

## TECTONICAS SOBREPUESTAS EN SONORA SEPTENTRIONAL

Claude Rangin \*

## RESUMEN

Varias fases tectónicas sobrepuestas en el tiempo y en el espacio, afectan el sector de Agua Prieta - Naco - (Sonora Septentrional).

Una fase albo-cenomaniana es responsable de la discordancia que se observa en la base del Cretácico Superior y constituye el eco de deformaciones intensas en zonas internas (Sinaloa-California).

Una fase Cretácico Tardío-Terciario temprano parece ser responsable de la cabalgadura de serranías septentrionales sobre la cuenca de tipo molásico de Cabullona.

Finalmente, movimientos con gran radio de curvatura afectan las series paleozoicas y mesozoicas, así como la cubierta volcánica terciaria. Estos movimientos son seguidos o acompañados por varios sistemas de fallas normales que afectan de manera independiente las estructuras antes mencionadas.

## RESUME

Plusieurs phases tectoniques superposées dans le temps et dans l'espace, affectent le secteur d'Agua Prieta - Naco (Sonora Septentrional).

Une phase albo-cenomanienne est responsable de la discordance présente à la base du Crétacé Supérieur et constitue l'écho de déformations plus intenses se manifestant dans des zones plus internes (Sinaloa-California).

Une phase Crétacé Supérieur à Tertiaire basal paraît responsable du chevauchement d'une unité septentrionale sur le bassin de type molassique de Cabullona.

Finalment, des mouvements à grand rayon de courbure affectent les séries paléozoïques et mésozoïques et leur couverture volcanique tertiaire. Ces mouvements sont suivis ou accompagnés par plusieurs réseaux de failles normales recoupant de manière indépendante les structures antérieures.

## INTRODUCCION

Situación geográfica.—El sector estudiado se sitúa en la parte nororiental del Estado de Sonora, México (Figura 1) y geográficamente limitado de la siguiente manera: al norte por la frontera entre la República Mexicana y los Estados Unidos de Norte América; al sur por las sierras de Magallanes, de Magallancitos y por los cerros de la Ventana y de Pitaycachi; al oeste por la sierra de San José y al este por el borde occidental de la meseta de la Sierra Madre Occidental.

Desde el punto de vista morfológico, el área Agua Prieta-Naco se sitúa en la provincia de las sierras y valles paralelos de Fenneman, N. M. (1914). Esta provincia se prolonga hacia Arizona Meridional; hacia Sonora con una orientación NW-SE y la limita el flanco SE de la meseta del Colorado. La altitud media de la región es de 1,200 m sobre el nivel del mar.

En el presente trabajo solamente se abordarán los problemas estructurales. La exposición se apoyará en estudios estratigráficos anteriores que se han desarrollado principalmente en el Estado de Arizona, E.U.A.

Trabajos anteriores.—Existen estudios mineros de interés local, sin embargo, los reconocimientos estratigráficos y estructurales en Sonora Nororiental son pocos. Los primeros trabajos estratigráficos fueron hechos por Ransome F. L. (1904) en el área de Bisbee (Arizona). Los terrenos paleozoicos y mesozoicos aflorantes se encuentran también en el sector Agua Prieta-Naco con pocas variaciones litológicas.

En 1933 Taliaferro N. describió el Cretácico Superior de tipo molasa en la Cuenca de Cabullona. Imlay (1939) comprende un estudio paleogeográfico sumario de la parte nororiental de Sonora. Sin embargo, los resultados más interesantes conciernen particularmente al sector del Tigre, situado más al sur.

\*Oficina Regional del Noroeste, Instituto de Geología.  
UNAM. Departamento de Geología Estructural Universidad P. y M. Curie, Paris.

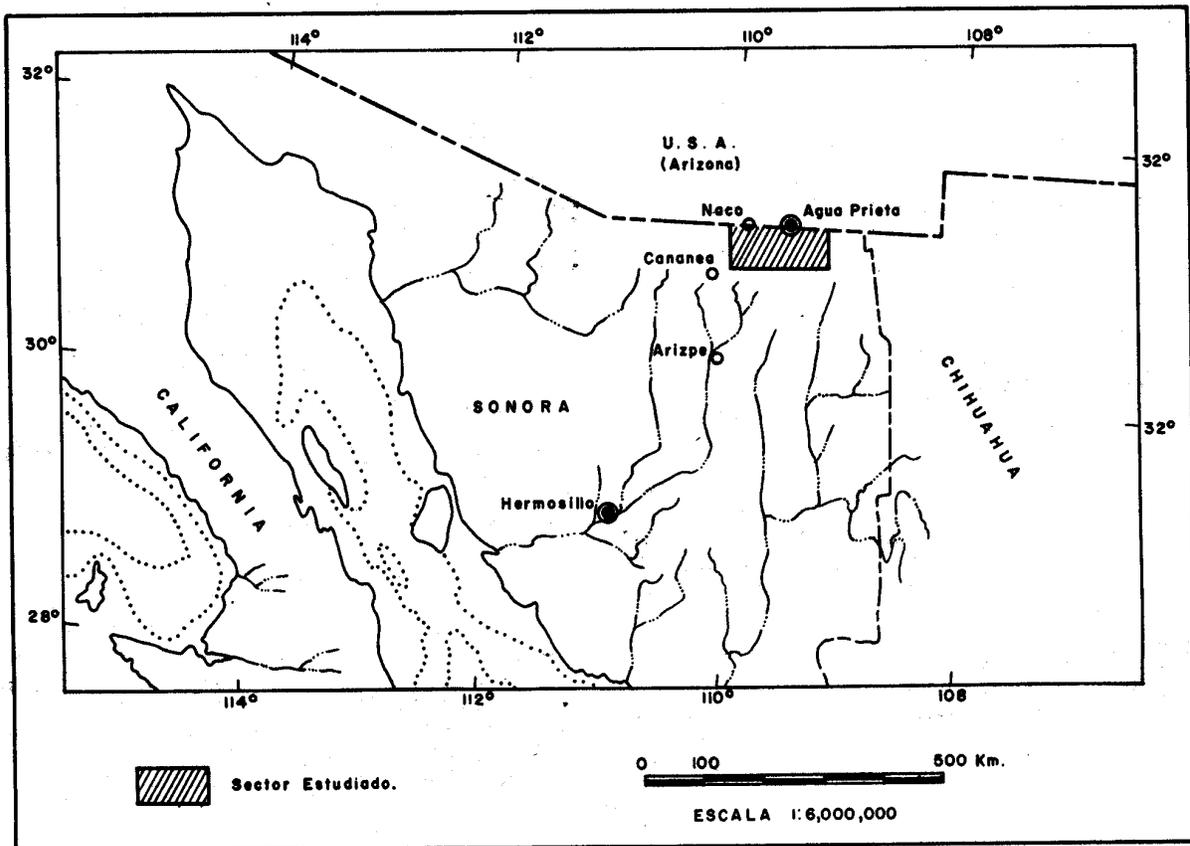


Figura 1.—Mapa de localización.

#### ESTRUCTURAS PRINCIPALES DEL AREA

El área estudiada está gobernada por dos direcciones estructurales principales: Una dirección WNW-ESE a NW-SE que es transversal a la cordillera volcánica terciaria de la Sierra Madre Occidental. Una dirección NNW-SSE a NS que corta las direcciones anteriores y que corresponden morfológicamente a sierras aisladas interrumpidas por amplias depresiones o bolsones. Dos grandes conjuntos pueden ser distinguidos entre las estructuras transversales (Lám.1). La cuenca de Cabullona, que es una cuenca de tipo molásico, está alargada morfológicamente en una dirección WNW-ESE.

Un conjunto de terrenos del Paleozoico y del Cretácico Inferior afloran en forma de pequeñas serranías alargadas igualmente en dirección WNW-ESE desde la sierra de San José hasta el Cerro de Cabullona. Estos relieves constituyen un conjunto cabalgando la cuenca de Cabullona en su borde NE. La cuenca de Cabullona desaparece hacia el sur debajo de las formaciones volcánicas de edad terciaria y cuaternaria, y hacia el norte debajo de la cabalgadura de las serranías septentrionales. Esta depresión está rellena principalmente por depósitos continentales de tipo molasa. La base de la serie es de edad Maestrichtiano (Taliaferro, 1933).

Desde el punto de vista cartográfico (Lám.1), dos grupos litológicos se distinguen: un miembro inferior esencialmente pelítico, comenzando por un conglomerado y un miembro superior esencialmente arenoso, cubierto por rocas volcánicas. Estos depósitos de edad Cretácico Superior y Terciario basal (?) reposan en discordancia sobre el Paleozoico que aflora al SE del Cerro de Magallanes (Taliaferro, 1933) y sobre la Formación Morita (de edad Aptiano-Albiano) así como sobre la Formación Mural, al norte del Cerro de Cabullona (Lám.1). El conglomerado de la base contiene en una matriz arenosa, cantos de caliza paleozoica y albiana, cantos de la Formación Morita y cantos de esquistos (esquistos Pinal del Precámbrico). Esta cuenca está afectada por deformaciones flexibles de gran radio de curvatura, que forman anticlinales y sinclinales orientados WNW-ESE y raramente NNW-SSE a NS. No obstante, hacia el SE se encuentran escamas métricas en esta molasa. Perpendicular u oblicuamente a estas estructuras se observa una importante red de diques verticales posteriores a esta tectónica flexible.

La loma blanca que aflora en la parte norte-occidental de la Cuenca de Cabullona, está constituida por terrenos paleozoicos alóctonos que se observan sobre el Cretácico Superior (Láms. 1 y 2).

Este klippe tectónico parece pertenecer a la unidad cabalgante del conjunto siguiente: del WNW al ESE se alarga un conjunto cabalgando la Cuenca de Cabullona; el contacto se inclina al ENE. Dicho conjunto está dividido en serranías aisladas como resultado de la tectónica cortante plio-cuaternaria. Del NW al SE se suceden: la Sierra de San José, la Sierra de Anibacachi, la Sierra del Caloso y el Cerro de Cabullona, estas serranías se prolongan en los Estados Unidos de América del Norte; hacia el NW, en la Sierra de Huachuca, las lomas de Canelo y los Montes de Santa Rita, los que desaparecen al SE, debajo de las coladas basálticas cuaternarias y la meseta de la Sierra Madre Occidental.

La Sierra de San José (Lám.2) se presenta como un anticlinal o un monoclinal dividido en escamas, que reposan anormalmente sobre el Cretácico Superior al SSW. La Sierra de Anibacachi, cabalgante sobre el Cretácico Superior, se presenta en forma de pliegues anticlinales recostados, se divide en forma de escamas en los montes Cánova. La misma estructura anticlinal se observa en la Sierra del Caloso. El flanco SW de este anticlinal está afectado por fallas inversas. Todas estas estructuras tienen ejes WNW-ESE a NW-SE; por contrario al norte del Cerro Pitaycachi el grupo Bisbee que aflora está plegado según una dirección NNW-SEE. Estos pliegues que no están afectados por fallas inversas y cabalgaduras, parecen pertenecer a una fase distinta de aquella que generó las estructuras descritas más al oeste.

Las serranías septentrionales dejan aflorar las calizas del grupo Naco (Paleozoico Superior) sobre su flanco SW, en el cerro de la Morita (Lám.2). Estas calizas además de las deformaciones laramídicas están afectadas por una tectónica anterior al depósito del grupo Bisbee.

El cerro de la Morita está recostado hacia el SSW y contiene en su base una escama de conglomerado Glance (base del Cretácico Inferior) y una lámina delgada de esquistos Pinal del Precámbrico. El cerro de la Morita, por lo tanto, puede ser interpretado como el núcleo del anticlinal de la Sierra Anibacachi dividido en escamas y recostado hacia el SW.

La interpretación del Cerro de Cabullona (Lám.2) es bastante más complicada. Sobre su flanco SW, este cerro cabalga al Cretácico Superior, de tipo molasa, que aflora muy poco al pie de la mesa basáltica que se extiende al SE (Lám.1). Las calizas que afloran al frente de la cabalgadura son de edad Devónico-Mississippi (Viveros, 1965) y están afectadas por una tectónica anterior al depósito del grupo Bisbee.

Los conjuntos transversales están afectados por movimientos de gran radio de curvatura y una tectónica cortante posterior. Los movimientos con gran radio de curvatura están marcados principalmente en la cubierta riolítica y en la parte inferior del conglomerado "Gila" de edad Plioceno-Pleistoceno. La tectónica cortante tiene ejes que varían NNW-SSW a NW y da origen a las vastas depresiones (valle del Río San Bernardino, valle del río Agua Prieta) o bolsones que marcan los relieves actuales. Esas depresiones como aquella del río Agua

Prieta están rellenas por importantes depósitos fluvio lacustres (600 m al N de Douglas: (Coates, 1965).

Dos redes principales de fallas son la causa de dichas depresiones una red mayor con eje NNW-SSE; cuyas fallas continúan sobre el flanco oeste de la Sierra de Magallanes hasta la sierra Copercuín en el sur, en más de 130 km de extensión. Esta red es paralela a la costa del Pacífico y a la Costa del Golfo de California. Sobre el flanco W de la Sierra Madre Occidental, tienen un salto vertical de 1000 m como mínimo. Una segunda red que presenta las mismas características pero con orientación NS se conjuga con la precedente. Algunas de estas fallas normales son activas hoy, por ejemplo la falla al este del Río Batepito tiene una extensión de 70 km y un salto de 7 m mínimo que ocurrió durante el temblor de 1887 en Sonora (Águilera, 1920).

#### PRINCIPALES FASES TECTONICAS OBSERVABLES

Adoptando un razonamiento retrotectónico, las principales fases observables son las siguientes:

La tectónica cortante plio-cuaternaria se traduce por el juego de fallas normales en extensión. Solamente saltos verticales se han observado aunque puede existir la posibilidad de saltos horizontales laterales. Estas deformaciones cortan de manera totalmente independiente las estructuras anteriores. Ellas confieren al sector su morfología actual y parecen comenzar en el Plioceno Inferior (Gilluly, 1956) y aún durante el Mioceno terminal (Knetchell, 1936). Algunas de estas fallas están activas actualmente.

Disponemos de poca información sobre la tectónica de gran radio de curvatura que se tradujo principalmente en combamientos de las capas volcánicas terciarias. Esta parece preceder un poco a la tectónica en distensión.

La tectónica pre-pliocena post-cretácica está marcada en el sector estudiado por los siguientes rasgos estructurales:

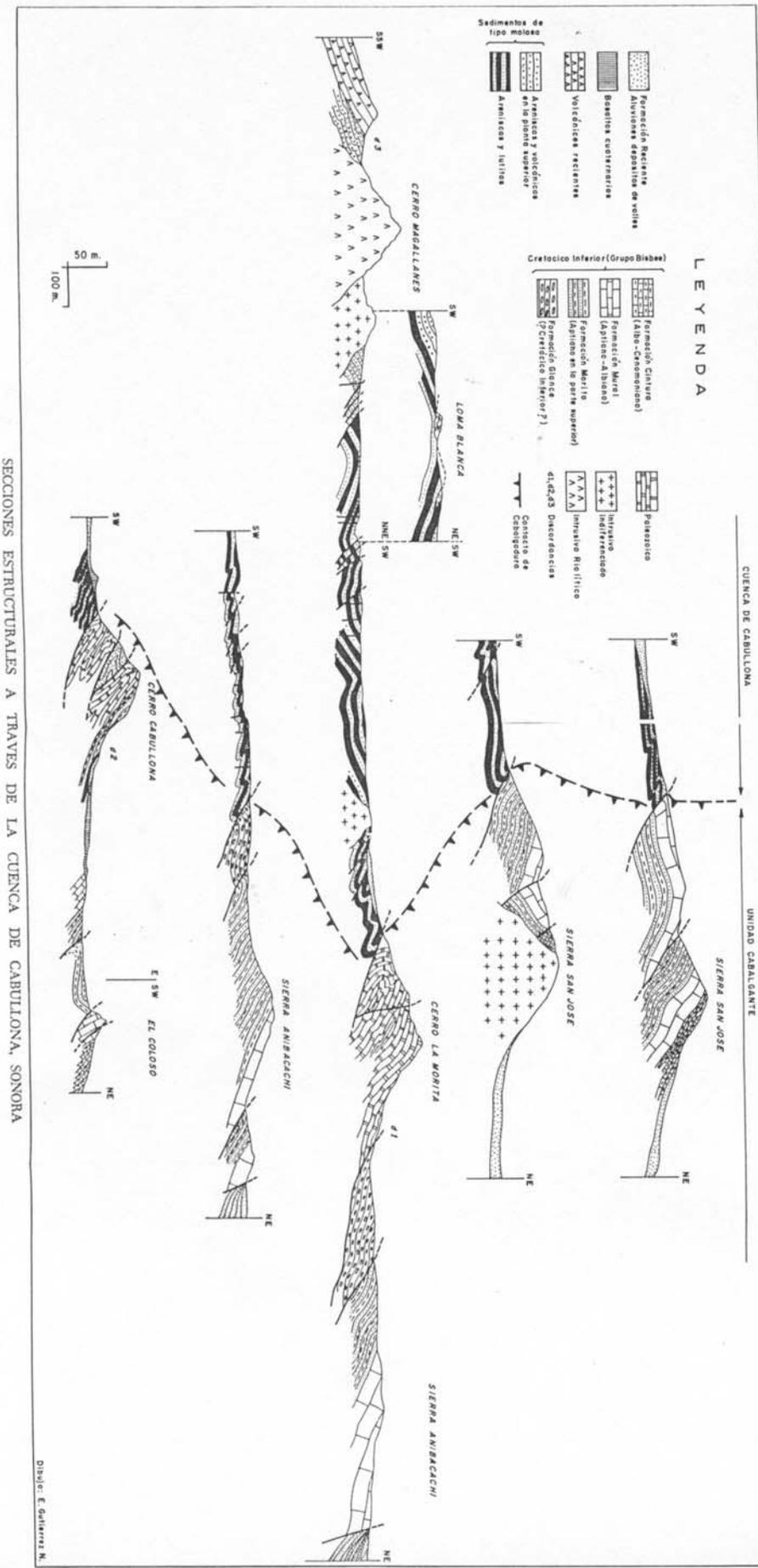
La cabalgadura de las serranías septentrionales sobre la cuenca de Cabullona. El plano de la cabalgadura se inclina hacia el NNE y los klipptes tectónicos de edad paleozoica (Loma Blanca) reposan sobre el Cretácico Superior de la cuenca de Cabullona (Lám.2).

Los pliegues con dirección análoga a la de la cabalgadura tienen ejes orientados de NNW-SSE a NW, invertidos generalmente hacia el SSW que afectan tanto a la unidad cabalgante de las serranías septentrionales como a la unidad cabalgada de la cuenca de Cabullona.

Los depósitos continentales de tipo molasa acunados en la base de la cabalgadura (Lám.2) certifican una edad cretácica superior al Terciario basal (?) para esos movimientos tangenciales.

A esta importante dirección estructural NNW-SSE o NW-SE se anexa una segunda, con ejes NNW-SSE visible sobre el flanco occidental de la Sierra Madre Occidental así como en la cuenca de Cabullona. Estas dos direcciones estructurales parecen semejar las direcciones paleocenas laramídi-





SECCIONES ESTRUCTURALES A TRAVÉS DE LA CUENCA DE CABULLONA, SONORA

cas con ejes E-W características del sector transversal de Parras, afectadas por una tectónica del Mioceno (?) traduciéndose en pliegues de fondo con ejes NNW-SSE (Tardy, 1973).

Los indicios de la tectónica post-albo-cenomaniana, pre-maestrichtiana son los siguientes:

Los sedimentos de tipo molasa, de edad Maestrichtiano en su parte basal, reposan en discordancia sobre capas diferentes de la serie paleozoica y Cretácico Inferior.

La Formación Cintura, con la que termina la sedimentación del Cretácico Inferior, está bien desarrollada en la Sierra de San José, reducida en espesor hacia el norte de la Sierra del Caloso (Viveros, 1965), y ausente sobre el flanco norte de la Sierra Anibacachi.

Esta discordancia y la erosión de la Formación Cintura, atestiguan de movimientos tectónicos notables, posteriores al depósito del grupo Bisbee y anteriores a los depósitos de tipo molásico. Esta fase tectónica (Albo-Cenomaniana ?) es conocida en zonas más internas del Estado de Sinaloa (Bonneau, 1973) así como en el de California. Esta fase puede ser interpretada en el NE de Sonora como el eco de una tectónica más activa en el SW.

#### RELACIONES ESTRUCTURALES CON EL SUR DE ARIZONA

Esta área de Sonora es la prolongación hacia el SE de las estructuras que se observan en Arizona, E.U.A.

La tectónica en distensión de edad plio-cuaternaria está bien desarrollada, precedida por combamientos del zócalo. Las estructuras transversales que han sido poco estudiadas en función de ellas mismas, son las que retienen sobre todo nuestra atención. Parecen ser debidas a dos fases distintas (Gilluly, 1956) que son: (a) Una fase miocena (?) que se traduce en cabalgaduras importantes, generalmente en dirección a la Meseta del Colorado, y (b) Una fase laramídica (Cretácico terminal-Terciario basal) marcada en estructuras de orientación E-W.

De este modo la fase miocena en los "Empire Mountains" es responsable de la vasta cabalgadura de las Unidades del Cretácico Inferior y Paleozoico sobre el Cretácico Superior clástico (Wilson, 1934) en dirección NNE. La unidad cabalgada (el Cretácico Superior), muestra pliegues EW, anteriores a esta tectónica tangencial (Gilluly, 1956). Una sobreposición de fases tal, se observa igualmente en las colinas de Tombstone; probablemente una fase similar (Mioceno ?) se encuentra en el sector estudiado, particularmente en el pie occidental de la Sierra Madre, pero esto falta todavía de comprobar

#### CONCLUSIONES

La región de Sonora muestra varias tectónicas sobrepuestas.

Una fase albo-cenomaniana (?) es responsable de la discordancia que se observa en la base del Cretácico Superior.

Una fase laramídica es responsable de la cabalgadura de las serranías septentrionales sobre la cuenca de tipo molásico de Cabullona.

Finalmente, los movimientos de gran radio de curvatura y principalmente la tectónica en extensión plio-cuaternaria cortan a las estructuras laramídicas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilera, J. G., 1920. The Sonoran earthquake of 1887. *Seismol. Soc. America Bull.*, v. 10, n. 1, p. 31-44.
- Bonneau, M., 1972. *Donnees nouvelles sur les series cretacé de la Côte Pacifique de Mexique.* *Bull. Soc. Geol. de France* (7). XIV, p. 55-64.
- Coates, D. A., 1965. *Geology and ground water resources of the Douglas Basin Arizona.* USGS Water supply paper 1354, 56 p., illust. map.
- Fenneman, N. M., 1914. *Physiographic boundaries within the United States.* *Assoc. American Geol.*, 4th. Ann. Rept., p. 84-134.
- Gilluly, J., 1956. *General geology of central cochiche country Arizona.* U. S. Geol. Survey, Prof. paper 281 - V 169 p. illus. incl. geol. maps.
- Imlay, R. W., 1939. *Paleogeography studies in Northeastern Sonora.* *Bull. Geol. Soc. America*, v. 50, p. 1723-1744.
- Knetchel, M. M., 1936. *Geologic relations of the Gila Conglomerate in Southeastern Arizona.* *Am. Jour. Sci.* 5th. Ser. vol. 31, n. 182, p. 81-92, 2 figs.
- Ransome, F. L., 1904. *Description of the Bisbee quadrangle Arizona.* USGS, Folio 112, 17 p., maps.
- Taliaferro, N., 1933. *An occurrence of Upper Cretaceous sediments in Northern Sonora-Mexico.* *J. Geol.* XLI (1) 12-37, 6 figs. 1 map.
- Tardy, M., 1973. *Les phases tectoniques du secteur transverse de Parras - Sierra Madre Orientale (Mexique).* *Bull. Soc. Geol. de France*, XV, n. 3, p. 362-366.
- Viveros, A., 1965. *Estudio geológico de la Sierra de Cabullona, Mpio. de Agua Prieta, Sonora.* Tesis profesional. UNAM.
- Wilson, R. A., 1934. *Thrust faulting in the Empire Mountains of Southeastern Arizona.* *Jour Geology*, vol. 42, n. 4, p. 422-429, 4 figs.