

## Análisis sedimentológico-facial de clastos formadores de brechas calcáreas cretácicas de una zona transicional plataforma–cuenca en el centro de México

**Edgard Rodríguez-Hernández<sup>1</sup>, Rubén López-Doncel<sup>2,\*</sup>,  
José Rafael Barboza-Gudiño<sup>2</sup> y Judith Cruz-Márquez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Posgrado en Geología Aplicada, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Manuel Nava No. 5, Zona Universitaria, 78240 San Luis Potosí, S.L.P., México.

<sup>2</sup> Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Manuel Nava No. 5, Zona Universitaria, 78240 San Luis Potosí, S.L.P., México.

\* rlopez@uaslp.mx

### RESUMEN

*En la porción central del Estado de San Luis Potosí se realizó un estudio sedimentológico-facial de los clastos formadores de brechas calcáreas depositadas en una zona de transición plataforma-cuenca, para determinar el origen y proveniencia de sus componentes, sus mecanismos de depósito, así como su ambiente final de depósito y de este modo contribuir al mejor conocimiento sobre el desarrollo de los procesos de depósito entre la Cuenca Mesozoica del Centro de México y la Plataforma Valles-San Luis Potosí, en su margen occidental, durante el Cretácico.*

*Las características sedimentológicas que presentan estas brechas son contactos inferiores planos con evidencias de erosión, contactos superiores transicionales, espesores desde 0.5 hasta 14 m; afloran lenticularmente, masivas y localmente presentan gradación normal en la cima, polilitológicas, componentes con bloques de 1 m a 2 m, de forma tabular, angulosos a subredondeados, con baja esfericidad o redondeados con alta esfericidad, clasificación pobre a moderada, de arreglo caótico con una ligera imbricación con inclinaciones que muestran un transporte al W-NW, en una matriz micrítica, microesparítica y localmente arcillosa.*

*El estudio microfacial muestra que estas brechas calcáreas tienen texturas que varían de floatstone-rudstone de clastos de aguas profundas, bioclastos y clastos de aguas someras resedimentados, dentro de las cuales se diferencian dos tipos de sedimentación, el primero está representado por clastos tabulares angulosos que varían desde wackestone con espículas a mudstone-wackestone con fauna pelágica y laminación milimétrica, indicando una sedimentación pelágica en ambientes de aguas profundas característica de zonas de facies de cuenca, plataforma de mar abierto e incluso pie de talud, y el segundo está representado por clastos subredondeados de material resedimentado, transportados por procesos gravitacionales y de suspensión desde el margen de la plataforma y zonas postarrecifales, sobresaliendo los bioclastos (algas, esponjas, corales, rudistas y braquiópodos), foraminíferos (orbitolínidos y miliólidos) y clastos resedimentados (p.ej., packstone de granos cubiertos, bioclastos y pellets, grainstone de ooides, grainstone-packstone con abundantes foraminíferos bentónicos).*

*Las características litológicas, morfológicas y texturales de las brechas indican que en la zona de transición entre la Plataforma Valles-San Luis Potosí y la Cuenca Mesozoica del Centro de México prevaleció un margen abrupto, evidenciado por la coexistencia de componentes de aguas profundas y de plataforma indicando que la formación y origen de las brechas estudiadas se debió al aporte de material desde zonas arrecifales y postarrecifales a través de canales o colapsos de zonas inestables del margen*

de la plataforma, originando depósitos de flujos de escombros y corrientes turbidíticas. Comparando los resultados morfológicos y texturales con el análisis microfacial destaca que las brechas, con una pobre madurez textural (clastos tabulares, angulosos y mal clasificados), muestran un mayor transporte que las brechas con clastos redondeados y moderadamente clasificados. Variaciones importantes en la presencia de bioclastos de rudistas sugiere la existencia de bordes arrecifales discontinuos a lo largo del margen occidental de la Plataforma.

*Palabras clave:* brecha calcárea, clastos, microfacies, Plataforma Valles-San Luis Potosí, México.

## ABSTRACT

*A sedimentological facies analysis of the carbonate breccias deposited in a transitional platform to basin setting was conducted in the central part of San Luis Potosí, Mexico. The goal was to determine the origin and provenance of breccia components, mechanisms of deposition and the final depositional environment in order to better understand the depositional development of the Valles – San Luis Potosí Platform and western slope to the Central Mexico Mesozoic Basin during the mid-Cretaceous.*

*The sedimentological characteristics of these breccias include planar basal contacts with evidence of erosion, transitional upper contacts, thicknesses from 0.5 to 14 m, lenticular to massive bedding with local normal grading, polymictic and clast sizes up to blocks of 1 m to 2 m. Clast morphology includes tabular clasts ranging from angular to subrounded with low sphericity to rounded with high sphericity. Sorting is poor to moderate. Clast orientation is random with local imbrication indicating W-NW transport. Matrix is micritic or sparitic and locally argillaceous. Textures of these carbonate breccias range from floatstone to rudstone with deep water clasts, bioclasts and resedimented shallow water clasts.*

*Two types of breccias record different sedimentation processes. The first type is represented by breccias with tabular, angular clasts, which range from spiculite wackestone to mudstone or wackestone with pelagic fauna and millimeter lamination. These indicate pelagic sedimentation in deep water, in a basin, deep shelf and even toe-of-slope. The second is represented by subrounded clasts of resedimented material, transported by gravitational and suspension processes from the margin of the platform and back-reef zones. Noteworthy components are bioclasts, algae, sponges, corals, rudists, brachiopods and foraminifers (orbitolinids and miliolids). Resedimented clasts include packstone with coated grains, bioclasts and pellets, ooid grainstones and grainstone or packstone with abundant benthic foraminifers.*

*The lithologic, morphologic and textural characteristics of the breccias indicate that the transitional zone between the Valles-San Luis Potosí Platform and the Central Mexico Mesozoic Basin was an abrupt margin. This is suggested by the coexistence of deep-water and platform components. The breccias contain reef and back-reef material transported through channels or collapse of the unstable margin of the platform, generating debris flows and turbidity currents. Microfacies analysis indicates that the breccias with less developed textural maturity (tabular, angular and poorly sorted clasts) show more transport, than breccias with rounded and moderately sorted clasts. Important variations in the presence of rudist bioclasts suggest a discontinuous reefal rim along the western margin of the platform.*

*Key Words:* carbonate breccia, clasts, microfacies, Valles-San Luis Potosí Platform, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de los depósitos característicos de secuencias alóctonas que se encuentran en una zona de transición “plataforma – cuenca” sobresalen los depósitos dominados por procesos gravitacionales y de suspensión, representados por movimientos en masa y por depósitos de turbidez. Estos tipos de depósitos están presentes en las zonas transicionales alrededor de la plataforma cretácica Valles-San Luis Potosí (PVSLP), en el centro-noreste de México. Aquí dominan depósitos en forma de brechas, los cuales muestran una gran variedad litológica, morfológica, granulométrica y textural, que son caracterizados por cambios litológicos graduales. Estos depósitos de talud alrededor de la PVSLP son repre-

sentados por la Formación Tamabra y, en su porción este, fueron originalmente definidos por Heim en 1940 en la Sierra Madre Oriental y estudiados posteriormente en la misma sierra por Carrillo-Bravo (1971), Aguayo-Camargo (1975) y Carrasco-V. (1977), así como en el campo petrolero de Poza Rica y La Faja de Oro por Barnetche e Illing (1956) y Enos (1974, 1977). En el margen occidental estas rocas han sido estudiadas por López-Doncel (2000a, 2000b, 2000c, 2002, 2003), López-Doncel y Tapia-Uresti (2001), López-Doncel y Rodríguez-Hernández (2004), Cruz-Márquez (2005), Rodríguez-Hernández *et al.* (2005), López-Doncel *et al.* (2006, 2007), Pichardo-Barrón *et al.* (2007) y Rodríguez-Hernández (2007). Los clastos formadores de estas brechas calcáreas son de orígenes diversos, tanto resedimentados

de zonas someras, como pelágicos poco transportados y pueden provenir de zonas de plataforma, zonas de talud, mar abierto y de aguas profundas. El objetivo del presente trabajo es identificar la proveniencia de los clastos, interpretar su coexistencia en el depósito final y documentar el tipo de depósito y los mecanismos de emplazamiento, todo con ayuda de estudios sedimentológicos y análisis faciales y microfaciales, y de tal forma aportar información inédita que contribuirá en un mejor entendimiento en la reconstrucción y evolución del margen occidental de la PVSLP.

### Localización

El área de estudio se encuentra ubicada en la porción central del Estado de San Luis Potosí, abarcando un área de aproximadamente 3700 km<sup>2</sup>, y las coordenadas de sus vértices son: 22° 35.334'N 101° 01.535'W; 22° 35.751' N 100° 22.032'W; 21° 58.710'N 100° 21.673'W y 21° 58.306'N 101° 01.003'W (Figura 1). Dentro de esta área se ubicaron seis localidades en las cercanías de los poblados El Xoconoxtle y Armadillo de los Infante (Sierra de Álvarez), San Antonio de Eguía (Sierra de San Pedro) y El Coro, Corazones y Rincón de Leijas (Sierra El Coro) (Figura 1). En estas seis localidades se estudiaron afloramientos representativos de brechas calcáreas que a la vez se usaron como estaciones de trabajo donde se tomaron muestras que fueron estudiadas sobre láminas delgadas bajo el microscopio.

### Sobrevista del marco geológico regional

El área de estudio se localiza en la zona de transición entre dos grandes unidades paleogeográficas de edad Mesozoica, la PVSLP y la Cuenca Mesozoica del Centro de México (CMCM) (Carrillo-Bravo, 1971, 1982). La PVSLP comprende un elemento paleogeográfico positivo, constituido por rocas precámbricas y paleozoicas metamorfozadas sobreyacidas de manera discordante por sedimentos clásticos del Jurásico Inferior (Barboza-Gudiño *et al.*, 2008; Venegas-Rodríguez *et al.*, 2009), sobre el cual se depositó una secuencia sedimentaria marina del Jurásico tardío y secuencias evaporíticas y calizas del Cretácico, alcanzando su máximo desarrollo durante el Albiano-Cenomaniano con un margen de plataforma con borde (Carrillo-Bravo, 1971; Basáñez-Loyola *et al.*, 1993). La CMCM está constituida por una secuencia mesozoica sedimentaria mayormente marina de más de 5,000 m de espesor, que se inicia en el Triásico Tardío y culmina a finales del Cretácico (Carrillo-Bravo, 1982). Simultáneamente, en el margen entre la CMCM y PVSLP se depositaron secuencias típicas de facies de talud, las cuales han sido comparadas por su litología y génesis con rocas de la Formación Tamabra del margen oriental de la PVSLP (López-Doncel, 2003). A partir del Turoniano, estas secuencias sedimentarias se vieron influenciadas por un aporte detrítico-arcilloso proveniente del

occidente cambiando el dominio carbonatado a un ambiente calcáreo-arcilloso representado por la parte superior de la Formación Tamabra (Formación Soyatal, López-Doncel *et al.*, 2006), culminando gradualmente en el Cretácico Tardío-Terciario en un dominio terrígeno con lutitas y limolitas (López-Doncel, 2000a, 2003, 2004; Cruz-Márquez, 2005). El Terciario está representado por varias unidades de rocas volcánicas que varían desde riolitas y andesitas hasta basaltos. Los depósitos cuaternarios se exponen en extensas planicies aluviales y depósitos de piedemonte en las laderas de las sierras (Sierra de Álvarez, San Pedro y El Coro) (Figura 2).

### ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO-FACIAL DE LAS BRECHAS CALCÁREAS

La descripción de las brechas estudiadas incluyen tanto los aspectos sedimentológicos a nivel de afloramiento como un estudio facial y microfacial detallado de los clastos. Macroscópicamente se analizaron directamente en el campo granulometría, morfología y empaquetamiento de los clastos, así como la fábrica y textura de las brechas. Para el análisis de microfacies se consideraron todos los datos sedimentológicos y paleontológicos que pueden ser descritos y clasificados en lámina delgada, por lo cual representa una de las herramientas más útiles en la interpretación y reconstrucción del ambiente de depósito u origen de los sedimentos. En el presente trabajo se estudiaron siete cuerpos brechosos en seis localidades distintas, recolectándose muestras de las brechas de los afloramientos representativos (estaciones). Cada brecha fue analizada en diferentes sitios donde aflora para documentar sus variaciones tanto laterales como internas de piso a techo. Se prepararon un total de 52 láminas delgadas para la caracterización microfacial de éstas, siguiendo los lineamientos para la clasificación de rocas carbonatadas de Dunham (1962) y Folk (1959, 1962), caracterización de microfacies estándar (Flügel, 1972; Wilson, 1975) y de zona de facies (Wilson, 1975). El estudio microfacial de los clastos y sus porcentajes se presenta de manera gráfica en tablas que indican adicionalmente sus estándares microfaciales (SMF) y zona de facies (ZF).

### Afloramiento Estación El Xoconoxtle

La brecha El Xoconoxtle se encuentra localizada en las coordenadas UTM 326147 E - 2444259 N, en el flanco oeste de la Sierra de Álvarez, 40 km al oriente de la ciudad de San Luis Potosí (Figura 1). Se trata de una brecha calcárea (*rudstone*) de 1 a 1.20 m de espesor, la cual se extiende lateralmente de forma lenticular; es de estructura masiva, sin embargo en la base presenta gradación normal y hacia la cima, junto a una disminución del tamaño de los clastos hasta llegar a la fracción de arena, se observa una ligera laminación cruzada. El contacto inferior es abrupto erosio-

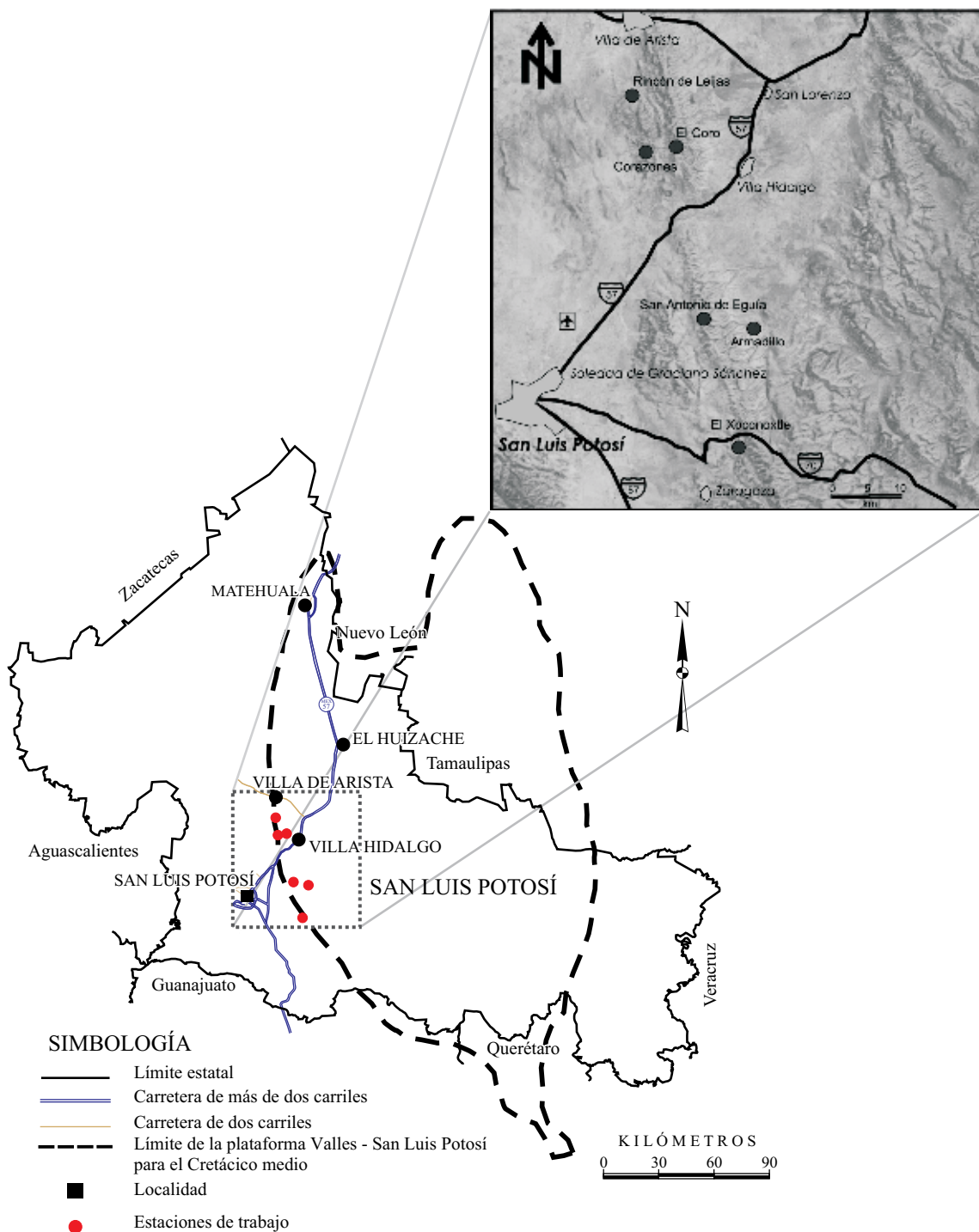


Figura 1. Localización del área de estudio indicando la posición de las estaciones de trabajo.

nal y el contacto superior es transicional-gradacional, con calizas en capas delgadas con bandas de pedernal. El color de los clastos es gris oscuro y la matriz es de color gris claro, correspondiendo parcialmente a diferencias microfaciales (Figuras 3a y 3b). La brecha está compuesta principalmente de clastos de aguas profundas (30 %), clastos de aguas someras resedimentados (20 %), bioclastos (10 %) y muy esporádicamente clastos de pedernal. Los clastos varían

de tamaño de gránulos (>2 mm) a bloques (>256 mm), en forma mayormente tabular, subangulosos a redondeados con baja esfericidad, siendo el grado de clasificación de pobre a muy pobre, en una fábrica predominantemente soportada por granos (Figuras 3a y 3b) y localmente soportada en matriz. El arreglo de los clastos en la base es generalmente caótico e imbricado en su parte media, reconociéndose hacia la parte media una orientación de éstos que indica un transporte al

NW. El contacto entre los clastos es de tipo puntual, largo, de sutura y raramente cóncavos-convexos (Figura 3a). La matriz (40 % del total de la brecha), llega a encontrarse dolomitizada en diferentes grados. El contenido faunístico es de medio a bajo, con únicamente pequeños fragmentos (<1 cm), de conchas de rudistas dispersos en la matriz, (Figura 3b). Presenta fracturas rellenas de calcita que afectan tanto a clastos como a la masa básica, claramente posteriores a la formación de la brecha y resultado de tectonismo.

#### Análisis microfacial del afloramiento El Xoconoxtle

La brecha calcárea de El Xoconoxtle está compuesta por una matriz dolomítica-microesparítica. Los principales componentes de la brecha son clastos de aguas profundas, bioclastos, clastos resedimentados de aguas someras, ooides, pellets fecales y pseudopeloides (Tabla 1). Los clastos de aguas profundas se componen de seis texturas y tres zonas de facies diferentes, las cuales se describen en la Tabla 1. Los bioclastos presentes en esta brecha son en su mayoría fragmentos de fauna arrecifal e inclusive postarrecifal (Tabla 1), como algas (Figura 3e), esponjas (Figura 3f), bivalvos, braquiópodos y menos frecuentes equinodermos y foraminíferos bentónicos (orbitolinidos y miliolidos) (Figuras 3g y 3h). Clastos resedimentados provenientes de aguas someras son escasos y sus principales facies se ven en la Tabla 1. Otros componentes presentes en menor cantidad son granos cubiertos (cortoides; Flügel, 1982), granos amorfos micritizados (pseudopeloides), pellets fecales, granos agregados y esporádicamente fragmentos de pedernal.

#### Interpretación del depósito del afloramiento El Xoconoxtle

La brecha de El Xoconoxtle está constituida por un *rudstone* de clastos de aguas profundas, bioclastos, clastos resedimentados de aguas someras, ooides, pellets y pseudo-pellets. Dentro de esta brecha se diferencian dos ambientes de depósito originales: 1) representado por fragmentos muy poco retrabajados (clastos de forma tabular, angulosos) del piso marino, los cuales varían de *mudstone*, *wackestone* a *packstone*, con laminación milimétrica y fauna pelágica (SMF 1, 2 y 3) y que son típicos de una sedimentación lenta de ambientes de aguas profundas abarcando zonas de cuenca, plataforma de mar abierto y pie de talud (FZ 1 a 3). 2) Representado por fragmentos erosionados y transportados desde el margen de plataforma e inclusive detrás del arrecife (FZ 5 y 7), compuestos por una gran variedad de bioclastos, foraminíferos y otros granos de aguas someras los cuales muestran claras evidencias de un origen marino poco profundo pero redepositados por procesos gravitacionales y de suspensión. La coexistencia de estos sedimentos indica que esta brecha se formó debido al colapso de un frente arrecifal con rudistas y algunos organismos de la zona atrás del arrecife en forma de deslizamiento submarino, el cual originó el movimiento talud abajo de sedimentos de aguas someras y del mismo talud (flujo de detritos), pasando por

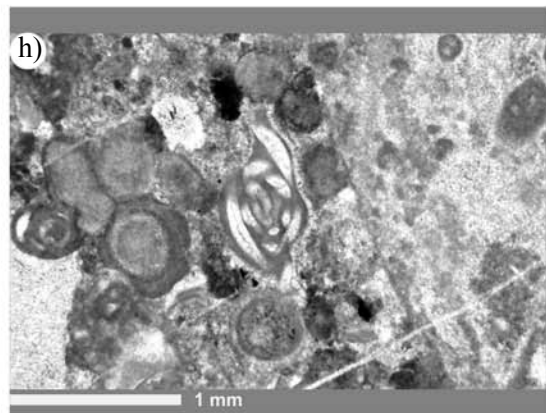
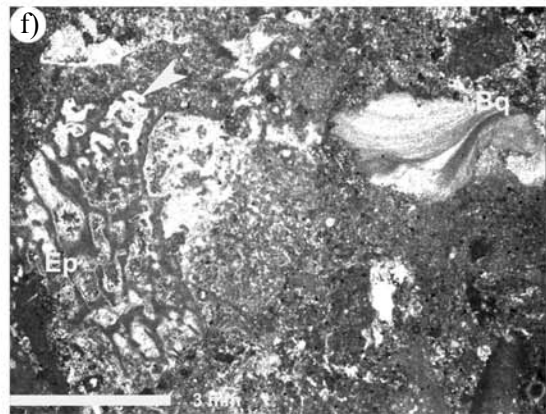
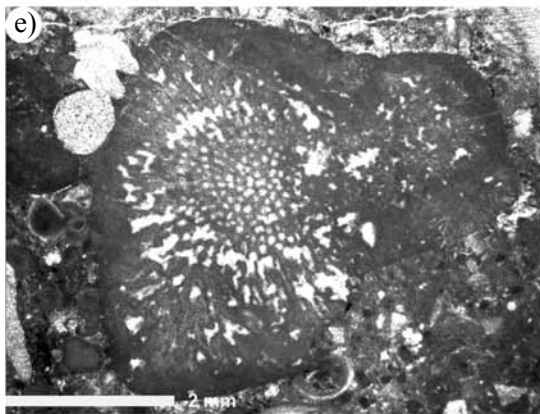
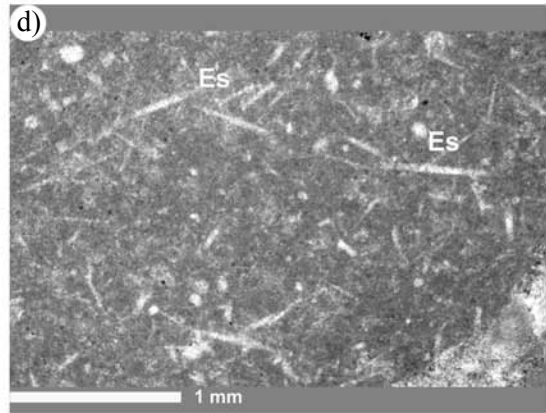
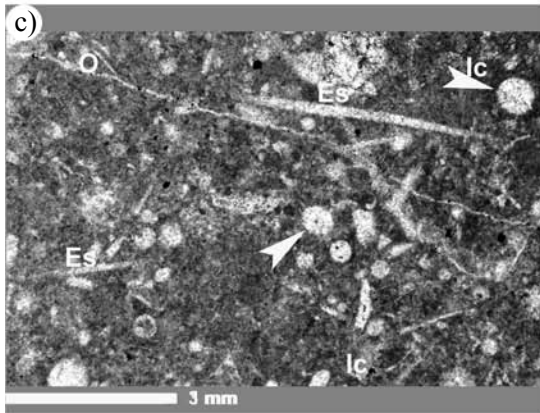
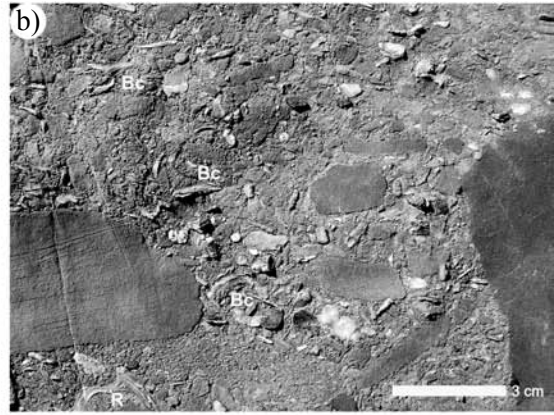
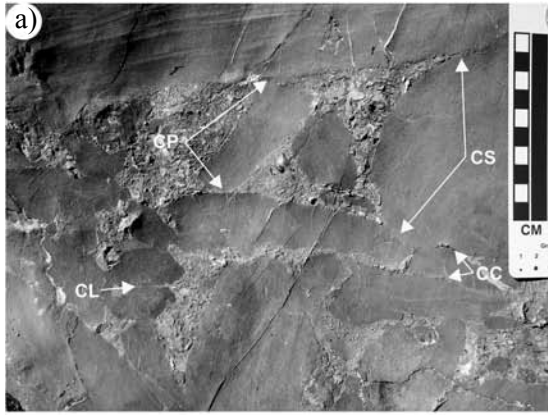
PERIODO	ÉPOCA	EDAD	Transición Cuenca -Plataforma			
			Cuenca	Talud	Plataforma	
Cuaternario		Reciente	Aluvión			
		Pleistoceno				
TERCIARIO	Neógeno	Plioceno				
		Mioceno				
		Oligoceno	Andesitas, basaltos y riolitas			
	Paleógeno	Eoceno	Terrígenos continentales			
		Paleoceno				
CRETÁCICO	Superior	Maestrichtiano				
		Senoniano	Campaniano			
			Santoniano			
			Coniaciano			
		Turoniano	Indidura	Tamabra Sup.		
		Cenomaniano	Cuesta del Cura	El Abra		
	Inferior	Albiano	Superior			
			Medio			
			Inferior			
		Aptiano	Tamps.	Guaxcamá		
		Neocomiano	Barremiano			
			Hauteriviano			
			Valanginiano			
			Berriasiano			

Figura 2. Columna estratigráfica de las unidades del Cretácico al Reciente que afloran en el área de estudio en el margen occidental de la Plataforma Valles – San Luis Potosí y su transición a la Cuenca Mesozoica del Centro de México. Las unidades de cuenca corresponden a las descritas por Carrillo-Bravo (1971) y las de talud y plataforma son modificadas de López-Doncel (2003).

el pie de talud y depositándose finalmente en una zona de facies de cuenca profunda que incluyó espiculitas (Figuras 3c y 3d, FZ 1).

#### Afloramiento Estación Armadillo de los Infante

La brecha Armadillo fue estudiada en afloramientos aislados que se encuentran 250 m al norte del poblado de





Armadillo de los Infante (Figura 1) en las coordenadas UTM 328694 E-2461130 N. Se trata de una brecha calcárea polimíctica, con espesores que varían de 1 a 2 m, la cual aflora en forma de lentes, de estructura masiva, generalmente sin gradación, pero que hacia la cima presentan una ligera gradación normal. Los contactos inferior y superior son marcantes pero no erosionales. Interdigitadas están calizas en estratos delgados a medios con bandas de pedernal. Esta brecha está compuesta mayormente por clastos de aguas someras resedimentados (55 %), clastos de aguas profundas (15 %) y bioclastos (10 %); el tamaño varía muy poco, siendo los mayores de 4 cm a poco menos de 1 cm, mayormente de forma esférica (*equant*) exhibiendo valores de redondez/esfericidad que van desde clastos subredondeados a redondeados con alta esfericidad. Los componentes presentan una clasificación moderada a buena, en una fábrica predominantemente soportada por granos (Figura 4 a y 4b). No se observa una orientación preferencial de los componentes pero sí una fábrica homogénea. El contacto entre los granos generalmente es de tipo puntual y en ocasiones cóncavo/convexo. El contenido de matriz es bajo (20 %). Los límites clastos y matriz son abruptos normales. Presenta un contenido macrofaunístico muy pobre a nivel de afloramiento, encontrándose sólo algunos bioclastos de rudistas (radiolítidos), además de bioclastos indeterminados dispersos por todo el afloramiento.

#### **Análisis microfacial del afloramiento Armadillo**

La brecha está compuesta por una matriz micrítica con un contenido bajo de arcillas y ligeramente dolomitizada y con una gran cantidad de componentes (80 %), de los cuales más del 10 % son mayores a 2 mm, y por su extremo empaquetamiento forman una fábrica soportada en granos. Los principales componentes consisten de clastos resedimentados de aguas someras, bioclastos, clastos de aguas profundas, granos cubiertos y pellets (Figura 4c). La matriz es mayormente micrita de color gris a pardo y algo arcillosa (Figura 4d). De los componentes, los clastos de aguas someras resedimentados dominan, y están representados por nueve diferentes facies (ver Tabla 2). Existe una cantidad muy baja de clastos de aguas profundas, los cuales se describen en la Tabla 2. A nivel microfacial existe un gran porcentaje de bioclastos en estas brechas, los cuales

proviene tanto de facies de aguas someras, del talud y mar abierto, dominando los de aguas someras. Los bioclastos comprenden fragmentos de esponjas (Figura 4c), corales, bivalvos de conchas delgadas, rudistas, equinodermos, así como espículas de esponjas. Los microfósiles comprenden foraminíferos bentónicos (Figura 4f) y planctónicos (Figura 4g). Otros componentes en menor cantidad comprenden granos cobijados, pseudopeloides, granos agregados (Figura 4h) y pellets.

#### **Interpretación del depósito del afloramiento Armadillo**

La brecha de Armadillo de Los Infante está constituida principalmente por *rudstone* de clastos resedimentados de aguas someras, bioclastos, clastos de aguas profundas, granos cubiertos y pellets, sin embargo, los componentes de esta brecha exhiben una morfología que indica una mayor interacción entre éstos durante el transporte. Los componentes resedimentados indican que esta brecha tuvo un aporte de material desde la zona de facies de laguna postarrecifal (FZ 7) a través de un canal o del drenaje de la plataforma en el borde, desde el cual se originó un movimiento talud abajo, dando lugar a la formación de un flujo gravitacional (flujo de escombros), el cual se depositó hacia la parte más distal del pie de talud (FZ 3) e incluso hasta la zona de plataforma de mar abierto (FZ 2). Un aspecto interesante es la casi total ausencia de rudistas, tanto a nivel macro- como microfacial, sin embargo sí existe una gran cantidad y variedad de fauna bentónica de aguas someras, lo que denota la falta de un frente arrecifal para esta zona. Igualmente es de destacar que la relativa buena madurez textural de esta brecha no se relaciona con un transporte largo sino con un mecanismo de transporte que permitió gran interacción entre clastos, promovido muy probablemente también por el aumento de la arcillosidad en el sedimento, ya que tanto clastos de aguas someras, quizá ya previamente retrabajados por acción de olas, coexisten con clastos de aguas profundas igualmente redondeados, granulométricamente similares y empaquetados en un mismo depósito (Rodríguez-Hernández, 2007).

#### **Afloramiento Estación San Antonio de Eguía**

Esta estación de trabajo se localiza 30 km al noreste

---

Figura 3. Afloramiento Estación Xoconoxtle. a: Fotografía del contacto entre los granos: puntual (CP), largos (CL), de sutura (CS) y cóncavos-convexos (CC), formando una fábrica soportada en granos. b: Detalle de los bioclastos (Bc), los cuales son en su mayoría fragmentos de rudistas (R) y de otros bioclastos asociados, provenientes de ambientes de aguas someras. c: *Wackestone* de espículas y microfósiles pelágicos / Biomicrita. Clasto con más del 10 % de componentes, dominando espículas monoaxoniales calcificadas (Es) de esponjas. Las estructuras circulares son secciones transversales de radiolarios calcificados (flechas). Algunas espículas están ligeramente orientadas. Los componentes nadan en matriz, formando una fábrica soportada por lodo. Polarizadores paralelos. d: *Wackestone* de espículas / Biomicrita. Clasto compuesto por más del 12 % de componentes (todos menores a 2 mm), principalmente espículas (Es) y bioclastos muy pequeños, los cuales se encuentran flotando en una matriz micrítica. Polarizadores paralelos. e: Fragmento de una cyanobacteria, probablemente se trate de *Garwoodia* (alga verde?) la cual muestra una pared delgada, racimos radiales de tubos, los cuales comúnmente son yuxtapuestos (posición sistemática incierta). Luz natural. f: En la parte izquierda se observa un fragmento de esponja calcárea (Ep), cortada a través de una sección oblicua. Hacia la parte derecha de la fotomicrografía se observa un fragmento de braquiópodo (Bq). Luz natural. g: Clasto que contiene una sección axial de un fragmento de *Orbitolina texana* Roemer (Mesorbitolina). Rango estratigráfico: Aptiano tardío al Cenomaniano temprano. Luz natural. h: Miliólido fragmentado con paredes en gran parte micritizadas y poros rellenos con esparita. Son especialmente comunes en ambientes postarrecifales ligeramente restringidos. Polarizadores paralelos.

Tabla 1. Microfacies de los clastos de aguas profundas, clastos de aguas someras y bioclastos, en la brecha del Afloramiento Xoconoxtle.

Textura	SMF	ZF	Figura
<b>Clastos de aguas profundas 30 %</b>			
<i>Wackestone</i> de espículas y radiolarios	1	1, ambientes de cuenca de aguas profundas con sedimentación lenta	Figura 3c
<i>Mudstone</i> de bioclastos	3	1 y 3, zonas de cuenca y plataforma de mar abierto o pie talud	
Intercalación de <i>wackestone</i> de bioclastos y microfósiles pelágicos / <i>grainstone</i> de pellets	2 y 3	1 a 3, común en cuencas profundas y hacia la parte distal del pie de talud	
Laminación milimétrica de <i>mudstone</i> de foraminíferos planctónicos biseriales y radiolarios / <i>packstone</i> de pellets y miliólidos	2 y 3	1 y 3	
<i>Wackestone</i> de espículas y bioclastos	1	1, cuenca y plataforma de mar abierto	Figura 3d
<i>Wackestone</i> pelágico con radiolarios	3	1-B y 2, facies de cuenca y plataforma de mar abierto	
<b>Clastos de aguas someras 20 %</b>			
<i>Packstone</i> de granos cubiertos, bioclastos y pellets	11	5, comúnmente en zonas arrecifales	
<i>Wackestone</i> con bioclastos y foraminíferos bentónicos (miliólidos) con bioturbación	9 y 10	7, laguna postarrecifal	
<b>Bioclastos 10 %</b>			
Algas			Figura 3e
Esponjas			Figura 3f
Foraminíferos bentónicos (miliólidos y orbitolinidos)			Figura 3g y 3h

SMF: Microfacies estándar (Flügel, 1972; Wilson, 1975); ZF: Zona de Facies (*Facies belts* de Wilson, 1975).

de la ciudad de San Luis Potosí (Figura 1), en las coordenadas UTM 321326 E-2462651 N. Se trata de una brecha polimíctica lenticular (clastos carbonatados polifaciales), donde el contacto inferior y superior no afloran, quedando expuesto para su estudio un espesor máximo de 0.5 m (Figura 5a). Presenta una estructura homogénea, con una ligera gradación normal hacia la cima. El color de los clastos es muy variable y descansan en una matriz de color gris oscuro (Figura 5b). Esta brecha calcárea polimíctica se compone, a nivel afloramiento, principalmente por grandes clastos (70 % de la roca) en una relación clasto/matriz de 3:1. El tamaño de los componentes es muy variable, siendo no mayor que 20 cm hasta poco menos de 1 cm (Figuras 5a, 5b), lo que origina un grado de clasificación de pobre a moderada. Los componentes son generalmente de forma de hoja exhibiendo valores de redondez/esfericidad que van desde clastos subangulosos a subredondeados con baja

esfericidad. El arreglo de los componentes es generalmente caótico; sin embargo, en la parte media de la brecha se observa una ligera imbricación de los componentes (Figura 5b). La fábrica de esta brecha es mayormente soportada por granos, dando lugar a la formación de estilolitas y productos residuales como arcillas y óxidos de hierro (*stylobreccia*; Flügel, 2004), y localmente varía a soportada por matriz. Los contactos entre los componentes son puntuales y largos (Figura 5b). El contenido faunístico es medio a bajo, con algunos ejemplares completos de amonites y bioclastos que flotan en la matriz.

#### **Análisis microfacial del afloramiento San Antonio de Eguía**

Esta brecha presenta un gran contenido de componentes (70 %) que consisten de clastos de aguas profundas, clastos resedimentados de aguas someras, bioclastos, ooides,

Figura 4. Afloramiento Estación Armadillo de los Infante a: Fotografía a detalle de los componentes, los cuales se presentan desde subredondeados a redondeados con alta esfericidad y clasificación moderada a buena, indicando un mayor retrabajo de éstos. b: *Rudstone* de clastos resedimentados de aguas someras, bioclastos y clastos de aguas profundas. Brecha calcárea polimíctica con más del 70 % de componentes, formando una fábrica soportada en granos, en una masa básica micrítica y ligeramente dolomitizada (afloramiento en 328694-2461130 UTM). c: *Rudstone* de la localidad de Armadillo de Los Infante, compuesto por más del 70 % de componentes, principalmente clastos resedimentados de aguas someras (Ec), clastos de aguas profundas (Ic) y bioclastos (Bc, estromatopórido?), en una fábrica soportada por granos. La matriz es micrita (Mc). Luz natural. d: Fotomicrografía de la masa básica de las brechas de Armadillo, la cual consiste mayormente de micrita (Mc) de color gris oscuro a pardo y esporádicamente presentan un contenido bajo de arcillas. Objetivo 1.6X, Luz natural. e: *Packstone* – *grainstone* de pellets, granos cubiertos y bioclastos / Pelbioesparita. Clasto compuesto por más del 10 % de componentes (todos <2 mm), principalmente pellets (P), granos amorfos micritizados (Pp-pseudopeloides), granos cubiertos (GC) y fragmentos de bivalvos (B), en una masa básica esparítica formando una fábrica soportada por granos. Luz natural. f: *Packstone* de bioclastos cubiertos y pellets / Biopelmicroesparudita. Los componentes son principalmente bioclastos cubiertos (GC) con una matriz peloidal. La presencia de miliólidos (M) retrabajados/micritizados además de algunos clastos resedimentados de aguas someras dentro de este clasto indican que fueron transportados desde ambientes de alta energía a baja energía (bancos de arena). Luz natural. g: *Mudstone* con bioclastos / Biomicrita. Clasto compuesto por más del 90 % de micrita y un contenido menor al 10 % de componentes. Todos los componentes son menores a 2 mm y se trata de pequeños bioclastos, calcisferas y un foraminífero planctónico (FP-*Globotruncana* sp.). Polarizadores paralelos. h: Granos agregados (GA). Grano compuesto (*lump*) que consiste de bioclastos, granos cubiertos y pellets unidos entre sí por un cemento microcristalino. Polarizadores paralelos.



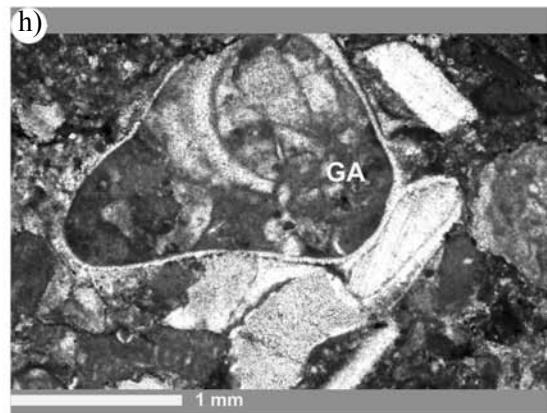
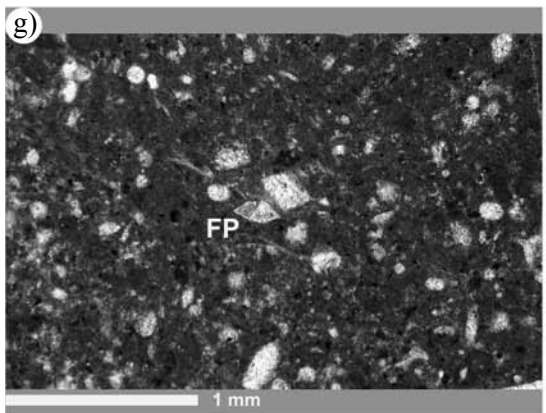
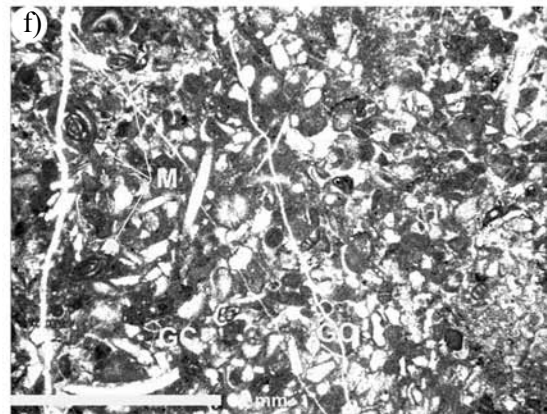
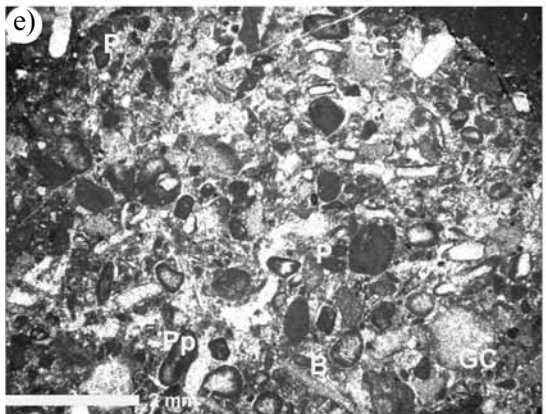
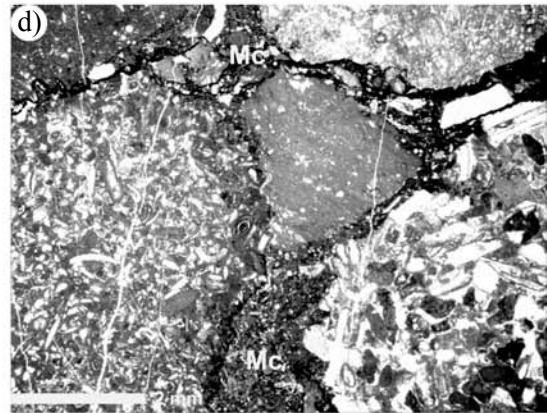
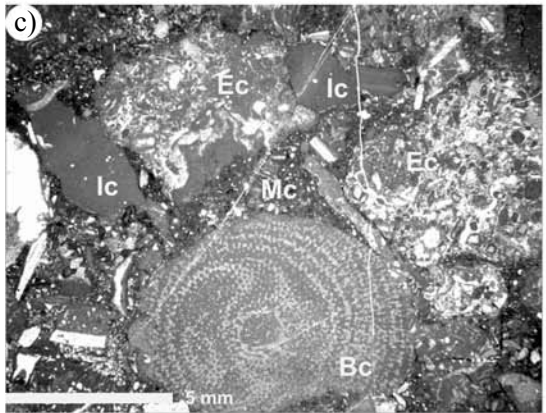
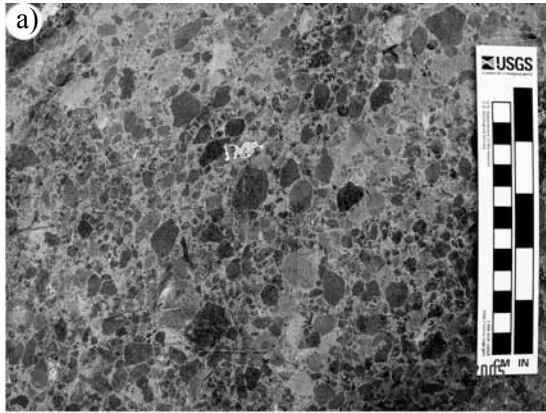


Tabla 2. Microfacies de los clastos de aguas profundas, clastos de aguas someras y bioclastos, de la brecha del Afloramiento Armadillo de los Infante.

Textura	SMF	ZF	Figura
<b>Clastos de aguas profundas 15 %</b>			
<i>Mudstone</i> a <i>wackestone</i> con bioturbación y pequeños bioclastos pelágicos	1	1 y 3, cuenca y plataforma de mar abierto	
<i>Mudstone</i> pelágico con microfósiles planctónicos	3	1-B y 3, cuenca y pie de talud	
<i>Wackestone</i> de equinodermos, calcisferas y ocasionalmente microfósiles planctónicos	1	1 a 3, cuenca y plataforma de mar abierto	
<i>Mudstone</i> de pequeños bioclastos, calcisferas y globotruncanas	3	3, pie de talud	Figura 4g
<i>Packstone</i> de equinodermos, espículas silicificadas, miliólidos rotos, foraminíferos bentónicos, pequeños intraclastos y pellets	5	3 y 4, debris flow de pie de talud	
<b>Clastos de aguas someras 55 %</b>			
<i>Packstone</i> y <i>grainstone</i> foraminífero con abundantes miliólidos, granos cubiertos y pellets	18	7 y 8, laguna postarrecifal y laguna	
<i>Packstone</i> y <i>Grainstone</i> de pellets, granos cubiertos y bioclastos	11	5 y 6, barrera y laguna postarrecifal	Figura 4e
<i>Wackestone</i> a <i>Packstone</i> con bioclastos y granos cubiertos	9	7, laguna postarrecifal	
<i>Wackestone</i> con bioclastos, granos cubiertos y pellets	8 y 9	7, laguna postarrecifal	
<i>Wackestone</i> con bioclastos y pellets	9	2 y 7, plataforma de mar abierto y laguna postarrecifal	
<i>Packstone</i> de foraminíferos con abundantes miliólidos	18	8, laguna de plataforma	
<i>Packstone-grainstone</i> de bioclastos cobijados con cemento esparítico	11	5 y 6, barrera y arrecife	
<i>Packstone-wackestone</i> de granos esqueléticos cubiertos y foraminíferos	10	7, plataforma abierta	Figura 4f
<i>Wackestone</i> de bioclastos y gasterópodos	8	2 y 7, laguna de plataforma con circulación, ambientes de baja energía por debajo del nivel de olas	
<b>Bioclastos 10 %</b>			
Esponjas, foraminíferos bentónicos y planctónicos			Figura 4c, 4f y 4g

SMF: Microfacies estándar (Flügel, 1972; Wilson, 1975); ZF: Zona de Facies (*Facies belts* de Wilson, 1975).

pellets y granos cubiertos (Figura 5c), los cuales flotan en una matriz micrítica, parcialmente dolomitizada. Los criterios descriptivos de los cristales de dolomita permiten clasificarla como una dolomita porfirotopica (Randazzo y Zachos, 1983) o dolomita idiotópica inequigranular (Friedman, 1965). Los componentes que se presentan con mayor frecuencia son clastos de aguas profundas y sus características se muestran en la Tabla 3. La presencia de

clastos retransportados de aguas someras en las muestras es relativamente baja (Tabla 3). En todas las láminas se observaron cavidades rellenas con pellets y granos micritizados, producto de actividad orgánica (*burrows*). Los bioclastos están presentes en un porcentaje subordinado. La macrofauna consiste principalmente de fragmentos de algas (Figura 5h), esponjas, equinodermos y amonites. Se observó también un gran porcentaje de foraminíferos planctónicos

Figura 5. Afloramiento Estación San Antonio de Eguía. a: Brecha calcárea polimictica de 0.5 m espesor, la cual aflora en forma lenticular, de estructura masiva. Afloramiento al SE del poblado de San Antonio de Eguía, Cerro de San Pedro (321326 -2462651 UTM). b: Detalle del tipo de contacto entre los componentes: puntual (CP), largo (CL) y de sutura. Cuando la fábrica tiende a soportada por matriz no hay contacto entre los componentes. c: *Doloifloatstone* de clastos de aguas profundas (Ic), bioclastos (Bc), clastos resedimentados de aguas someras (Ec), ooides (O), pellets y granos cubiertos / *Dolointrabiomicrudita*. Brecha calcárea compuesta por un gran contenido de componentes (70–80 %), y con una matriz parcialmente dolomitizada. Luz natural. d: *Packstone* de calcisferas y pellets. La roca contiene gran cantidad de calcisferas (C) y pellets (P), en una fábrica soportada por granos. Localmente la cantidad de pellets disminuye pasando de *packstone* a *wackestone*. Polarizadores paralelos. e: Intercalación *wackestone* (Ws) y *packstone* (Ps) con pellets y calcisferas / Pelbiomicroesparita. Clasto de aguas profundas compuesto de láminas milimétricas de micrita y de microesparita con pellets y calcisferas. Polarizadores paralelos. f: *Grainstone* de bioclastos cubiertos y pellets / Biopeloesparita. Clasto de aguas someras compuesto de una masa básica microesparítica y por más del 10 % de componentes menores a 2 mm, la mayoría consisten de bioclastos bordeados por micrita (micritización?) (GC) asociados con pellets (P) y algunos foraminíferos bentónicos aglutinados (FB) de tamaño pequeño. Polarizadores paralelos. g: *Grainstone* de bioclastos cubiertos, pellets, ooides / Biopeloesparita. Clasto de aguas someras compuesto por una masa básica microesparítica y un alto contenido de componentes que consisten de bioclastos cubiertos y algunos pellets (P). Los bioclastos (Bc) son fragmentos de moluscos y foraminíferos biseriales aglutinados (T: *Textularia* sp.). Polarizadores paralelos. h: Microestructura de un fragmento de esponja calcárea (Ep), la cual muestra canales irregulares rellenos con micrita, mientras que la estructura de las paredes originales han sido remplazadas por esparita. Luz natural.

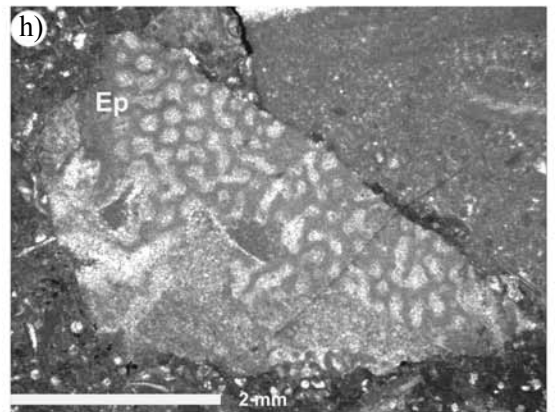
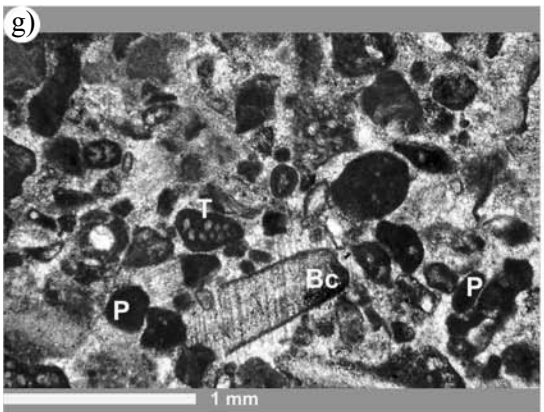
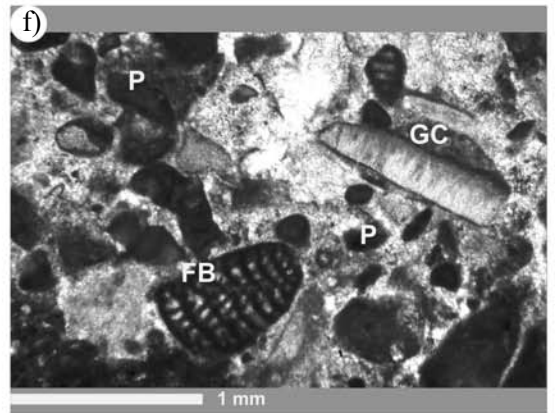
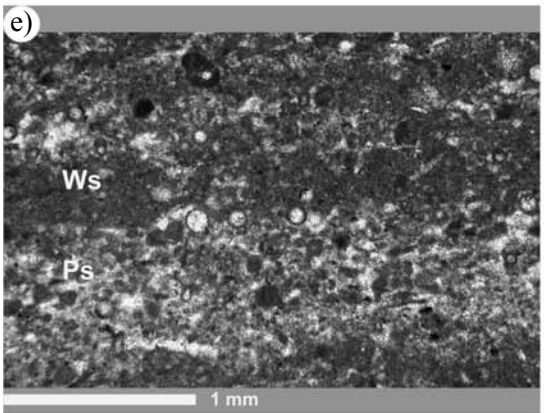
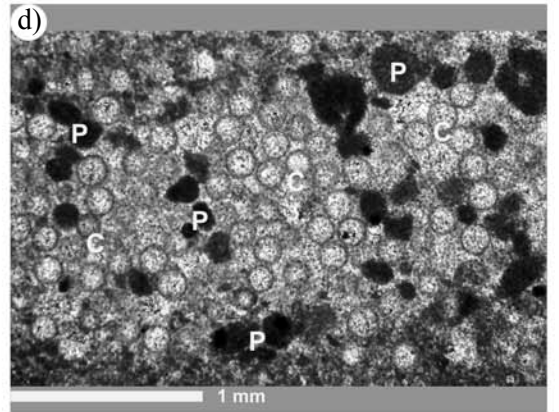
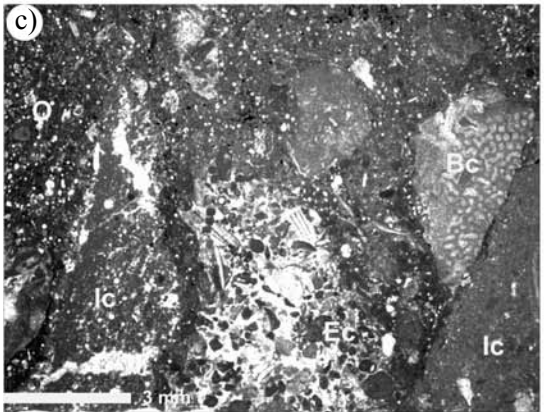
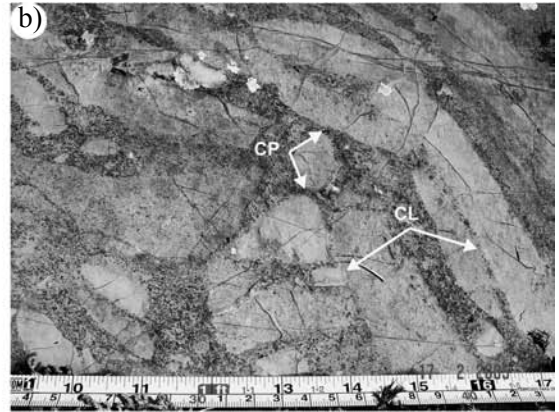


Tabla 3. Microfacies de los clastos de aguas profundas, clastos de aguas someras y bioclastos de la brecha del Afloramiento San Antonio de Eguía.

Textura	SMF	ZF	Figura
<b>Clastos de aguas profundas 40 %</b>			
<i>Wackestone</i> de calcisferas, pellets y bioclastos	2 y 3	1 hasta 3, cuenca a plataforma de mar abierto	
<i>Mudstone</i> pelágico con radiolarios	3-Rad	1, zona de cuenca	
<i>Wackestone</i> a <i>packstone</i> con calcisferas y pellets	2	1 a 3, comunes en cuencas profundas y plataforma de mar abierto, además en pie de talud-plataforma profunda	Figura 5d
<i>Wackestone</i> con calcisferas, foraminíferos planctónicos, radiolarios, pequeños bioclastos y pellets	2	1 a 3, común en zonas de cuenca, plataforma de mar abierto y pie de talud	
<i>Mudstone</i> con fósiles dispersos	1	2, ambientes de plataforma de mar abierto	
<i>Wackestone</i> y <i>packstone</i> de grano fino con pellets y calcisferas	2	1 a 3, ocurren en zonas de cuencas profundas, plataforma de mar abierto y pie de talud	Figura 5e
<b>Clastos de aguas someras 20 %</b>			
<i>Grainstone</i> de bioclastos cubiertos, pellets y foraminíferos bentónicos	11	6, zonas de bordes de plataforma (bancos de arena)	Figura 5f
<i>Packstone</i> de pellets y bioclastos cubiertos	11	6, bordes de plataforma (bancos de arena)	
<i>Grainstone</i> de bioclastos cubiertos, pellets, ooides	11	6, bordes de plataforma (bancos de arena)	Figura 5g
<b>Bioclastos y otros componentes 10 %</b>			
Pellets, ooides y localmente pequeños nódulos de pedernal			

SMF: Microfacies estándar (Flügel, 1972; Wilson, 1975); ZF: Zona de Facies (*Facies belts* de Wilson, 1975).

y pocos fragmentos de foraminíferos bentónicos. Otros componentes observados son pellets, ooides y localmente pequeños nódulos de pedernal.

#### **Interpretación del depósito del afloramiento San Antonio de Eguía**

Esta brecha muestra una textura que varía de *floatstone* a *rudstone* de clastos de aguas profundas, bioclastos, clastos de aguas someras, ooides, pellets y granos cubiertos, la cual comienza a ser afectada por dolomitización. Esta brecha (microbrecha, *packstone* o *rudstone* bioclástico-litoclástico), incluye mayormente componentes de ambientes de talud a cuenca (SMF 1, 2 y 3) y bioclastos. La relativa escasa presencia de rudistas, así como los escasos clastos resedimentados de aguas someras y ooides (ZF 6; Tabla 3), indica un aporte bajo de material proveniente del margen y la zona postarrecifal, evidenciando que el flujo que originó este depósito no alcanzó el arrecife, o quizá a un pobre desarrollo del arrecife de rudistas. La textura general de la brecha de San Antonio de Eguía indica que el material fue originalmente depositado en un ambiente de talud y posteriormente removido como material consolidado a zonas más profundas, lo que en conjunto representa la parte distal de un depósito de flujo de detritos en una zona de pie de talud a cuenca (FZ 3 a 1).

#### **Afloramiento Estación El Coro**

Este afloramiento está localizado alrededor de las coordenadas UTM 317676 E-2487222 N, en la parte alta de la Sierra El Coro a 37 km al noreste de la ciudad de San

Luis Potosí. Aquí aflora por algunos kilómetros en forma lenticular una brecha calcárea de aproximadamente 12 m de espesor (Figura 6a), de estructura masiva y con gradación normal (Figura 6b). El contacto inferior es marcante y localmente se reconocen canales erosivos, mientras que el contacto superior es transicional. Esta brecha se encuentra en la parte media de una secuencia de 130 m de calizas alodápicas que sobreyacen a calizas en estratos medios a gruesos de la Formación Tamaulipas y subyace a calizas margosas en estratos delgados a medios de la Formación Cárdenas (López-Doncel *et al.*, 2007). El color de los clastos varía de gris claro a muy oscuro, mientras que la matriz presenta un tono gris oscuro. Esta brecha está compuesta por clastos en un 70 % del total de la brecha. El tamaño de los componentes varía notablemente desde guijas de menos de 1 cm hasta bloques de 1 m de diámetro, dando lugar a una clasificación que varía de muy pobre (base y parte media de la brecha) a moderada (cima de la brecha). Los clastos son principalmente de forma tabular y de hoja con valores de redondez y esfericidad de angulosos a subangulosos, mezclados con subredondeados, todos de baja esfericidad. La fábrica es mayormente soportada en matriz hacia la parte media de la brecha; y hacia la cima tiende a ser soportada por granos (Figura 6b). Es posible reconocer hacia la parte media de la brecha una orientación de los componentes, pero en general el arreglo es caótico. Hacia la parte baja y media de la brecha el contacto entre los granos es de tipo puntual y hacia la cima de tipo largo a cóncavo/convexo. La matriz constituye un 30 % del total de la brecha, y consiste principalmente de micrita y localmente de cemento esparítico; sin embargo, la brecha en general presenta un grado de dolomitización muy alto que afecta tanto a la ma-

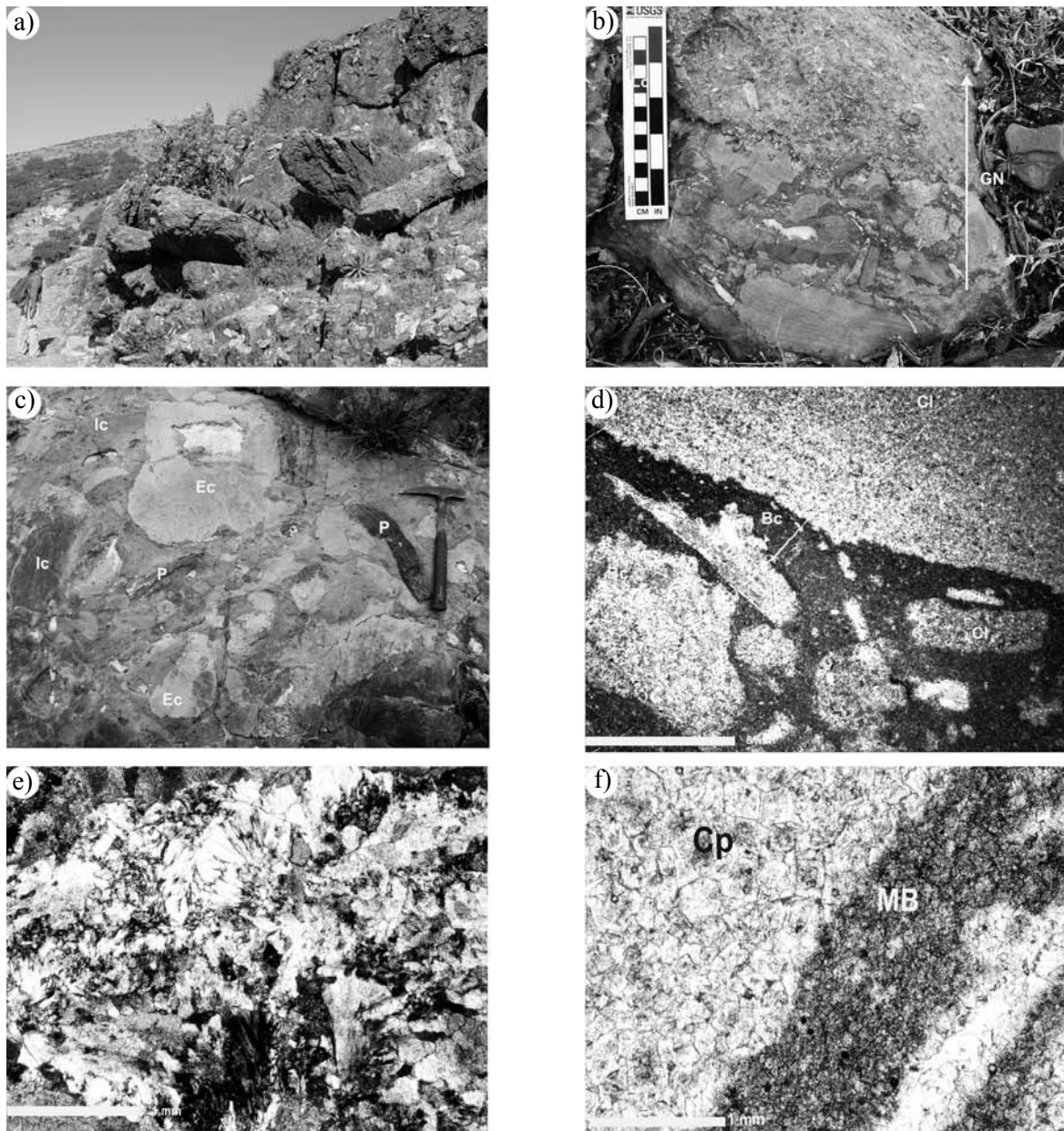


Figura 6. Afloramiento Estación El Coro. a: Vista general de la brecha del Coro donde se observan grandes clastos de pedernal dentro de una matriz dolomiticrita con un arreglo caótico en capas masivas. b: Brecha calcárea polymictica con más del 55 % de componentes, en una fábrica soportada en granos. La masa básica se encuentra totalmente dolomitizada. La flecha muestra una gradación normal (GN). c: En la imagen se observa un *rudstone* de clastos de aguas profundas (Ic), bioclastos, clastos resedimentados de aguas someras (Ec) y fragmentos de pedernal (P), sin arreglo alguno, en una matriz que varía de micrítica a microesparítica, la cual llega a encontrarse dolomitizada en diferentes grados. d: *Dolofloatstone* de bioclastos y clastos de aguas profundas o clastos resedimentados de aguas someras / Dolobiomicrudita. Fotomicrografía de las brechas de El Coro, las cuales sufren un remplazamiento casi total por cristales hipidiomórficos de dolomita, sin embargo, aún es posible reconocer algunos componentes, principalmente clastos (Cl) y bioclastos (Bc) los cuales flotan en una matriz dolomiticrita. Luz natural. e: Fotomicrografía en la cual se observa una textura fibrosa gruesa de calcedonia. Polarizadores cruzados. f: Fotomicrografía a detalle de la dolomitización epigenética selectiva, la cual ha afectado más a los componentes (Cp) que a la masa básica (MB). Polarizadores paralelos.

triz como a los clastos (Figura 6f). El contenido faunístico varía de medio a alto, encontrándose desde fragmentos hasta *bouquets* de rudistas y pequeños bioclastos como bivalvos de conchas delgadas dispersos en la toda la brecha, así como clastos resedimentados conteniendo fauna arrecifal. De los ejemplares alóctonos de rudistas encontrados se determinó

la presencia de *Kimbleia capaxis* Coogan y *Caprinulioidea perfecta* Palmer, que le da un rango de edad a esta brecha de Albiano-Cenomaniano.

#### *Análisis microfacial del afloramiento El Coro*

Brecha calcárea compuesta por una matriz dolomi-



crítica y localmente doloesparítica con un gran contenido de componentes, clastos de aguas profundas (25 %), clastos de aguas someras resedimentados (20 %), bioclastos (15 %) y fragmentos de pedernal (<10 %) (Figura 6c), siendo más del 10% de éstos mayores a 2 mm y presentándose tanto en una fábrica soportada en matriz o por granos. Las muestras analizadas presentan una destrucción casi completa de la fábrica original debido al extremo reemplazamiento por cristales subhedrales e inequigranulares de dolomita, lográndose reconocer únicamente algunos componentes, sin poder determinar su contenido y textura. Igualmente pese a la destrucción de la fábrica se reconocen “fantasmas” de bioclastos que muestran menor tamaño que los cristales de dolomita (Figura 6d; ver también López-Doncel, 2003). En algunas partes presenta un reemplazamiento de sílice en forma botroidal (Figura 6e). Clasificatoriamente se trata de una dolomita de mosaico inequigranular (Randazzo y Zachos, 1983).

### Interpretación del depósito del afloramiento El Coro

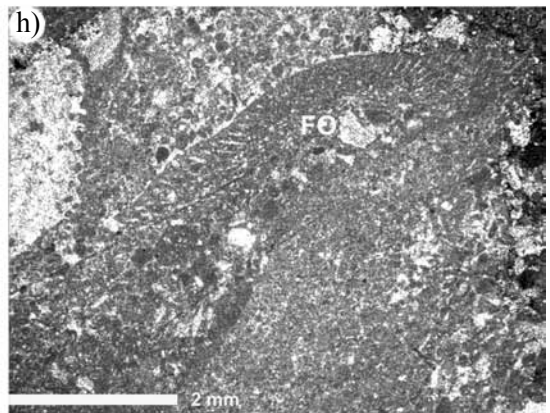
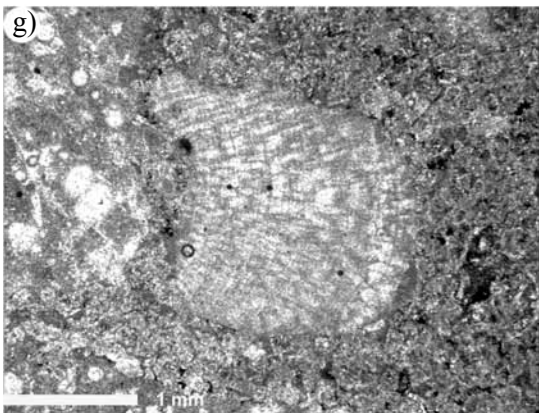
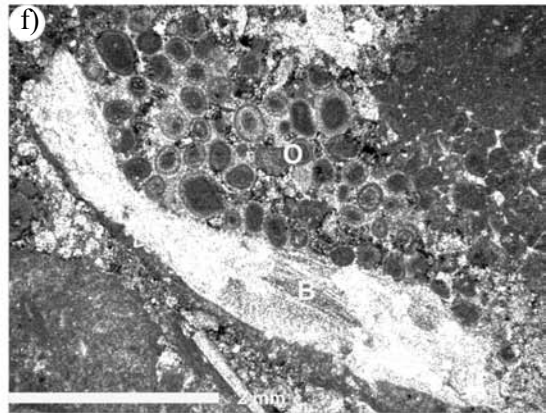
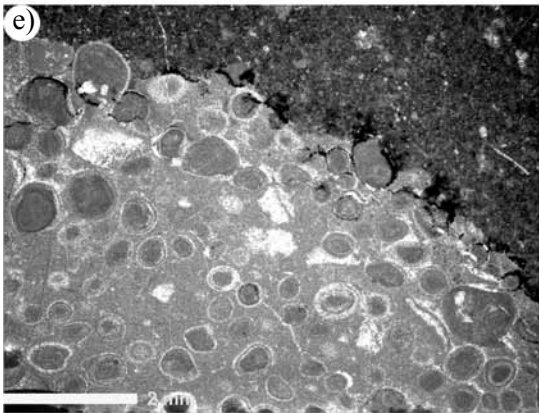
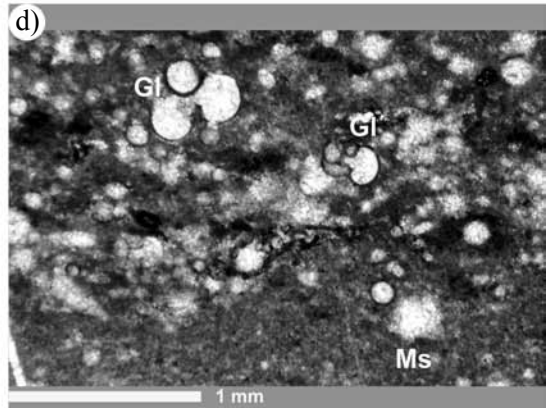
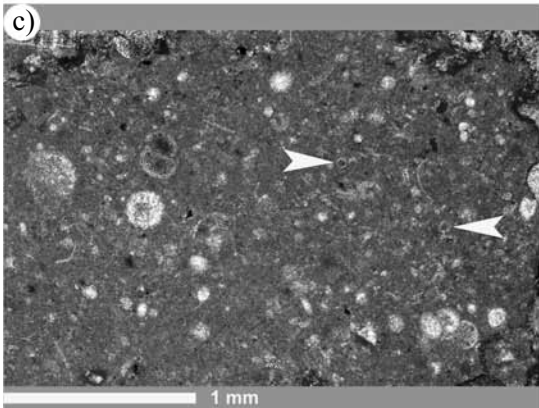
La brecha El Coro se clasifica como un *dolorudstone* a *dolofloatstone* de clastos de aguas profundas, de aguas someras y bioclastos. Debido al reemplazamiento no fue posible determinar las microfácies estándar de los clastos; sin embargo, la interpretación del depósito se realizó con base en las observaciones realizadas en el campo. La presencia de clastos angulosos de forma tabular de *mudstone* a *wackestone* laminados así como fragmentos de capas de pedernal indica aguas profundas (plataforma de mar abierto e inclusive pie de talud, FZ 1 a 3), lo que además sugiere su depósito final no muy lejos de su depósito original. Sin embargo estos clastos coexisten con componentes claramente resedimentados (bioclastos de rudistas y otros bivalvos) y clastos de aguas someras de *grainstone* a *rudstone* de bioclastos, así como bloques de varios decímetros de diámetro con fauna típica de un margen arrecifal (p. ej., rudistas; FZ 4 y 5). Esta brecha por lo tanto se formó con la mezcla de

clastos de aguas someras que fueron transportados desde el margen arrecifal y canalizados a través del talud, originando un flujo de escombros compuesto de clastos soportados y acarreados por una mezcla de lodo y agua formando una brecha de grano grueso, la cual se depositó finalmente en la parte más distal del talud hasta zonas del pie de talud (FZ 4 y 3).

### Afloramiento Estación Corazones

El afloramiento de esta estación está ubicado en las coordenadas UTM 313222 E-2486533 N, en la parte oeste de la Sierra El Coro, 35 km al noreste de la ciudad de San Luis Potosí (Figura 1). Se trata de una brecha calcárea en forma lenticular de aproximadamente 14 m de espesor con 1.2 km de extensión lateral, generalmente de estructura masiva (Figura 7a), y que hacia la cima presenta una gradación normal (Figura 7b). El contacto inferior es marcante pero no erosivo, con calizas laminadas delgadas con nódulos de pedernal, y el contacto superior es transicional con calizas laminadas medias con bandas de pedernal (Figura 7b). Los clastos se presentan en diferentes tonos grisáceos, mientras que la matriz varía de un tono gris claro hasta pardo. Este cuerpo brechoso está compuesto por clastos en un 55 % del total de la roca. El tamaño de los componentes varía desde guijas y guijarros (16–64 mm) hasta bloques (<50 cm), generalmente de forma tabular y de disco, con valores de redondez y esfericidad que van desde angulosos hasta subredondeados con baja esfericidad. El grado de clasificación varía de muy pobre a moderada. El tipo de fábrica es principalmente soportada por matriz y localmente por granos. Presenta en la cima una orientación paralela de los componentes (Figura 7b) y en la parte media e inferior, el arreglo es totalmente caótico. El contacto entre los componentes es mayormente puntual y localmente largo. La matriz consiste de micrita con evidencias de dolomitización. El contenido faunístico es de medio a alto, encontrándose algunos fragmentos de rudistas dispersos en la matriz y

Figura 7. Afloramiento Estación Corazones. a: Vista general de la parte inferior de la brecha que aflora en la localidad de Corazones, la cual tiene un espesor no mayor a 14 m, generalmente aflora de manera lenticular y muestra hacia su parte inferior y media una estructura mayormente masiva. Flanco occidental de la Sierra El Coro (313222-2486533 UTM). b: Fotografía a detalle de la parte superior de la brecha de Corazones, la cual muestra en su cima una gradación normal (GN) de los componentes, los cuales inclusive presentan una orientación horizontal (flecha). c: *Wackestone* con microfósiles pelágicos / Biomícrita. Clastos compuestos por más del 10 % de componentes pequeños, principalmente microfósiles pelágicos como radiolarios, globigerinas y nanoplactón (flechas), seguidos por algunos macrofósiles (bivalvos de conchas delgadas, fragmentos de equinodermos y amonites) y algunos foraminíferos bentónicos. Todos los componentes flotan en una matriz de color gris oscuro. Polarizadores paralelos. d: *Wackestone* con microfósiles planctónicos y bioclastos / Biomícrita. Clasto de aguas profundas con un contenido de componentes mayor al 10 %, principalmente calcisferas, foraminíferos planctónicos (globigerinas) y bioclastos soportados en una matriz micrítica de color gris oscuro. Estos clastos de aguas profundas presentan láminas delgadas (<4 mm) de micrita (Ms), lo que indica un ambiente deposicional profundo. Polarizadores paralelos. e: *Wackestone* con ooides y granos cubiertos / Oomicrita. Clasto compuesto por 35 % de matriz y 65 % de componentes, dominando los ooides y seguidos por granos amorfos micritizados. Luz natural. f: *Grainstone* con ooides concéntricos y bioclastos / Oobioesparita. Clasto resedimentado de aguas someras compuesto principalmente por ooides bien clasificados. Algunos ooides están micritizados casi en su totalidad, además también se observaron algunos bioclastos como bivalvos (B) y miliólidos. Luz natural. g: Alga?. La estructura interna presenta filamentos carbonatados radiales, a manera de tubos o celdas superpuestas con filamentos, muy probablemente sea un fragmento de una alga roja. Luz natural. h: Orbitolinido. Fragmento de un foraminífero aglutinado (FO) soportado en una masa básica de pelmicrita. Estos foraminíferos son comúnmente transportados talud abajo como clastos a ambientes de cuenca. Objetivo 2.0X, Luz natural.





dentro de los clastos de aguas someras resedimentados, así como una gran cantidad de amonites (en su mayoría de formas aberrantes), exclusivamente dentro de los clastos de aguas profundas.

#### **Análisis microfacial del afloramiento Corazones**

La brecha Corazones muestra un contenido de componentes de 55 %, los cuales son clastos de aguas profundas (25 %; Figuras 7c y 7d), clastos de aguas someras resedimentados (10 %; Figuras 7e y 7f) y bioclastos, ooides, pseudopeloides y granos agregados (>20%; Figuras 7g y 7h, Tabla 4). Es común encontrar fragmentos y nódulos de pedernal. Más del 10 % de los clastos son mayores a 2 mm. En lámina delgada, todas las muestras presentan indicios de una dolomitización de la matriz micrítica. La matriz, que alcanza un 45 % de la brecha, ha sido remplazada en gran parte por cristales anhedrales a subhedrales (romboedros), equigranulares de dolomita. Los clastos de aguas someras resedimentados se presentan en menor abundancia que los clastos de aguas profundas; sin embargo, el análisis microfacial mostró que hacia la cima de la brecha aumenta el porcentaje de clastos de aguas someras resedimentados. En un porcentaje menor que los otros clastos se encontraron bioclastos, tanto de aguas someras como aguas profundas (Tabla 4). Otros componentes observados con menor fre-

cuencia fueron ooides, pseudopeloides, granos cubiertos, granos agregados y nódulos de pedernal.

#### **Interpretación del depósito del afloramiento Corazones**

La brecha está constituida mayormente de *floatstone* (hacia la base y parte media de la brecha) a *rudstone* (hacia la cima de la brecha) de clastos de aguas profundas, clastos resedimentados de aguas someras, bioclastos, ooides, pseudopeloides y granos agregados. Únicamente la masa básica está afectada por la dolomitización, presentando un mayor grado de dolomitización en la base que en la cima. La granulometría y morfología de los clastos evidencia la falta de interacción entre éstos debida a un transporte soportado en lodo. Esta brecha presenta un gran contenido de componentes de aguas profundas representados por *mudstone-wackestone* pelágico y *packstone* de microfósiles planctónicos, localmente pequeños foraminíferos bentónicos y microfósiles. Esta litología representa mayormente Microfacies Estándar (SMF) del tipo 1 y 3, por lo que estos componentes incluyen ambientes que abarcan desde una zona de pie de talud hasta la cuenca. Los componentes de aguas someras resedimentados están representados mayormente por *wackestone*, *packstone* y *grainstone* compuestos de bioclastos, granos cubiertos (cortoides y pequeños oncooides), ooides, pellets y calcisferas, provenientes de Microfacies Estándar

Tabla 4. Microfacies de los clastos de aguas profundas, clastos de aguas someras y bioclastos de la brecha del Afloramiento Corazones.

Textura	SMF	ZF	Figura
<b>Clastos de aguas profundas 25 %</b>			
<i>Mudstone</i> a <i>wackestone</i> con radiolarios, globigerinas, tintínidos, conchas finas de moluscos, equinodermos y amonites	3	1, cuenca	Figura 7c
<i>Wackestone</i> con filamentos calcitizados de algas, globigerinas, calcisferas y equinodermos	1	1 y 2, cuenca y plataforma de mar abierto	
Laminación milimétrica de <i>mudstone</i> y <i>wackestone</i> pelágico con calcisferas, foraminíferos planctónicos y amonites	3	1 y 3, cuenca y pie de talud	Figura 7d
<i>Wackestone</i> con globigerinas y esferulitas de calcedonia	3	1 y 2, cuenca y plataforma de mar abierto	
<i>Wackestone</i> con calcisferas	3	1 a 3, calizas pelágicas de cuenca hasta pie de talud	
<i>Packstone</i> laminado de pellets, foraminíferos planctónicos y calcisferas	4	3, pie de talud y talud	
<b>Clastos de aguas someras (resedimentados) 10 %</b>			
<i>Wackestone</i> con ooides y granos cubiertos	15	6, depositados en bancos de ooides cercanos a un margen de plataforma exterior	Figura 7e
<i>Wackestone</i> con bioclastos, granos cubiertos y ooides	8 y/o 9	7, ambientes de baja energía bajo el nivel de olas	
<i>Packstone</i> de pellets y bioclastos	5	4, talud	
<i>Grainstone</i> de bioclastos cubiertos y pellets	11	5, zonas de barrera	
<i>Grainstone</i> con ooides concéntricos y bioclastos	15	6, comúnmente arenas de ooides cercanas al margen de plataforma externa	Figura 7f
<b>Bioclastos y otros componentes &lt;20 %</b>			
Cefalópodos (amonites y belemnites?), bivalvos, equinodermos y crinoides, algas, esponjas, microfósiles planctónicos como globigerinas y radiolarios; además de algunos bentónicos como miliólidos y orbitolinidos. Otros: Pedernal, ooides, pseudopeloides, granos agregados.			Figuras 7g y 7h

SMF: Microfacies estándar (Flügel, 1972; Wilson, 1975); ZF: Zona de Facies (*Facies belts* de Wilson, 1975).

(SMF) 8, 9, 11 y 15, indicando zonas de facies de margen, barrera y laguna restringida (FZ 5, 6 y 8). El bajo contenido de fragmentos y/o clastos con rudistas, pudiera sugerir en esta zona un pobre desarrollo e incluso la ausencia de un arrecife continuo. De manera general, el arreglo textural y el contenido de componentes de origen tanto de aguas someras como de aguas profundas indican que esta brecha se originó en zonas de aguas someras lagunares pasando por el talud y depositada finalmente como un flujo de detritos canalizado hasta una zona de cuenca.

### Afloramientos Estación Rincón de Leijas

Los afloramientos descritos en esta área están localizados en las coordenadas UTM 311395 E-2494591 N y 312811 E-2495735 N, hacia la parte SE del poblado de Rincón de Leijas, 42 km al noreste de la ciudad de San Luis Potosí (Figura 1). En esta localidad fueron reconocidos dos cuerpos brechosos, uno de ellos localizado en el Cerro La Santa Cruz (CSC) y el otro en el Cerro El Meco (CEM). La brecha del CSC tiene un espesor de 35 a 50 cm y la brecha del CEM es de poco más de 1.6 m, sin embargo aflora de forma lenticular hasta desaparecer. Ambos cuerpos brechosos son de estructura masiva y localmente presentan una gradación normal hacia la cima que culmina comúnmente con capas sobreyacentes de turbiditas. Todos los afloramientos de las brechas de esta localidad se encuentran interdigitadas con calizas laminadas y calizas margosas en estratos delgados. Sólo un afloramiento del CEM presentó un contacto inferior de tipo erosivo, mientras que en otros afloramientos este contacto no está expuesto, y en todos los afloramientos se observó un contacto superior de tipo transicional. Ambas brechas (CSC y CEM) presentan características litológicas muy similares en el campo; sin embargo, se observaron diferencias en la granulometría y morfología de los componentes. El color de los clastos varía de gris claro a gris oscuro y la matriz es de color gris claro (Figura 8a y 8b). Las brechas están compuestas por clastos en un porcentaje de 80 % y sólo un 20 % de masa básica. El tamaño de los componentes en ambas brechas oscila desde el tamaño de gránulos (>2 mm) a bloques no mayores de 40 cm. Los clastos son mayormente de forma tabular y de hoja exhibiendo diferentes valores de redondez/esfericidad, que van de clastos angulosos a redondeados con baja a media esfericidad, dando lugar a un grado de clasificación pobre a muy pobre. La fábrica es mayormente soportada por granos y sólo en un afloramiento presentó una fábrica soportada por lodo. Los componentes se presentan generalmente en un arreglo caótico; sin embargo hacia la base de algunos afloramientos fue posible reconocer imbricación y orientación preferencial del transporte hacia el NW (Figura 8a). El contacto entre los granos es de tipo largo y puntual, y muy raramente de tipo sutura (Figura 8b). El contenido faunístico en los clastos varía de pobre a intermedio, encontrándose en el CEM sólo algunos ejemplares completos de rudistas,

además de una gran cantidad de bioclastos no determinados dispersos dentro de la masa básica.

### Análisis microfacial del afloramiento Rincón de Leijas

El análisis microfacial de estas brechas muestra que en el gran contenido de componentes, de los cuales más del 10 % son mayores a 2 mm, dominan los clastos de aguas profundas (40 %; Figura 8c), clastos de aguas someras (20 %), bioclastos (15 %), y de manera esporádica se encuentran nódulos de pedernal, granos cubiertos, pellets y ooides (5 %; Tabla 5, Figura 8d y 8e). La masa básica llega a ser de 20 % y varía localmente de matriz a un cemento esparítico que ha sido remplazado en algunas muestras en su totalidad por cristales anhedrales a subhedrales (equigranulares) de dolomita. En algunas láminas se aprecia que los componentes están soportados dentro de una masa básica, sin embargo es más común encontrar que la fábrica sea soportada por granos (Figura 8f). Gran parte de las muestras analizadas presentan contactos estilolíticos, principalmente entre clasto y clasto y/o entre clastos y la masa básica, y suelen estar rellenos de microesparita y en ocasiones de óxidos de hierro. Los componentes esqueléticos presentes se muestran igualmente en la Tabla 5.

### Interpretación de los depósitos del afloramiento Rincón de Leijas

Las brechas de esta estación presentan características litológicas muy similares y muestran texturas que van mayormente de *rudstones* (CEM) y *rudstones a floatstones* (CSC). Ambas brechas están afectadas en diferentes grados por dolomitización. El contenido de componentes de aguas profundas y menos transportados es alto en ambas brechas, y se trata de *mudstone*, *wackestone a packstone*, con laminación, compuestos de finos biodetritos, espículas, microfósiles pelágicos y localmente pequeños foraminíferos bentónicos, de una Microfacies Estándar (SMF) 1 y 3, por lo que se asume que estos componentes se depositaron en un ambiente de aguas profundas en zonas de plataforma profunda y cuenca (Figura 9a). Los clastos de aguas someras presentan una variación de textura que va de *packstone a grainstone* de bioclastos cubiertos, granos micritizados, pellets, y foraminíferos bentónicos, los cuales representan Microfacies Estándar (SMF) 10 y 11, de un origen de aguas poco profundas de zonas postarrecifales, barrera y laguna con circulación abierta. Estas brechas presentan una gran diversidad de componentes de origen esquelético de aguas someras y de aguas más profundas. El arreglo textural y la coexistencia de componentes poco transportados y componentes largamente transportados indican que el depósito de estas brechas tuvo su origen en una zona cercana e incluso atrás del borde de la plataforma de donde eran originarios los clastos de aguas someras, bajando hacia el talud y luego fueron transportados y depositados por procesos gravitacionales de flujo de detritos y corrientes turbidíticas hasta la zona de cuenca. La presencia relativamente baja de bioclastos de rudistas y demás formadores de arrecifes

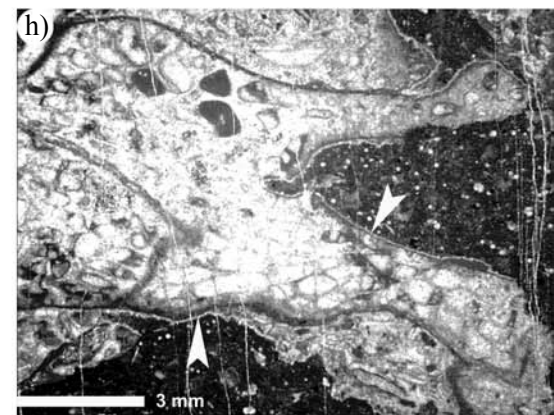
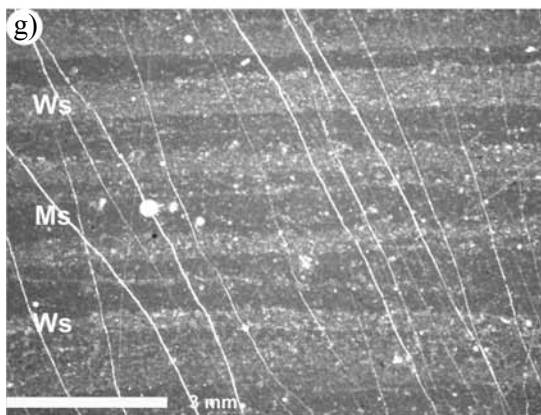
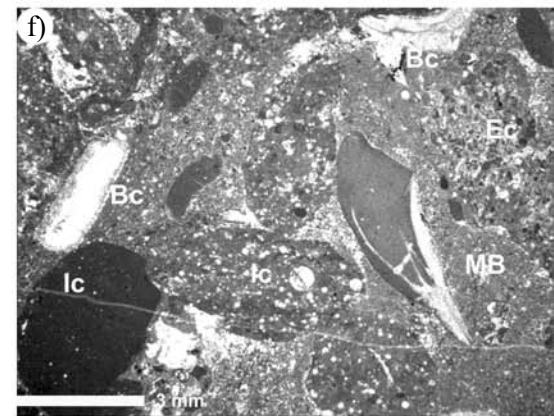
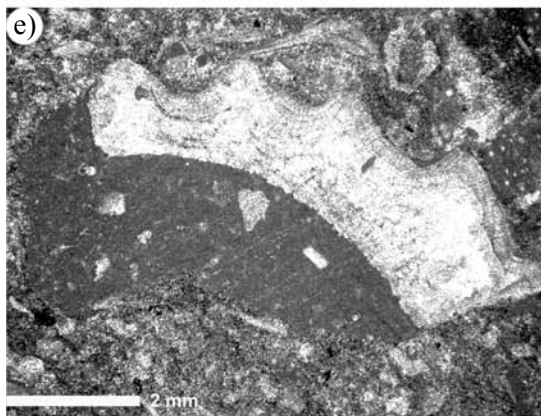
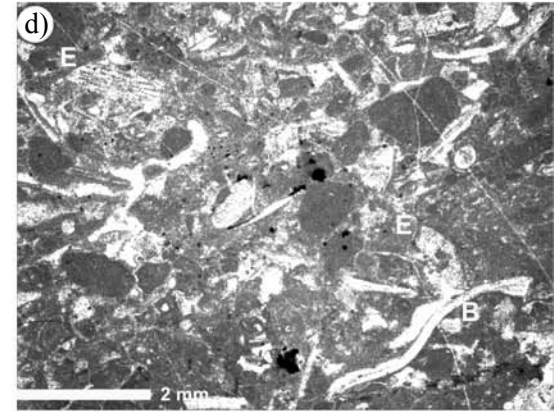
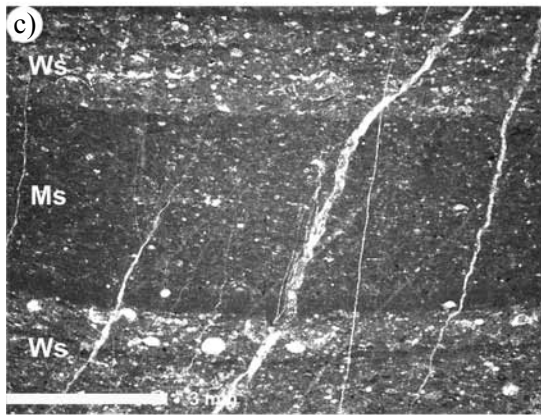
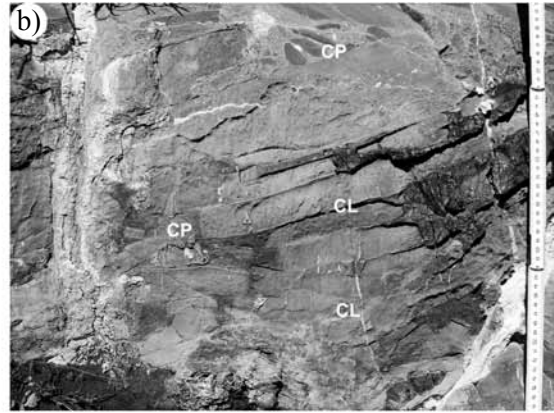


Tabla 5. Microfacies de los clastos de aguas profundas, clastos de aguas someras y bioclastos de las brechas del Afloramiento Rincón de Leijas.

Textura	SMF	ZF	Figura
<b>Clastos de aguas profundas 40%</b>			
<i>Wackestone</i> de finos biodetritos pelágicos y bentónicos	1	1, cuenca y plataforma de mar abierto	
<i>Wackestone</i> de calcisferas, globigerinas y bioclastos	3	1 y 3, cuenca y margen de plataforma profunda	
<i>Mudstone</i> de bioclastos / <i>wackestone</i> de filamentos	1 o 3	1 y 2, cuenca y margen de plataforma profunda	Figura 8c
<i>Mudstone</i> / <i>wackestone</i> / <i>packstone</i> de calcisferas, bioclastos y globigerinas	3	3, margen de plataforma de mar abierto / pie de talud	
<i>Wackestone</i> con espículas y radiolarios	1	1, carbonatos de cuenca o plataforma profunda	
Laminación de <i>mudstone-wackestone</i> pelágico	3	1, cuenca y plataforma profunda de mar abierto	Figura 8g
<b>Clastos de aguas someras (resedimentados) 20%</b>			
<i>Grainstone</i> de bioclastos cubiertos con cemento esparítico	11	6, área de alta energía de arenas de postarrecife depositadas en una plataforma exterior.	Figura 8d
<b>Bioclastos y otros componentes 20%</b>			
Moluscos, rudistas, fragmentos (placas y espinas) de equinodermos, briozoarios, además de foraminíferos bentónicos (miliólidos y orbitolinidos) y algunos microfósiles planctónicos (globigerinas) y pseudopellets, granos cubiertos, pellets y ooides			Figura 8e y 8h

SMF: Microfacies estándar (Flügel, 1972; Wilson, 1975); ZF: Zona de Facies (*Facies belts* de Wilson, 1975).

sugiere la probable falta en la continuidad de un arrecife en el borde.

### Modelo de depósito y distribución de facies

Con base en el estudio hecho a los clastos formadores de brechas calcáreas se puede concluir que, en el área de El Xoconoxtle, la brecha es el producto del colapso de un frente arrecifal inestable, el cual originó un movimiento talud abajo de sedimentos de aguas someras y del mismo talud moviéndose bajo la fuerza de gravedad (*flujo de escombros*), depositándose finalmente en una zona de aguas muy profundas dentro de la cuenca (Figura 9b), siendo ésta la brecha que tuvo su depósito final a mayor profundidad en el área de estudio. En el área de Armadillo de los Infante los clastos muestran características de una relativa buena madurez textural lo que indica un transporte que permitió una mayor interacción entre los granos en forma de un flujo de escombros que debió presentar velocidades adecuadas

que permitieran un régimen colisional (Drake, 1990), influenciado por el aumento en la arcillosidad del sedimento. Este mecanismo inicia desde la zona de facies de laguna postarrecifal a través de un canal o drenaje del borde de la plataforma pasando hacia la parte más distal del pie de talud e incluso hasta la plataforma de mar abierto (Figura 9c). En San Antonio de Eguía ocurrió un mayor transporte, pero la velocidad y el régimen dentro del flujo debió evitar algún tipo de colisión entre los granos (igualmente la fricción) lo que provocó la falta de interacción entre clastos. Aquí la presencia porcentual de clastos de aguas someras indica una pobre influencia en el aporte de material proveniente de la zona arrecifal marginal (Figura 9a). La brecha del Coro se formó debido al colapso de un margen arrecifal inestable, provocando la caída de grandes fragmentos del frente arrecifal, que fueron transportados y canalizados a través del talud, originando a la vez deslizamiento en masa y dando lugar a un flujo de escombros que formó una brecha de grano grueso la cual se depositó finalmente en la parte

Figura 8. Afloramiento Estación Rincón de Leijas. a: Fotografía de la base de un afloramiento que muestra clastos imbricados con una orientación preferencial (centro de la imagen). Afloramiento en 312917-2495640 UTM. b: La fábrica de estas brechas es mayormente soportada en granos, originando un contacto entre los granos de tipo largo (CL) y puntual (CP) y localmente de tipo sutura. Afloramiento en 312917-2495640 UTM. c: Clasto de aguas profundas compuesto por una alternancia de láminas milimétricas de 1) *mudstone* con bioclastos (Ms) y 2) *wackestone* con filamentos (Ws). Objetivo 1.25X, Luz natural. d: *Packstone/grainstone* de pseudopeloides y bioclastos. Clasto de aguas someras resedimentados compuesto de granos amorfos micritizados mayores de 0.5 mm de diámetro y bioclastos (B-bivalvos, E-espinas de equinodermos y orbitolinidos), formando una fábrica soportada por granos. Luz natural. e: Bioclasto relleno de micrita, donde el material de relleno no presenta dolomitización en comparación con la masa básica de la muestra, por lo que también puede ser considerado como un clasto resedimentado. Luz natural. f: *Rudstone* de clastos resedimentados de aguas someras (Ec), clastos de aguas profundas (Ic) y bioclastos (Bc). Brecha calcárea polimictica con un alto contenido de componentes (80%), los cuales forman una fábrica soportada por granos. La masa básica (MB) es predominantemente micrita y localmente presenta algo de microesparita-esparita. Luz natural. g: *Mudstone-wackestone* pelágico / Biomicrita. Clasto de aguas profundas compuesto por una alternancia de láminas milimétricas de *mudstone* (Ms) de calcisferas y *wackestone* (Ws) con un mayor contenido de componentes sin determinar. Objetivo 1.25X, Luz natural. h: Briozoario. Fragmento con un patrón de abanico, resultado de la diferencia en el arreglo, morfología y tamaño de los tubos o cavidades en su estructura interna. El clasto, incluyendo al bioclasto, proviene de aguas someras y fue transportado hasta zonas de aguas profundas donde posteriormente se rellenaron las partes fragmentadas con matriz pelágica. Luz natural.

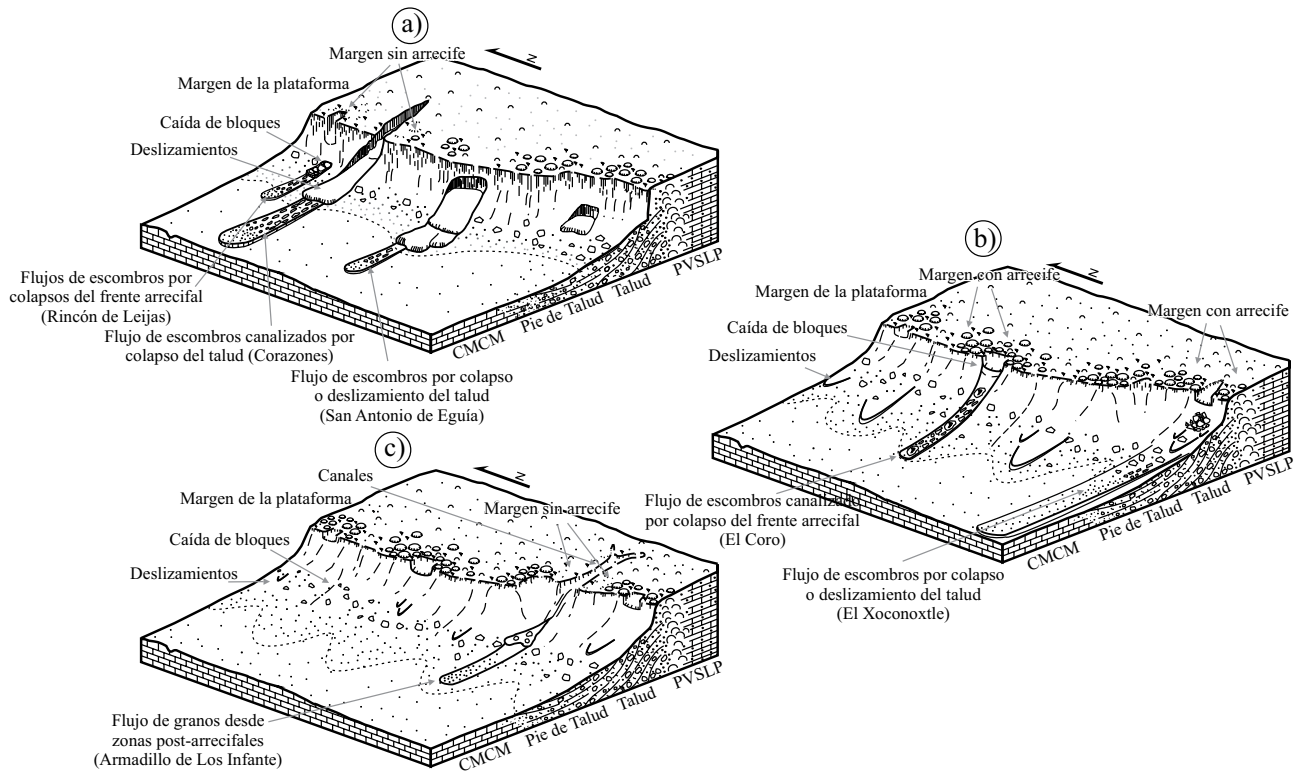


Figura 9. Modelos de depósito de las brechas estudiadas en una zona transicional plataforma-cuenca.

más distal del talud, ya que el estudio microfacial no mostró clastos de aguas más profundas (Figura 9a). Contrariamente, el área de Corazones muestra un gran transporte (de zonas de atrás del margen hasta cuenca profunda) y una muy pobre interacción entre clastos (formas de hoja y tabulares), además de un bajo contenido de fragmentos y clastos con rudistas debido probablemente a la ausencia de un borde arrecifal continuo (Figura 9a). Finalmente el área de Rincón de Leijas indica que el depósito final de estas brechas tuvo lugar en aguas profundas de cuenca, e incluye clastos retransportados de zonas de plataforma como lo indica la presencia de material de aguas someras, aunque bioclastos de rudistas son escasos lo que podría reflejar un borde de plataforma sin arrecife (Figura 9a).

## CONCLUSIONES

Los estudios litológicos, texturales y microfaciales realizados a las brechas en el área de estudio permiten presentar las siguientes conclusiones:

Las características generales de las brechas muestran que se trata de brechas de composición poligenética y polifaciales, con componentes de aguas profundas y aguas someras, que abarcan un espectro facial muy grande que incluye desde la plataforma interior (ZF 8), pasando por prácticamente todas las zonas faciales hasta la zona de cuenca de aguas profundas (ZF 1). Las brechas con pre-

sencia de clastos de las ZF 1 con espiculitas son las que se depositaron en ambientes más profundos (Xoconoxtle y Rincón de Leijas) y en menor medida las brechas de Corazones, San Antonio de Eguía y El Coro, siendo la brecha de Armadillo la que alcanzó menores profundidades y tuvo el menor transporte.

Los clastos de las zonas más someras en las partes más internas de la plataforma se encuentran en la brecha de Armadillo y la brecha de Corazones, las cuales muestran clastos que fueron transportados y retrabajados desde adentro de la plataforma e incluso de zonas lagunares (SMF 8, 9 y 18; ZF 7 y 8), siendo depositadas finalmente en ambientes profundos. La descripción morfológica de los clastos indica que a excepción de la brecha de Armadillo, todas las demás brechas muestran una madurez textural muy pobre con una selección que va de pobre a muy pobre y con valores muy bajos de esfericidad y redondez. Por otro lado, la brecha de Armadillo tiene clastos con una clasificación de moderada a buena, así como una buena relación redondez/esfericidad. Estos resultados indican que el grado de selección, así como la redondez y esfericidad que tienen los clastos de las brechas estudiadas no son controladas por las dimensiones del transporte, como ocurre normalmente con sedimentos terrígenos continentales, sino que están más bien controlados por el mecanismo de depósito y las características litológicas, diagenéticas e incluso faciales de los clastos.

Las brechas estudiadas incluyen diferentes tipos de depósitos, los cuales interactúan o son el resultado de la

evolución de uno al otro y que son: 1) brechas calcáreas formadas por grandes bloques derivados de la caída o desprendimiento del borde arrecifal; 2) brechas calcáreas depositadas por flujos de escombros, y 3) brechas calcáreas depositadas por corrientes turbidíticas.

Aunque todas las brechas estudiadas contienen en mayor o menor cantidad clastos resedimentados de zonas de plataforma, no todas tienen rudistas (en forma de bioclastos o como ejemplares completos), lo cual nos sugiere que no necesariamente se encontraba una barrera arrecifal a todo lo largo del margen occidental de la PVSLP.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los apoyos recibidos a través de los convenios 2003-C02-43966 y 52805-F de Ciencia Básica SEP-CONACyT, del convenio C06-FAI-03-12.15 del Fondo de Apoyo a la Investigación de la UASLP (FAI), así como el apoyo logístico del Instituto de Geología de la UASLP. El M.C. Edgard Iván Rodríguez Hernández realizó sus estudios de maestría gracias a una beca CONACYT (clave 185151), y parte de sus resultados se presentan en el presente trabajo. De igual modo se agradece a los revisores y editores Dr. José Manuel Grajales Nishimura por sus comentarios y sugerencias y muy especialmente a los Drs. Timothy F. Lawton y Paul Enos, cuyas revisiones críticas y constructivas mejoraron notablemente el presente trabajo. Finalmente, los autores desean recordar a dos personas que de muy diferentes formas contribuyeron tanto al buen desarrollo del presente manuscrito, como al buen término de los estudios del primer autor y quienes no pudieron verlos finalizados: al Sr. Juan Felipe Rodríguez Martínez y al Dr. Rodolfo Rodríguez Ríos.

## REFERENCIAS

- Aguayo-Camargo, J.E., 1975, Sedimentary environments and diagenetic implications of the El Abra Limestone at its type locality, east Mexico: Dallas, Texas, University of Texas at Dallas, tesis doctoral, 159 pp.
- Basáñez-Loyola, M.A., Fernández-Turner, R., Rosales-Domínguez, C., 1993, Cretaceous platform of Valles-San Luis Potosi, northeastern central Mexico, *en* Toni-Simo, J.A., Scott, R.W., Masse, J.P. (eds), Cretaceous Carbonate Platforms: Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 56, 51-59.
- Barboza-Gudiño, J.R., Valencia, V.A., López-Doncel, R., 2008, Estratigrafía y estructura de unidades precretácicas del área de Aramberri, Nuevo León *en* II Simposio Geocientífico Internacional Linares 2008, Libro de Resúmenes: Linares, N.L., Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, 27-28.
- Barnette, A., Illing, L. V., 1956, The Tamabra Limestone of the Poza Rica oil field, Veracruz, Mexico: Congreso Geológico Internacional, XX Sesión, México, D.F., 38 pp.
- Carrasco-V., B., 1977, Albian sedimentation of submarine autochthonous and allochthonous carbonates, east edge of the Valles-San Luis Potosí Platform, México: SEPM Special Publication, 25, 263-272.
- Carrillo-Bravo, J., 1971, La Plataforma Valles-San Luis Potosí: Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 23, 110 pp.
- Carrillo-Bravo, J., 1982, Exploración Petrolera de la Cuenca Mesozoica del Centro de México: Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 34(1), 21-46.
- Cruz-Márquez, J., 2005, Mapeo Geológico y Estudio Sedimentológico de la Secuencia calcáreo-arcillosa del Cretácico Superior de la Sierra "El Meco", Villa de Arista, S. L. P.: San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Trabajo Recepcional, 55 pp.
- Drake, T.G., 1990, Structural features in granular flows: Journal of Geophysical Research, 95(B6), 8681-8696.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional textures, *en* Ham, W.E. (ed.), Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, 108-121.
- Enos, P., 1974, Reefs, platforms and basins of middle Cretaceous in northeast Mexico: American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 58(5), 800-809.
- Enos, P., 1977, Tamabra Limestone of the Poza Rica trend, Cretaceous, Mexico, *en* Cook, H. E., Enos, P. (eds.), Deep Water Carbonate Environments: SEPM Special Publication 25, 273-314.
- Flügel, E., 1972, Mikrofazielle Untersuchungen in der alpinen Trias: Methoden und Probleme: Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich, 21, 6-64.
- Flügel, E., 1982, Microfacies Analysis of Limestones: Springer, 633 pp.
- Flügel, E., 2004, Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application: Germany, Springer, 976 pp.
- Folk, R.L., 1959, Practical petrographic classification of limestones: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 43(1), 1-38.
- Folk, R.L., 1962, Spectral subdivision of limestone types, *en* Ham, W.E. (ed.), Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, 62-84.
- Friedman, G.M., 1965, Terminology of crystallization textures and fabrics in sedimentary rocks: Journal of Sedimentary Petrology, 35(3), 643-655.
- Heim, A., 1940, The front ranges of Sierra Madre Oriental, Mexico, from Ciudad Victoria to Tamazunchale: Ecologiae Geologicae Helveticae, 33(2), 313-352.
- López-Doncel, R., 2000a, La Brecha calcárea de la Sierra del Coro como un indicador de la dinámica de la margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, *en*: VII Congreso Mexicano de Paleontología y Primer Simposio Geológico en el Noreste de México, Libro de Resúmenes: Linares, N.L., Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra; Sociedad Mexicana de Paleontología, 40-41.
- López-Doncel, R., 2000b, Nuevos datos sobre la geología de la margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí: Geos, Boletín Informativo de la Unión Geofísica Mexicana, 20(3), 155-156.
- López-Doncel, R., 2000c, Karbonatfazielle Entwicklung während der mittleren Kreide am westlichen Rand der Valles-San Luis Potosi-Plattform (Mittel-Mexiko): Germany, Technische Universität Clausthal, Tesis Doctoral, 174 pp.
- López-Doncel, R., 2002, Estudios Estratigráficos y Depositionales de la Formación Soyatal (Turonian), en la Sierra de Álvarez y Sierra del Coro, porción centro-occidental del Estado de San Luis Potosí: Geos, Boletín Informativo de la Unión Geofísica Mexicana, 26(1), 335-336.
- López-Doncel, R., 2003, La Formación Tamabra del Cretácico medio en la porción central del margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, centro-noreste de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 20(1), 1-19.
- López-Doncel, R., Rodríguez-Hernández, E.I., 2004, Control litológico de los depósitos alóctonos en una zona de transición plataforma-cuenca, *en* IV Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, Libro de Resúmenes: Juriquilla, Qro., Centro de Geociencias, UNAM, Sociedad Geológica Mexicana, p. 118.
- López-Doncel, R., Tapia-Uresti, I., 2001, Tipos de depósitos en la parte central del margen occidental de la Plataforma cretácica Valles-San Luis Potosí: Geos, Boletín Informativo Unión Geofísica Mexicana, 21(3), 160-161.

- López-Doncel, R., Rodríguez-Hernández, E., Cruz-Márquez, J., 2006, Lithologic control of the allochthonous deposits in a transitional "Platform-to-basin" area. —An example at the east-central portion of Mexico, *en* 17th International Sedimentological Congress 27th August-1st September 2006, Fukuoka, Japan, A, p. 235.
- López-Doncel, R., Rodríguez-Hernández, E., Cruz-Márquez, J., Navarro-Moctezuma, A., Pichardo-Barrón, Y., Aguilar-Pérez, J., 2007, Microfacial and stratigraphic relationships of the Aptian - Santonian deposits of a transitional "platform-to-basin" area. An example at the east central portion of Mexico, *en* Díaz-Martínez, E. Rábano, I. (eds.), 4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America: Madrid, Instituto Geológico Minero de España, Cuadernos del Museo Geominero, 8, 251-255.
- Pichardo-Barrón, Y., Aguilar-Pérez, J., Pons, J.M., López-Doncel, R., 2007, Carbonate microfacies in the western margin of the Valles – San Luis Potosí Platform, east-central Mexico *en* Díaz-Martínez, E. Rábano, I. (eds.), 4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America: Madrid, Instituto Geológico Minero de España, Cuadernos del Museo Geominero, 8, 315-321.
- Randazzo, A.F., Zachos, L.G., 1983, Classification and description of dolomitic fabrics of rocks from the Floridian aquifer, U.S.A.: *Sedimentary Geology*, 37(3), 151-162.
- Rodríguez-Hernández, E.I., 2007, Estudio granulométrico-microfacial en brechas calcáreas de una zona de transición Plataforma-Cuenca —Un ejemplo en la porción central del estado de San Luis Potosí. Implicaciones deposicionales y paleogeográficas: San Luis Potosí, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Posgrado en Geología Aplicada, Tesis de Maestría, 149 pp.
- Rodríguez-Hernández, E.I., López-Doncel, R., Cruz-Márquez, J., 2005, Análisis granulométrico de brechas calcáreas con ayuda de imágenes digitales, implicaciones-deposicionales y litofaciales: Resultados preliminares, *en* XV Congreso Nacional de Geoquímica, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, *Actas INAGEQ*, 11(1), 120-125.
- Venegas-Rodríguez, G., Barboza-Gudiño, J.R., López-Doncel, R.A., 2009, Geocronología de circones detríticos en capas del Jurásico Inferior de las áreas de la Sierra de Catorce y El Alamito en el estado de San Luis Potosí: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26(2), 466-481.
- Wilson, J.L., 1975, *Carbonate facies in Geologic History*: Berlin, Springer, 471 pp.

Manuscrito recibido: Enero 28, 2008

Manuscrito corregido recibido: Junio 5, 2009

Manuscrito aceptado: Junio 10, 2009