

## MARCO PALEOSSEDIMENTARIO Y GEODINAMICO DE LA FORMACION ALISITOS EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA

*Emilio Almazan-Vázquez\**

### RESUMEN

La Formación Alisitos del Aptiano-Albiano es una secuencia volcano-sedimentaria de arco insular, que aflora en la Península de Baja California. Las secciones del presente estudio denominadas Los Torotes, La Bocana, El Cuervito y San José muestran columnas estratigráficas formadas por 500 a 3,500 m de basaltos, andesitas, dacitas, riolitas, rocas piroclásticas de composición ácida, grauwacas, lutitas y calizas biógenas interestratificadas.

La paleontología, la petrografía y las asociaciones litológicas han permitido correlaciones cronoestratigráficas entre las localidades Los Torotes-La Bocana y El Cuervito-San José de características sedimentológicas diferentes. La primera, cuya columna restituida es de 5,000 m, se interpreta como acumulada en el borde del arco insular. La segunda muestra un claro contraste, ya que su espesor de 1,500 m representa la sedimentación en una cuenca de ante-arco insular.

La Formación Alisitos fue deformada por la Orogenia Oregoniana durante el Albiano tardío, que produjo pliegues sinclinales y anticlinales disarmónicos y, posteriormente, pliegues de fondo de gran radio de curvatura. El último rasgo tectónico originado corresponde a una falla regional de dirección norponiente-sur-orientado y de desplazamiento lateral.

### ABSTRACT

The Alisitos Formation, exposed in the Baja California Peninsula, is a volcano-sedimentary insular arc sequence. The sections studied at Los Torotes, La Bocana, El Cuervito and San Jose, expose stratigraphic columns of 500 to 3,500 m of interstratified basalt, andesite, dacite, rhyolite, pyroclastic acid rocks, grauwacke, silt, and biogenic rocks.

The paleontology, petrography, and lithologic associations have permitted chronostratigraphic correlations between Los Torotes-La Bocana and El Cuervito-San Jose areas of different sedimentologic characteristics. The first with a column of 5,000 m thickness is interpreted to be a deposit of insular arc margin. The second shows a clear contrast since its thickness is of 1,500 m and represents the sedimentation in an insular fore-arc basin.

The Alisitos Formation was deformed by the Oregonian Orogeny during the late Albian, which produced disharmonic synclines and anticlines, subsequently basement folds with wide radius of curvature and, finally, it originated a northwest-southeast trending regional fault of lateral displacement.

### INTRODUCCION

La Formación Alisitos es una unidad volcano-sedimentaria que aflora en la margen pacífica del Estado de Baja California Norte, en una franja NW-SE discontinua desde Ensenada hasta El Arco Calmalli (Figura 1), con una longitud de 500 km por 50 km de anchura en promedio. Esta unidad estratigráfica del Cretácico Inferior ha sido objeto de diversos estudios, debido a sus características particulares como la asociación de material volcánico y rocas marinas, el potente espesor de su columna litológica y sus complejas relaciones tectónicas.

El área estudiada está ubicada entre los paralelos 29° 15' y 30° N y los meridianos 114° 15' y 115° 45' W en la parte septentrional de la Península de Baja California. Se encuentra 250 km al suroriente de Ensenada y 200 km al norponiente de Guerrero Negro. Es de fácil acceso por la carretera transpeninsular que la atraviesa.

Esta zona está limitada, en su parte oriental, por el Batolito Peninsular y, en su flanco occidental, por el Océano Pacífico (Figura 1).

### ANTECEDENTES

La primera contribución trascendental al conocimiento de las rocas del norte de Baja California que hoy se denominan como Formación Alisitos proviene de un estudio auspiciado por el entonces Instituto Geológico de México, llevado a cabo por Böse y Wittich (1912-1913), quienes describieron la secuencia volcano-sedimentaria cretácica media de esa región y demostraron que las rocas batolíticas son de edad post-cretácica media y pre-cretácica tardía (santoniana).

Darton (1921) estudió las rocas cretácicas, durante el reconocimiento geológico realizado en la Península de Baja California, denominándolas Formación Pre-Chico. Beal, en un trabajo geológico, editado como anónimo por la Marland Oil Company of Mexico de 1924 y que fue publicado en 1948, propuso el nombre de Formación San Fernando para describir un conjunto de rocas volcánicas y sedimentarias que aflora al norte de la Misión de San Fernando; posteriormente, este autor le atribuyó una edad cretácica tardía (Beal, 1948). Santillán y Barrera (1930) dieron el nombre de Formación Alisitos a una secuencia sedimentaria de 200 m que aflora en el Valle de Santo Tomás, asignándola al Cretácico Inferior, con base en su contenido faunístico. Posteriormente, Woodford y Harris (1938) propusieron el nombre de Formación San Telmo al describir rocas volcánicas y sedimentarias, expuestas en el Arroyo de

---

\* Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado Postal 1039, 83000 Hermosillo, Sonora.

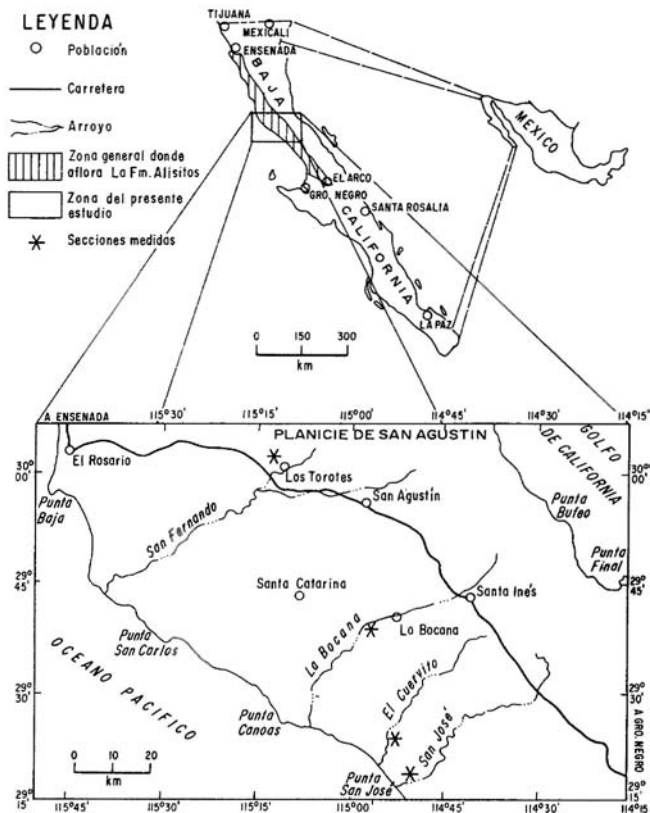


Figura 1.- Area donde aflora en forma discontinua la Formacion Alisitos y localizacion de las cuatro secciones que se nombran en este articulo.

San Telmo, parcialmente metamorfoseadas y conteniendo una fauna que, segun estos autores, parece mesozoica. Kirk y MacIntyre (1951) describieron una columna estratigrafica que aflora en Punta San Isidro, formada por rocas volcanicas e intercalaciones de calizas que encierran una fauna de corales, equinodermos y rudistas del Cretacico medio. Allison (1955) estudio una columna de 160 m en la localidad tipo de la Formacion Alisitos, la cual esta constituida, predominantemente, por material volcanico de composicion andesitica e intercalaciones de biohermas con abundante fauna, determinando con precision los gasteropodos; mas tarde, en 1974 este autor observo nuevamente en Punta China que la columna estratigrafica tiene un espesor aproximado de 7,500 m y elaboro una clasificacion detallada de la fauna de pelecipodos. Silver y colaboradores (1963) estudiaron rocas volcanicas, rocas sedimentarias derivadas de volcanicas e intercalaciones de calizas, con un espesor minimo de  $\sim$  3,300 m (10,000 pies) de la Formacion Alisitos que aflora entre Ensenada y Colonia Guerrero. Reed (1967) describio una seccion litologica de 1,820 m formada por calizas, areniscas, conglomerados, tobas, brechas volcanicas, basaltos, andesitas y dacitas que aflora al oriente de El Rosario y que contiene una fauna mal conservada de pelecipodos, gasteropodos, cefalopodos y equinodermos. Rangin (1978) estudio los afloramientos mas australes de la Formacion Alisitos, expuestos en la region de El Arco Calmalli, donde la secuencia de rocas esta formada por andesitas, brechas andesiticas, brechas daciticas, basaltos, calizas recristalizadas, grauvacas y conglomerados afectados por un metamorfismo de facies de esquistos verdes. Beggs (1984), en los

alrededores de la Mision de San Fernando, dividio al Grupo Alisitos en siete facies volcanicas, las cuales estan formadas por tobas piroconsolidadas, brechas pumiciticas, brechas vitroliticas, secuencias "doblemente graduadas", brechas conglomeraticas hidroclasticas y lahares, interestratificadas con escasas rocas epiclasticas y calizas con rudistas.

## ESTRATIGRAFIA

Los valles labrados por los arroyos Los Torotes, La Bocana, El Cuervito y San Jose permiten observar la continuidad estratigrafica de la Formacion Alisitos. En general, esta formacion presenta metamorfismo regional de la facies de esquistos verde y de contacto, en la proximidad de numerosas intrusiones granodioriticas.

Las fuertes variaciones, tanto verticales como laterales de la Formacion Alisitos, que se observan en el campo, dificultan establecer correlaciones estratigraficas regionales. Estos cambios de facies se acentuan en los niveles de calizas biogenas y de derrames de lavas, los cuales varian lateralmente desde unos cuantos kilometros hasta algunos hectometros de longitud.

Las columnas estratigraficas de las secciones estudiadas han sido divididas en miembros informales, dadas las asociaciones particulares entre rocas volcanicas y sedimentanas. Sin embargo, los rapidos cambios de facies no permitieron representar los miembros en los mapas geologicos de cada seccion, por lo que los muestran unicamente en las columnas estratigraficas, que ejemplifican claramente las litofacies de la Formacion Alisitos.

En todas las secciones estudiadas con detalle, la base de la Formacion Alisitos no aflora y su cima ha sido erosionada, por ello se desconoce su espesor estratigrafico total.

La Formacion Rosario del Cretacico Superior cubre a la Formacion Alisitos, por medio de una discordancia angular.

La region estudiada presenta excelentes afloramientos para examinar y medir con detalle cuatro secciones estratigraficas de la Formacion Alisitos (Figura 1), que de norte a sur son: Los Torotes, La Bocana, El Cuervito y San Jose.

### SECCION DE LOS TOROTES

**Descripcion litologica.**- La Formacion Alisitos aflora unos 2 km al norte del rancho Los Torotes, donde se observa una columna estratigrafica de 3,500 m de espesor (Figura 2).

Parte de la secuencia fue descrita por Beggs (1984) y corresponde a los dos miembros basales de esta seccion. Beggs senala que las rocas predominantesson tobas piroclasticas, tobas de lapilli, tobas vitroliticas y tobas brechoides, interestratificadas con calizas de rudistas y, en menor proporcion, con tobas piroconsolidadas y rocas volcanicas.

Las caracteristicas litologicas de esta unidad estratigrafica permiten dividirla en seis miembros diferentes: tres volcanico-sedimentarios, dos volcanicos y un sedimentario (Figura 3), que a continuacion se describen de la base a la cima.

Miembro A — El miembro basal esta constituido por una alternancia de calizas y rocas piroclasticas. Las calizas de color gris claro estan expuestas en capas lenticulares de 2 a 9 m de espesor, que desaparecen lateralmente despues de algunas decenas de metros de afloramiento. Las calizas presentan frecuentemente una recristalizacion y una estructura laminar.

Las rocas volcanicas de colores amarillento y verde claro son tobas hialinas, tobas criptocristalinas y brechas volcanicas que constituyen capas de 10 a 25 m de espesor.

distas, conservando ocasionalmente la estructura arrecifal de crecimiento. La macrofauna esta compuesta por corales coloniales y solitarios, nerineas y rudistas; estos ultimos alcanzan una longitud de 20 cm.

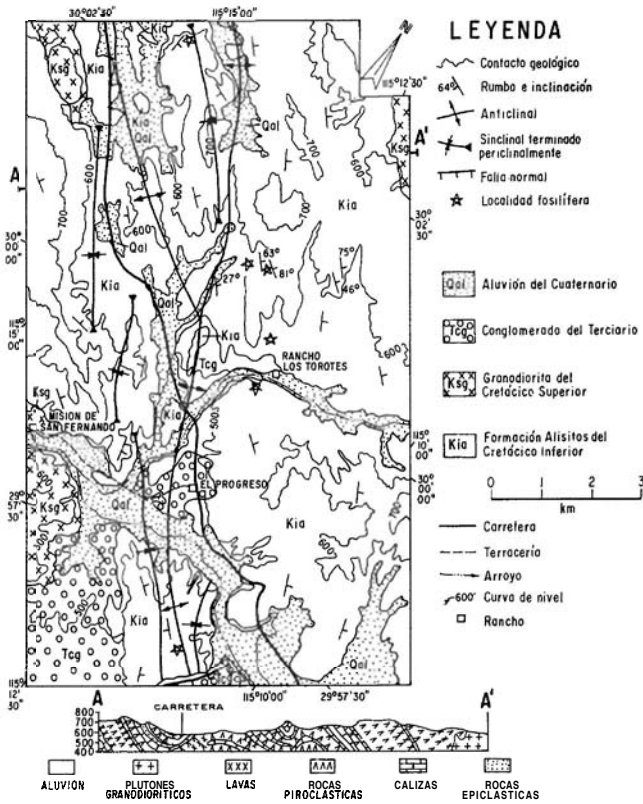


Figura 2.-Distribucion estratigrafica y estructural de la Formacion Alisitos (Aptiano-Albiano) en el area de Los Torotes.

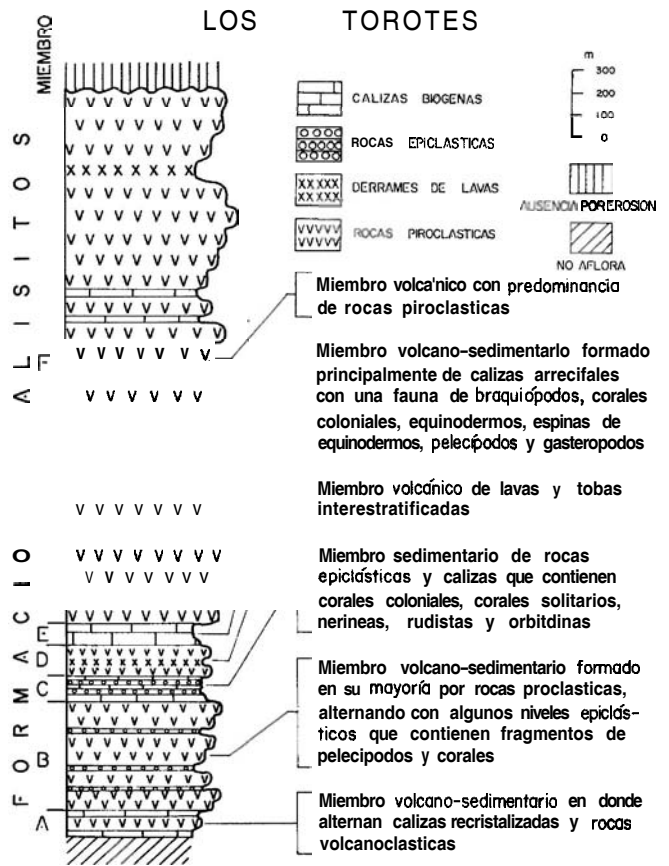


Figura 3.- Columna estratigrafica de la Formacion Alisitos, de la seccion de Los Torotes, formada por tres miembros volcánico-sedimentarios; dos volcanicos y uno sedimentario.

Miembro B — Este miembro tiene un espesor de 500 m y esta formado predominantemente por rocas piroclásticas que alternan con algunos horizontes epiclásticos y derrames de lava escasos. La litología de las rocas piroclásticas esta constituida por tobas hialinas, tobas litocristalinas, tobas vitrocristalinas, tobas compuestas y brechas cristalinas de color que varia de amarillento a verde claro y en capas de 15 a 25 m. Las rocas presentan, en general, una estructura ignimbrítica fluidal. Las rocas epiclásticas son limolitas y areniscas de color gris oscuro a amarillento claro y afloran en capas cuyo espesor es inferior a 5 m. Los escasos niveles de derrames de lava tienen composicion acida y un espesor que no rebasa el metro. Son de color gris oscuro a verde claro y tienen una textura afanítica, teniendo fracturas rellenas por epidota.

Miembro D — El siguiente miembro es volcánico y esta formado por rocas piroclásticas y algunos derrames de lava, con un espesor de 140 m. Las rocas piroclásticas son tobas hialinas, tobas vitrocristalinas y tobas cristalinas, interestratificadas con cineritas cristalinas. Estas rocas volcanicas han sufrido una ligera cloritización. Las lavas que alternan con las rocas piroclásticas tienen una estructura masiva, un espesor de 1 a 1.5 m y una textura que varia de microcristalina a porfídica con fenocristales milimétricos de feldespatos. Las rocas muestran, con frecuencia, silicificación y recristalización parcial.

Miembro C — El tercer miembro es sedimentario y esta caracterizado por una alternancia de rocas epiclásticas y biohermas, con un espesor de 120 m. Las rocas detriticas son grauwacas de color verde claro, en capas de 5 m maximo, ocasionalmente muestran una estructura de microbrecha y tenue graduacion granulometrica. Ciertos estratos contienen orbitolinas. Las calizas son de colores gris claro a gris oscuro y afloran en estratos que varian de 1 a 45 m en espesor; las unidades de este miembro son lenticulares acunandose despues de unos 10 km de afloramiento maximo. En general, las rocas carbonatadas son el resultado de la acumulacion de valvas de ru-

Miembro E — A continuacion aflora un miembro volcánico-sedimentario de 100 m de espesor, en que los niveles de biohermas predominan sobre las rocas piroclásticas y epiclásticas. Las calizas de color gris claro afloran en capas de 1 a 20 m de espesor y contienen infinidad de valvas de rudistas. Estos niveles carbonatados tienen una fauna de braquiópodos, corales coloniales, equinodermos, pelecipodos y gasteropodos. Las rocas carbonatadas han sufrido recristalización parcial que ha provocado una laminacion de escala milimétrica. Las rocas epiclásticas son limolitas y grauwacas en

capas menores que 1 m de espesor; algunos niveles poseen una abundante fauna de equinodermos muy deformados. Este miembro contiene un nivel piroclástico de tobas cristalinas de 20 m de espesor, de estructura masiva y roca muy fracturada.

Miembro F — El miembro superior de la columna litológica de la sección de Los Torotes es una potente serie volcánica, principalmente piroclástica, de 2,500 m y con escasos niveles lenticulares de calizas interestratificadas. Las rocas piroclásticas son brechas volcánicas, tobas hialinas, tobas vitroclásticas, tobas compuestas, ignimbritas y cineritas cuya composición es de tendencia ácida. Las lavas interestratificadas de este miembro tienen una textura afanítica a porfídica, con fenocristales milimétricos de feldespatos potásicos. Las calizas de color gris claro presentan una estructura laminar, por el efecto de una recristalización parcial; las capas son lenticulares que desaparecen rápidamente después de unos 50 m de afloramiento. Este miembro en particular muestra procesos de silicificación, cloritización, epidotización y recristalización en diversos niveles estratigráficos.

**Estructura geológica.** — Estructuralmente, el área de Los Torotes está caracterizada por pliegues anticlinales y sinclinales disarmonicos. Los ejes de estas estructuras son sinuosos y están orientados NW 52° SE a NW 25° SE.

La litología ha sido un factor importante en la deformación, ya que en las zonas donde predominan las rocas volcánicas, los pliegues tienen un amplio radio de curvatura, contrastando con los niveles carbonatados o epiclásticos que originaron pliegues mucho más cerrados. Las extremidades de las estructuras sinclinales presentan, en general, terminaciones periclinales y la estructura anticlinal mayor tiene una bifurcación en su extremo septentrional (Figura 2). La inclinación de las capas es al SW o al NE y varía en intensidad de 25 a 80°.

La Formación Alisitos en el área de Los Torotes se encuentra rodeada por plutones granodioríticos cretácicos.

**Fauna.** — La identificación de la fauna recolectada fue elaborada por la Dra. Blanca E. Buitron-Sánchez del Instituto de Geología de la U.N.A.M. Los niveles de la columna estratigráfica de Los Torotes donde se recolectaron fósiles de la Formación Alisitos están señalados en forma general en la Figura 2. Los fósiles han sufrido procesos de disolución y con frecuencia solamente quedan los moldes internos.

En el área de Los Torotes se recolectó una fauna fósil significativa que contiene foraminíferos, corales, gasterópodos, pelecípodos y equinodermos, logrando clasificar las especies siguientes: *Orbitolina (Mesorbitolina) texana* (Roemer), *Nerinea (Plesiptygmatis) tomasensis* Allison, *Nerinea (Plesiptygmatis) bosei* Allison, *Peruviella dolium* (Roemer), *Caprinuloidea perfecta* Palmer, *Lima (Mantellum) blancensis* Stanton, *Pecten (Neithea) subalpinus* Bose, *Pseudocidaris clunifera* Agassiz, *Hemiaster whitei* Clark y *Macraster elegans* (Adkins). Estas especies permiten precisar una edad que varía desde el Aptiano hasta el Albiano para las rocas volcano-sedimentarias de la Formación Alisitos de la sección de Los Torotes.

**Petrografía.** — Las rocas carbonatadas son, en su mayoría, *packstones*. Observaciones microscópicas demuestran que las rocas encierran un bajo porcentaje (3 a 8%) de material epiclástico, tales como fragmentos de feldespatos, cuarzo y rocas volcánicas, que miden de 0.06 a 3.7 mm. La matriz forma el 40 o 50% de la roca y está constituida por micrita, a

veces mezclada con arcillas. Con frecuencia las calizas contienen fragmentos de rudistas, nenneas, corales y gasterópodos.

Las rocas epiclásticas son limolitas y grauvacas formadas por fragmentos de cuarzo (5 a 35%), feldespatos (10 a 25%), volcánoclastos (10 a 40%), ocasionalmente bioclastos (3%) y minerales opacos (4%) rodeados por una matriz de esmectita (5 a 30%) y cementados por calcita esparítica (25 a 40%). La granulometría de los fragmentos epiclásticos varía desde 0.02 hasta 1.25 mm y en particular la de los volcánoclastos alcanza hasta 2.25 mm.

Las rocas piroclásticas son tobas hialinas, tobas litocristalinas, tobas cristalinas, tobas compuestas y cineritas cristalinas con una composición de tendencia ácida. Petrográficamente están constituidas por una fracción cristalina (10 a 40%) formada por fenocristales de feldespatos, cuarzo y magnetita; una fracción ítica (10 a 40%) integrada por piroclastos de cineritas, tobas, piedra pomez y lavas de textura traquítica; una matriz vítreosa (20 a 45%) que, en la mayoría de los casos, ha sido desvitrificada en cuarzo policristalino y un conjunto de minerales diagenéticos (10 a 35%), representados por arcillas, clorita, calcita esparítica y hematita.

La mineralogía de las lavas está caracterizada por fenocristales euhedrales de ortoclasa, andesina y oligoclasa de un tamaño promedio de 1 mm, con la macla de Carlsbad o Albite-Carlsbad, asociados a cristales cúbicos de magnetita de aproximadamente 0.005 mm; ocasionalmente las lavas contienen algunos cristales subhedrales de cuarzo y cristales euhedrales de clinopiroxenos. La matriz está constituida por microlitos de albita y por cuarzo intergranular. Es frecuente que estas rocas hayan sufrido una ligera recristalización, cloritización y silicificación.

#### SECCION DE LA BOCANA

**Descripción litológica.** — En los márgenes del Arroyo de La Bocana aflora una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias interestratificadas, que constituye una columna estratigráfica de 2,000 m de espesor de la Formación Alisitos (Figura 4).

Las asociaciones litológicas de esta columna permiten diferenciar siete miembros (Figura 5): cuatro volcánicos, dos volcano-sedimentarios y uno sedimentario. La composición y características de estos miembros, de la base a la cima, son:

Miembro A — El miembro basal de 590 m está formado principalmente de rocas piroclásticas y escasos estratos de calizas, areniscas y lavas interestratificadas. Las rocas piroclásticas, representadas por tobas vitrolíticas, tobas compuestas, cineritas cristalinas y vitrofiros, alcanzan espesores de unos 230 m. Los niveles de lava representados por basaltos, traquiandesitas, dacitas y riolitas son poco numerosos, dominando los derrames de composición ácida; las lavas presentan una estructura traquítica o ignimbritica fluidal. Este miembro contiene dos estratos de caliza y uno de lutita de 8 m de espesor; las rocas calcáreas son *packstones* y se presentan en capas de 2 m, de color gris claro a gris oscuro y contienen fragmentos de pelecípodos, corales y volcánoclastos.

Miembro B — El segundo miembro tiene un espesor de 323 m y se caracteriza por un predominio de derrames de lavas con algunas intercalaciones de rocas piroclásticas, epiclásticas y carbonatadas. Diversas emisiones de lava alcanzan espesores de unos 120 m y su composición, ácida principalmente, varía desde dacítica hasta riolítica; la textura de la ro-

ca es, en general, eucristalina y su estructura es masiva. La roca ha sufrido un fuerte fracturamiento y una profunda alteracion. El miembro contiene dos niveles de biohermas compuestos de corales y rudistas primordialmente, un nivel piroclastico de tobas ignimbríticas y un estrato epiclastico de limolitas.

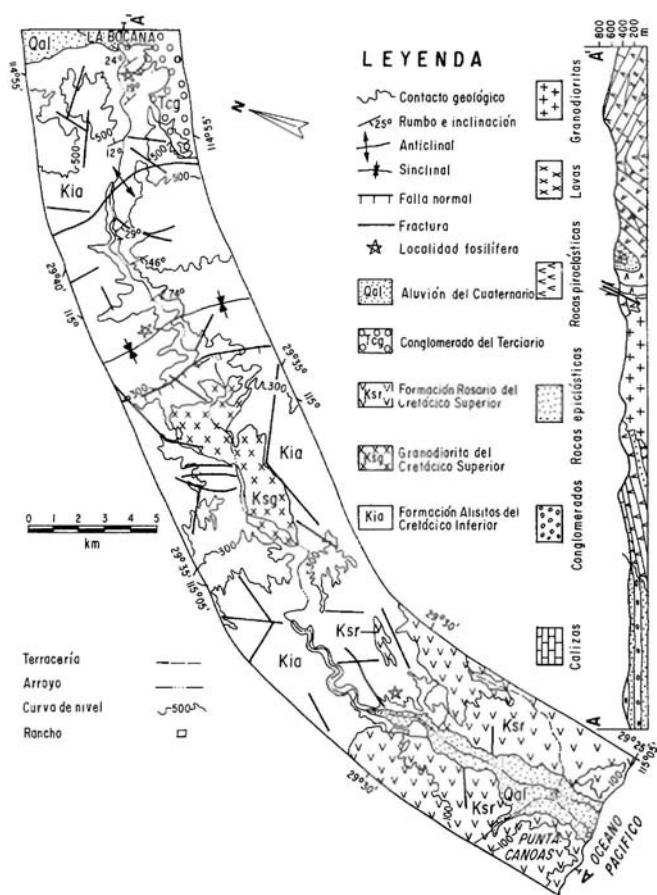


Figura 4.-Afloramientos y geología estructural de la Formacion Alisitos, a lo largo del Arroyo de L a Bocana.

Miembro C — Este miembro esta formado por una alternancia de rocas epiclasticas y piroclasticas de 179 m de espesor. Las rocas detriticas son lutitas, limolitas y grauvacas en estratos que varian desde 6 hasta 35 m y con clasificacion granulometrica leve. Las rocas piroclasticas son tobas y cineritas que varian en composicion desde vitroliticas hasta vitrocristalinas, formando intervalos de 13 a 20 m de espesor con estructura masiva.

Miembro D — Este miembro volcanico contiene en su base 67 m de lavas daciticas de estructura masiva, textura eucristalina, con fracturamiento fuerte y alteracion profunda. Los 123 m superiores de este miembro estan formados por tobas vitrocristalinas de textura ignimbrítica.

Miembro E — Este miembro, de 97 m de espesor, esta formado por calizas, areniscas, rocas piroclasticas y lavas interestratificadas. Los niveles carbonatados son producto, principalmente, del apilamiento de valvas de rudistas, que se presentan en estratos de 5 a 14 m de espesor, de color gris oscuro, con numerosas estilolitas y sus cavidades parcialmente

rellenas de cuarzo. Contiene, ademas, un estrato de 6 m de espesor de toba riolitica ignimbrítica, un potente intervalo de 53 m de espesor de lavas rioliticas de estructura fluidal y un estrato de grauvaca de 5 m de espesor.

Miembro F — El sexto miembro es un conjunto grueso de rocas volcanicas de 476 m de espesor. En la base afloran 331 m de rocas piroclasticas que son tobas cristalinas, tobas vitrocristalinas, tobas vitroliticas y tobas de lapilli de color verde claro. La parte superior es una potente secuencia de 145 m de espesor, formada por diversas emisiones de lava riolitica, de colores verde y gris, textura eucristalina y, en ocasiones, porfídica con fenocristales milimetricos de feldspatos potasicos; la roca esta muy alterada y eventualmente presenta cambios verticales en niveles con estructura de brecha volcanica.

Miembro G — El miembro de la cima de la columna estratigrafica de la Formacion Alisitos en la seccion de La Bocana expone una alternancia de rocas epiclasticas y rocas carbonatadas de 102 m de espesor. Las rocas epiclasticas son grauvacas de estructura masiva, grano fino y de color gris; los niveles detriticos contienen una abundante fauna de nerineas, pelecipodos, corales y otros gasteropodos. Las calizas de color gris claro a gris oscuro estan formadas, en su mayoria, por valvas de rudistas; estas rocas contienen una fauna formada por corales, gasteropodos y pelecipodos; las rocas carbonatadas han sufrido una disolucion notable, la cual ha originado innumerables estilolitas.

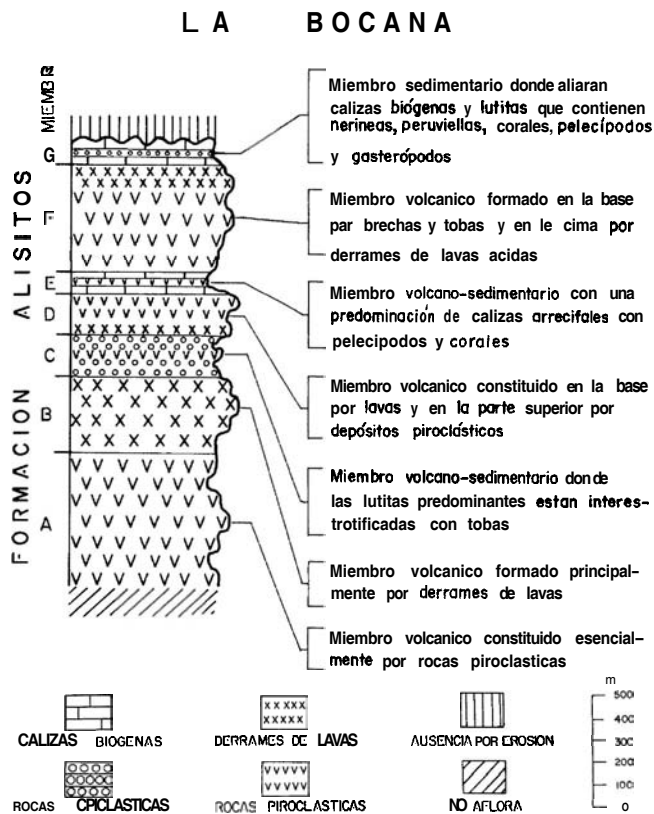


Figura 5.- Cuatro miembros volcanicos; dos volcanico-sedimentarios y uno sedimentario constituyen la columna estratigrafica de la Formacion Alisitos del Arroyo de L a Bocana.

**Estructura geológica.** - La seccion de La Bocana muestra tres estructuras, a partir del rancho La Bocana y en direccion hacia el Oceano Pacifico (Figura 4). La primera es un anticlinal asimetrico de 12 km de anchura con el eje sinuoso orientado N 45° W, con el flanco oriental extendido y con el flanco occidental abrupto. La siguiente estructura es un sinclinal estrecho de 5 km de anchura, de flancos escarpados; su extremidad septentrional termina periclinalmente y su flanco occidental se encuentra limitado por una falla normal inclinada hacia el suroeste. La tercera estructura de la Formacion Alisitos es un monoclinal con una inclinacion de unos 10° hacia el sureste y perturbado ligeramente por el emplazamiento de un pluton granodioritico.

La Formacion Alisitos en su porcion occidental esta cubierta discordantemente por la Formacion Rosario del Cretácico Superior.

**Fauna.** - Los niveles epiclasticos y carbonatados contienen una fauna fosil relativamente bien conservada de corales solitarios y coloniales, braquiopodos, pelecipodos y gasterópodos. Las dos localidades donde se recolectaron fosiles se muestran en la Figura 4.

Las determinaciones de algunas especies de braquiópodos, bivalvos y gasteropodos son: *Cyclothyris* sp., *Coalcomana* sp., *Nerinea (Plesioptygmatis) bösei* Allison, *Nerinea (Plesioptygmatis) tomasensis* Allison, *Cossmanea (Eumerinea) pauli* (Coquand), *Peruviella dolium* (Roemer) y *Peruviella gerthi* Olsson.

Estas determinaciones paleontologicas indican una edad aptiano-albiana para la Formacion Alisitos del Arroyo de La Bocana.

**Petrografia.** - Las rocas carbonatadas son primordialmente *packstones* constituidas, en general, por fragmentos de pelecipodos (20 a 60%), de corales (20 a 40%) contenidos en una pasta micritica (10 a 50%). Ocasionalmente estas rocas encierran elementos volcanicos tales como fragmentos de tobas, lavas, cristales de cuarzo o de feldespatos. Tambien algunas rocas contienen escasos microfosiles muy mal conservados tales como espiculas de esponjas, gasteropodos y equinodermos. Las rocas han sufrido un ligero metamorfismo que ha provocado una recrystalizacion, asi como una cierta silicificacion.

El conjunto epiclastico esta formado, principalmente, por grauvacas, con algunos horizontes de limolitas y de cuarzo amorfo interstratificado. Las rocas estan compuestas de fragmentos de cuarzo (10 a 30%), feldespatos (10 a 30%), minerales opacos (5%) y volcanoclastos (7 a 30%), rodeados por una matriz arcillosa (5 a 25%) y cementados por calcita esparitica (30 a 40%). La granulometria varia de 0.01 a 0.6 mm y la roca presenta una tenue clasificacion de fragmentos.

Las rocas piroclasticas estan formadas por tobas cristalinas, tobas compuestas, tobas hialinas, tobas vitrocristalinas, tobas vitroliticas, cineritas cristalinas y cineritas hialinas. La litologia esta constituida por una fraccion litica (15 a 55%) de fragmentos de piedra pomez, cineritas, vitrofiros y lavas de textura traquítica; una fraccion *crystalina* (10 a 40%) de fenocristales de cuarzo, *feldespatos*, magnetita y ocasionalmente de clinopiroxenos; una matriz de vidrio (20 a 70%) con frecuencia transformada en cuarzo criptocristalino o cuarzo-albitizado y, finalmente, por minerales diageneticos (10 a 30%) representados por calcita esparitica, clorita, hematita y arcillas.

Las lavas estan formadas por fenocristales de *feldespa-*

tos (8 a 25%), magnetita (10 a 20%) y en ocasiones de clinopiroxenos y de cuarzo, todos englobados en una matriz (40 a 60%) transformada en cuarzo anhedral o cuarzo-albitizada. Los minerales diageneticos son las arcillas, la clorita y la hematita. La mayoría de las lavas tiene una composicion que varia desde dacitica hasta riolitica, aunque tambien hay basaltos y andesitas en menor cantidad. Las rocas presentan, generalmente, una estructura *ignimbrítica* y ciertos efectos de *recrystalizacion*.

#### SECCION DE EL CUERVITO

**Estratigrafia.** - La Formacion Alisitos que aflora en el Arroyo de El Cuervito esta caracterizada por una secuencia litologica de 500 m, donde predominan las rocas epiclasticas, las cuales estan asociadas a una cantidad menor de rocas piroclasticas. Esta secuencia contiene algunos niveles centimétricos de cuarzo criptocristalino (Figura 6).

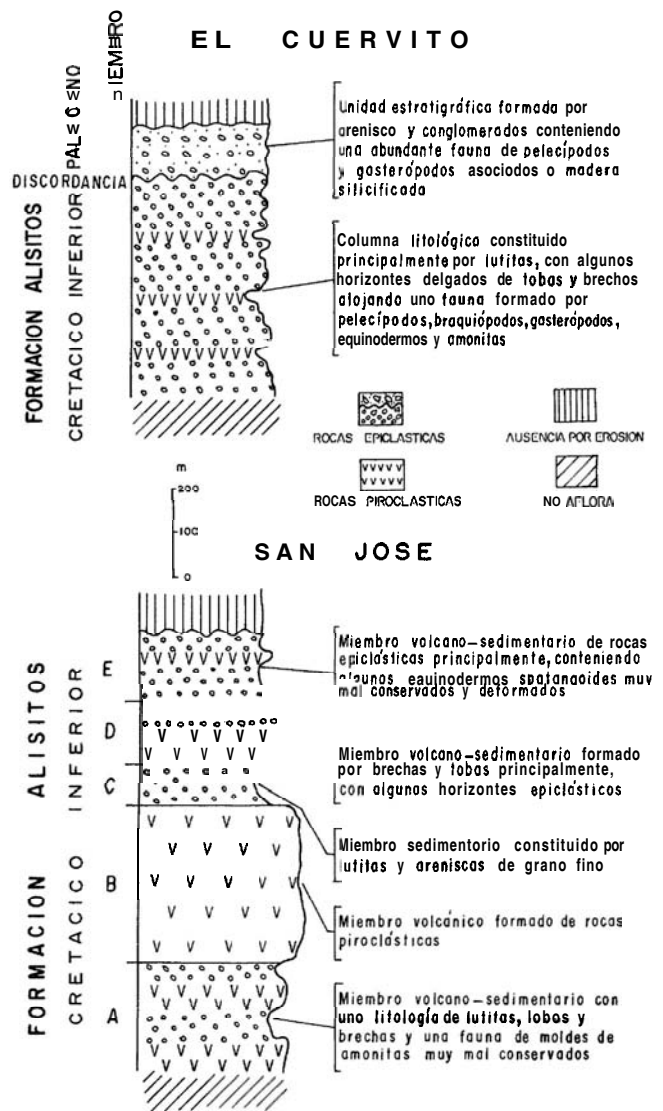


Figura 6.- Constitución litoestratigráfica de las columnas de la Formacion Alisitos de las secciones estudiadas en los arroyos de El Cuervito y de San Jose.

Las rocas detriticas se presentan en capas de 10 a 60 cm de espesor y, en ocasiones, en bancos masivos de 5 m. Las rocas son **lutitas**, limolitas y escasas grauvacas **interestratificadas**. Estos estratos presentan una tenue clasificacion granulometrica y finas estructuras de **diastatificacion**.

Los niveles volcanoclasticos son tobas vitroliticas, tobas **vitrocristalinas**, cineritas y **vitrófiros**. Frecuentemente la roca presenta una textura porfidica con fenocristales de **feldespatos** potasicos y una estructura profundamente alterada, dando a la roca un aspecto deleznable.

**Estructura geológica.**- La Formacion Alisitos presenta, en la desembocadura del Arroyo de El **Cuervito**, una estructura monoclinalse inclinada al poniente, con intensidad que varia desde 5 hasta **24°** (Figura 7).

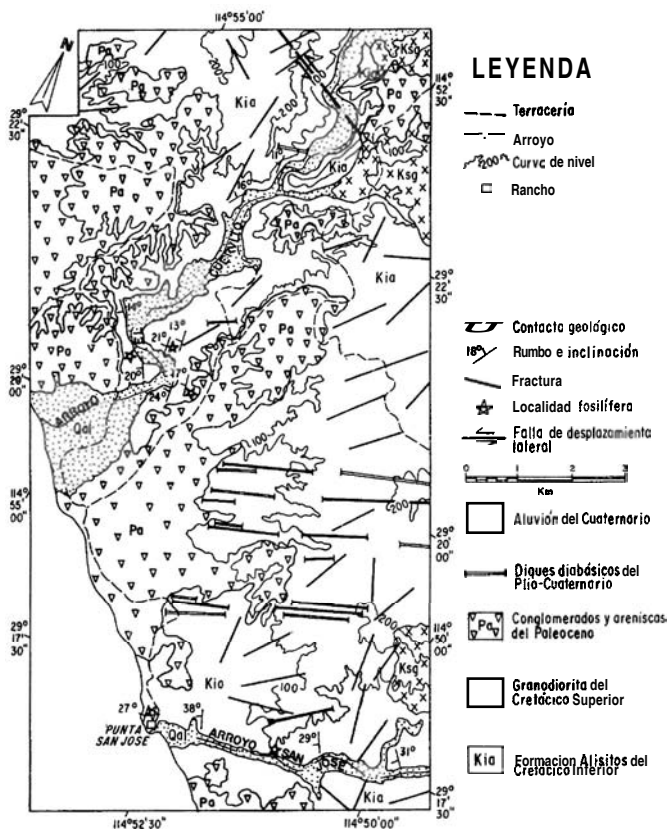


Figura 7.- Afloramientos de la Formacion Alisitos en los valles de los arroyos de El Cuervito y de San Jose.

La columna estratigrafica esta afectada por diques **diabasicos** plio-cuaternarios y por fallas inversas y normales, de una longitud maxima de 25 m y un desplazamiento de algunas decenas de centimetros.

En este sector, la serie volcano-sedimentaria de la Formacion Alisitos **esta** cubierta con discordancia angular por sedimentos del **Paleoceno**. Esta ultima unidad tiene un espesor aproximado de 140 m y esta formada por areniscas y conglomerados, configurando una estructura monoclinalse inclinada horizontalmente.

**Fauna.**- La Formacion Alisitos contiene en ciertos niveles piroclasticos y epiclasticos una fauna fosil formada por braquiopodos, **pelecípodos**, equinodermos y amonoideos pobre-

mente conservados. Las localidades fosiliferas estan senaladas en la Figura 7.

Entre los braquiopodos se colecto a *Orbirhynchia* sp., **Pettitt** y entre los equinodermos a *Hemiaster* cf. *H. dalli* Clark. Solo se observo una impresion de amonita, que probablemente corresponda al genero *Distoloceras*.

**Petrografia.**- Las rocas epiclasticas estan representadas, sobre todo, por lutitas con interestratificaciones de limolitas y grauvacas. Las rocas estan constituidas por fragmentos de cuarzo (5 a 20%), de feldespatos (7 a 35%), de minerales opacos (5 a 20%), de volcanoclastos (3 a 40%) y de **bioclastos** (3 a 5%), envueltos por una matriz arcillosa (30 a 40%), ligeramente hematizada y formada de esmectita con un poco de caolinita. El cementante esta formado por calcita esparitica (10 a 20%). La roca contiene, ocasionalmente, clorita, asi como pelotillas y astillas de vidrio, transformadas en cuarzo policristalino.

Las rocas **piroclasticas** son cineritas, tobas **vitrocristalinas** y tobas cristalinas formadas por **una fracción litica** (5 a 40%) de fragmentos de piedra pomez, cineritas y lavas de estructura traquitica; una fraccion cristalina (10 a 30%) de cristales de cuarzo, feldespatos y magnetita y una matriz (30 a 40%) formada por vidrio, el cual ha sido parcialmente **desvitrificado** en cuarzo policristalino o cuarzo-albitizado. Los minerales, producto de la diagenesis (12 a 25%), son arcillas, hematita y, en ocasiones, calcita esparitica y clorita.

SECCION DE SAN JOSE

En esta localidad Minch (1969) estudio una columna de 1,600 m de espesor, formada por rocas piroclasticas y **epiclasticas**. Entre las primeras se encuentran tobas, brechas volcanicas y tobas cristalinas; entre las rocas epiclasticas predominan limolitas y grauvacas.

**Descripcion litológica.**- La columna estratigrafica de la Formacion Alisitos de la seccion de San Jose (Figura 7) muestra una alternancia de rocas piroclasticas y epiclasticas de un espesor de 1,000 m.

Esta secuencia litologica ha sido dividida en cinco miembros (Figura 6): uno sedimentario, constituido por rocas detriticas; uno volcanico, formado por rocas piroclasticas y tres volcano-sedimentanos, donde alternan los dos tipos de roca. La litologia y caracteristicas de estos miembros, de la base a la cima, son las siguientes:

**Miembro A** — El miembro inferior de la columna esta formado por 250 m de rocas piroclasticas con intercalaciones de estratos detriticos. Las rocas piroclasticas, de estructura **brechoide**, son tobas de lapilli, tobas cristalinas y brechas volcanicas; los niveles volcanicos **afloran** en capas que varian desde 0.5 hasta 3 m de espesor y en paquetes de hasta 30 m; algunos estratos contienen fragmentos de rudistas y de corales. Los estratos epiclasticos, de colores amarillento, verdoso o gris oscuro, se presentan en capas de 5 a 120 cm de espesor y en paquetes de unos 6 m maximo; las rocas son, principalmente, lutitas y limolitas, con algunas intercalaciones de grauvacas.

**Miembro B** — El segundo miembro esta formado por 350 m de rocas piroclasticas de color verde claro, textura **mo-teada**, **estructura brechoide** y estan fuertemente **fracturadas**. Estas rocas contienen piroclastos que varian en tamaño de lapilli a bloques. Los niveles piroclasticos han sufrido una ligera **cloritización** y con frecuencia presentan una estructura **ignim-britica**.

Miembro C — Este miembro volcanico es una secuencia homogénea de 100 m de rocas epiclasticas que afloran en capas desde 10 hasta 80 cm de espesor. Las lutitas dominan este paquete y contienen estratos de limolitas y areniscas.

Miembro D — El cuarto miembro, de un espesor de 150 m, esta formado predominantemente por rocas piroclasticas, con algunas intercalaciones de estratos detriticos.

Las rocas volcanicas son tobas **vitrolíticas**, vitrofiros y brechas de color verde, textura **moteada** y estructura **ignimbrítica**; este conjunto litológico ha sido densamente fracturado, propiciando una profunda alteración y una alta friabilidad en las rocas. Las rocas epiclasticas son limolitas de color amarillenta, en capas desde 10 hasta 30 cm de espesor y en paquetes que varían desde 10 hasta 12 m.

Miembro E — La parte superior de la columna estratigráfica esta constituida por 110 m de rocas epiclasticas, que comprenden un nivel de 40 m de rocas piroclasticas. Las rocas detriticas varían desde lutitas hasta grauvacas, predominando las primeras, así como algunos horizontes de cuarzo criptocristalino; las rocas, de colores gris claro, café o **amarillento**, afloran en capas desde 10 hasta 40 cm de espesor. Las rocas piroclasticas, ubicadas en la parte central del miembro, son vitrofiros de color verde claro, textura brechoide, estructura masiva y presentan una profunda alteración.

**Estructura geológica.**— La Formación Alisitos en la desembocadura del Arroyo de San José forma una estructura **monoclinal**, cuyas capas están orientadas NW-SE y tienen una inclinación que varía desde 27 hasta 38° al SW (Figura 7).

La estructura se complica con el emplazamiento de numerosos diques diabasicos, de textura afanítica, en posición sensiblemente vertical y de un espesor desde 0.5 hasta 3 m.

**Fauna.**— Entre la fauna fósil que contiene la secuencia que **aflora** en el Arroyo de San José y descrita por Minch (1969), se encuentra *Otapiria* sp. (probablemente *O. tailleuri* Imlay) del Triásico Superior-Jurásico Medio, Myophoralinae (probablemente género *Linotrigonia*) del Jurásico Superior-Cretácico, amonoides mal conservados del Cretácico medio y **belemnites** asignados, tentativamente, al Jurásico Superior-Cretácico Inferior, por lo que Minch asignó una edad jurásica para la secuencia.

En el presente estudio las rocas de la columna estratigráfica del Arroyo de San José, cuyas localidades fosilíferas se ilustran en la Figura 7, los organismos fósiles son escasos y mal conservados. Entre la fauna colectada, representada por equinodermos y amonitas, se identificó a *Hemiaster* sp. cf. *H. dalli* Clark entre los primeros y probablemente a *Wichmanniceras* sp. entre los amonoides, ambos organismos del **Cretácico Inferior**.

Aunque aparentemente existe una cierta discrepancia en la determinación de la edad de la secuencia litológica, es necesario señalar que la mayoría de los fósiles reportados por Minch (1969) y los referentes al presente artículo, tienden a converger en una edad cretácica temprana.

Esta interpretación se **refuerza** con la presencia de fragmentos de rudistas típicos de la formación Alisitos, asociados a ciertos niveles piroclásticos del Miembro A de la columna de la sección del Arroyo de San José. Asimismo, en áreas cercanas afloran rocas similares, que contienen **gran** cantidad de **valvas** de moluscos comunes en la Formación Alisitos del Aptiano-Albiano.

**Petrografía.**— Las rocas epiclasticas más representativas de la columna litológica de la sección de San José son las **luti-**

tas. Están formadas por una matriz arcillosa (50 a 80%) compuesta principalmente por esmectita, mezclada con caolinita y clonita; los elementos detriticos (20 a 50%) son el cuarzo, los feldespatos y los volcanoclastos. En ocasiones la roca contiene calcita esparítica y frecuentemente se presenta **hematizada**.

Las rocas piroclasticas son tobas hialinas, tobas cristalinas y tobas de lapilli, constituidas por una fracción cristalina (30 a 50%) de cristales de cuarzo, minerales opacos y feldespatos; una fracción lítica (50 a 60%) de fragmentos de tobas cristalinas, tobas hialinas, lavas microlíticas, piedra pomez y cineritas; una matriz (10 a 55%) frecuentemente **desvitrificada** en cuarzo policristalino y en ocasiones albitizada ligeramente y por minerales, producto de la diagenesis, como arcillas, clorita y hematita.

#### CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS

Las descripciones de las secciones estudiadas en los arroyos Los Torotes, La Bocana, El Cuervito y San José permiten proponer algunas correlaciones entre las diferentes columnas litológicas, que pueden ser interpretadas como una continuidad estratigráfica.

En efecto, las localidades septentrionales de la región estudiada, Los Torotes y La Bocana, muestran características geológicas similares, que contrastan con las columnas estratigráficas de los sectores El Cuervito y San José.

**Los Torotes-La Bocana.**— La base de la columna **litológica** de Los Torotes, particularmente los miembros A, B y C, presenta las mismas facies y la misma secuencia estratigráfica respecto a la cima de la columna de la sección de La Bocana, en sus miembros E, F y G; existiendo una correspondencia clara en los espesores individuales de los miembros en las dos columnas.

Esta correlación estratigráfica se apoya en la presencia de ejemplares de *Nerinea (Plesioptygmatis) bosei* Allison, colectados en los miembros C y G de la sección de Los Torotes y en el miembro G de la columna de La Bocana (Figura 8).

**El Cuervito-San José.**— En las columnas estratigráficas de las secciones El Cuervito y San José ubicadas en la parte meridional de la región estudiada, se percibe un marcado predominio de rocas epiclasticas de grano fino.

Entre las dos columnas no se observa correspondencia alguna de facies; sin embargo, la proximidad geográfica que guardan entre sí permite evocar una continuidad **estratigráfica** de los dos sectores (Figura 9), apoyándose en los siguientes argumentos:

- a — La actitud concordante de las estructuras **monoclinales** en los dos sectores que presentan una misma inclinación hacia el poniente.
- b — Una evolución sedimentológica en la columna del Arroyo de San José, cambiando de asociaciones de rocas piroclasticas en la base a aportes epiclasticos que son predominantes en la cima. Dicha evolución **sedimentológica** encuentra su continuidad estratigráfica en la **sección** del Arroyo de El Cuervito, donde se acentúa la presencia de horizontes epiclasticos y casi se nulifica el aporte de productos piroclasticos.
- c — La petrografía de las rocas piroclasticas, en los dos **sectores, revela** su construcción similar, lo que permite **esta-**



- blecer que, en los dos casos, las rocas volcanicas han tenido una fuente magmatica comun.
- d — Los constituyentes detriticos de las rocas epiclasticas en las dos columnas litologicasson el **resultado** de los aportes terrigenos de zonas emergidas del propio arco insular.
- e — La presencia de equinodermos en la cima de la columna estratigrafica de la seccion de San Jose corresponde al mismo genero de los colectados, en mayor cantidad, en la base de la columna del Arroyo de El Cuervito.

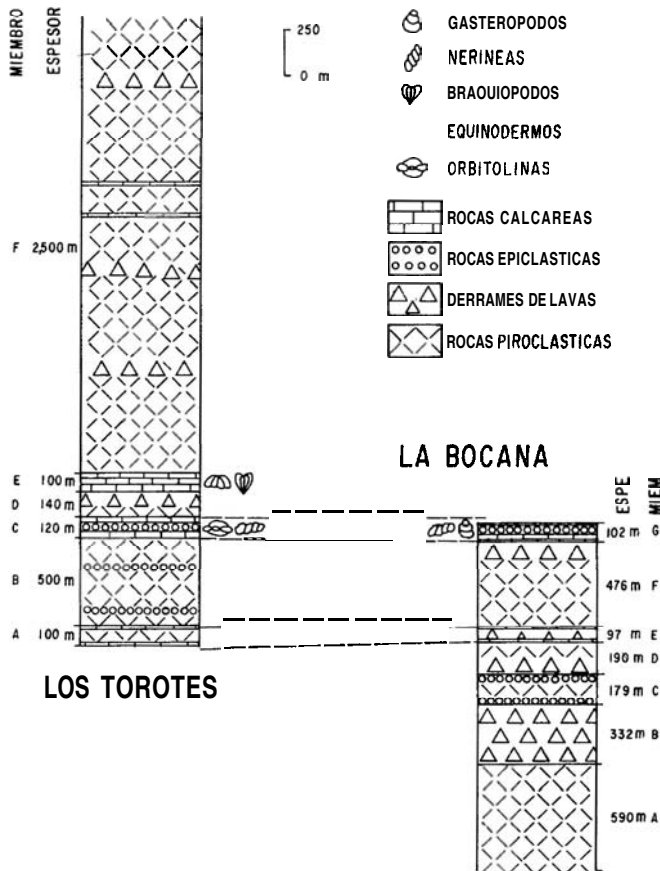


Figura 8.- Correlacion estratigrafica de la Formacion Alisitos entre las secciones Los Torotes y La Bocana.

Por consiguiente, las series **litoestratigraficas** de Los Torotes y La Bocana **permiten** establecer una continuidad **estratigrafica**, en donde la parte **basal** es ocupada por la columna litologica de la seccion de La Bocana y la cima correspondiera a las rocas del area de Los Torotes; resultando que **el** espesor aproximado de la columna restituida es de 5,000 m. Considerando que la base no **aflo**ra y la cima de la Formacion Alisitos ha sido erosionada, es muy probable que falte un suplemento de varios centenares de metros en la columna estratigrafica.

Por otra parte, las características **litológicas**, estructurales, petrograficas y paleontologicas de las secuencias de El Cuervito y San Jose permiten elaborar una correlacion estratigrafica diferente a la de Los Torotes-La Bocana; de esto se deriva que la columna estratigrafica resultante tenga un espesor minimo de 1,500 m; y en la seccion de San Jose este caracterizada por interestratificaciones volcano-detriticas en la

base; mientras que, en la seccion de El Cuervito, evolucionen rapidamente en el tiempo a depositos donde dominan los sedimentos epiclasticos.

**EL CUERVITO**

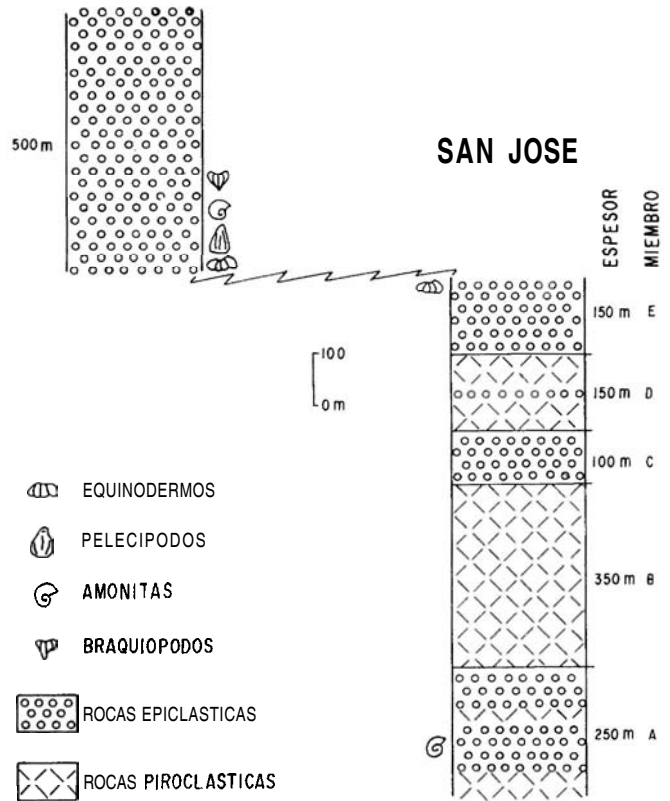


Figura 9.- Columna estratigrafica restituida de la Formacion Alisitos en el area de El Cuervito-San Jose.

**PALEOSSEDIMENTACION**

La comparacion efectuada entre las diferentes columnas **estratigraficas** restituidas nos permite comprender los procesos **paleosedimentarios** que dieron origen a la Formacion Alisitos..

Es necesario tomar en cuenta que los niveles **estratigraficos** indices son escasos y, por el contrario, los fuertes cambios de facies son numerosos, caracterizando muy bien un ambiente de sedimentacion volcano-sedimentario de arco insular.

La litologia de las columnas Los Torotes-La Bocana y El Cuervito-San Jose revela distintos rasgos en el aspecto **sedimentologico**; por ello, la region estudiada presenta dos zonas de facies de sedimentacion muy contrastantes (Figura 10).

La zona septentrional, denominada Los Torotes-La Bocana, muestra un amplio predominio de brechas volcanicas, tobas, **ignimbritas** y derrames de lavas con una fuerte tendencia acida en su composicion, lo cual atestigua una paleosedimentacion cerca de la zona axial del arco insular, probablemente cercana a centros volcanicos de tipo caldera (Beggs, 1984, p. 48), en donde se depositaron grandes volumenes de rocas vol-

canogenicas en condiciones subaereas. Este proceso fue alterando con periodos de ambientes marinos, someros y de aguas tropicales donde, **además**, proliferaron organismos, como los rudistas, para formar biohermas y tambien la sedimentacion de depositos epiclasticos.

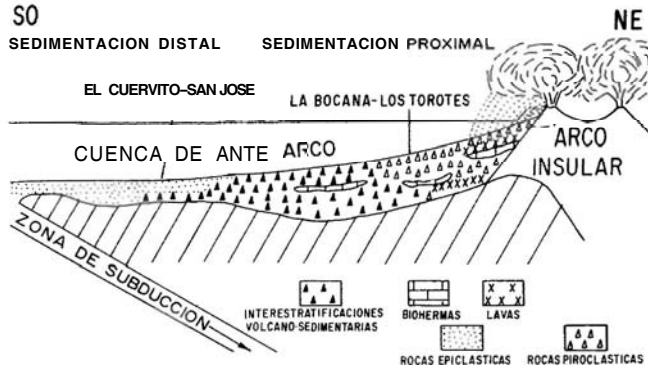


Figura 10. - Ambientos paleosedimentarios que originaron la litología de la Formación Alisitos en la Península de Baja California.

En cambio, hacia el sur, donde afloran las secuencias litológicas de El Cuervito-San Jose, los ambientes de paleosedimentación fueron diferentes, pues se observa una rápida evolución en la influencia de grandes aportes piroclásticos en la base, disminuyendo rápidamente a medida que se progresa hacia arriba, para dar paso a un claro predominio de estratos epiclasticos de granulometría fina y de espesor delgado, que resultaron de una lejana influencia de los centros volcanicos del arco insular sobre una cuenca de ante-arco, en donde proliferaron amonitas, equinodermos, braquiopodos y pelecipodos.

De esta manera, las características litológicas de la región estudiada indican una paleosedimentación proxima al eje magmático del arco insular, representada por las columnas estratigráficas del sector Los Torotes-La Bocana y otra efectuada en una cuenca marina de ante-arco insular, donde una lenta y constante subsidencia posibilitó la acumulación de importantes volúmenes epiclasticos, que particularizan las columnas de los arroyos de El Cuervito y San Jose.

## EVOLUCION GEODINAMICA

Al parecer, el tiempo comprendido entre el Titoniano y Neocomiano se caracterizó por una tectónica distensiva que originó un sistema de fallas listricas, lo cual produjo un adelgazamiento del complejo ofiolítico del Triásico Superior, que sufrió **obducción** durante la fase nevadiana del Jurásico Superior; en consecuencia, hubo una transgresión **tethysiana** en el noroeste de México. En seguida un evento magmático importante permitió la formación de un arco insular que, posiblemente, se edificó encima de unidades triásico-jurásicas o en un zocalo pre-triásico (Rangin, 1982).

Durante el Cretácico Temprano, este arco insular, denominado Alisitos, se manifestó como un cinturón de islas volcanicas, originado por la dinámica de una zona de subducción ubicada a lo largo de la margen occidental de la Placa de América del Norte.

La intensa actividad del arco insular durante el Aptiano-Albiano permitió el depósito de potentes secuencias volcanicas, interestratificadas con horizontes sedimentarios, que constituyen la Formación Alisitos.

El arco insular se caracterizó por una actividad magmática calco-alcalina, representada, con frecuencia, por derrames de lava y numerosas ignimbritas, siendo estas últimas producto de la liberación rápida de gas de magmas ácidos, ricos en gas disuelto.

Durante las épocas de relativa calma magmática, el medio ambiente marino tropical permitió la proliferación alrededor de las islas de organismos constructores de biohermas, principalmente rudistas y corales.

La cuenca marina de ante-arco recibió volúmenes considerables de sedimentos epiclasticos, los cuales resultaron de la acción de fenómenos aéreos sobre las islas volcanicas del arco insular, que aseguraron este aporte.

El paquete volcano-sedimentario de la Formación Alisitos, así constituido, fue afectado por los esfuerzos **compresivos** de la Orogenia Oregoniana de fines del Albiano, produciendo tres fases distintas de plegamiento (Figura 11).

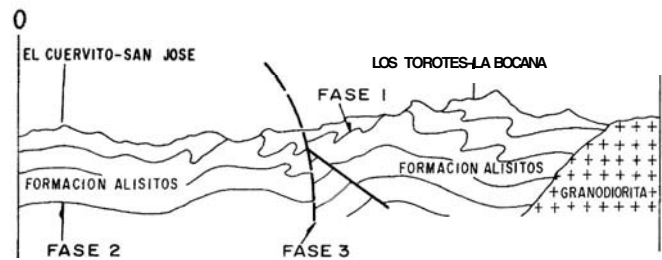


Figura 11. - Posición relativa de las tres fases de plegamiento de la Orogenia Oregoniana (Albiano tardío) que afectaron a la Formación Alisitos.

- I — La primera fase está caracterizada por un conjunto estructural disarmonico de pliegues sinclinales cerrados y recostados al oriente, desarrollados con las facies volcano-carbonatadas de las secciones Los Torotes y La Bocana. Estas estructuras están asociadas con amplios **anticlinales** presentes donde predominan gruesos paquetes volcanicos.
- II — La segunda fase produjo pliegues de fondo, caracterizados por un gran radio de curvatura, extensión regional y observables parcialmente en forma de monoclinales en los sectores El Cuervito y San Jose.
- III — La última fase está representada por el movimiento de una **falla** regional de desplazamiento lateral, posiblemente favorecida por contactos tangenciales anteriores, orientada NW-SE, deformando las estructuras anteriormente creadas e imprimiéndoles cierta sinuosidad a sus ejes. Esta dinámica tangencial permitió la juxtaposición de los dos conjuntos litoestratigráficos que afloran en el área; es decir, los depósitos cercanos al eje del arco insular aparecen en contacto con las rocas depositadas distalmente en la cuenca de ante-arco, y ocasionando la ausencia de transición sedimentaria que debió existir entre las dos zonas.

Durante el Cretácico Tardío se manifestaron numerosas intrusiones de composición, principalmente, **granodiorí-**

tica, que afectaron a la Formacion Alisitos y constituyen parte del Batolito Peninsular, situado preferentemente en el borde oriental peninsular y sensiblemente paralelo a la nueva cadena plegada.

En esta region el **Mesozoico** se termino con el fenomeno erosivo de las masas positivas, formadas por los plutones y la secuencia volcano-sedimentaria plegada, proveyendo los sedimentos a una fosa, situada en el borde occidental del nuevo continente, para los potentes depositos molasicos **marino-continentales** de la Formacion Rosario del Cretacico Superior.

## CONCLUSIONES

La Formacion Alisitos es el resultado de la intensa actividad magmatica de un arco insular durante el Albiano-Aptiano, situado en la margen occidental de la Placa de America del Norte. La actividad volcanica tuvo un caracter preferentemente explosivo y una composicion de fuerte tendencia acidica.

Los potentes espesores de rocas piroclasticas, asociados a numerosos derrames de lava y horizontes lenticulares de **biohermas**, caracterizan un ambiente de **paleosedimentación** cerca de la zona **axial** de un arco insular y en la region estudiada esta representado por la correlacion **estratigráfica** Los **Torotes-La Bocana** con una columna de **5,000** m de espesor.

Sincronicamente, una cuenca marina situada en posicion de ante-arco insular, recibio los aportes **terrigenos** del **desmantelamiento** parcial del mismo arco, aunado a esporadicos y regresivos aportes piroclasticos, en las partes superiores de la secuencia, formados predominantemente por depositos **epiclásticos**, con una columna de **1,500** m de espesor, del sector El Cuervito-San Jose.

A finales del Albiano, la Formacion Alisitos muestra los efectos de la Orogenia Oregoniana, dando origen a pliegues **disarmónicos** sinclinales y anticlinales de dimensiones locales, pliegues de fondo de gran radio de curvatura que cubren grandes extensiones y fallas de desplazamiento lateral y de dimensiones regionales que ponen en contacto rocas depositadas en diferentes ambientes.

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su reconocimiento al Instituto de Geologia de la U.N.A.M. por el apoyo material que le otorgo para la realizacion de los trabajos de campo: **asimismo, agradece** a la Dra. Blanca E. Buitron su colaboracion en las determinaciones paleontologicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Allison, E. C., 1955, Middle Cretaceous Gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico: Jour. Paleontology, v. 29, p. 400-432.  
 ---1974, The type Alisitos Formation (Cretaceous Aptian-Albian) of Baja California and its bivalve fauna: in *Geology of Peninsular California*. San Diego, Calif., Am. Assoc. Petroleum Geologists, San Diego Meeting Guidebook, p. 20-59.

- Beal, C. H., 1924, Informe sobre exploracion geologica de la Baja California, por la Marland Oil Company of Mexico: Bol. del Petroleo, v. 17, p. 417-453; v. 18, p. 15-53 (inedito).  
 ---1948, Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico: Geol. Soc. America, Mem. 31, p. 38-40.  
 Beggs, J. M., 1984, Volcaniclastic rocks of The Alisitos Group, Baja California, Mexico: in Frizzel, V. A. Jr., ed., Geology of the Baja California Peninsula, Soc. Econ. Paleont. and Mineral., Pacific Sect., v. 39, p. 43-52.  
 Bose, Emilio, y Wittich, Ernesto, 1912-1913, Informe relativo a la exploracion de la region norte de la costa occidental de la Baja California: Inst. Geol. Mexico, Parergones, v. 4, p. 307-529.  
 Darton, N. H., 1921, Geologic reconnaissance in Baja California, Mexico: Jour. Geology, v. 29, p. 720-748.  
 Kirk, M. V., y MacIntyre, J. R., 1951, Cretaceous deposits of the Punta San Isidro area, Baja California: Geol. Soc. America Bull., Abstr. with Programs, v. 62, p. 1505 (resumen).  
 Minch, J. A., 1969, A depositional contact between the pre-batholithic Jurassic and Cretaceous rocks in Baja California, Mexico: Geol. Soc. America, Abstr. with Programs, v. 1, p. 42-43 (resumen).  
 Rangin, Claude, 1978, Speculative model of Mesozoic geodynamics, central Baja California to northeastern Sonora, Mexico: in Howell, D. G., and McDougall, K. A., eds., Mesozoic Paleogeography of the Western United States. Los Angeles, Soc. Econ. Paleont. and Mineral., Pacific Sect., Pacific Coast Paleogeography Symp., 2, p. 85-106.  
 ---1982, Contribution à l'étude geologique du Système Cordillerain du Nord-Ouest du Mexique: Paris, Univ. Pierre et Marie Curie, disertacion doctoral, 588 p. (inedito).  
 Reed, R. G., 1967, Stratigraphy and structure of the Alisitos Formation near of El Rosario: San Diego, Univ. de San Diego, tesis de maestria, 118 p. (inedita).  
 Santillan, Manuel, y Barrera, Tomas, 1930, Las posibilidades petroliferas en la costa occidental de la Baja California, entre los paralelos 30 y 32° de latitud norte: Inst. Geol. Mexico, Anales, v. 5, p. 1-37.  
 Silver, L. T., Stehli, F. G., y Allen, C. R., 1963, Lower Cretaceous pre-batholithic rocks of northern Baja California, Mexico: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 47, p. 2054-2059.  
 Woodford, A. O., y Harris, T. F., 1938, Geological reconnaissance across Sierra San Pedro Martir, Baja California, Mexico: Geol. Soc. America Bull., v. 49, p. 1297-1336.

Manuscrito presentado: 2 de marzo de 1984.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 4 de enero de 1986.

Manuscrito aceptado: 7 de mayo de 1986.