata: Northwest Sonora, Mexico. *Geofísica Internacional*, Vol. 39, no. 4, pp. 295-308.
- Martínez-Palomares D., 1985, Distribución Actual e Isopacas de las rocas Paleozoicas en el norte de los estados de Chihuahua y Sonora, México., Boletín de la Asociación de Geólogos Petroleros, Petróleos Mexicanos, Chihuahua, Chih., vol. 37, no. 2, p. 3-31.
- McMenamin M. A. S., 1987. Lower Cambrian Trilobites, Zonation, and Correlation of the Puerto Blanco formation, Sonora, Mexico. *Journal of Paleontology*, vol. 61, no.4, p. 738-749.
- McMenamin M. A. S., Awramik S. M., Stewart J. H., 1983. Precambrian-Cambrian

- transition problema in westrn North America: Part 2. Early Cambrian Skeletonizd fauna and associated fossils from Sonora, México. *Geology*, vol. 11, p. 227-230.
- Ochoa-Granillo J. A., Sosa-León J. P., 1993. *Geología y Estratigrafía de la Sierra Agua Verde con énfasis en el Paleozoico*. Tesis profesional para obtener el grado de Geólogo, Universidad de Sonora.
- Pantoja-Alor J., Robinson R., 1967, *Paleozoic Sedimentary Rocks in Oaxaca, México*. *Science, New Series*, Vol. 157, no. 3792, p. 1033-1035.
- Pérez – Soto F., 1991, *Reconocimiento Geológico de la carta Félix Gómez entre los municipios de Pitiquito y Carbo, Sonora, México*. Tesis profesional para obtener el grado de Geólogo, Universidad de Sonora.
- Rivera C., E. 1988a. Génesis de la Formación Proveedora. (Cámbrico inferior) del área de Caborca, Sonora Noroccidental. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista*, vol. 7, no. 2, p. 163-167.
- Rivera C., E. 1988b. Condiciones paleoambientales de depósito de las formaciones cámbricas del Área de Caborca, Sonora. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista*, vol. 7, no. 1, p. 22-27.
- Servicio Geológico Mexicano, 2002. Carta Ures H12D-32, Informe Geológico-Minero, Escala 1-50,000.
- Stewart J. H., 1984. Stratigraphic sections of lower Cambrian and upper Proterozoic rocks in NYE, Lander, and Lincoln Countries, Nevada, and Sonora, México. U.S. Geological Survey, Open-File Report 84-691.
- Stewart J. H., Amaya-Martinez R., Palmer A. R., 2002, Neoproterozoic and Cambrian strata of Sonora, Mexico: Rodinian supercontinent to Laurentian Cordilleran margin, *Geological Society of America, Special paper 365*. P. 5-

48.

- Stewart J. H., McMenamin M. A. S., Morales-Ramírez J. M., 1984. Upper Proterozoic and Cambrian Rocks in the Caborca Region, Sonora, México-Physical Stratigraphy, Biostratigraphy, Paleocurrent Studies, and Regional Relations., U.S. Geological Survey professional paper 1309.
- Stewart J. H., Poole F. G., 2002. Inventory of Neoproterozoic and Paleozoic strata in Sonora, México. U.S. Geological Survey, Open-file Report 02-97.
- Stewart J. H., Poole F. G., Harris A. G., Repetski J. E., Wardlaw B. R., Mamet B. L., Morales-Ramirez J. M., 1999. Neoproterozoic(?) to Pennsylvanian Inner-Shelf, Miogeoclinal strata in Sierra Agua Verde, Sonora, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología y Sociedad Geológica Mexicana, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, vol. 16, No. 1, p. 35-62.
- Weber R., Cevallos-Ferriz S., 1980. El Significado bioestratigrafico de los estromatolitos del Precámbrico sedimentario de la región de Caborca, Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Vol. 4, No. 2, P. 104-110.
- Weber R., Cevallos-Ferriz S., López-Cortez A., Olea-Franco A., Singer-Socher S., 1979. Los estromatolitos del Precámbrico Tardío de los alrededores de Caborca, Estado de Sonora, 1; reconstrucción de *Jacutophyton shapovalova* e interpretación paleoecológica preliminar. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Vol. 3, No. 1, P.9-23.