

VOLCANISMO LIASICO INFERIOR EN LA REGION COSTERA DE ANTOFAGASTA MERIDIONAL: PIROCLASTITAS EN LA FORMACION PAN DE AZUCAR E IMPLICANCIAS PALEOGEOGRAFICAS

MANUEL SUAREZ D.

JOSE A. NARANJO S.

ALVARO PUIG G.

Ser. Nac. Geol. y Miner., Casilla 10465, Santiago.

RESUMEN

En la zona de Cifuncho, sector sur de la Cordillera de la Costa de Antofagasta, hubo grandes variaciones laterales y secuenciales de facies durante el Lías, producidas en un ambiente marino asociado a volcanismo.

La identificación de material piroclástico, principalmente vítreo, en rocas hettangiano-sinemurianas de la Formación Pan de Azúcar, sugiere erupciones paroxismales, que representarían la continuación del volcanismo andesítico iniciado en la región a comienzos del Ciclo Andino, durante el Triásico Superior. La intensa fragmentación de los constituyentes piroclásticos de la Formación Pan de Azúcar sugiere que el magma involucrado haya entrado en contacto con agua, dando origen a erupciones freatomagmáticas, y que éste haya sido más ácido que el que originó las volcanitas sinemurianas de la Formación Posada de los Hidalgo, principalmente de carácter intermedio.

Consideraciones regionales permiten sugerir que la Formación Pan de Azúcar se habría depositado en una cuenca marina de intra-arco, desarrollada en el sector occidental de una cadena de islas volcánicas.

ABSTRACT

Great lateral and sequential facies variations in a marine environment, associated to volcanism, took place in the area of Cifuncho, in the southern part of the Coastal Cordillera of Antofagasta, during the Lias.

The recognition of a high proportion of vitric material in rocks of the Hettangian to Lower Sinemurian Pan de Azucar Formation indicates paroxysmal eruptions which represent the continuation of the andesitic volcanism initiated at the beginning of the Andean Cycle in the area, during the Late Triassic. The nature and abundance of products of explosive volcanism in the Pan de Azucar Formation suggest phreatomagmatic eruptions of a magma more acid in character than that of the Sinemurian Posada de los Hidalgo volcanites, mainly of an intermediate nature.

The regional geology of the area suggests that this unit was deposited in an intra-arc basin developed along the western side of a system of volcanic islands.

INTRODUCCION

En este artículo se identifica, por primera vez, la presencia de una proporción importante de componentes piroclásticos en las sedimentitas marinas de la Formación Pan de Azúcar, del Hettan-

giano y Sinemuriano inferior, en el área de Cifuncho (Fig. 1). En consecuencia, la actividad volcánica del Ciclo Andino, que en la región costera de Antofagasta-Atacama comenzó a fines del Triá-

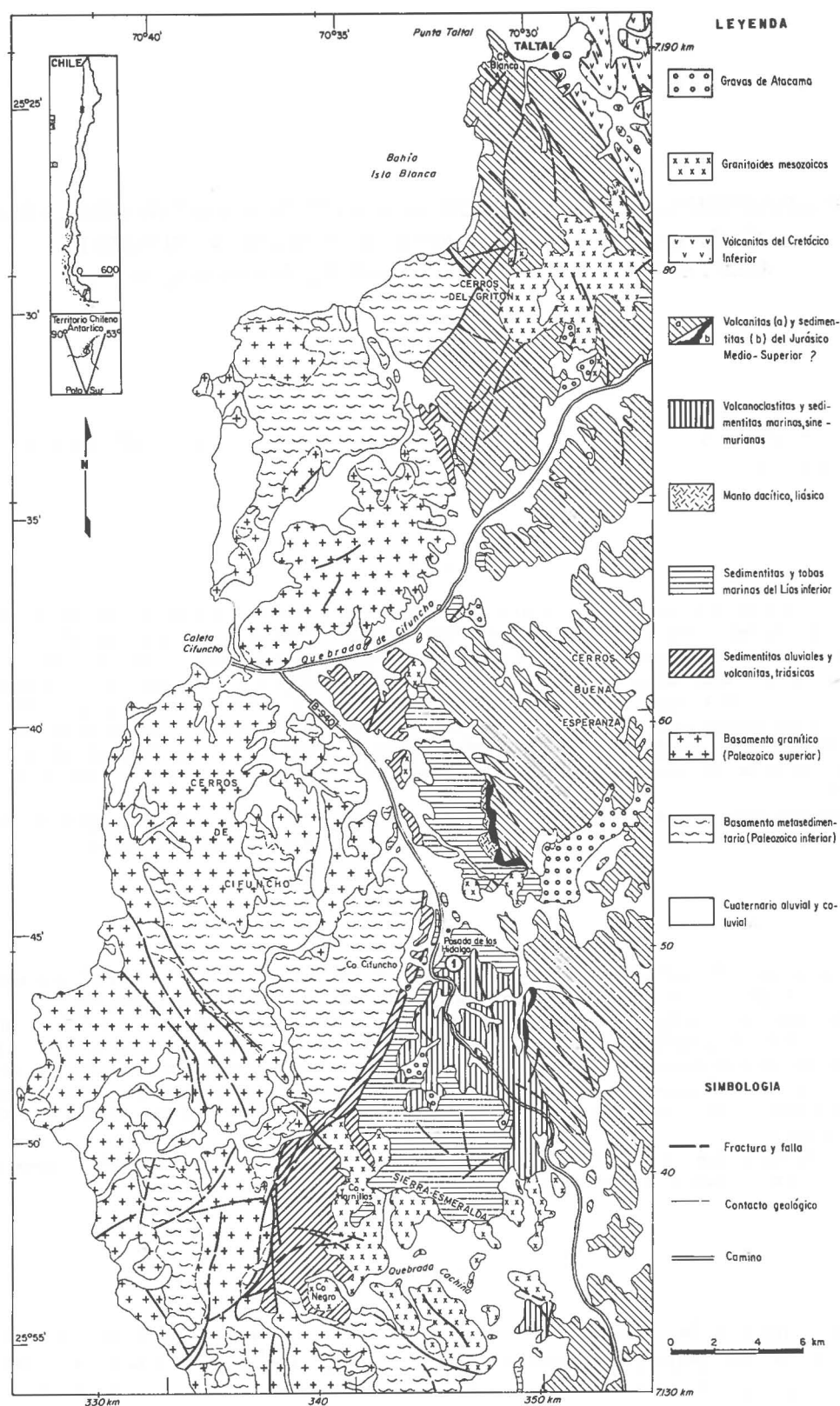


FIG. 1. Mapa geológico y de ubicación (según Naranjo y Puig, en prep.). 1. Localidad citada en el texto.

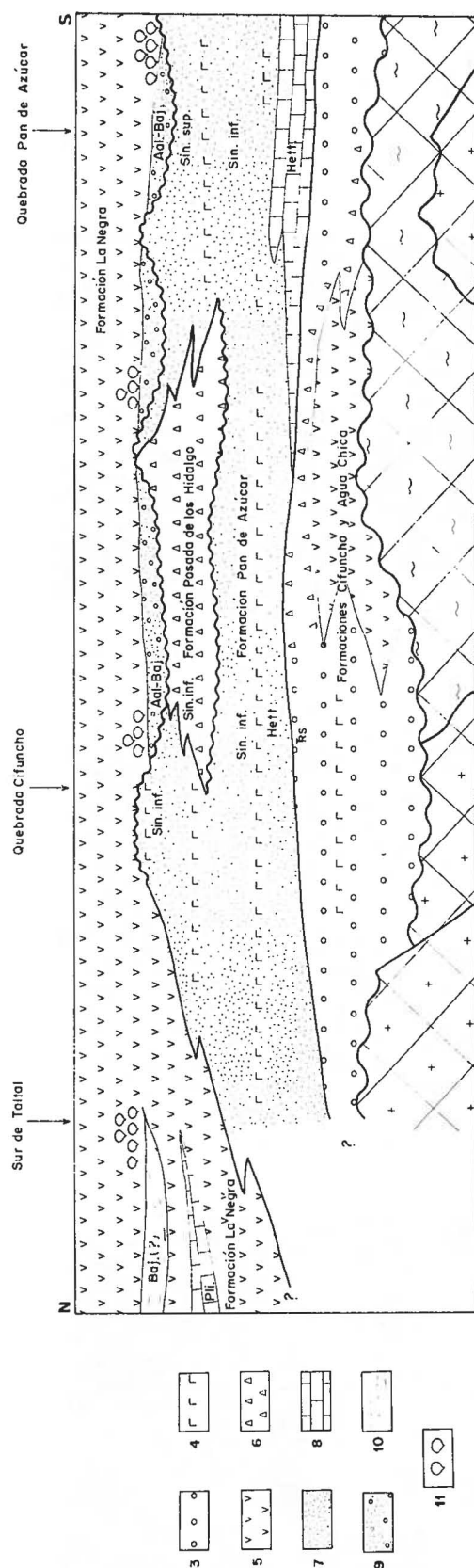


FIG. 2. Esquema norte-sur de relaciones de facies triásico-jurásicas (no a escala). 1. basamento metasedentario; 2. basamento granítico; 3. conglomerados con intercalaciones de areniscas; 4. tobas; 5. lavas principalmente andesíticas; 6. brechas volcánicas; 7. areniscas, lutitas y litas; 8. sedimentitas calcáreas; 9. areniscas con intercalaciones de conglomerados; 10. lutitas con fósiles marinos, mal preservados; 11. lavas almohadadas.

sico (Mercado, 1980; Naranjo *et al.*, 1982; Suárez *et al.*, en prep.) continuó intermitentemente durante el Lías inferior, esto es, antes del inicio del volcanismo de la Formación La Negra, el que, generalmente, ha sido interpretado como las primeras manifestaciones volcánicas de dicho ciclo en la región.

La Formación Pan de Azúcar está constituida por alrededor de 700 m (García, 1967) de rocas finamente estratificadas en capas, por lo general, con un espesor inferior a 30 cm y de colores gris-amarillentos típicos. Incluye tobas, areniscas, lutitas e intercalaciones conglomerádicas. Esta unidad sobreyace, concordantemente, a depósitos aluviales, piroclásticos y lávicos andesíticos de la Formación Cifuncho, asignada al Triásico Superior (Naranjo y Puig, en prep.) y localmente infrayace, en discordancia de erosión, a brechas volcánicas, tobas, areniscas tobáceas y lavas andesíticas de la Formación Posada de los Hidalgo del Sinemuriano inferior (Naranjo *et al.*, 1982).

En la región en estudio, hubo grandes variaciones laterales y secuenciales de facies, durante el Lías, en un ambiente marino asociado a volcanismo (Fig. 2). La interpretación secuencial, simple de las relaciones estratigráficas entre la Formación Pan de Azúcar y la "suprayacente" Formación Posada de los Hidalgo, observada al este de Cerro Cifuncho, podría no ser válida a escala regional. Si bien en esa zona ambas formaciones tienen fauna fósil del Sinemuriano inferior, en el área de Quebrada Pan de Azúcar, 25-30 km al sur, la Formación Pan de Azúcar alcanza hasta el Sinemuriano superior (Naranjo, 1978), lo que señala un posible engrane lateral de esta unidad con la Formación Posada de los Hidalgo.

En otras localidades, al suroeste de Cerro Buena Esperanza, la Formación Pan de Azúcar infrayace, con discordancia de erosión, a areniscas rojas, marinas, del Aaleniano-Bajociano que, en el área, constituyen el miembro basal, lenticular, de la Formación La Negra y al cual sobreyacen las volcánicas andesíticas, características de esta formación.

Por otra parte, la Formación La Negra, en el sector norte del área de estudio, en Cerro Blanco, presenta coladas de lavas andesíticas, sin base expuesta, aflorantes bajo intercalaciones sedimentarias, marinas, del Pliensbachiano. Esto permite inferir una relación de equivalencia (probablemente engrane ?) hacia el sur con las areniscas rojas, aale-

niano-bajocianas. La complejidad de la paleogeografía dunte el Lías se ve acentuada por la presencia de lavas andesíticas, aparentemente concordantes,

sobre sedimentitas sinemurianas, asignadas a la Formación Pan de Azúcar, en el área de Paposo (25° Lat. S.) (Naranjo y Puig, en prep.).

COMPONENTES PIROCLASTICOS DE LA FORMACION PAN DE AZUCAR

La presencia de fragmentos de pómez y de vidrio, ambos recristalizados, tanto en capas discretas como también, aunque en menor cantidad, dispersos en la secuencia sedimentaria epiclástica, indica que existió una intensa actividad volcánica, contemporánea a la deposición de la Formación Pan de Azúcar.

El estudio petrográfico preliminar de estas rocas permite identificar, inclusive en el terreno, la presencia de tobas y brechas piroclásticas, principalmente vítreas, en capas de menos de 1 cm (Fig. 3) hasta 15 cm de potencia que, en gran parte, se habrían acumulado por caída de piroclastos ("ash fall"). Es usual encontrar abundante fauna fósil de ammonites en estas rocas piroclásticas (Naranjo *et al.*, 1982), la que permite determinar un ambiente depositacional de mar somero. Generalmente, las rocas de esta formación están alteradas a calcita, clorita, ceolita y cuarzo.

La tobas vítreas, localmente laminadas (Fig. 4), se caracterizan por la presencia de fragmentos de pómez y de vidrio (Fig. 5) que, por efecto de la recristalización y alteración, a menudo, son difíciles de reconocer. Esporádicamente, las tobas incluyen fragmentos de plagioclasa y de rocas amigdaloidales y microlíticas.

También se han reconocido tobas de cristales en las que predominan los fragmentos de plagioclasa fracturados (Fig. 6). Cristales de cuarzo fracturados y con embahiamientos se encuentran, también, en estas rocas aunque en cantidades subordinadas. Es común, en ellas, la existencia de una matriz leucocrática, microcristalina, probablemente vítrea en su origen y, en forma ocasional, se reconoce una matriz verdosa, en la que se infiere la presencia de "shards", a nicols paralelos. Esporádicamente, hay apatita, minerales opacos y circón.

La composición de las plagioclasas de las muestras de tobas y areniscas estudiadas al microscopio corresponde a albita (Cuitiño, 1982), desconociéndose si ésta corresponde a la naturaleza original de la plagioclasa.



FIG. 3. Toba vítrea, recristalizada, de 1 cm de espesor (Muestra No. MS-59-1).

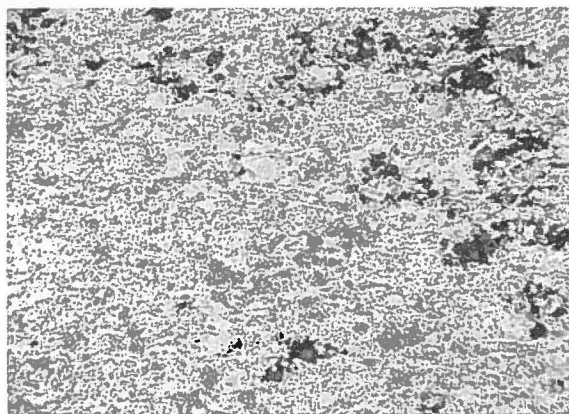


FIG. 4. Toba vítrea, recristalizada; laminación incipiente (Muestra No. MS-34-2).

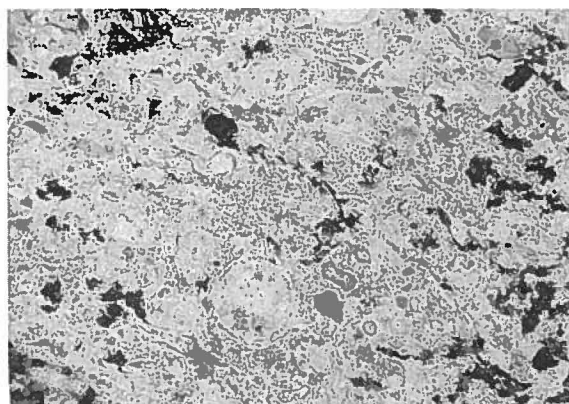


FIG. 5. "Shards" en toba vítrea, recristalizada (Muestra No. MS-36).

SEDIMENTITAS EPICLASTICAS DE LA FORMACION PAN DE AZUCAR

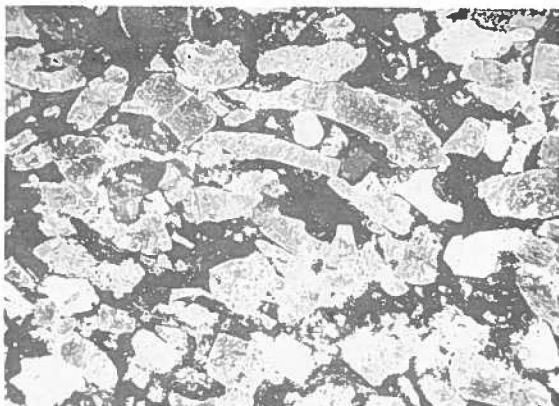


FIG. 6. Toba de cristales, feldespato (color gris) y, subordinadamente, cuarzo (color blanco) (Muestra No. MS-42-5).

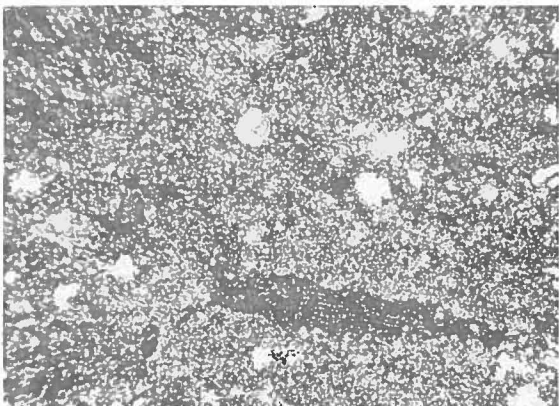


FIG. 7. Arenisca con clastos líticos (rocas volcánicas y cristales de plagioclase) (Muestra No. 56-1).

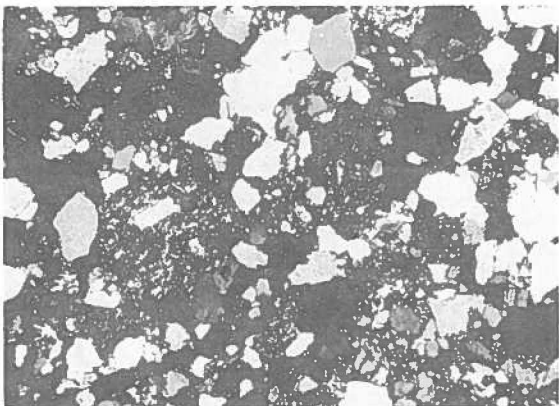


FIG. 8. Pómez en limonita (Muestra No. MS 43-3b).

Si bien las piroclastitas son un constituyente importante de la Formación Pan de Azúcar, la mayor parte de las rocas de esta unidad son de carácter epiclástico.

En esta unidad se presentan areniscas de buena y mala selección. Es común que los granos se dispongan con sus ejes mayores paralelos a la estratificación, lo que confiere una cierta laminación a las areniscas. Generalmente, la matriz es escasa aunque, en ocasiones, es difícil distinguir si se trata de clastos de "cuarcitas" o de matriz. En muchas de las rocas estudiadas, los componentes detríticos están en contacto entre sí, siendo comunes los contactos largos y los contactos cóncavo-convexos (Fig. 7). El cemento, por lo general, es calcáreo. Los clastos más comunes son los fragmentos de plagioclase turbia y, en menor proporción, de rocas volcánicas. En algunas muestras formadas cerca de la base de la formación, se reconoció la presencia, muy subordinada, de: i) agregados policristalinos de cuarzo poligonizados, con bordes aserrados entre ellos y con sericita, ii) escasa muscovita, iii) filitas micáceas.

Los conglomerados de grano fino, estudiados al microscopio, están compuestos, principalmente, por plagioclase y, en menor proporción, por cuarzo. La plagioclase está fracturada y muy alterada a calcita. El cuarzo presenta embahiamiento y fracturas. Además, estos conglomerados presentan escasos fragmentos de roca volcánica. El cemento es fundamentalmente calcáreo.

Las lutitas, al microscopio, presentan cuerpos esféricos, de 0,1 mm, semejantes a radiolarios, una fuerte alteración a calcita en parches y, ocasionalmente, exhiben fragmentos de pómez (Fig. 8).

La litofacies superior de esta unidad, en la zona estudiada (localidad 1, figura 1), que infrayace, en discordancia de erosión, a la Formación Posada de los Hidalgo, está formada por una sucesión, de 50-70 m de potencia, de areniscas y lutitas fosilíferas, con características que las asemejan a turbiditas, seguida, hacia arriba, por 10-20 m de lutitas. Las areniscas, en capas de 10-20 cm de espesor, presentan gradación normal y unidades similares a las subdivisiones A, B y C de Bouma (1962).

CARACTERISTICAS DEL VOLCANISMO

La intensa fragmentación de los constituyentes piroclásticos en la Formación Pan de Azúcar, puede deberse a que el magma involucrado haya entrado en contacto con agua, dando origen a explosiones freatomagmáticas. Esto está apoyado por la coincidencia existente entre la transgresión marina, asociada a la depositación de esta unidad, y el desarrollo de los productos piroclásticos finos, presentes en ella. Es probable que esta transgresión marina haya alcanzado algunos de los conductos volcánicos, produciéndose violentas erupciones.

La fragmentación de los componentes piroclásticos de la Formación Pan de Azúcar permiten inferir, además, que el magma asociado haya tenido un carácter más ácido que los que originaron las volcanitas de las formaciones Cifuncho, Posada de los Hidalgo y La Negra, de composición principalmente intermedia. En consecuencia, de ser esto cierto, es posible sugerir, de modo tentativo, que localmente, en la zona, existió un volcanismo de tipo freatoplíniano (nomenclatura de Self y Sparks, 1979) durante el Lías inferior.

UBICACION DE LOS CENTROS VOLCANICOS DURANTE EL LIAS INFERIOR

La presencia de aparatos volcánicos en las inmediaciones de la zona de estudio, durante el Sinemuriano inferior, está sugerida por los depósitos de brechas volcánicas, caóticas, de carácter andesítico, producto de flujos gravitacionales, presentes en la base de la Formación Posada de los Hidalgo.

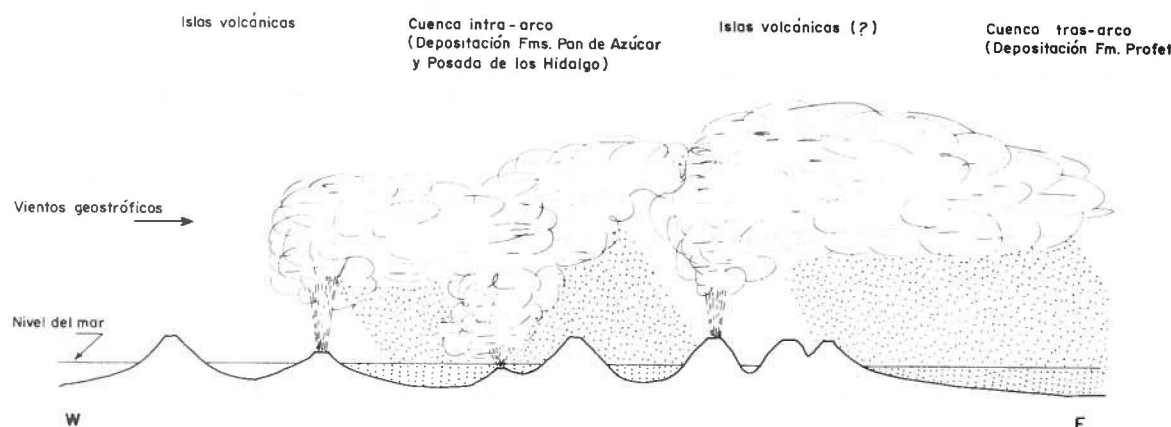
Estas brechas volcánicas representan un cambio abrupto en el tipo de sedimentación, que venía ocurriendo con la depositación de las capas finamente estratificadas de la Formación Pan de Azúcar, lo cual puede explicarse, de modo tentativo, con la formación de un aparato volcánico en las inmediaciones. La ocurrencia de actividad volcánica cercana en esta área, durante este período, estaría indicada, además, por la intrusión de un cuerpo dacítico, subvolcánico, en los sedimentos de la Formación Pan de Azúcar, cuando éstos aún estaban húmedos (Naranjo *et al.*, 1982; Puig *et al.*, en prep.a).

La ubicación relativa de los aparatos volcánicos con respecto a la cuenca marina, liásica, donde se depositó la Formación Pan de Azúcar, es difícil de precisar. Si se considera que, en general, la mayor acumulación de los depósitos piroclásticos, transportados por aire, se hace a sotavento del centro volcánico que los emite, habría que inferir una ubicación de este tipo respecto de los volcanes de la época para los depósitos de la Formación Pan de Azúcar. En este sentido, Francis (1976, p. 176-177) señaló que las mayores acumulaciones de cenizas están concentradas al este

de sus centros de emisión, lo que, en parte, puede deberse a la fuerza de Coriolis, fenómeno que afecta la circulación atmosférica de oeste a este, fuera de los trópicos. Aun considerando las reconstrucciones paleogeográficas del continente sudamericano, cuya posición durante el Jurásico, respecto de la actual, habría estado levemente rotada en sentido contrario a los punteros del reloj (Dietz y Holden, 1970), este principio mantendría su vigencia.

El desarrollo de lavas pliensbachianas en el sector occidental (Formación La Negra, en Cerro Blanco) y sólo de piroclastitas coetáneas, que incluyen tipo "ash-fall" al oriente (niveles en Formación Profeta, Cordillera de Domeyko; Naranjo y Puig, en prep.), estaría apoyando la idea que los vientos que transportaron estas cenizas habrían tenido un sentido de ante-arco (oeste) a tras-arco (este). Siguiendo esta línea de razonamiento, cabría suponer la presencia de volcanes al oeste de la cuenca de Pan de Azúcar, durante el Hettangiano-Sinemuriano (Fig. 9).

Independientemente, esta idea se apoyaría, también, en el conocimiento de un episodio térmico, en el límite Triásico-Jurásico, al oeste de los afloramientos de la Formación Pan de Azúcar (Puig *et al.*, en prep.b), documentado radiométricamente en alrededor de 185 m.a. (Zentilli, 1974; Ulriksen, 1979; Naranjo y Puig, en prep.), el cual podría haber estado relacionado con el volcanismo señalado.



Por otra parte, la exposición de potentes secuencias de volcanitas proximales en la Formación La Negra, hacia el este de los afloramientos de la Formación Pan de Azúcar, indican el desarrollo de una cadena volcánica en esa zona, al menos desde el Pliensbachiano (Naranjo y Puig, en prep.). El hecho de que bajo los niveles plensbachianos, expuestos al sur de Cerro Blanco, afloren más de 200 m de volcanitas sin base expuesta, sería la única indicación conocida de la eventual existencia de rocas volcánicas, proximales, pre-pliensbachianas, al oriente de los afloramientos de la Formación Pan de Azúcar. Por ello, es posible inferir que la cuenca marina, donde se depositó la Formación Pan de Azúcar, habría estado separada por una cadena de islas volcánicas de una cuenca coetánea (de tras-arco), desarrollada en Cordillera Domeyko, unos 130 km al este, y en la cual se depositaron sedimentos de una litofacies comparable, correspondientes a los niveles liásicos de la Formación Profeta (ver Naranjo, 1981; Naranjo y Puig, en prep.). Las piroclastitas de esta última formación se habrían acumulado a sotavento de dicho sistema de islas volcánicas.

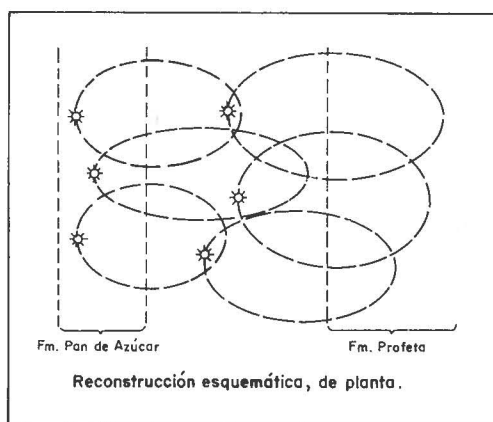


FIG. 9. Esquema paleogeográfico este-oeste durante el Hettangiano-Sinemuriano, propuesto para la Cordillera de la Costa entre las latitudes 25° y 26° S (no a escala). Recuadro: reconstrucción esquemática de planta, no a escala: elipses señalan áreas de caída de cenizas.

Según este modelo, la cuenca Pan de Azúcar se habría desarrollado entre volcanes, probablemente en el sector occidental de la cadena de islas volcánicas anteriormente mencionada (Fig. 9).

AGRADECIMIENTOS

Las determinaciones de la edad de la fauna fósil fueron hechas por V. Covacevich. Se agradece a R.

Charrier y C. Mpodozis, por la revisión crítica del manuscrito original.

REFERENCIAS

- BOUMA, A.H. 1962.** Sedimentology of some flysch deposits. Elsevier Sci. Publ. Co., 168 p. Amsterdam.
- CUITINO, L. 1982.** Informe petrológico de las Hojas Taltal y Chañaral, escala 1:250.000. Serv. Nac. Geol. Miner. (inédito).
- DIETZ, R.S.; HOLDEN, J.C. 1970.** Reconstruction of Pangaea: break up and dispersion of continents, Permian to Present. J. Geophys. Res., Vol. 75, No. 26, p. 4939-4956.
- FRANCIS, P.W. 1976.** Volcanoes. Penguin Books Ltd., 368 p. Harmondsworth, Middlesex, England.
- GARCIA, F. 1967.** Geología del Norte Grande de Chile. In Simposium sobre el Geosinclinal Andino. Soc. Geol. Chile, No. 3, 138 p. Santiago, Chile, 1962.
- MERCADO, M. 1980.** Geología del área Pan de Azúcar, Región de Atacama. Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, No. 37, 30 p.
- NARANJO, J.A. 1978.** Geología de la zona interior de la Cordillera de la Costa entre los 26°00' y 26°20', Región de Atacama. Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile, No. 34, 46 p.
- NARANJO, J.A. 1981.** Evolución geológica de los Andes de Antofagasta meridional. In Congr. Geol. Argent., No. 8, Actas, Vol. 3, p. 457-470.
- NARANJO, J.A.; PUIG, A.; SUAREZ, M. 1982.** Nuevos antecedentes estratigráficos del Triásico Superior-Jurásico de la Cordillera de la Costa, sector meridional de la Región de Antofagasta, Chile. In Congr. Geol. Chileno, No. 3, Actas. Concepción.
- SELF, S.; SPARKS, R.S.J. 1979.** Characteristics of widespread pyroclastic deposits formed by the interaction of silicic magma and water. Bull. Volcanol., Vol. 41, No. 3, p. 196-212.
- ULRIKSEN, C. 1979.** Regional geology, geochronology and metallogeny of the Coastal Cordillera of Chile between 25°30' and 26°00' south. M.Sc. Thesis, Dalhousie Univ., 221 p. Canada.
- ZENTILLI, M. 1974.** Geological evolution and metallogenic relationships in the Andes of northern Chile, between 26° and 29° south. Ph.D. Thesis, Queen's Univ., 446 p. Kingston, Canada.