

**LAS FACIES CALCAREAS DE LA FORMACION ALISITOS,  
EVIDENCIA DE CALMA TECTONICA  
EN EL CRETACICO TEMPRANO**

**THE CALCAREOUS FACIES OF THE ALISITOS FORMATION,  
EVIDENCE FOR AN EARLY CRETACEOUS TECTONIC CALM**

Francisco Suárez Vidal  
Centro de Investigación Científica y Educación  
Superior de Ensenada (CICESE)  
Apdo. Postal No. 2732  
Ensenada, Baja California, México

Suárez Vidal, F. (1987). Las facies calcáreas de la Formación Alisitos, evidencia de calma tectónica en el Cretácico temprano. *The Calcareous Facies of the Alisitos Formation, Evidence for an Early Cretaceous Tectonic Calm*. *Ciencias Marinas*; 13(3): 131-154, 1987.

**RESUMEN**

La Formación Alisitos (Aptiano-Albiano), formada a partir de un arco volcánico, aflora a lo largo del margen oeste de la Península de Baja California, bordeando el flanco oeste del Batolito Peninsular. Litológicamente esta formación consta de brechas volcánicas, flujos porfiríticos, calizas biohémicas y sedimentos tobáceos y piroclásticos. La distribución de estas facies depende de la distancia al centro volcánico (Baggs, 1984). La presencia de caliza biohémica masiva indica que en el Cretácico temprano (entre los episodios tectónicos), la actividad volcánica decreció al grado de que las condiciones ambientales fueron favorables para el desarrollo de una barrera de arrecifes orgánicos, entre la costa y un arco de isla. Estas condiciones se presentaron al sur de la Falla de Agua Blanca y se extendieron hasta El Arco. Las observaciones de campo y el análisis petrológico indican estas condiciones ambientales en el área de Punta China y San Fernando.

**ABSTRACT**

The Alisitos Formation (Aptian-Albian) shaped as a marine volcanic arc, crops out along the western side of the Peninsula of Baja California, bounding the western flank of the Peninsular Range Batholith. Lithologically, this formation consists of volcanic-breccias, porphyritic flows, biohermal limestones and tuffaceous and pyroclastic sediments. The distribution of these facies depends on the nature of volcanism and the distance from volcanic center (Baggs, 1984). The presence of massive biohermal limestone indicates that in the early Cretaceous (during the tectonic episodes), the volcanic activity decreased to the level that environmental conditions were favorable for the development of an organic reef barrier, behind an island arc. Such conditions were present south of the Agua Blanca Fault and extended to El Arco. Field observation and petrological analysis indicate this environmental condition in the Punta China and San Fernando areas.

**INTRODUCCION**

El Jurásico tardío y Cretácico temprano ha sido descrito como un período de tectonismo intenso que afectó la porción oeste de California y Baja California (Gastil *et al.*,

**INTRODUCTION**

Late Jurassic-early Cretaceous time has been described as a period of intensive tectonism that affected the western side of California and Baja California. (Gastil *et al.*, 1975;

1975; Gastil *et al.*, 1979; Gastil *et al.*, 1981; Rangin, 1978; Beggs, 1984). En asociación con la actividad tectónica durante el Aptiano-Albiano se encuentra el desarrollo del cinturón volcánico andesítico riolítico que se extiende de Norte a Sur a lo largo de la porción oeste del Estado de Baja California.

Esta formación fue descrita como Cretácico temprano (Aptiano-Albiano) por Santillán y Barrera (1930) y Allison (1955). Desde el punto de vista litológico, la Formación Alisitos consiste de una secuencia de rocas volcánicas (andesita), volcanoclásticas (variando de conglomerado a arcillas) y material piroclástico (sedimento calcáreo y tobas) (Allison, 1955; Gastil *et al.*, 1975; Beggs, 1984). Se han utilizado en el pasado tres diferentes nombres para describir las rocas del Cretácico temprano en el norte de Baja California. Beal (1948) nombró Formación San Fernando a una secuencia de rocas sedimentarias calcáreas y material volcánico que afloran en la antigua Misión de San Fernando. Woodford y Harris (1938) describieron la Formación San Telmo. Santillán y Barrera (1930) dieron el nombre de Formación Alisitos para las rocas del Cretácico temprano en el Rancho Alisitos, cerca de Punta China (Fig. 1). Dado que las formaciones San Telmo, San Fernando y Alisitos son rocas de la misma edad y litología, el nombre Alisitos es un nombre válido para denominar a estas rocas (Gastil *et al.*, 1975).

Gastil *et al.* (1975) reportan que al norte de la Falla de Agua Blanca los estratos sedimentarios son poco frecuentes, pero al sur de la falla, los estratos de calizas Cretácicas, limolitas calcáreas y lutitas son comunes y están interestratificados con arenisca volcánica, conglomerado volcánico, tobas y brecha volcánica. Estos sedimentos representan ambientes de depositación desde mar profundo a somero- hasta depósitos de tierra firme. Beggs (1984) presentó una clasificación genética de las rocas volcanoclásticas del grupo Alisitos y las refiere genéticamente al vulcanismo durante el Cretácico temprano. Por otra parte, la mayoría de los trabajos realizados en la Formación Alisitos han sido enfocados a las secuencias volcánicas, al material piroclástico y volcanoclástico. Actualmente los únicos estudios de las facies calcáreas de la Forma-

Gastil *et al.*, 1979; Gastil *et al.*, 1981; Rangin, 1978 and Beggs, 1984). Associated with the tectonic activity during Aptian-Albian time was the development of an andesitic-rhyolitic volcanic belt which extended from North to South along the western side of the State of Baja California norte.

This formation has been described as early Cretaceous (Aptian-Albian) by Santillán and Barrera (1930), and Allison (1955). Lithologically, the Alisitos Formation consists of a sequence of volcanic rocks (andesite), volcanoclastic rocks (varying from conglomerate to shale), and pyroclastic material, (calcareous and tuffaceous sediments) (Allison, 1955; Gastil *et al.*, 1975; Beggs, 1984). In the past, three formational names were used to describe the early Cretaceous rocks in northern Baja California. Beal (1948) named the San Fernando Formation for a sequence of calcareous sedimentary rocks and volcanic material which crop out along the old San Fernando Mission. Woodford and Harris (1938) described the San Telmo Formation. Santillán and Barrera (1930) named the Alisitos Formation for early Cretaceous rocks at Rancho Alisitos, near Punta China (Fig. 1). Since the San Telmo, San Fernando and Alisitos Formations are rocks of the same age and lithology, the name Alisitos was a valid formational name (Gastil *et al.*, 1975).

Gastil *et al.* (1975) report that north of the Agua Blanca Fault, sedimentary strata are uncommon, whereas south of the fault Cretaceous limestone, calcareous siltstones, and mudstone are common and are interbedded with volcanic sandstone, volcanic conglomerate, tuff and volcanic breccia. These sediments represent deep- to shallow- marine to nonmarine depositional environment. Beggs (1984) presented a genetic classification of the volcanoclastic rocks of the Alisitos group and related them genetically to the volcanism during early Cretaceous time. Although much research has been done on the Alisitos Formation, most of it has been focused on the volcanic sequence or the pyroclastic and volcanoclastic material. At present, the only studies on the calcareous facies of the Alisitos Formation are those conducted by Beal (1949), Woodford and Harris (1938), Santillán

ción Alisitos son los realizados por Beal (1949), Woodford y Harris (1938), Santillán y Barrera (1930) y Allison (1955). Solamente mencionan la presencia de caliza y la fauna incluida en ella.

El propósito de este escrito es describir desde el punto de vista petrológico, las rocas calcáreas incluidas en la Formación Alisitos y lo que éstas representan en relación al tectonismo del Cretácico. Para realizar este objetivo se seleccionaron dos áreas que son: La región Punta China-Rancho Alisitos, en donde Santillán y Barrera (1930) describieron por primera vez la Formación Alisitos, y la segunda región es cerca de la Misión de San Fernando, en donde Beal (1948) nombró la Formación San Fernando.

#### AREA DE ESTUDIO

Punta China se localiza a 170km al sur de la frontera internacional México-USA, a 23km al oeste del pueblo de Santo Tomás. Es aquí en el Rancho Alisitos, en donde la sección tipo de la Formación Alisitos fue descrita (Fig. 1). A 4km al sur de La Bocana de Santo Tomás está una cantera de caliza que ha sido explotada para cemento (Cementos Guadalajara). Punta China es el afloramiento más al Norte de las facies calcáreas de la Formación Alisitos. Al sur de Punta China, estas facies afloran en diversos lugares como son: San Vicente y Punta Cabra, al este de San Quintín; San Fernando y El Arco.

#### GEOLOGIA GENERAL

En el área de Punta China la Formación Alisitos alcanza un espesor de varios miles de metros (Allison, 1955; Gastil *et al.*, 1975; Guzmán, 1976). Sin embargo, a lo largo de la localidad tipo solamente afloran 160m de litologías de origen sedimentario y volcanoclástico en la cantera de cemento, localizada a cuatro kilómetros al sureste de la localidad tipo. Se han medido 240m de ese mismo material, esto indica la drástica variabilidad en espesores en distancias cortas.

La asociación litológica de la Formación Alisitos en Punta China no es bien conocida. Se cree, por inspección de diversos afloramientos

and Barrera (1930), and Allison (1955). They only mention the presence of the limestones and the fauna included within.

The purpose of this paper is to describe from a petrological viewpoint, the calcareous rocks included within the Alisitos Formation and also what they represent in relation to Cretaceous tectonism. To accomplish this objective two areas were selected: the first one is the Punta China-Rancho Alisitos region where Santillán and Barrera (1930) first described the Alisitos Formation and the second region is near the San Fernando Mission where Beal (1948) named the San Fernando Formation.

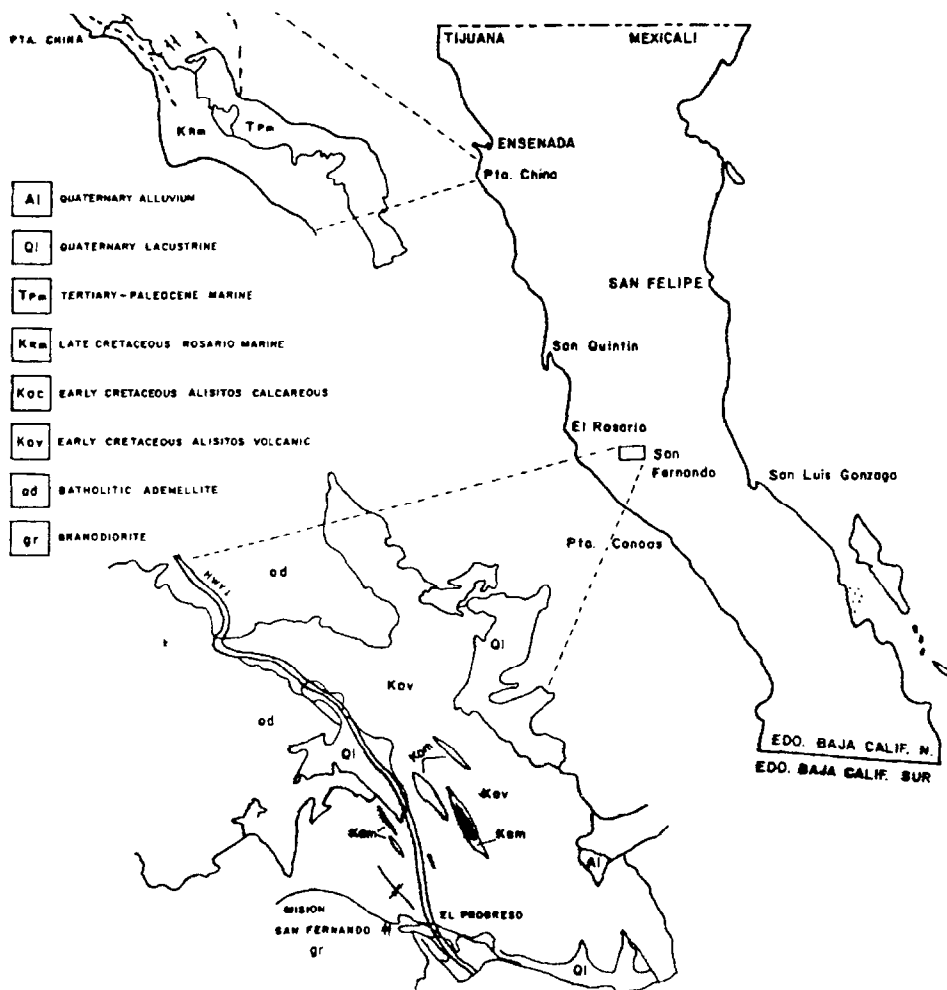
#### STUDY AREA

Punta China is located 170km south of the International Border, 23km west of the Village of Santo Tomás. It is here, at Rancho Alisitos where the type section of the Alisitos Formation was described (Fig. 1). Four kilometers south of La Bocana de Santo Tomás there is a limestone quarry which has been exploited for cement (Cementos Guadalajara). Punta China is the northernmost exposure of the calcareous facies of the Alisitos Formation. South of Punta China these facies crop out in several places such as: San Vicente and Punta Cabra, east of San Quintín; San Fernando and El Arco location.

#### GENERAL GEOLOGY

In the Punta China area, the Alisitos Formation reaches a maximum thickness of several thousand meters (Allison, 1955; Gastil *et al.*, 1975; Guzmán, 1976). However, along the type locality, only 160m of sedimentary and volcanoclastic origin lithologies crop out on the cement quarry, situated 4km southeast of the type locality. Two hundred and forty meters of that same material have been measured. This indicates the drastic thickness variability on short distances.

The lithologic association of the Alisitos Formation in Punta China is not well known. It is thought (based on the inspection of different outcrops) that this formation lies over fillites, argillites, quartzites and other



**Figura 1.** Mapa de localización de los miembros calcáreos de la Formación Alisitos en Punta China y San Fernando, Baja California, México.

**Figure 1.** Localization map of the calcareous members from the Alisitos Formation in Punta China and San Fernando, Baja California, Mexico.

tos, que esta formación está sobre filitas, argilitas, cuarcitas y otras rocas metasedimentarias así como algunas rocas plutónicas emplazadas, como dioritas y cuarzo-dioritas presentes en las colinas de Piamonte al Oeste.

Sobre la Formación Alisitos está la Formación Rosario del Cretácico superior. Esta formación, en el área de Punta China se acuña contra la Formación Alisitos. La Formación Rosario consiste de estratos de arenis-

metasedimentary rocks, as well as some plutonic rock sites, such as diorites and quartz-diorites present in the Piedmont hills to the West.

Over the Alisitos Formation lies the Rosario Formation, from the upper Cretaceous. In the Punta China area, this formation wedges against the Alisitos Formation. The Rosario Formation consists of sandstone (arkose), flat, poorly consolidated, silts and

ca (arkosa), planos, pobremente consolidados, silts y conglomerados. Las facies clásticas más gruesas de la Formación Rosario están depositadas sobre y contra un alto topográfico de roca resistente de la Formación Alisitos en Punta China. Hacia el Oeste, a lo largo de la costa, existe una terraza de arenisca cuaternaria que es la única otra unidad litológica reconocida en Punta China.

### SAN FERNANDO

Dos kilómetros al norte de la Misión de San Fernando, la Formación Alisitos aflora a ambos lados de la carretera federal #1 (Fig. 2). Originalmente las rocas que forman la secuencia Cretácico en esta área fueron descritas como Formación San Fernando (Beal, 1948), quien escribió: "Las rocas irregularmente alteradas para las que fue propuesto el nombre de Formación San Fernando por el escrito Anon. (1924), en los principales afloramientos al norte de San Fernando, incluye pizarras, conglomerado, cuarcita, caliza y rocas volcánicas con algunas areniscas y lutitas. Darton (1921), cuyo trabajo fue llevado a cabo con el de la presente expedición, define a estas rocas como Cretácico Pre-Chico".

Posteriormente Allison (1955), Silver *et al.*, (1963), Guzmán (1976), y recientemente Beggs (1984), argumentan que el nombre de Formación San Fernando fue incorrecto, y sugieren que se utilice el de Formación Alisitos para referirse a las rocas del Cretácico temprano presentes en el área de San Fernando.

La Formación Alisitos en San Fernando consiste en una secuencia de rocas volcánicas (andesita-riolita) intercaladas con calizas, material volcánico-clástico y piroclástico, areniscas calcáreas y lutitas. Beggs (1983) describe siete litofacies volcanoclasticas distintas basándose en diferencias de composición, geometría, volumen, estructuras sedimentarias, textura y asociación estratigráfica. Al oeste y suroeste de los afloramientos de calizas, la Formación Alisitos fue afectada por el emplazamiento de rocas batolíticas (adamelitas y granodioritas). Al Suroeste aflora la Formación Rosario, del Cretácico superior, y al Noroeste y Sureste, el área está cubierta por sedimento aluvial del Cuaternario.

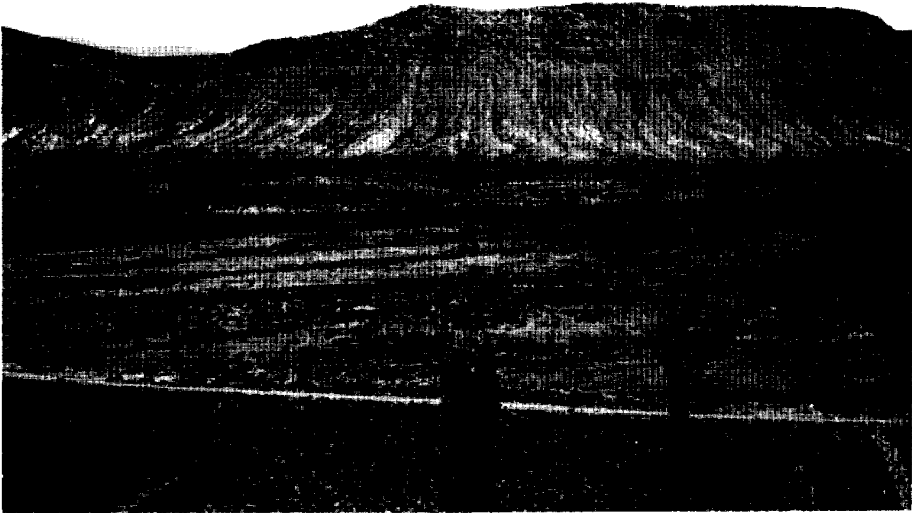
conglomerate strata. The thickest clastic facies of the Rosario Formation are deposited over and against a topographic highstand of resistant rock from the Alisitos Formation in Punta China. A Quaternary sandstone terrace is located along the coast to the West, which is the only other lithologic unit known in Punta China.

### SAN FERNANDO

Two kilometers north of Misión de San Fernando, the Alisitos Formation crops out on both sides of the federal highway #1 (Fig. 2). Originally, the rocks forming the Cretaceous sequence in this area were named as the San Fernando Formation (Beal, 1948). He wrote: "The irregular altered rocks, from which the name San Fernando Formation was proposed by the writer (Anon., 1924) from the prominent exposures north of San Fernando, include slates, conglomerate, quartzite, limestone and volcanic rocks with some sandstones and shale. Darton (1921), whose work was carried on concurrently with that of the present expedition, referred to these rocks as Pre-Chico Cretaceous rocks".

Later Allison (1955), Silver *et al.* (1963), Guzmán (1976), and recently Beggs (1984), all agree that the name San Fernando Formation was incorrect, and instead the Alisitos Formation is used to describe the early Cretaceous rocks present in the San Fernando area.

The Alisitos Formation in San Fernando consists of a sequence of volcanic (andesite-rhyolite) rocks interbedded with volcanoclastic-pyroclastic limestones, calcareous sandstones and shales. Beggs (1983) described seven different volcanoclastic lithofacies based upon differences in composition, unit geometry, volume, sedimentary structures, texture and stratigraphic association. West and southwest of the limestones outcrops, the Alisitos has been affected by the emplacement of batholithic rocks (adamellites and granodiorites). To the Southwest, the upper Cretaceous Rosario Formation crops out, and to the Northwest and Southeast, Quaternary alluvial sediments cover the area.



**Figura 2.** Vista superior de las facies calcáreas Alisitos que afloran en el área de San Fernando.  
**Figure 2.** Overview of the Alisitos calcareous facies cropping out in the San Fernando area.

El reconocimiento de campo y el trabajo petrográfico se concentran en los dos afloramientos de caliza localizados a ambos lados de la carretera federal #1.

#### **ANÁLISIS PETROGRÁFICO**

Allison (1955) reconoció dos miembros sedimentarios diferentes en la Formación Alisitos. La subdivisión está basada en diferencias en el conjunto faunístico. Este autor escribió: "Los dos miembros de la Formación Alisitos en Punta China se distinguen por dos faunas diferentes tanto en aspectos generales como específicos, que pueden fácilmente ser confundidas e interpretadas como no relacionadas. Por otra parte, desde el punto de vista litológico, los dos miembros son diferentes. La unidad inferior está formada por una secuencia de rocas clásticas como lutitas, areniscas y lutitas tobáceas, brechas piroclásticas y volcánicas, mientras que en el miembro superior las rocas sedimentarias dominantes son calizas interstratificadas con brechas volcánicas, material piroclástico y lutitas".

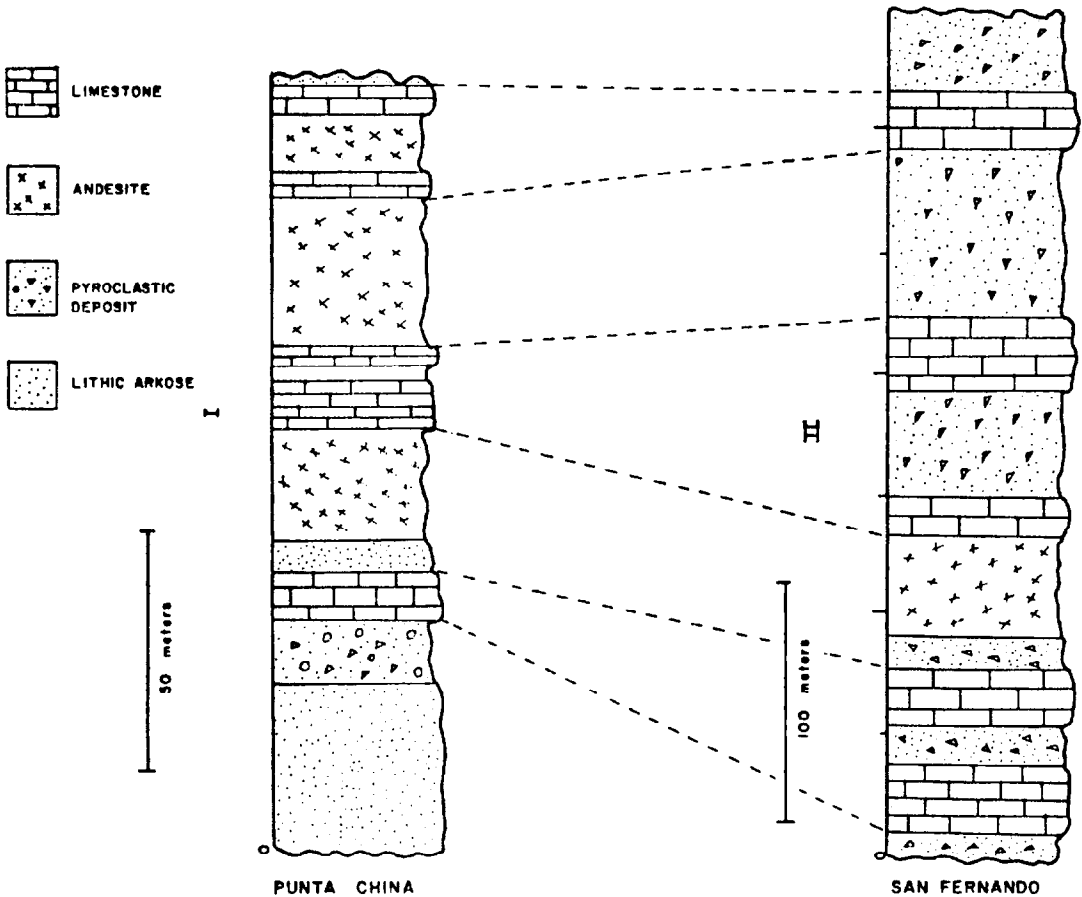
The field reconnaissance and the petrographic analysis concentrated on the two limestone outcrops located on both sides of highway #1.

#### **PETROGRAPHIC ANALYSIS**

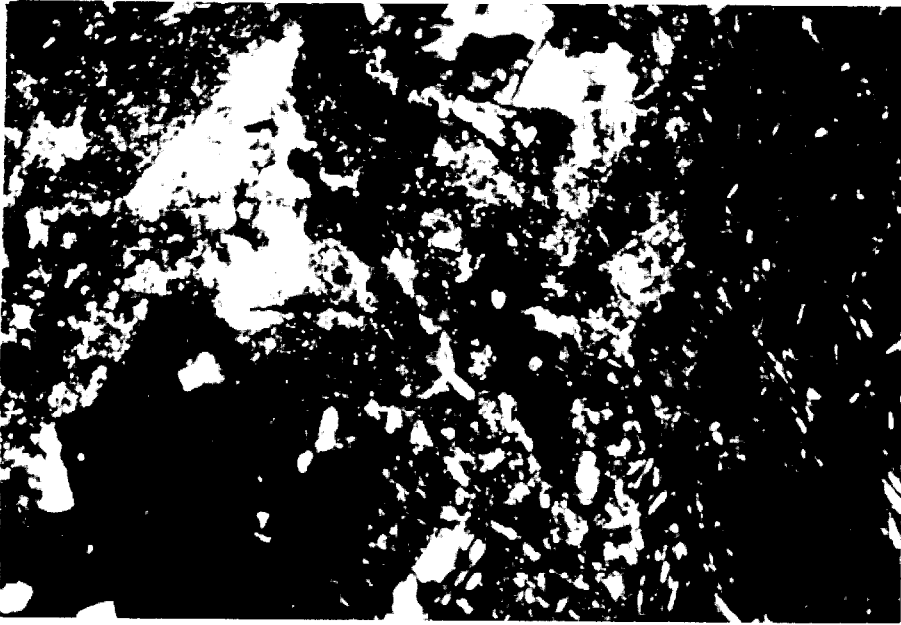
Allison (1955) recognized two different sedimentary members of the Alisitos Formation. The subdivision is based upon the difference in fauna assemblage. He wrote: "The two members of the Alisitos Formation at Punta China are distinguished by two faunas so different in both general and specific aspects that they could easily be mistaken and interpreted as unrelated. Also from the lithological point of view the two members are different. The lower unit is formed by a sequence of clastic rocks such as siltstone, tuffaceous sandstones and siltstones, pyroclastic and volcanic breccias whereas in the upper member the dominant sedimentary rocks are limestones interbedded with volcanic breccias, pyroclastic material and siltstones.

Basado en la subdivisión de Allison, el presente estudio se concentra en el miembro superior considerando la clasificación paleontológica hecha por Allison (1955). Se analizaron diecinueve muestras diferentes, siete de ellas fueron colectadas en la localidad de San Fernando y el resto del afloramiento de Punta China. Cada una de las muestras está indicada en la columna estratigráfica en la figura 3.

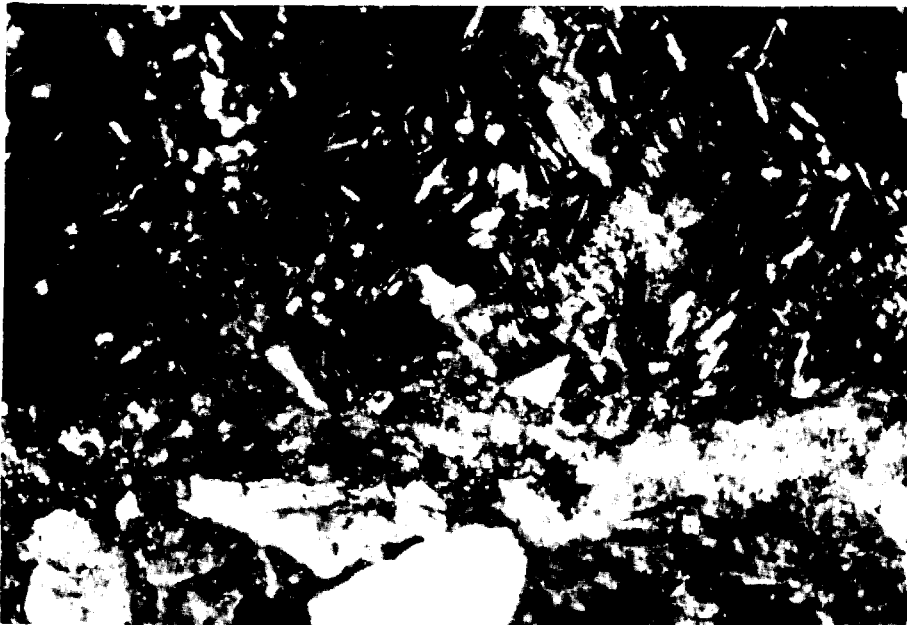
Based upon Allison's subdivision, the present study is concentrated on the upper member considering the paleontological classification made by Allison (1955). Nineteen different samples were analyzed, seven of them were collected at the San Fernando site and the rest from to the Punta China outcrop. Each of the samples is indicated in the stratigraphic column in figure 3.



**Figura 3.** Composición columnar de la sección medida en Punta China (I) y en San Fernando (II), Baja California.  
**Figure 3.** Columnar composition of the medium section in Punta China (I) and in San Fernando (II), Baja California.



**Figura 4.** Fotomicrografía de una toba lapílli con fragmentos volcánicos altamente oxidados.  
**Figure 4.** Photomicrograph of lapilli tuff with a highly oxidized volcanic fragments.



**Figura 5.** Fotomicrografía de un flujo tobáceo con inclusiones de pumicita y vidrio volcánico.  
**Figure 5.** Photomicrograph of fallout tuff with inclusions of pumice and glass-shard.

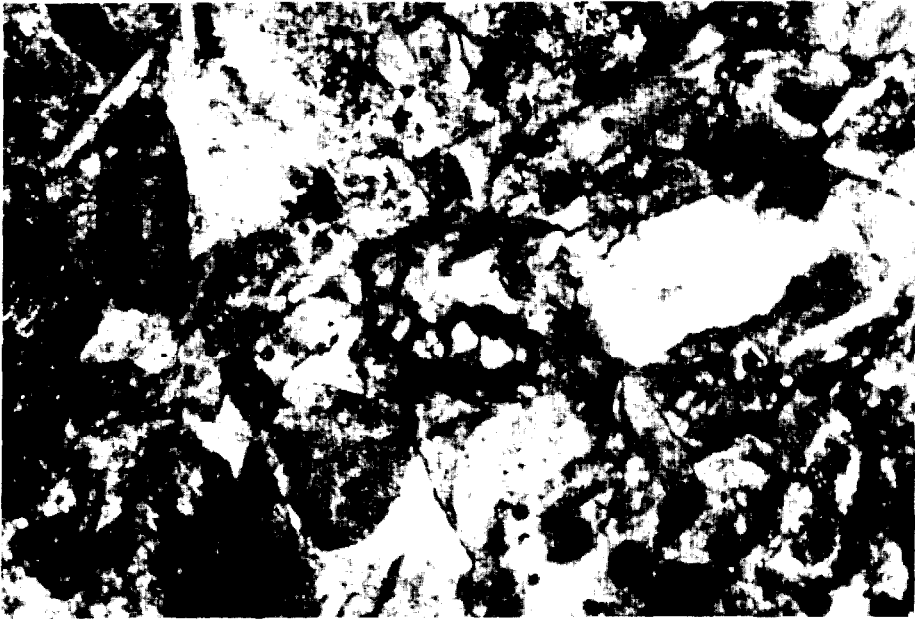


En el área de San Fernando, la caliza aparece sobre una secuencia de material piroclástico y brechas volcánicas (Fig. 4). Estas calizas son descritas por Beggs (1984) como litico-vítricas, brechas tobáceas, ignimbritas, tobas, tobas lapilíticas. El primer estrato calcáreo tiene un espesor de 27m, gris claro, microsparita, con abundantes granos de cuarzo monocristalino, con extinción recta, forma subhedral y libres de inclusiones. No se observaron fósiles en este estrato. Sobre la microsparita, existe un flujo de toba piroclástica. El sorteamiento es moderado, los granos son básicamente angulares y están mezclados con granos líticos, pumicita y vidrios volcánicos (Fig. 5).

En contacto con el estrato piroclástico inferior está el primer estrato de caliza fosilífera, de 22m de espesor y consiste de roca de color gris claro, laminada fina, fracturada, biosparita que indica la presencia de fósiles mal sorteados cementados por recristalización, calcita cristalina ecuántica muy fina con parches de calcita cristalina ecuántica, medio a gruesa (Fig. 6). Esta roca fue afectada, al igual que el resto de las rocas calcáreas, por un proceso de recristalización. Por lo tanto, la mayoría de la textura original ha sido modificada. La mayoría de los fósiles son Caprínidos pequeños, corales y ostras, con pequeñas cantidades de Equinodermos y Foraminíferos bentónicos dispersos. Sobre el primer horizonte calcáreo está el derrame piroclástico de 14m de espesor descrito por Beggs (1984) como la Facie E. Este estrato piroclástico está constituido de 5% de cuarzo, 75% de feldespatos (principalmente plagioclasa) y 20% de fragmentos líticos. Los granos retrabajados representan el 80% de la roca y la matriz vítreo está alineada con la dirección del flujo y dá la impresión de haber sido originada como una ortomatrix más que como una protomatrix (Terminología de Dickinson, 1970). En contacto con esta unidad está un estrato de microsparita, de 15m de espesor con abundantes cristales de cuarzo que son predominantemente monocristalinos con extinción recta, similares a los existentes en los flujos de tobas piroclásticas. Sobre este estrato existen 20m de material andesítico, típico del material volcánico de la Formación Alisitos. Sobre la andesita, existen 12m de biomicrita mezclada, café

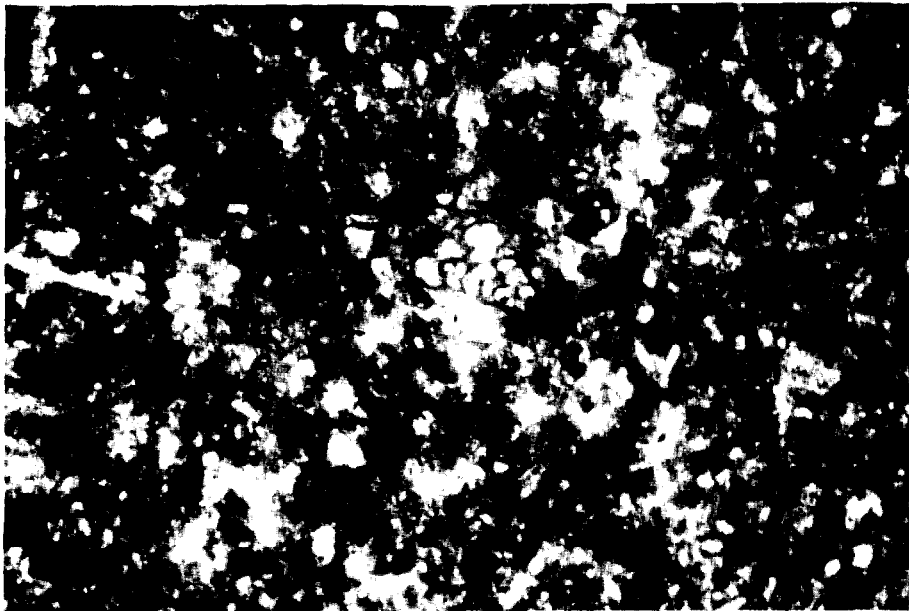
In the San Fernando area, the limestones are resting over a sequence of pyroclastic material and volcanic breccias (Fig. 4). These limestones are described by Beggs (1984) as lithic-vitric, tuff breccias and pyroclastic fallout, tuff and lapilli tuff. The first calcareous bed is 27m thick, light gray, microsparite, with abundant monocrystalline quartz, grains with straight extinction subeuhedral shape, and free of inclusion. No fossils were observed in this bed. Above the microsparite, there is a pyroclastic fallout tuff. The sorting is moderate, the grains are basically angular, and are mixed with lithic grains, pumice and glass shard (Fig. 5).

The first fossiliferous limestone bed is in contact with the lowest pyroclastic bed. It is 22m thick and consists of a light gray rock, slightly laminated, fractured, biosparite which indicates that it has fossils unsorted biosparite cemented by recrystallized, equant, very-fine crystalline calcite with patches of equant medium-to coarse-crystalline calcite (Fig. 6). This rock has been affected, as the rest of the calcareous rocks, by a recrystallization process. Therefore much of the original texture was modified. The majority of the fossils are small caprinids, corals, and oysters with smaller amounts of echinoderms and scattered benthonic foraminifers. Above the first calcareous horizon there is a 14m thick pyroclastic fallout described by Beggs (1984) as the E facies. This pyroclastic bed consists of 5% quartz, 75% feldspars (mostly plagioclase), and 20% lithic fragments. Framework grains represent 80% of the rock, and the glassy matrix is aligned with the flow direction and gives the impression of originating as an orthomatrix rather than a protomatrix (terminology of Dickinson, 1970). In contact with this unit there is a 15m thick microsparite with abundant quartz crystals which are dominantly monocrystalline with straight extinction and a few polycrystalline grains show slightly undulose extinction, similar to those found in the pyroclastic fallout tuff. On top of this bed there are 20m of andesite material, typical of volcanic material in the Alisitos Formation. Overlying the andesite there are 12m of dark brown mixed biomicrite (Fig. 7). The fossils are typically benthonic foraminifera, scattered



**Figura 6.** Fotomicrografía de la primera caliza, una bioespátita con Caprinidos dispersos, algunos corales y placas de Equinodermos como fósiles principales.

**Figure 6.** Photomicrograph of the first limestone, a bioespátite scatter Caprinids, some corals and echinoderm plates are the main fossils.



**Figura 7.** Fotomicrografía de biomicrita con Foraminíferos bentónicos, Ostrácodos y miliólidos dispersos. Esta roca representa un ambiente lagunar.

**Figure 7.** Photomicrograph of biomicrite with benthonic forams, scatter ostracods and miliolids. This rock represents a lagoon environment.

oscuro (Fig. 7). Los fósiles son principalmente foraminíferos bentónicos, Ostrácodos dispersos y algunas espinas de Equinodermos. Entre esta biomicrita y el siguiente horizonte de caliza, existen 28m de flujos de tobas piroclásticas mezclados con brechas tobáceas.

Los dos últimos horizontes calcáreos son muy similares. Están formados por biospatita gris claro, finamente laminada, fracturada, mezclada, y mal sorteada. El cementante consiste de calcita ecuántica, cristalina muy fina con algunos parches de calcita recristalizada, ecuántica con cristales medios. La mayoría de los fósiles son Caprinidos, corales y ostras con pocas cantidades de placas y espículas de Equinodermos y Foraminíferos bentónicos dispersos (Fig. 8). Las fracturas están rellenas de material de carbonatos y algunas están hematizadas. Solamente hay una diferencia entre estos dos miembros calcáreos. La diferencia es que el último (17m de espesor) contiene algunos intraclastos con abundantes granos de cuarzo de origen volcánico y algunos fragmentos de roca piroclástica que son indicadores de actividad volcánica. El resto de la columna estratigráfica está formada por una secuencia (120m) de tobas soldadas, brechas de tobas y flujos de tobas piroclásticas descritas por Beggs (1984).

#### PUNTA CHINA

El área de Punta China está localizada a 320km al norte de la localidad de San Fernando, a lo largo de la costa al sur de la Península de Punta Banda. El sitio de colecta está en la cantera de caliza que ha sido explotada por la compañía de Cementos California (ahora Cementos Guadalajara). La cantera está localizada a 3km al suroeste del sitio en el que Allison (1955) realizó el estudio paleontológico de la caliza de la Formación Alisitos (Fig. 9).

Allison describió dos miembros. El miembro inferior consiste de alternancia de rocas clásticas y rocas volcánicas, mientras que el miembro superior contiene rocas volcánicas y calcáreas.

ostracods, and some echinoderm spines. Between this biomicrite and the next overlying limestone horizon there are 28mm of pyroclastic fallout tuff mixed with tuff-breccias.

The last two calcareous horizons are very similar. They are a light gray, slightly laminated, fractured, mixed, unsorted biospatite. The cement consists of equant, very fine-crystalline calcite with some patches of recrystallized, equant, medium-crystalline calcite. The bulk of the fossils are caprinids, corals and oysters with lesser amounts of echinoderm plates and spicules, and scatter benthonic foraminifers (Fig. 8). The fractures are filled with carbonaceous material and some have been hematized. There is only one difference between the last two calcareous members: the last one (17m thick) contains some intraclasts of mainly quartz grains of volcanic derivation and some pyroclastic rock fragments which are indicative of the volcanic activity. The rest of the stratigraphic column is formed by a sequence (120m) of welded tuff, tuff breccias and pyroclastic fallout tuff described by Beggs (1984).

#### PUNTA CHINA

The Punta China area is located 320km north of the San Fernando locality, along the coast south of the Punta Banda Peninsula. The collected site is within the limestone quarry which has been exploited by the Compañía de Cementos California (now Cementos Guadalajara). The quarry is located 3km southwest of the site where Allison (1955) made the paleontological study of the Alisitos Formation limestone (Fig. 9).

Two members were described by Allison. The lower member consists of an alternation of clastic and volcanic rocks, whereas the upper member contains volcanic and calcareous rocks.

The basal part of the upper member is formed by 13m of dark brown pyroclastic fallout tuff which alternate with tuff breccias. They consist of 10% quartz, 35% feldspar (mainly plagioclase), and 55% lithic fragments. Grain size ranges from medium to fine and the grains are angular to subangular, and



**Figura 8.** Fotomicrografía de los estratos calcáreos superiores en San Fernando. Esta muestra es una típica bioespatita en donde los Caprínidos son los fósiles más abundantes.

**Figure 8.** Photomicrograph of the most upper calcareous beds at San Fernando. This sample is a typical biospatite where Caprinids are the most abundant fossils.



**Figura 9.** Depósito de caliza con gran número de Caprínidos y corales. Esta es una muestra típica de las facies calcáreas en Punta China.

**Figure 9.** Limestone boulder with a great amount of Caprinids and corals. This is a typical sample of the calcareous facies at the Punta China Site.

La porción basal del miembro inferior está constituida por 13m de flujos de toba piroclástica, café oscuro con alternancia de brechas tobáceas. Consisten de 10% cuarzo, 35% feldespatos (plagioclasa principalmente) y 55% de fragmentos líticos. El tamaño de grano oscila entre medio y fino, de angulares a subangulares y moderadamente sorteados. Los fragmentos de rocas dominantes (principalmente andesita) son indicadores del origen volcánico del terreno. Los cristales de cuarzo son euhedrales, tienen extinción recta y están libres de inclusiones. Se encontraron fósiles dispersos tales como piezas de moluscos y Ostrácodos que han sido afectados por procesos de silicificación.

El siguiente estrato en la columna es una arkosa lítica de 12m de espesor, café clara, formada por 5% de cuarzo, 85% de feldespatos de los cuales 73% son plagioclasas y 27% son ortoclasa alterada y microclina, los fragmentos de roca representan 10% de la estructura de los granos. La estructura es 40% de granos y el 60% restante lo forma la matriz. Es una matriz cristalina (vítrea) muy similar a la encontrada en la toba piroclástica en el área de San Fernando. Las rocas de este estrato están clasificadas como inmaduras, pobremente sorteadas, subangulares y el tamaño de grano es de arenisca gruesa. Además de los constituyentes principales existe hematita, magnetita y pirita.

Sobre la arkosa lítica está el primer miembro calcáreo formado por biomicrita café oscura, fracturada, estilolítica, silicificada, lodolita, hematizada, con intraclastos, mezclada (Fig. 10). Las fracturas están rellenas con espato de calcita mientras que las estilolitas lo están de material carbónico. Los fósiles dominantes son Equinodermos (espina y placas), Caprínidos pequeños, Ostrácodos, Foraminíferos bentónicos, braquiópodos algunos briozoarios y corales. Muchos de los fósiles presentan diferentes grados de silicificación. Los bioclastos están formados por parches de biomicrita fosilífera en los que la mayoría de la fauna son Foraminíferos bentónicos y Ostrácodos. En contraste, los intraclastos son principalmente fragmentos de rocas andesíticas, menos comúnmente lutita. Ade-

moderately sorted. The dominant rock fragments (mostly andesites) are indicative of the volcanic source terrain. The quartz crystals are euhedral, have straight extinction, and are free of inclusions. Scattered fossils were found such as pieces of molluscs and ostracods which are affected by a silicification process.

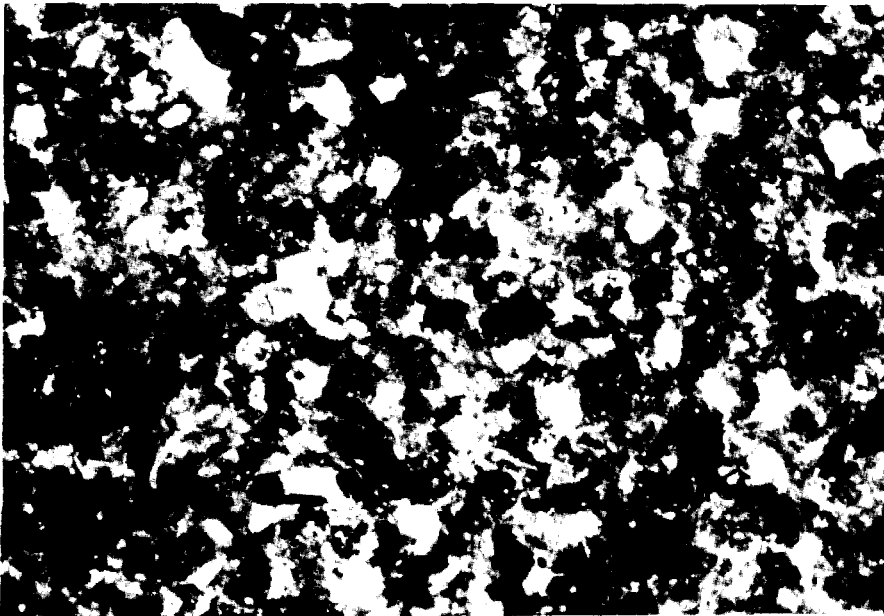
The next bed in the stratigraphic column is a 12m thick light brown lithic arkose, formed by 5% quartz, 85% feldspar where 73% are plagioclase and 27% are altered orthoclase and microcline, the rock fragments represent 10% of the framework grains. The framework is 40% and matrix counts for the remaining 60%. This is a glassy matrix very similar to the one found in the pyroclastic tuff in the San Fernando area. The rocks of this strata are classified as immature, poorly sorted, subangular, and the grain size as a pebbly very fine sandstone. Along with the main constituents there is some hematite, magnetite and pyrite.

Above the lithic arkose, the first calcareous member is formed by 8m of dark brown, fractured, stylolitic, silicified, muddy, hematized intraclast, mixed biomicrite (Fig. 10). Fractures are filled with sparry calcite whereas the stylolites are filled with carbonaceous material. The dominant fossils are Echinoderma (spine and plates), small Caprinids, Ostracoda, benthonic forams, Brachiopods some Bryozoa and corals. Most of the fossils represent different degrees of silicification. The bioclasts are formed by packed fossiliferous biomicrite where most of the fauna are benthonic forams and Ostracoda. In contrast, the intraclasts are mostly andesitic rock fragments, less commonly siltstone. Also, some grains of monocrystalline euhedral quartz and plagioclase were found together with opaques such as magnetite and pyrite.

Above the first limestone horizon there is a 9m thick, light brown, lithic arkose (Fig. 11). This is composed of 70% quartz, 25% feldspars (68% are plagioclases, 27% orthoclases and 5% microcline) and 5% rock fragments. The structure is 55% grains with 45% cementant. The cementant is very fine crystalline calcite, equant, with some hematite cement patches. This rock can be classified as



**Figura 10.** Fotomicrografía de los primeros estratos calcáreos en Punta China. Biomicrita altamente oxidada y con gran cantidad de estilolitas y algún material andesítico incluido.  
**Figure 10.** Photomicrograph of the first limestone beds at Punta China . Biomicrite highly oxidized and with great amount of stylolites and with some andesitic material included.



**Figura 11.** Fotomicrografía de arkosa lítica café cementada con calcita. Esta muestra es de un estrato que descansa sobre los primeros estratos calcáreos y representa la única roca sedimentaria clástica típica, encontrada en el miembro calcáreo superior de la Formación Alisitos.  
**Figure 11.** Photomicrograph of brown lithic arkose cemented with calcite. This sample is resting over the first calcareous beds and it represents the only typical clastic sedimentary rock, found in the Alisitos Formation upper calcareous member.

más se encontraron algunos granos de cuarzo euhedral monocristalino y plagioclasa, junto con opacos como magnetita y piritita.

Sobre el primer horizonte de caliza existe un estrato de 9m de espesor de arkosa lítica, café claro (Fig. 11). Compuesta por 70% de cuarzo, 25% de feldespatos, (de los que 68% son plagioclasa, 27% ortoclasa y 5% microclina) y 5% de fragmentos de roca. La estructura es 55% de granos con 45% de cementante. El cementante es calcita cristalina muy fina, ecuántica, con algunos parches de cementante de hematita. Esta roca puede ser clasificada como arenisca madura, bien sorteada, subangular, grano de fino a mediano. El cuarzo es predominantemente monocristalino, con extinción ondulante. La mayoría de la ortoclasa presenta poca alteración. La mayoría de los fragmentos de roca son volcánicos (andesitas y algunas riolitas), pero se reconocieron algunos esquistos. Existe fauna dispersa, principalmente Foraminíferos bentónicos, además de espinas de Equinodermos y Ostrácodos. La mayoría de estos organismos están silicificados.

Sobre la arkosa lítica está una capa de 22m de espesor de andesita porfirítica café rojiza típica de la Formación Alisitos. Descansando sobre la andesita está el segundo horizonte de caliza, que tiene 7m de espesor y consiste de biomicrorita café fracturada, estilolítica, silicificada, mezclada y con parches. Toda la roca ha sido recristalizada. Las fracturas están rellenas con espato de calcita y las estilolitas están rellenas de material carbonáceo. Los fósiles son principalmente Foraminíferos bentónicos, placas de Equinodermos, fragmentos de Caprinidos, Gastrópodos y Ostrácodos. Una característica importante de esta muestra es que el número de Caprinidos es menor que el de las muestras en la sección superior, además el tamaño de los organismos es menor.

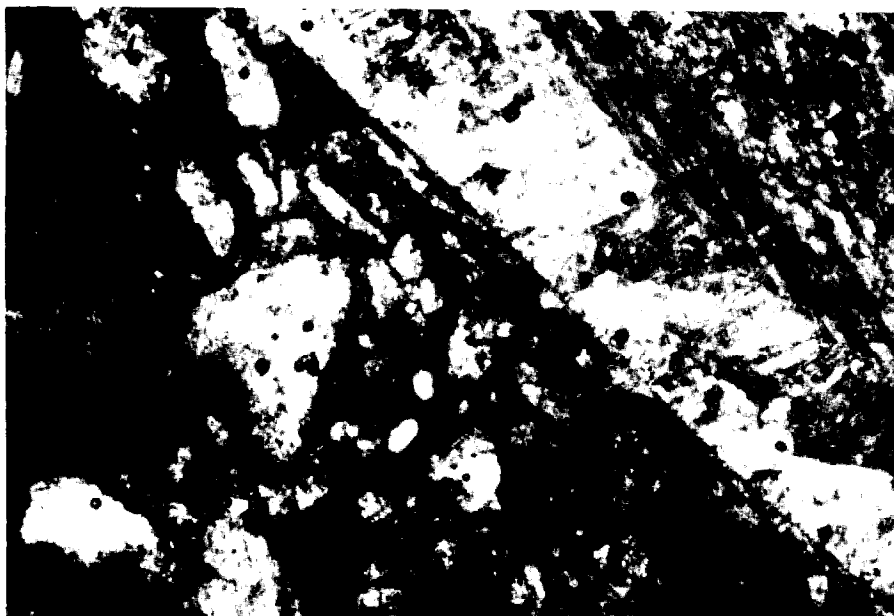
La biomicrorita empacada está separada del siguiente estrato calcáreo por 32m de andesita porfirítica. Descansando sobre la andesita existen 8m de biospatita gris claro, estilolítica, fracturada, mezclada y mal sorteada. Está cementada por calcita cristalina muy fina recristalizada y ecuántica. Los fósiles

mature sandstone, well sorted, subangular, fine to medium grain. The quartz is predominantly monocrystalline, with undulating extinction. Most of the orthoclase presents scarce alteration. Most of the rock fragments are volcanic (andesites and some rhyolites), but some schists were found. There is the existence of a diverse fauna, mainly benthonic Foraminifera as well as Echinoderm and Ostracod spines. Most of these organisms are silicified.

There is a 22m thick stratum of brown-reddish porphyritic andesite over the lithic arkose, characteristic of the Alisitos Formation. The second limestone horizon, which is 7m thick and consists of brown biomicrorite, fractured, stylolitic, silicified, mixed and with patches, is resting over the andesite. All the rock has been recrystallized. The fractures are filled with limestone spar and the stylolites are filled with carbonaceous material. The fossils are mainly benthonic Foraminifera, Echinoderm plates, Caprinid fragments, Gastropoda and Ostracoda. One important characteristic of this sample is that the number of caprinids is smaller than that of those samples in the upper section, also the size of this organism is smaller.

The packed biomicrorite is separated from the next calcareous strata by 32m of porphyritic andesite. Resting over the andesite is an 8m thick, light gray, stylolitic, fractured, mixed unsorted, biospatite. It is cemented by recrystallized equant very fine crystalline calcite. The dominant fossils are Caprinids and oysters. Some scattered Pelecypod fragments were found. Some of the samples collected in this horizon contain between grain (original pore spaces), mixed fossils. Packed biomicrorite is trapped and the principal fossil are forams and Ostracoda. This, together with the rest of the sample, resembles a poorly washed biospatite (Fig. 12). Before the last calcareous horizon there are 22m of dark brown andesite similar to the other two volcanic bodies included in the Punta China stratigraphic section.

The uppermost limestone bed is the one that Allison (1955) named the Caprinid Limestone (Fig. 13). It consists of a light gray,



**Figura 12.** Fotomicrografía de un fragmento de un Caprínido grande. El material que ocupa los espacios entre los fragmentos es una biomicrita pobremente lavada.

**Figure 12.** Photomicrograph of a large Caprinid fragment. Between this fragment the material filling those spaces is a poorly washed biomicrite.



**Figura 13.** Fotomicrografía del estrato superior de caliza. Los fósiles en esta muestra son los mayores y más abundantes.

**Figure 13.** Photomicrograph of the upper most limestone beds. The fossils in this sample are the largest and most abundant.



dominantes son Caprínidos y ostras. Se encontraron algunos fragmentos dispersos de Pelecípodos. Algunas de las muestras colectadas en este horizonte contenían entre los granos (en los espacios de los poros originales), fósiles mezclados. Existen parches de biomicrita atrapados y los principales fósiles son Foraminíferos y Ostrácodos. Todo esto en conjunto con el resto de la muestra definen a una bioespatita pobremente lavada (Fig. 12). Antes del último horizonte calcáreo existen 22 m de andesita café oscura, similar a los otros dos cuerpos volcánicos incluidos en la sección estratigráfica de Punta China.

El estrato superior de caliza es el que Allison (1955) llamó caliza Caprínida (Fig. 13). Consiste de biomicrospatita gris claro, alternada con café clara, fracturada, con intraclastos (fragmentos de rocas volcánicas), bioclástica, con mezcla de fósiles mal sorteada. Está cementada con calcita cristalina muy fina, recristalizada y ecuántica. Las fracturas están rellenas de espato de calcita y las estilolitas con material carbonaceo. Los fósiles principales son Caprínidos grandes además algunas ostras, placas de Equinodermos, algunos corales y briozoarios. Una característica distintiva en este horizonte es que entre las paredes de Caprínidos existe abundante micrita con fauna diversa como Foraminíferos bentónicos, Equinodermos, Ostrácodos y algunas marcas de bioturbación (burrow). Esto es lo que hace a esta sección una biomicrita parchada con mezcla de fósiles. Otra característica es la abundancia de estilolitas y la forma en que están distribuidos, siguen los extremos de los fósiles y en algunos casos marcan el contorno de las conchas sin penetrar en ellas, pero en otros casos cortan al fósil con interpenetración. Estas características pueden ser indicativas de presión litostática en los estadios tempranos de la litificación.

La parte superior de la columna culmina con un flujo de material piroclástico, café claro, similar a la Facie E descrita por Beggs (1984) en el área de San Fernando.

alternating with light brown, fractured, intraclast (volcanic rock fragments) bioclastic, mixed fossil, unsorted biomicrospatite. It is cemented with recrystallized, equant, very fine crystalline calcite. Fractures are filled with sparry calcite and stylolites with carbonaceous material. Large caprinids along with some oysters, echinoderm plates, few corals and bryozoos are the principal fossils. A distinctive feature in this horizon is that between the caprinids walls there is abundant micrite with a diverse fauna such as benthonic forams, Echinoderma, Ostracoda and some burrow marks. This is what makes this portion of the rocks, a mixed fossil, packed biomicrite. Another feature is the amount of stylolites and the way they are distributed. They follow the fossil edges, in some cases mark the end of the shell without penetration, and in other cases truncate the fossil with interpenetration. Such features can be indicative of lithostatic pressure in the early stages of the lithification.

The top of the column is marked by a light brown, fallout pyroclastic material, similar to the E facies described by Beggs (1984) in the San Fernando area.

## DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS

The Jurassic to early Cretaceous is a time characterized by intense tectonic activity (Atwater, 1970; Gastil *et al.*, 1975; Gastil *et al.*, 1979b; Gastil *et al.*, 1981; Beggs, (1984), which is represented by the andesitic material that bound the western side of the Peninsula Ranges.

During the Aptian-Albian time the Alisitos Formation was deposited as a result of a marine arc setting related to the eastward subduction of an oceanic plate beneath the western margin of North America (Fig. 14) (Gastil *et al.*, 1981). So far, no marine strata of post-Hauterivian age have been found north of the Agua Blanca Fault. Also, South of this tectonic feature, marine strata exist which indicate that at least during Aptian-Albian time, the centers of volcanic activity were located far away from the coast line, allowing the formation and deposition of calcareous sediments and fauna which developed the biohermal structures found within the Alisitos Formation.

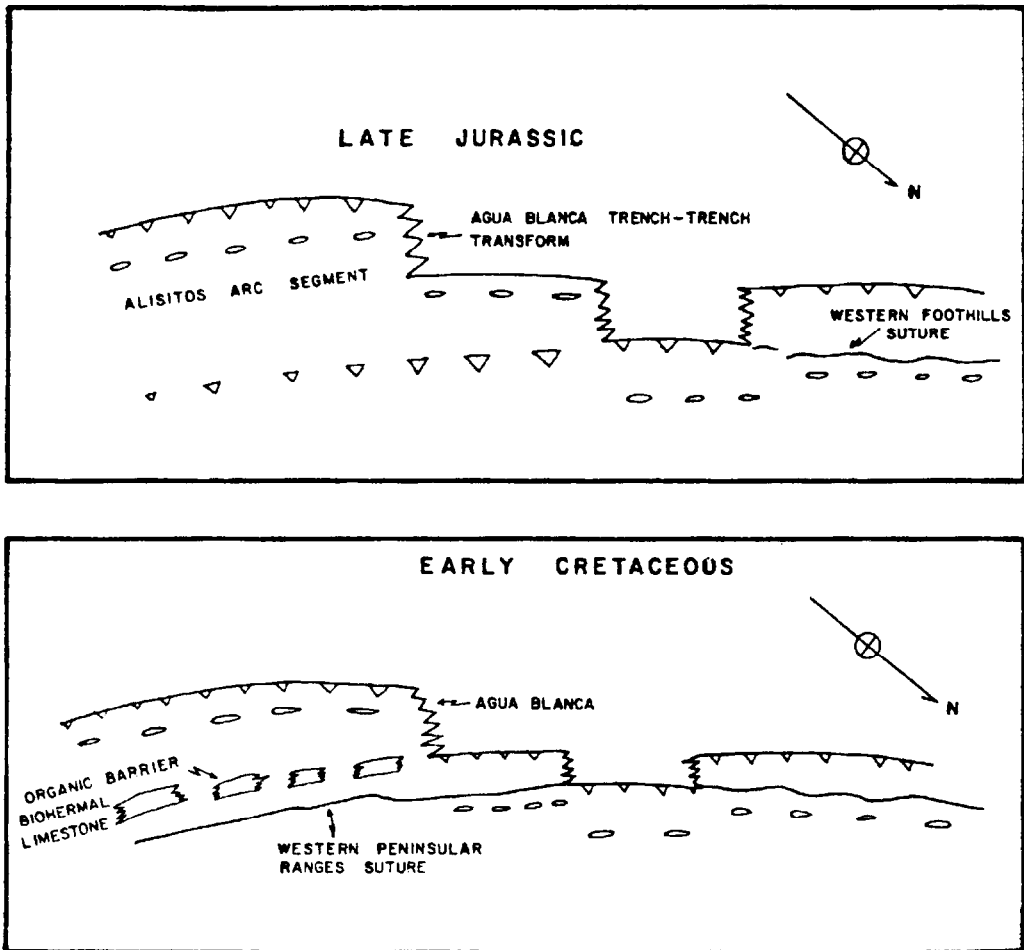


Figura 14. Diagrama esquemático de los principales elementos tectónicos de California y la Norte América adyacente durante el Mesozoico (modificado de Gastil *et al.*, 1981).

Figure 14. Schematized diagram of the main tectonic elements of California and the adjacent North America during the Mesozoic (modified by Gastil *et al.*, 1981).

#### AMBIENTES DEPOSITACIONALES

Del jurásico al Cretácico temprano hay una época caracterizada por actividad tectónica intensa (Atwater, 1970; Gastil *et al.*, 1975; Gastil *et al.*, 1979b; Gastil *et al.*, 1981; Beggs, 1984), que está representada por el material andesítico que limita la porción occidental de las Sierras Peninsulares.

At least three episodes of tectonic calm can now be identified in both localities. In general, the lithologies are very similar and the only difference is the thickness. This indicates that either the volcanic activity was more intense in Punta China, where the limestone thickness is less than in San Fernando and the presence of andesite is also greater; or the distance to the volcanic center was shorter in Punta China than San Fernando.

Durante el Aptiano-Albiano la Formación Alisitos fue depositada como resultado de la existencia de un arco marino relacionado a la subducción al Este, de una placa oceánica bajo la margen occidental de Norte América (Fig. 14) (Gastil *et al.*, 1981). Dado esto, no se han encontrado estratos marinos del post-Hauteriviano al norte de la Falla de Agua Blanca. Por otra parte, al sur de esta estructura tectónica, existen estratos marinos que indican que por lo menos durante el Aptiano-Albiano, los centros de actividad volcánica estuvieron localizados lejos de la línea de costa, permitiendo la formación y depositación de sedimento calcáreo y fauna con el consecuente desarrollo de las estructuras biohérmicas encontradas en la Formación Alisitos.

Actualmente pueden identificarse por lo menos tres episodios de calma tectónica en ambas localidades. En general, las litologías son muy similares y la única diferencia está en el espesor. Esto indica que la actividad volcánica fue más intensa en Punta China, donde el espesor de la caliza es menor que en San Fernando, y la presencia de andesita es mayor también; o bien, la distancia al centro volcánico fue más corta en Punta China que en San Fernando. De cualquier forma, los tres cuerpos principales de caliza reflejan condiciones oceanográficas favorables para el desarrollo de carbonatos y la incipiente formación de arrecifes orgánicos de la región de Punta China a Guerrero Negro. Las profundidades no fueron mayores de 50m, la temperatura del agua con un promedio de 25°C y un mínimo de 18°C. El número de partículas en suspensión fue bajo, propiciando condiciones ideales de luminosidad; por otra parte y debido a que el piso oceánico se hace somero se crean así las condiciones de energía necesaria para el crecimiento de los organismos.

Es importante mencionar que entre Punta China y San Fernando existe una diferencia entre el conjunto faunístico de los estratos calcáreos localizados en la parte inferior de la sección con respecto a los de la porción superior. En la porción superior, los Caprinídeos son los fósiles dominantes y en la inferior estos organismos son menos abundantes, más pequeños y se encuentran asociados con ostras grandes, briozoarios y corales.

Nevertheless, the three main limestone bodies reflect oceanographic conditions favorable to the development of carbonate and therefore formation of incipient organic reefs from Punta China to the Guerrero Negro area. Depths were not greater than 50m, a water temperature on the average of 25°C and a minimum of 18°C. The amount of particles in suspension was low and developed ideal luminiscent conditions; on the other hand and due to the shallowing of the ocean floor, this creates enough energy for the organisms to grow.

It is important to mention that in Punta China and in the San Fernando area, there is a difference between the faunal assemblage of the calcareous beds located at the bottom of the section with respect to those in the upper part. In the upper part, the caprinids are the dominant fossils and at the bottom of the section this organism is less abundant, smaller, and found associated with larger oysters, bryozoas and corals. Perhaps this was due to the nature of the substratum, rather than to different oceanographic conditions. Allison (1955) established that "Middle Cretaceous faunas known from California which are almost completely absent in the Baja California faunas, occur in normal clastic sedimentary sequences suggesting that the nature of the substratum as well as the mode of deposition of the sediment serve as important control over the faunal composition". The pyroclastic material found interbedded with the limestones is not the same all along the stratigraphic column. It is possible that this change has influenced the faunal distribution and could be one reason for contrasting assemblages.

Based upon the petrographic analysis made on the limestones it is possible to deduce the oceanographic conditions in the area of deposition. In most of the biospatites, a great amount of micritic material was found filling pore spaces. Along with the micrite, a variety of low energy fauna was recognized. Most of this fauna is typical of the lagoon environment (benthonic forams and ostracods). This indicates free water circulation within the suspended sediment that was transported from the lagoon to the open ocean, and in the

Quizá esto obedezca a la naturaleza del sustrato, más que a diferencias en condiciones oceanográficas. Allison (1955) estableció que "Las faunas del Cretácico Medio conocidas en California, que están casi completamente ausentes en Baja California, ocurren en secuencias sedimentarias clásticas normales y sugieren que la naturaleza del sustrato así como el modo de depositación del sedimento actúa como un importante control sobre la composición faunal". El material piroclástico que se encuentra interestratificado con las calizas no es el mismo a todo lo largo de la columna estratigráfica. Es posible que este cambio haya influenciado la distribución de fauna y puede ser una razón de conjuntos contrastantes.

En base al análisis petrográfico realizado en las calizas es posible deducir las condiciones oceanográficas en el área de depositación. En la mayoría de las bioespátitas se encontró una cantidad de material micrítico rellenando los espacios porosos. Además de la micrita se reconoció una variedad de fauna de baja energía. La mayoría de esa fauna es típica de un ambiente lagunar (foraminíferos bentónicos y Ostrácodos). Esto indica circulación libre del agua con la que el sedimento en suspensión fue transportado de la laguna al océano abierto, y en el proceso fue atrapado en la barrera orgánica. Estas condiciones existen cuando la laguna está bien conectada con el océano abierto por canales profundos localizados en ambos lados de la barrera. El banco orgánico no fue lo suficientemente alto como para impedir una circulación libre del agua entre la laguna y el mar abierto. Esto pudo ser debido a que la rápida erupción del material piroclástico y el flujo hacia en dirección de los bancos fuera antes de que el arrecife orgánico estuviera completamente construido, en un corto período aniquilando cualquier organismo presente en el área.

Es claro que la fuente del material piroclástico estaba localizada al Oeste y fluyó hacia el Este, depositándose en un ambiente marino. Sin embargo, durante algunos períodos, los sedimentos clásticos fueron transportados desde tierra firme hacia la laguna y mar abierto (Fig. 15 y 16). La arkosa y la arkosa lítica son mineralógicamente distintos

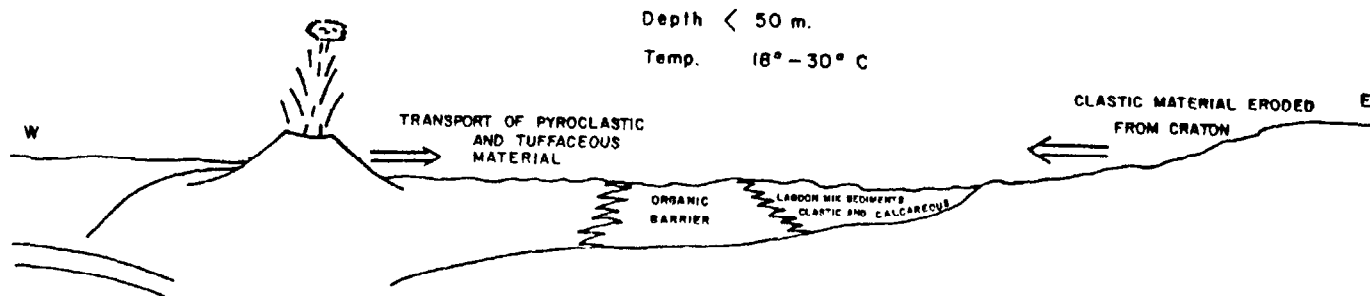
process became trapped in the organic barrier. Such conditions exist when the lagoon is well connected with the open ocean by deep channels located on either side of the barrier. The organic bank was not high enough to prevent a free water circulation between the lagoon and open sea. This can be possible because the rapid eruption of the pyroclastic material and the flow in direction of the banks was so fast that the organic reef became completely buried in a short period of time, killing any organism present in the area.

It is clear that the source area for the pyroclastic material was located to the west, and flowed to the east, depositing in a marine environment. However, for periods of time, clastic sediments were transported from the mainland to the lagoon and open sea (Fig. 15 and 16). Arkose and lithic arkose which are mineralogically different from the pyroclastic material. The amount of quartz is much greater in the arkose than in the lithic arkose. The sort degree is better in those lithic arkose than in the pyroclastic, which is indicative of the source terrain as well as the transport distance.

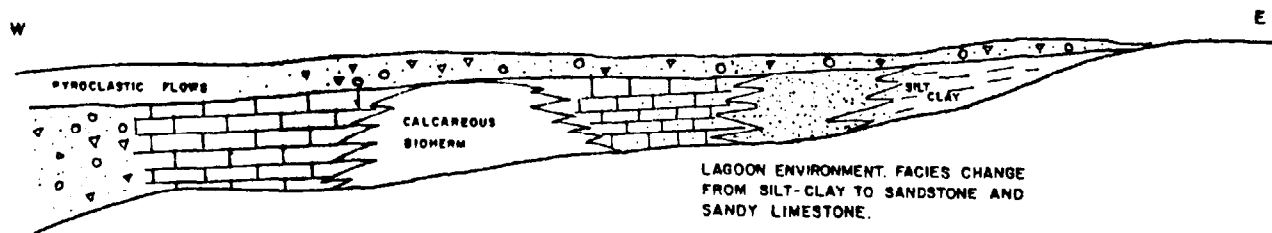
Attempts were made to identify diagenetic processes involved in the calcareous rocks. However, due to the high degree of recrystallization that has affected most of the limestone, much of the original texture, developed by diagenesis became dark. It is possible that the rapid burial of the organic banks by the pyroclastic material allowed preservation of the organism in life position (Allison, 1955). Therefore, the calcareous sediments did not have enough time to be exposed to any special condition that could induce a diagenetic change.

## CONCLUSIONS

During the Aptian-Albian time intense volcanic activity existed along the west coast of North America and it was related to a subduction of an oceanic plate beneath North America. Large amounts of andesitic rocks, along with pyroclastic material, were deposited on the western side of the Península ranges forming the Alisitos Formation South of the Agua Blanca Fault. At least three periods of



**Figura 15.** Sección esquemática que muestra los elementos tectónicos principales que controlaron la sedimentación durante el Aptiano-Albiano.  
**Figure 15.** Schematic section showing the main tectonic elements which controlled the sedimentation during the Aptian-Albian.



**Figura 16.** Sección que ilustra las diferentes facies sedimentarias durante el desarrollo de las facies calcáreas de la Formación Alisitos.  
**Figure 16.** Section showing the different sedimentary facies during the calcareous facies development of the Alisitos Formation.

al material piroclástico. La cantidad de cuarzo es mucho mayor en la arkosa lítica que en el material piroclástico, lo que es indicador del terreno fuente así como de la distancia del transporte.

Se realizaron intentos para identificar los procesos diagenéticos involucrados en las rocas calcáreas. Sin embargo, dado el alto grado de recristalización que ha afectado a la mayoría de la caliza, mucha de la textura original, desarrollada por la diagénesis se hace oscura. Es posible que el rápido sepultamiento de los bancos orgánicos por el material piroclástico favoreciera la preservación de los organismos en su posición en vida (Allison, 1955). Por lo tanto, los sedimentos calcáreos no tuvieron tiempo de estar expuestos a ninguna condición especial que pudiera inducir el cambio diagenético.

## CONCLUSIONES

Durante el Aptiano-Albiano existió una intensa actividad volcánica a lo largo de la costa oeste de Norte América y estaba relacionada a un subducto de una placa oceánica bajo Norte América. Grandes cantidades de rocas andesíticas, además de material piroclástico, fueron depositados en la porción oeste de las cordilleras peninsulares formando la Formación Alisitos, al sur de la Falla de Agua Blanca; por lo menos existieron tres períodos de calma tectónica durante el Cretácico temprano. Tales períodos permitieron la formación y depositación de sedimento calcáreo que, conjuntamente con organismos típicos de ambientes tropicales, desarrollaron barreras orgánicas incipiente o biohermas. Estas constituyen las facies calcáreas de la Formación Alisitos. En base a un análisis petrográfico realizado en las calizas Alisitos en dos localidades separados 300km, es posible postular que las condiciones oceanográficas fueron muy similares a lo largo de la costa oeste de Baja California durante el Aptiano-Albiano. El crecimiento y distribución de estos depósitos calcáreos fueron controlados por la actividad volcánica durante el Cretácico tardío.

tectonic calm were present during early Cretaceous. Such periods allowed the formation and deposition of calcareous sediments that, together with organisms typical of tropical environments, developed incipient organic barriers or bioherms. These constitute the calcareous facies of the Alisitos Formation. Based upon a petrographic analysis made of the Alisitos limestones in two localities, 300km apart, it is possible to postulate that the oceanographic conditions were very similar along the west coast of Baja California during Aptian-Albian time. Growth and distribution of such calcareous deposits were controlled by the volcanic activity, rather than by any oceanographic or climatic change during the late Cretaceous.

The author translated this paper into English.

---

## LITERATURA CITADA

- Allison, E.C. (1955) Middle Cretaceous Gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico: *J. Paleontology* V. 29, No. 3, p. 400-432.
- Atwater, T. (1970) Implications of Plate Tectonic for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 81, p. 3513-3536.
- Beggs, J.M. (1984) Volcanoclastic rocks of the Alisitos Group, Baja California, Mexico: In Frizze, Virgil, A. Jr., ed. 1984, *Geology of the Baja California Peninsula: Pacific section S.E.P.M.*, Vol. 39, p. 43-52.
- Gastil, R.G., Phillips, R.C. and Allison, E.C. (1975) Reconnaissance Geology of the State of Baja California: *Geol. Soc. Am. Memoire* 140, 140 p.
- Gastil, R.G., Krummenacher, D. and Minch, J. (1979) The Record of Cenozoic Volcanism Around the Gulf of California: *Geol. Soc. Am. Bull. Part I.*, V. 90, p. 839-857.

Gastil, R.G., Morgan, G. and Krummenacher, D. (1981) The Tectonic History of Peninsular California and Adjacent Mexico: En W.G. Ernst (Editor), p. 284-306. The Geotectonic Development of California.

Guzmán, E. (1976) Reconocimiento Geológico de la Formación Alisitos en el estado norte de Baja California: Petróleos Mexicanos, Gerencia de Exploración, Superintendencia de Exploración Distrito Frontera Noreste, Internal Report.

Rangin, C. (1978) Speculative Model of Mesozoic Geodynamics, Central Baja California to Northeast Sonora (Mexico): En Howell, D.G. and McDougall, K.A. (eds.) Mesozoic Paleogeography of the Western United States: Pacific Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Pacific Coast Paleogeography Symposium 2, p.85-106.

Santillán y Barrera, T. (1930) Las posibilidades petrolíferas en la costa occidental de Baja California entre los paralelos 30 y 32 de latitud norte: México, Anales del Instituto de Geología, Vol. 5, p. 1-37.

Silver, L.T., Stehle, F.G., Allen, C.R. (1963) Lower Cretaceous Prebatholithic Rocks of Northern Baja California, Mexico: Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull. Vol. 47, p. 2054-2059.

Woodford, A.O. y Harris, T.F. (1938) Geological Reconnaissance Across Sierra San Pedro Mártir, Baja California: Geol. Soc. of Am., Bull. Vol. 49, p. 1297-1336.