

## Ensayos

# Microfacies de la Formación Lampazos en la sierra de Los Chinos, Sonora, México

### Resumen

La sierra Los Chinos se localiza en la porción este central de Sonora, en donde afloran tres secuencias estratigráficas cuyas edades varían del Cretácico Inferior al Terciario. La primera secuencia del Cretácico Inferior, la componen las formaciones Agua Salada, Lampazos y Los Picachos; la segunda secuencia, del Cretácico Superior, está constituida por rocas volcanosedimentarias; mientras que la tercera secuencia del Terciario, se conforma por rocas volcánicas e intrusivas y sedimentarias de la Formación Baucarit. Las rocas del Cretácico Inferior están fuertemente plegadas y falladas; las estructuras más sobresalientes son anticlinales y sinclinales orientados NW-SE, convergencias hacia el noreste y suroeste, y el fallamiento presente es principalmente normal y de cabalgadura.

La sección expuesta del Cretácico Inferior se separó en 3 unidades de campo (A, B, y C), las cuales corresponden con la Formación Lampazos con un espesor de 736.5m. Las características texturales que presentan las calizas, así como su contenido faunístico indican que sus sedimentos se depositaron en un ambiente marino nerítico medio a nerítico exterior.

### Abstract

The Sierra Los Chinos is located in east-central Sonora, where three stratigraphic layers, whose ages vary from Lower Cretaceous to Tertiary, are exposed. The Lower Cretaceous layer is composed of the Agua Salada, Lampazos and Los Picachos Formations. A second layer of Upper Cretaceous strata is constituted by volcano-sedimentary rocks; while a third sequence of Tertiary rocks is composed of volcanic and intrusive rocks and by the sedimentary Baucarit Formation. The Lower Cretaceous rocks are strongly folded and faulted, the outstanding structures are the anticlines and synclines oriented NW-SE, with vergencies to the northeast and to the southwest, faulting in the area is mainly normal and thrust faults. The studied section is separated into 3 field units (A, B, and C), which correspond to the Lampazos Formation. The exposed section of the Lampazos Formation has a thickness of 736.5 m. The textural characteristics of the limestone beds, as well as its faunal content, indicate that these sediments were deposited in a middle neritic to outer neritic marine environment.

### Résumé

La Sierra Los Chinos est située au Centre-Est de Sonora, où apparaissent trois séquences stratigraphiques, dont les âges varient du Crétacé Inférieur au Tertiaire. La première séquence du Crétacé Inférieur est composée de 3 formations Agua Salada, Lampazos et Los Picachos. La deuxième séquence, du Crétacé Supérieur, est constituée de roches volcano-sédimentaires alors que la troisième séquence du Tertiaire est formée de roches volcaniques, intrusives et sédimentaires de la Formation Baucarit. Les roches du Crétacé Inférieur sont fortement plissées et faillées. Les structures les plus saillantes sont anticlinales et synclinales orientées NO-SE, et convergent vers le nord-est et le sud-ouest. La faille observée est pratiquement normale et de chevauchement.

La section exposée du Crétacé Inférieur s'est séparée en 3 unités de terrain (A, B et C) qui correspondent à la Formation Lampazos avec une épaisseur de 736,5m. Les caractéristiques texturales des calcaires ainsi que leur contenu faunistique indiquent que leurs sédiments ont été déposés dans un environnement marin neritique moyen à neritique externe.

\*Alfredo Santa María-Díaz y  
\*\*Rogelio Monreal-Saavedra

**Palabras clave:** Sierra Los Chinos, Cretácico Inferior, Formación Lampazos.

## Introducción

El registro estratigráfico del Cretácico Inferior en el estado de Sonora se caracteriza por tener un espesor potente de rocas terrígenas y carbonatadas hacia el este, mientras que al oeste las rocas son predominantemente terrígenas y con menores espesores. Los afloramientos más importantes del Cretácico Inferior en la región se encuentran en: a) la porción nororiental de Sonora en la región de Cabullona (1); b) en la región central de Sonora en la región de Santa Ana-Tuape (2), Cerro de Oro (3), Lampazos (4), Arivechi (5), sierra El Chiltepin (6) y la sierra Los Chinos (7), y c) en la parte noroccidental en

\* Instituto de Minería, Universidad Tecnológica de la Mixteca

\*\* Departamento de Geología, Universidad de Sonora

la zona de El Chanate (8). La sección estudiada en la sierra Los Chinos se localiza a 25 km al noreste del poblado de Sahuaripa. Las rocas que afloran en la sierra Los Chinos son también del Cretácico Inferior pero no pertenecen al Grupo Bisbee, pertenecen a la estratigrafía del área de Lampazos y que está relacionada con la cuenca de Chihuahua (Figura 1).

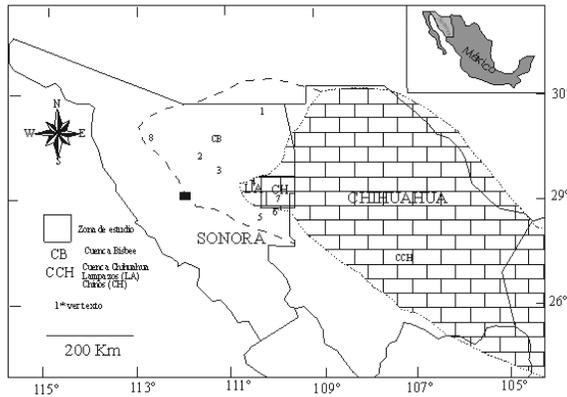


FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. CH= ÁREA DE LOS CHINOS, LA= ÁREA DE LAMPAZOS, 1= ÁREA DE CABULLONA, 2= ÁREA DE SANTA ANA, 3=ÁREA DE CERRO DE ORO, 5= SIERRA CHILTEPIN, 6= ÁREA CERRO LAS CONCHAS, 7= SIERRA LOS CHINOS, 8= SIERRA EL CHANATE. LA LÍNEA PUNTEADA CONTINUA DENOTA EL LÍMITE DE LA CUENCA DE CHIHUAHUA, LA LÍNEA PUNTEADA DISCONTINUA DENOTA EL LÍMITE DE LA CUENCA BISBEE.

El Grupo Bisbee se caracteriza por una secuencia constituida por cuatro unidades, de la base a la cima: conglomerado, arenisca y lodolita, caliza y arenisca calcárea fosilífera y arenisca y lodolita, mientras que las unidades que afloran en el área de Lampazos están constituidas por 5 unidades caracterizadas por: 1) lutita calcárea y caliza nodular fosilífera, caliza fosilífera, 2) lutita, pedernal y caliza fosilífera, 3) caliza nodular, lutita, arenisca y lodolita, 4) caliza gruesa y masiva fosilífera, y 5) conglomerado de caliza, caliza, lutita y arenisca (Monreal y Longoria, 2000b, Monreal et al., 2001).

La sucesión estratigráfica que aflora en el área de estudio están constituida por rocas del Cretácico Inferior, Cretácico Superior y del Terciario. El primer paquete de rocas lo constituyen las formaciones Agua Salada, Lampazos y Los Picachos. El segundo paquete del Cretácico Superior está constituido por rocas vulcanosedimentarias, intrusionadas por rocas plutónicas (granitos y diques), y sobreyacidas por un tercer paquete compuesto de rocas volcánicas y sedimentarias terciarias (Monreal y Longoria, 2000b).

Los rasgos estructurales más sobresalientes en la zona de estudio son pliegues anticlinales y sinclinales

volcados que conforman la sierra Los Chinos, específicamente se localizan en los cerros Álamo y Caloso. El fallamiento es de tipo normal y presenta dos rumbos principales, el primero NE-SW y el segundo NW-SE; el segundo es el más joven dado que corta al primero.

Los primeros trabajos geológicos en la sierra Los Chinos fueron realizados por Pubellier (1987), quien describe que la sierra Los Chinos está constituida por dos secuencias (caliza arcillosa y argilita en la base y caliza, dolomía y calizas fosilíferas) del Albiano medio. Posteriormente Grijalva y Cubillas (1990) y Grijalva et al. (1994), se enfocaron a la prospección de yacimientos minerales, y posteriormente en el 2000, Monreal y Longoria (2000b), Monreal et al. (2001) y Santa María y Monreal (2002a y 2002b) realizaron trabajos enfocados a la estratigrafía del Cretácico Inferior de la sierra Los Chinos y concluyen que la sucesión estratigráfica está relacionada con la estratigrafía del área de Lampazos y relacionada paleogeográficamente y tectónicamente con el Cinturón Tectónico de Chihuahua, y asignan una edad a la Formación Lampazos de Aptiano superior-Albiano superior. Santa María y Monreal (2008) realizaron trabajos al sur de la sierra Los Chinos sobre el flanco sureste del anticlinal El Álamo en donde midieron una sección de 560 m en la Formación Los Picachos, y separan a la Formación Los Picachos en 4 unidades y con base en el estudio petrográfico, dividen la sección Álamo en 8 microfacies, asignándole una edad a esta formación del Albiano-Cenomaniano.

El objetivo de este trabajo es presentar a detalle la estratigrafía y los ambientes de depósito de la Formación Lampazos, expuesta sobre el flanco izquierdo del anticlinal Los Chinos en la parte norte de la zona de estudio con base en el estudio de las microfacies. Con este propósito se midió con cinta y brújula una sección litoestratigráfica en el flanco suroeste del anticlinal Los Chinos por ser donde la unidad está mejor expuesta y más completa, debido al plegamiento y fallamiento que la afecta. De esta sección medida se llevó cabo un muestreo sistemático para poder establecer la litoestratigrafía y el estudio de las microfacies de la sección. La última etapa consistió en el estudio petrográfico con el objeto de determinar los ambientes de depósito, mediante el análisis de microfacies de acuerdo a Flügel (1982) y

la metodología usada por Longoria y Monreal (1991) y que consiste en definir las microfacies dentro de cada paquete litológico usando los siguientes criterios: tipo de textura, características petrográficas, presencia de determinados granos esqueléticos y granos no esqueléticos.

## Estratigrafía de la Sierra Los Chinos. Cretácico Inferior

La sucesión estratigráfica del Cretácico Inferior está compuesta por las Formaciones Agua Salada, Lampazos y Los Picachos (Monreal y Longoria, 2000b, Santa María y Monreal, 2008). La Formación Agua Salada fue inicialmente propuesta y descrita por Herrera y Bartolini (1983) en el área de Lampazos, y posteriormente redefinida por González-León (1988) y por Monreal y Longoria (2000a). Esta formación está constituida por una alternancia de estratos delgados de arenisca de grano fino y lutita negra en la base, con estratos gruesos de caliza oscura fosilífera y con ostras en la cima de la secuencia (Figuras 2 y 3). El contenido de microfauna de radiolarios y foraminíferos planctónicos indica que estos sedimentos se depositaron en ambientes desde mar abierto pelágico hasta cuenca (Monreal y

Longoria, 2000b). Scott y González (1991) propusieron una edad de Aptiano superior para esta formación, pero posteriormente, Monreal y Longoria (2000b) encontraron el foraminífero *Caucasella hauterivica*, el cual es indicativo del Aptiano inferior.

La Formación Agua Salada aflora en la parte sur de la sierra Los Chinos, al sur del cerro Caloso (Figura 2), tiene un espesor de 330 m y es sobreyacida de manera normal por la Formación Lampazos (Figura 3).

La Formación Lampazos fue originalmente definida en la literatura en el área de Lampazos por Solano-Rico (1970), posteriormente por Herrera y Bartolini (1983) y más tarde redefinida por González-León (1988) y Monreal y Longoria (2000a). Esta formación está constituida por una alternancia de caliza de color gris claro a oscuro, en estratos delgados a gruesos, y margas de color café, así como pequeños paquetes delgados de lutita color café de estratos delgados. Monreal y Longoria (2000b), con base en la presencia de foraminíferos planctónicos, calpionélidos, foraminíferos bentónicos, ostrácodos, y radiolarios calcificados, identificaron que los sedimentos de esta formación se depositaron en ambiente marino de nerítico externo a pelágico. González-León y Buitrón (1984), basados en la presencia de *Orbitolina texana* (Roemer) asignaron a

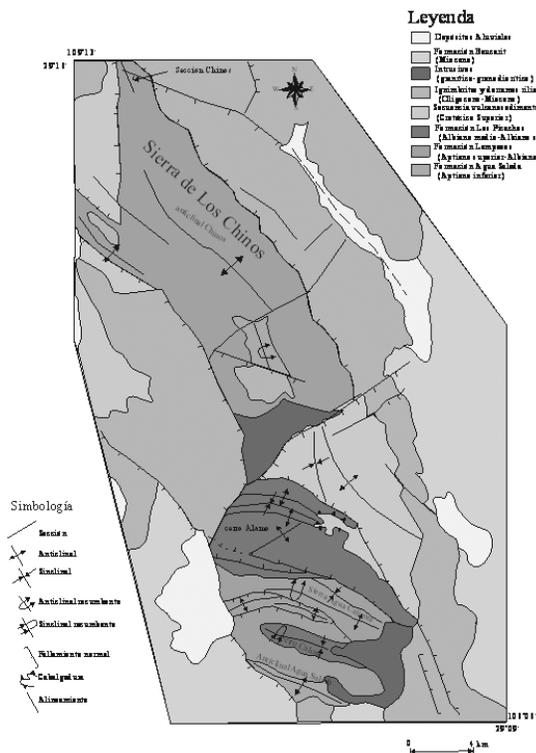


FIGURA 2. MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO (MODIFICADO DE MONREAL Y LONGORIA, 2000).

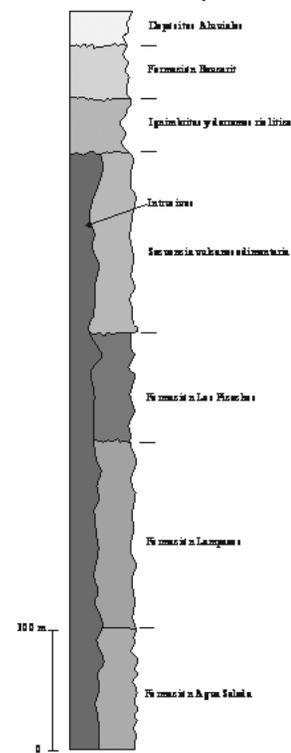


FIGURA 3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

la Formación Lampazos al Albiano inferior a medio. Sin embargo, Monreal y Longoria (2000b), basados en foraminíferos planctónicos y calpionélidos, asignaron esta unidad al Aptiano superior- Albiano medio. Esta formación aflora al sur del Cerro Caloso, y conforma la sierra Los Chinos. Tiene un espesor de 520 m, sobreyace de manera normal a la Formación Agua Salada y está sobreyacida discordantemente por la Formación Los Picachos (Figuras 2 y 3). La Formación Lampazos se encuentra intrusionada por un cuerpo ígneo intrusivo de composición intermedia, en la porción sur del cerro Caloso.

La Formación Los Picachos fue definida en el área de Lampazos por Herrera y Bartolini (1983), y más tarde redefinida por González-León (1988), Monreal y Longoria (2000a) y más documentada recientemente en la sierra Los Chinos por Santa María y Monreal (2008). En la sierra Los Chinos, esta formación está compuesta por tres unidades; de la base a la cima: a) la porción inferior es un paquete de caliza delgada sobreyacida por un paquete de conglomerado formado principalmente por fragmentos de caliza de varios tamaños (1mm hasta > 25 cm) y algunos clastos de arenisca; b) la parte media la constituye una alternancia de caliza fosilífera con rudistas y orbitolínidos, lutita, conglomerado y arenisca; y c) la parte superior está compuesta por caliza delgada, arenisca delgada y caliza masiva fosilífera con rudistas y gasterópodos. Con base en sus características texturales y fauna de rudistas, miliólidos, gasterópodos, equinodermos, algas verdes y orbitolínidos, las capas de caliza de esta unidad indican ambientes marinos neríticos de aguas someras, con desarrollo local de bancos oídales de alta energía, mientras que el conglomerado de caliza en la base, es evidencia de movimientos tectónicos en una plataforma marina (Monreal y Longoria, 2000b). Scott y González-León (1991) asignaron a la Formación Los Picachos una edad de Albiano superior, sin embargo Monreal y Longoria (2000b) basados en la presencia de *Colomiella* sp. y *Favusella* sp., presentes en la base de la unidad, consideraron que ésta tiene una edad del Albiano medio al Albiano superior. La Formación Los Picachos aflora en el Cerro El Caloso y en el Cerro El Álamo donde tiene un espesor de 520 a 560 m (Santa María y Monreal, 2008) (Figura 2). La cima de esta formación no se

encuentra expuesta, ya que o se encuentra erosionada o esta sobreyacida discordantemente por la secuencia volcanosedimentaria del Cretácico Superior.

### Cretácico Inferior

La sucesión del Cretácico Superior, que aflora en la parte noreste del cerro El Álamo, está compuesta por una alternancia de limonita y arenisca arcillosa de estratificación delgada con intercalaciones de tobas, aglomerados, andesitas y lentes de conglomerado en la cima constituido por fragmentos de roca volcánica (Figuras 2 y 3). En base a sus relaciones estratigráficas, así como a su parecido litológico con la Formación Tarahumara (Amaya-Martínez y González, 1993; Mc Dowell et al., 1994), la edad de esta secuencia es considerada como del Cretácico Superior, debido a que sobreyace discordantemente a la Formación Los Picachos del Albiano medio-superior.

### Terciario

El tercer paquete litológico está constituido por roca volcánica (ignimbrita) y conglomerado de la Formación Baucarit. Esta unidad aflora en la porción noreste y suroeste de la región de estudio (Figura 2), y se le ha asignado una edad de Oligoceno-Mioceno.

### Geología estructural

Las estructuras más sobresalientes en el área de estudio son anticlinales y sinclinales ejes axiales verticales y recumbentes, con longitudes desde decenas de metros hasta varios kilómetros. Estas estructuras tienen orientaciones NW- SE con vergencias tanto al SW como al NE (e. g. Cerro El Álamo). Otros pliegues se encuentran con sus ejes girados o torcidos como puede observarse en la Figura 2 (sierra Agua Caliente y cerro Caloso), esto es fácil de reconocer ya que sus ejes se encuentran verticales en una porción del pliegue mientras que en otras los mismos ejes se inclinan y su vergencia cambia a eje vertical o en dirección opuesta.

Estos pliegues se pueden observar en el anticlinal de la sierra Los Chinos, los cerros Álamo y Agua Caliente, y el anticlinal Agua Salada (Figura 2). Otras estructuras son las fallas de tipo normal e inverso. Las fallas de tipo normal delimitan algunos contactos entre las formaciones cretácicas y entre la Formación Lampazos y las rocas volcánicas; mientras que las

fallas inversas se observan al noreste del cerro El Álamo, donde la Formación Los Picachos cabalga a la secuencia vulcanosedimentaria, ya que los estratos de la Formación Los Picachos se encuentran sobre las rocas de la unidad volcanosedimentaria y en su contacto se encuentran las rocas cizalladas y deformadas (Figura 2). Este cabalgamiento pudo haber ocurrido al final del Cretácico o al inicio del Terciario, representando el evento Laramide (Calmus y Radelli, 1987, González-León et. al., 1992). Posterior a este evento se originó el emplazamiento de intrusivos terciarios de edad eocénica (Laguna-Montiel, 2003; Monreal y Longoria, 2000b), localizados en la sierra Los Chinos y en la porción sureste del cerro Caloso (Figura 2).

### Litoestratigrafía de la Formación Lampazos

Para este trabajo se estudió una sección de la Formación Lampazos ubicada en la porción norte de la sierra Los Chinos, con una longitud de 1.5 kilómetros pasando por el flanco suroeste del anticlinal Los Chinos (Figura 2) y que presenta un espesor medido de 736.5 metros. Para el estudio de esta sección estratigráfica la Formación Lampazos se dividió en 3 unidades que de la base a la cima comprende (Figura 4):

**Unidad A.** Esta unidad está formada por caliza de color gris oscuro en estratos delgados, color de intemperismo verdoso, con desarrollo local de dolomitización. Este paquete tiene un espesor de 479 m.

**Unidad B.** Esta unidad está compuesta por caliza de color gris oscuro en estratos delgados, con presencia local de arcilla, y caliza de estratificación

mediana con vetillas rellenas de calcita y pedernal negro en forma de nódulos. Esta unidad tiene un espesor de 238.5 m.

**Unidad C.** Esta unidad está constituida por caliza oolítica de estratificación delgada de color gris oscuro, que contiene fósiles (gasterópodos) e intercalaciones de paquetes delgados de lutitas de color café. Esta unidad tiene un espesor de 19 m y está intrusada por pequeños cuerpos intrusivos de composición intermedia.

### Microfacies y ambientes sedimentarios de la Formación Lampazos

La sección Chinos se dividió en 3 microfacies.

**Microfacies 1.** La microfacies 1 presenta textura mudstone y wackestone, contiene escasos foraminíferos planctónico, trazas de ostrácodos (Fotografías 1 y 2). Esta microfacies se formó en un ambiente marino nerítico medio a exterior. Se presenta en la unidad A, en la base y en la parte superior de la unidad B, así como en la parte inferior de la unidad C.

**Microfacies 2.** La microfacies 2 presenta textura mudstone y wackestone, contiene abundantes foraminíferos planctónicos y trazas de calciesferas (Fotografías 3 y 4). Esta microfacies se formó en un ambiente marino nerítico exterior. Se presenta en la parte media de la unidad B.

**Microfacies 3.** La microfacies 3 presenta textura grainstone, contiene principalmente oolitas, pellets e intraclásticos y trazas de foraminíferos planctónicos y bentónicos (Fotografías 5 y 6). El ambiente donde se formó esta microfacies es marino nerítico medio con desarrollo de bancos ooidales. Se presenta en la parte superior de la unidad C.

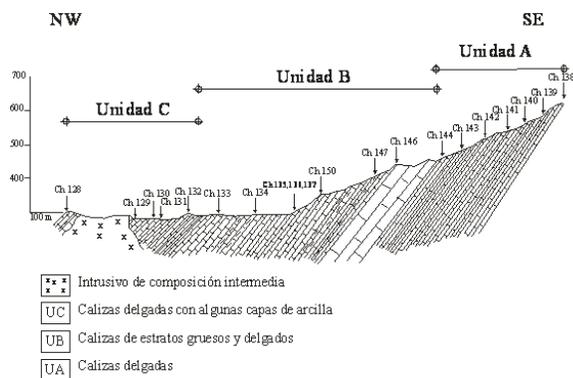
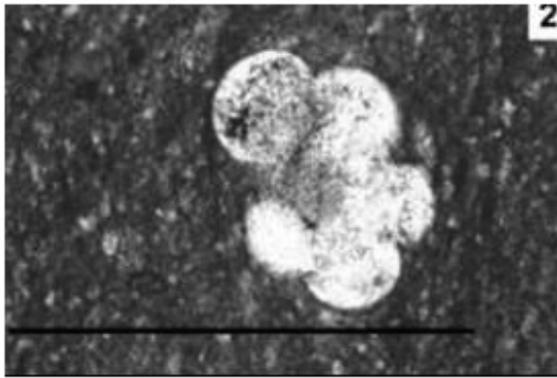


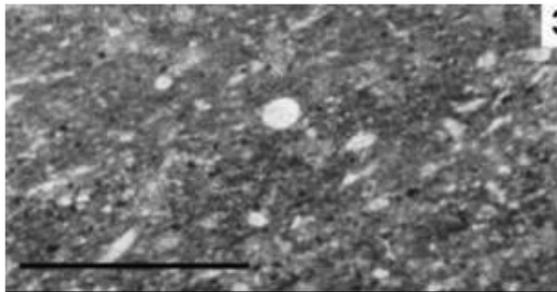
FIGURA 4. PERFIL ESQUEMÁTICO DE LA SECCIÓN CHINOS, MOSTRANDO LAS SECUENCIAS LITOESTRATIGRÁFICAS QUE CONTIENE LA FORMACIÓN LAMPAZOS.



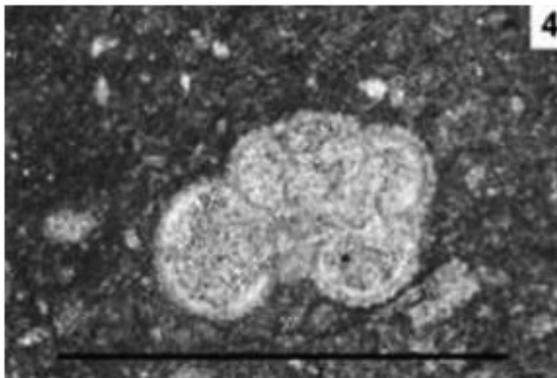
FOTOGRAFÍA 1. FORAMINÍFERO PLANCTÓNICO (MICROFACIES 1). BARRA = 500 MICRAS.



FOTOGRAFÍA 2. FORAMINÍFERO PLANCTÓNICO (MICROFACIES 1).  
BARRA = 100 MICRAS.



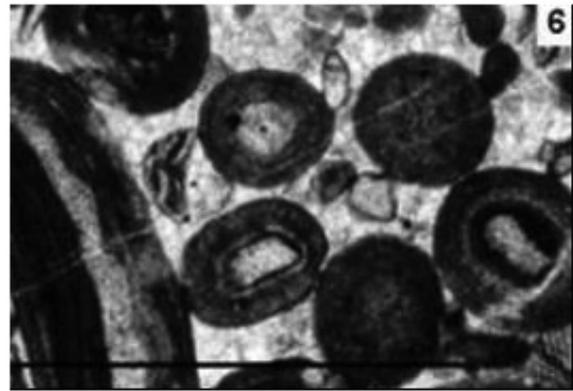
FOTOGRAFÍA 3. CALCIESFERAS (MICROFACIES 2). BARRA = 500 MICRAS.



FOTOGRAFÍA 4. FORAMINÍFERO BENTÓNICO (MICROFACIES 2).  
BARRA = 100 MICRAS.



FOTOGRAFÍA 5. OOLITA, INTRACLÁSTICOS (MICROFACIES 3). BARRA = 100 MICRAS.



FOTOGRAFÍA 6. OOLITAS Y PELLETS (MICROFACIES 3). BARRA = 100 MICRAS.

## Microfacies y ambientes sedimentarios de la Formación Lampazos

### Discusión

Anteriormente las unidades litoestratigráficas que conforman la sierra Los Chinos habían sido asignadas a las unidades del Grupo Bisbee (Grijalva y Cubillas, 1990 y Grijalva et al., 1994), otros pensaban que no pertenecían al Grupo Bisbee (Pubellier, 1987), pero recientemente estas unidades han sido relacionadas con la rocas del área de Lampazos del este de Sonora y consecuentemente con la estratigrafía de Chihuahua (Monreal y Longoria, 2000). La estratigrafía del Grupo Bisbee está en general caracterizada por una secuencia clástica con un intervalo de rocas carbonatadas en su parte media, mientras que la secuencia del área de Lampazos se caracteriza por ser un intervalo constituido por una gran abundancia de rocas carbonatadas (lutita calcárea fosilífera, caliza; fosilífera, y arenisca calcárea); por lo que se evidencia la relación paleogeográfica y tectónica de la secuencia expuesta en la sierra Los Chinos con el Cinturón Tectónico de Chihuahua y no con el Grupo Bisbee de Sonora (Monreal y Longoria, 2000, Monreal et al., 2000, Santa María y Monreal, 2001; 2002; 2008).

La Formación Lampazos en la sierra Los Chinos corresponde a la parte inferior de la Formación Lampazos en el área de Lampazos, sin embargo, en esta área contiene intervalos más marcados de capas delgadas de lutita, correspondiendo esto a pequeños cambios de facies. Además, la secuencia en el área de Lampazos presenta en algunas zonas mayores espesores (hasta 1200 m en la sierra Las Azules). Las microfacies que representan la Formación Lampazos en la sierra Los Chinos están relacionadas con

ambientes marinos de nerítico medio a nerítico exterior que incluyen la formación de bancos ooidales, mientras que las microfácies de la Formación Lampazos en el área de Lampazos representan ambientes un poco más profundos de nerítico exterior a pelágico (Monreal y Longoria, 2000a).

La deformación de las rocas cretácicas en esta área es similar al estilo de deformación de rocas mesozoicas en Coahuila, Nuevo León, y especialmente a las del Cinturón Tectónico de Chihuahua, por lo que podemos entonces atribuir el estilo de deformación de las rocas de la sierra Los Chinos a la tectónica transpresiva del norte-noreste de México (Longoria, 1985; 1994, 1998; Monreal, 1993; Monreal y Longoria, 1995).

## Conclusiones

La Formación Lampazos expuesta en el flanco suroeste del anticlinal Chinos en la Sierra Los Chinos se separó en tres paquetes litoestratigráficos (unidades A-C) para su estudio detallado y se midió un espesor de 736.5 m.

Con base en el estudio petrográfico, la sección Los Chinos se dividió en 3 microfácies. Las características texturales que presentan las rocas de esta sección, así como su contenido faunístico indican que los sedimentos se depositaron en un ambiente marino pelágico a nerítico exterior, con la formación de bancos ooidales.

Las principales estructuras que se encuentran en la sierra Los Chinos son pliegues y fallas, los pliegues presentan sus ejes rotados, ya que sus vergencias cambian en direcciones opuestas (NE y SW), mientras que el fallamiento, lo representan fallas normales e inversas, las primeras limitan algunos contactos entre la Formación Lampazos con las rocas ígneas (tobas), mientras que las fallas inversas se manifiestan por el cabalgamiento de la Formación Los Picachos, del Cretácico Inferior, sobre la secuencia vulcanosedimentaria del Cretácico Superior. Se cree que este cabalgamiento ocurrió al final del Cretácico o principios del Terciario y pudiera corresponder con el evento Laramide.

Es importante mencionar que las microfácies de la Formación Los Picachos evidencian ambientes de depósito de aguas someras en una plataforma carbonatada, sin embargo la evidencia de una discordancia y un conglomerado depositados en

ambientes marinos someros en la base de esta secuencia es una clara muestra de movimientos tectónicos en el área durante el Albiano, aspecto que no había sido identificado anteriormente en Sonora para este periodo de tiempo, siendo señal de que en este intervalo de tiempo geológico, no fue tectónicamente inactivo como se había planteado anteriormente, al menos no en toda la extensión de la plataforma carbonatada del norte de México **T**

## Referencias bibliográficas

- Amaya-Martínez, R. y González, M. (1993). Las rocas volcánicas de la Formación Tarahumara y su relación con las secuencias volcanosedimentarias en la porción centro-oriental del estado de Sonora: Resúmenes, III Simposio de la Geología de Sonora y áreas adyacentes, Inst. Geol. UNAM, Depto. Geol. UNISON, Hermosillo, Sonora.
- Calmus, T. y Radelli, L. (1987). Mid-Cretaceous orogeny and Laramide of Sonora and Baja California. Boletín, Departamento de Geología, UNISON, 4, (1-2) , 51-56.
- Flügel, E., (1982). Microfacies analysis of limestones Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG; 633.
- González-León, C., Buitrón, B: E. (1984). Bioestratigrafía del Cretácico Inferior del área de Lampazos, Sonora, México: Memoria III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, (pp.371- 377).
- González-León, C. (1988). Estratigrafía y geología estructural de las rocas sedimentarias cretácicas del área de Lampazos, Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, 7(2), 149-162.
- González-León, C., Roldan- Quintana, J. y Rodríguez, P. E. ( 1992). Deformaciones Sevier y Laramide: Su presencia en Sonora. Boletín, Departamento de Geología, UNISON, 9(1), 1-18.
- Grijalva, A. S. y Cubillas, R. (1990). Geología del área de Sahuaripa: Gobierno del Estado de Sonora, Dirección de Fomento Minero, reporte inédito.
- Grijalva, A. S., Fernández, M. A. y Cubillas, R. (1994), Estratigrafía y yacimientos minerales de la región de Badesi, Municipio de Sahuaripa, Sonora. Escala 1: 50, 000: Gobierno del Estado de Sonora, Direc-

- ción de Fomento Minero y Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, (14).
- Herrera, S. y Bartolini, C. (1983). Geología del área de Lampazos Sonora: tesis profesional, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
- Laguna-Montiel, A. (2003). El skarn polifásico de W-Au La Gloria, Municipio de Sahuaripa, Sonora”, Tesis de Maestría en Ciencias-Geología, Universidad de Sonora.
- Longoria, J. F. (1984). Cretaceous biochronology from the Gulf of Mexico region based on planktonic microfossils: *Micropaleontology*, 30, 225-242.
- Longoria, J.F. (1985). Tectonic transpression in the Sierra Madre Oriental, northeastern Mexico: an alternative model: *Geology*, 13, 453-456.
- Longoria, J. F. (1994) Recognition and characteristics of a strike-slip fault system in Mexico and its Mesozoic transpressional regime: implications in plate tectonics and paleogeographic reconstruction: Universidad de Sonora, Boletín del Departamento de Geología, 11(1), 77-104.
- Longoria, J. F., (1998), The Mesozoic of the Mexican Cordillera in Nuevo Leon, NE Mexico, in Longoria, J.F., Krutak, P.R., and Gamper, M.A., eds., *Geologic Studies in Nuevo Leon, Mexico: Sociedad Mexicana de Paleontología, A.C., Special Publication* July 5, 1998.
- Longoria, J., Monreal, R., (1991), Lithostratigraphy, microfacies, and depositional environments of Sierra La Nieve, Coahuila, Northeast, México. *Revista Sociedad Geológica España*.
- Mc Dowell, F.W., Roldán, Q.J., Amaya, M.R., y González, C.M., (1994), The Tarahumara Formation -a neglected component of the Laramide magmatic arc in Sonora: *Bol. Unión Geof. Mex.*, Epoca II,12(5).
- Monreal, R. (1993). Paleogeografía y tectónica de la cuenca de Chihuahua durante el Cretácico Inferior, *Boletín del Departamento de Geología, Universidad de Sonora*, 10 (1), 1-20.
- Monreal, R.y Longoria J. (1995). Transpressional deformational pattern related to basement faults in the mesozoic of northeastern Chihuahua: *Boletín del Departamento de Geología, Universidad de Sonora*, 12 (2), 17-34.
- Monreal, R. y Longoria, J. F. (2000a), Stratigraphy and structure of the Lower Cretaceous of Lampazos, Sonora, (northwest Mexico) and its relationship to the Gulf Coast succession: *Bulletin of American Association of Petroleum Geologist*, v. 84, no. 11, p. 1811- 1831.
- Monreal, R. y Longoria, J. F. (2000b). Lower Cretaceous rocks of Sierra Los Chinos, east –central, Sonora, *Geofísica Internacional*, 39 (4), 309 – 322.
- Monreal, R., Santa María, A. y Monreal, A. (2001). La Formación Los Picachos (Cretácico Inferior) en la Sierra de Los Chinos, este-central de Sonora; un conglomerado intraformacional, *Asociación de Ingenieros de Minas Metalurgistas y Geólogos de México, A. C. XXIV, Convención Internacional*, Acapulco, Guerrero, México, (pp.99 – 101).
- Pubellier, M. (1987). Relations entre domaines cordilleraire et mésogéen au nord du Mexique, étude géologique de la vallée de Sahuaripa, Sonora. *Thèse de Doctorat, Université de Paris VI*.
- Santa María D. A. y Monreal, R. (2002). La Formación Los Picachos, en la Sierra de Los Chinos (Cerro el Álamo), Este- Central de Sonora, *CESUES, VIII Encuentro en Geociencias*, Hermosillo, Sonora, México.
- Santa María D. A., Monreal, R. (2002) La Formación Los Picachos (Cretácico Inferior) en la Sierra Los Chinos, Este- Central de Sonora, *XXVII Semana Cultural de Geología, UNISON (DCEYN)*, Departamento de Geología, Hermosillo, Sonora, México.
- Santa María Díaz, A. y Monreal, R.(2008), La Formación Los Picachos en la Sierra de Los Chinos, Sonora, México, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 60(1), 111-120.
- Solano, R. (1970). Geología y yacimientos minerales del Distrito de Lampazos, Sonora, Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, UNAM. México.
- Scott, W. R. y Gonzalez- Leon, C. (1991). Paleontology and biostratigraphy of Cretaceous rocks, Lampazos area, Sonora, Mexico, in Pérez- Segura, E., and Jacques- Ayala, C., eds. *Studies of Sonoran geology: Geological Society of American Special Paper* 254, 51- 67.
- Watkins, D.K.(1988). Paleontological results from Ocean Drilling Program Leg 101, In Austin, J. A., Jr., Schlager, W., et al., 1988, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 101, 473-480.