

TRANSGRESIONES CUATERNARIAS EN LA COSTA DE SONORA

Victor M. Malpica-Cruz¹, Luc Ortlieb^{1, 2}
y Alberto Castro del Río¹

RESUMEN

A partir de 1975 se efectúa una serie de estudios interdisciplinarios sobre la evolución cuaternaria de las costas que bordean el Golfo de California y la costa pacífica de la Península de Baja California.

Las terrazas marinas proporcionan una referencia altimétrica para el estudio de los movimientos verticales recientes que se efectúan en la corteza terrestre en esa región tectónicamente activa.

En el Estado de Sonora, la región que presenta mayor número de terrazas pleistocénicas, está comprendida entre Punta Kino y Puerto de Lobos. En ella se distinguen dos periodos transgresivos del mar pleistocénico, siendo el más reciente del último interglacial (Sangamon) y el más antiguo de un interglacial del Pleistoceno temprano (?). La altura de los afloramientos de los depósitos marinos no sobrepasa en ningún caso los 10 m sobre el nivel del mar actual.

Por falta de dataciones radiométricas, la cronología de estos fenómenos está referida a observaciones morfológicas y de sedimentación.

ABSTRACT

Beginning in 1975, a series of interdisciplinary studies have been carried out, regarding the Quaternary evolution of the bordering coast of the Gulf of California, as well as the Pacific coast of the Baja California Peninsula.

Marine terraces give an altimetric reference for the study of recent vertical movements of the crust in this tectonically active region.

In Sonora, the area which presents the most numerous Pleistocene terraces, is located between Punta Kino and Puerto de Lobos. Two transgressive phases of the Pleistocene sea have been observed, being the most recent of the last interglacial (Sangamon), and the oldest of an interglacial of the early Pleistocene (?). The elevation of the marine deposits is always less than 10 m above present mean sea level, in either case.

Because of lack of radiometric dates, the chronology of these events is based on morphological and sedimentological observations.

INTRODUCCION

En un convenio científico celebrado entre el ORSTOM (*Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer*) de Francia y el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, se llevan a cabo estudios geodinámicos de depósitos litorales cuaternarios a lo largo del Golfo de California y de la costa occidental de la Península de Baja California (Figura 1). El objetivo de estos estudios, es descifrar un esquema de evolución cuaternaria del nivel del mar, que permita efectuar el análisis comparativo de las terrazas marinas que se encuentran en estas costas. La primera fase de estas investigaciones se efectuó en la Costa de Sonora en 1975, consistiendo en dos meses de reconocimiento de campo con posteriores trabajos en el área durante 1976 (Figura 2).

Dentro del reconocimiento regional de las playas fósiles y de las fases de aluviación y sedimentación eólica asociadas, se hace hincapié en las superposiciones estratigráficas y en las relaciones horizontales entre los puntos de mayor interés.

El trabajo de campo se apoyó en parte, en el mapa de reconocimiento geológico que fue levantado por Gastil y colaboradores (1974). El estudio de laboratorio fue realizado en las instalaciones del Instituto de Geología, Ciudad Universitaria y en su

Oficina Regional del Noroeste en Hermosillo, Sonora.

INVESTIGACIONES PREVIAS

El estudio de los depósitos cuaternarios alrededor del Golfo de California, ha sido abordado, hasta la fecha, en formas separadas y en diversas áreas. La primera mención de depósitos marinos fosilíferos recientes fue probablemente la de McGee y Johnson (1896) en la orilla oriental del Canal del Infiernillo, frente a la Isla Tiburón. En su importante monografía geológica sobre la Península de Baja California, Beal (1948) informa de la existencia de terrazas marinas, de unos 6 m de altura, entre Guaymas y el delta del Río Colorado, que interpretó, como la misma terraza que se presenta también en algunos puntos de la Isla Tiburón y en las islas Patos y San Jorge. Restos de una terraza marina pleistocénica fueron estudiados por Durham (1950) y Anderson (1950) en la extremidad suroriental de la Isla Tiburón. Esta terraza, constituida de areniscas conglomeráticas biodetríticas, alcanza una altura de 10 m y contiene una fauna de moluscos, algas y corales de formas actuales.

En varias publicaciones, Ives (1951, 1959, 1964) menciona las playas emergidas del área de Puerto Peñasco, en la parte norte del Golfo de California. Este autor distinguió tres antiguas líneas de costa que son: (1) +35 m; superficie de abrasión marina de edad Sangamon o Yarmouth, (2) +23 m; niveles coquinosos, marinos o lagunares, con *Chione cancellata*, posteriores al precedente y localmente cubiertos por aluviones, y (3) +2 m; depósitos

1 — Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D. F.
2 — O.R.S.T.O.M. (*Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer*, Paris, Francia).

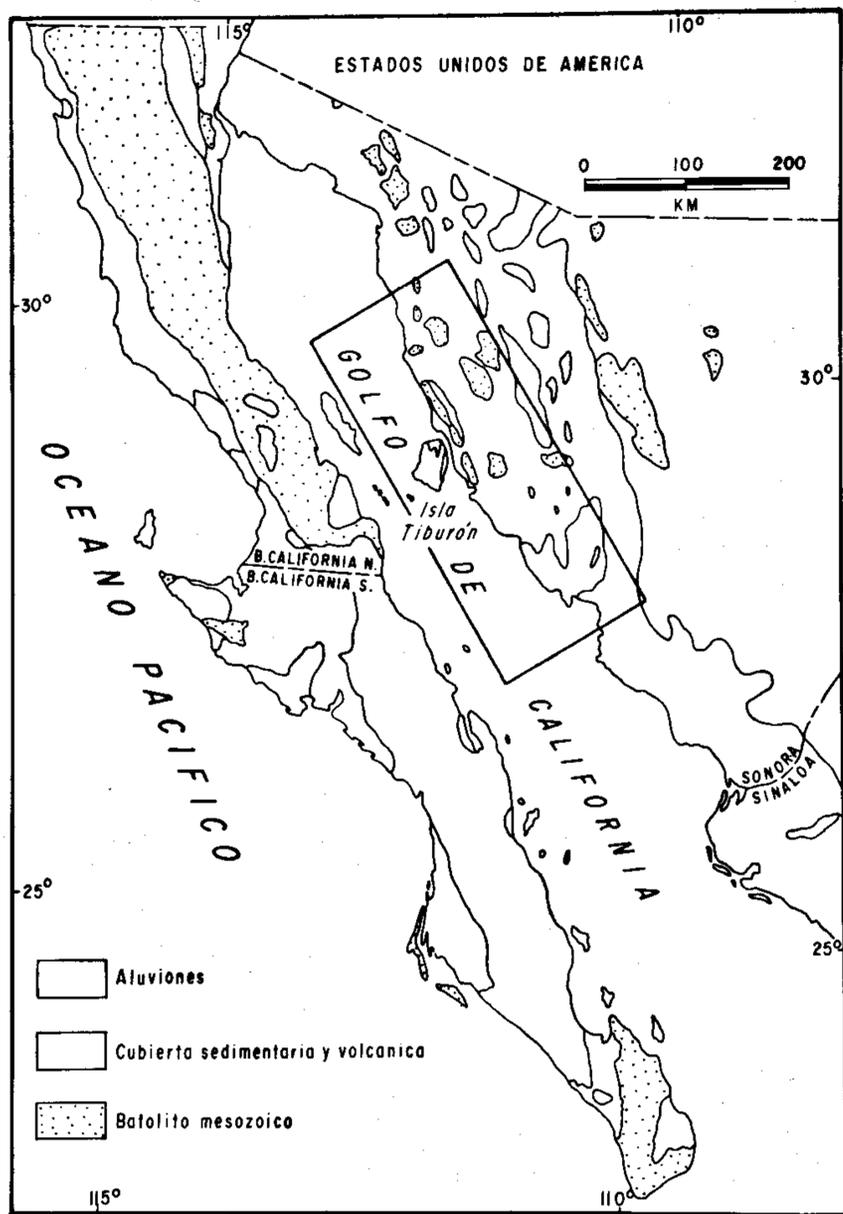


Figura 1.—Mapa geológico esquematizado de la región del Golfo de California.

atestiguando un nivel del mar ligeramente superior al actual, hace unos cuantos miles de años.

Además de esos afloramientos de playa, Ives (1951, 1964) notó la existencia de "capas de Turritelas", que corresponden a una acumulación secundaria de conchas sobre médanos de 100 a 200 m de altura, y opinó (1964) que en la región del Pinacate, hubo una línea de costa cerca de +100 m de altura, que indica un levantamiento local que ocurrió en el Wisconsiniano temprano.

Hertlein y Emerson (1956) estudiaron también los restos de playa pleistocénica que afloran hasta una altura de +6 m en la región de Puerto Peñasco. Determinaron 63 especies y subespecies de invertebrados y concluyeron que en el mismo lugar, no aparecen diferencias en las condiciones ecológicas entre esa fauna fósil y la actual. Un estudio malacológico y paleoecológico fue publicado por Stump (1975) sobre los depósitos marinos pleistocénicos que existen al poniente de Puerto Libertad. Sin atribuir una edad precisa, pero pensando en el Pleistoceno superior, Stump apoya la idea de una similitud entre las condiciones ecológicas de esos depósitos y las del actual.

Merriam (1972b) insistió tanto en los aspectos sedimentológicos de los depósitos pliocuaternarios de la Mesa de Sonora, como en la neotectónica de Sonora noroccidental (1965, 1972a). En una de sus publicaciones (1965) reporta la presencia de una coquina, de apariencia muy reciente, a una altura

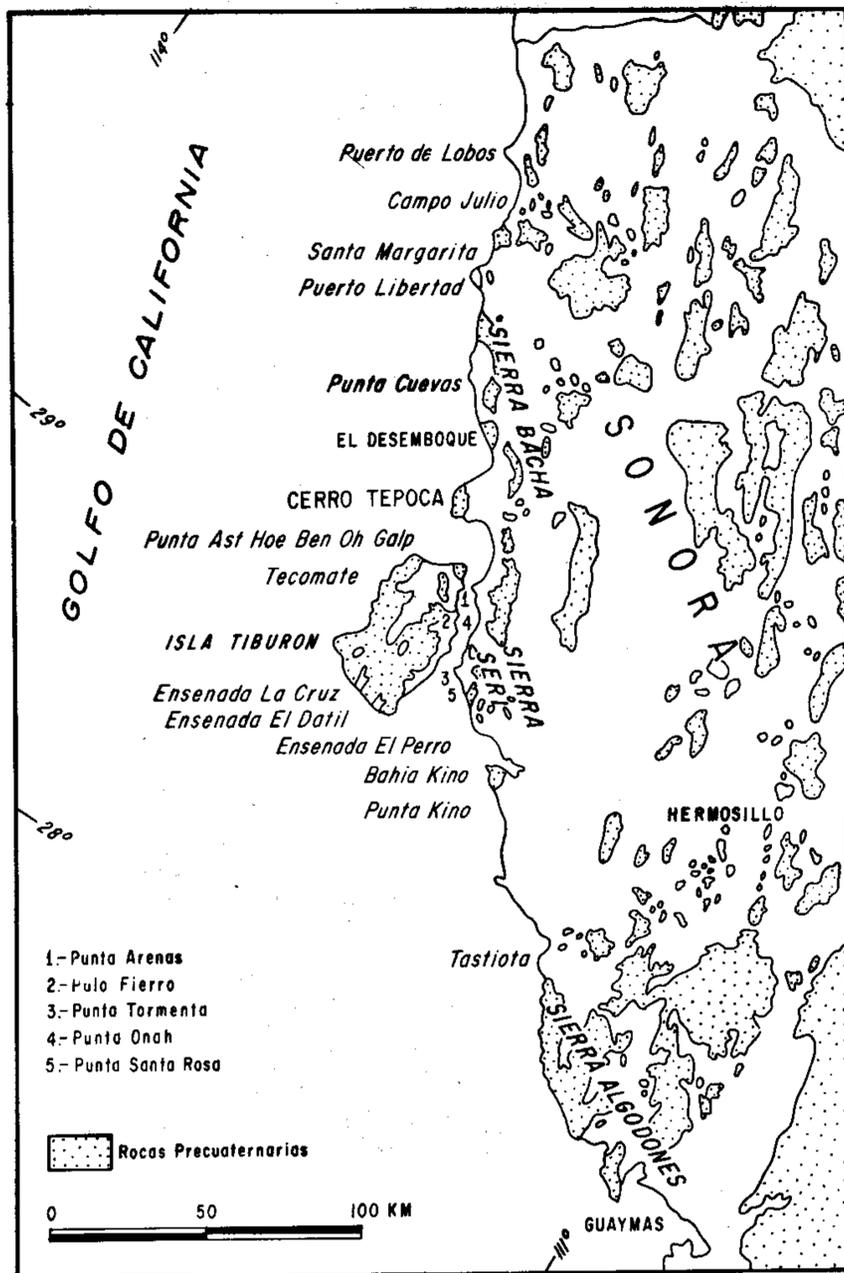


Figura 2.—Localización de los principales afloramientos del Cuaternario marino, estudiados en las costas de Sonora e Isla Tiburón.

de +15 a +30 m, entre el Golfo de Adair y la desembocadura del Río Colorado.

Varias tesis fueron consagradas al estudio de lagunas litorales en Sonora que incluyen la de Nichols (1962), desarrollada en la región de Tastiota—Bahía Kino—Cerro Tepoca, la de Slandusky (1969) que versa sobre la región al oriente de Puerto Peñasco, y la de Rose (1975) sobre el Estero de La Choya, al poniente de Puerto Peñasco.

Al sur de los límites del Golfo de California, en la costa de Nayarit, cabe mencionar, por su gran interés, los estudios de las variaciones del nivel del mar cuaternario, efectuados por Curray y Moore (1963, 1964a, 1964b, 1969). Según esos estudios, el nivel del mar del Cuaternario superior, sufrió las fluctuaciones siguientes, con respecto al nivel medio actual.

Wisconsiniano temprano:	bajada hasta -120 m
Wisconsiniano medio	: subida ligera
Wisconsiniano tardío	: bajada hasta -100 m
	: subida hasta -70 m
	: otra bajada hasta -120 m (entre 17,000 y 19,000 años A.P.*)
Holoceno	: subida rápida hasta llegar al nivel actual, sin rebasarlo.

* A.P. = antes del presente

LAS TERRAZAS MARINAS ALREDEDOR DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Desde hace tiempo, se reconoció en Baja California la existencia de terrazas marinas que alcanzaban hasta 200 ó 300 m de altura. En toda la costa occidental del Estado de Baja California Norte, esas terrazas fueron estudiadas, sobre todo en cuanto a su fauna, por Valentine, Rowland, Emerson, Addicott y Allison. Más recientemente, Orme (1971, 1972) presentó datos referentes a las relaciones neotectónicas de las terrazas. Wilson (1948) y Wilson y Rocha-Moreno (1955) mencionan, en la parte oriental de la península, la presencia de depósitos marinos cuaternarios, los cuales están a una altura máxima de +340 m en la región de Santa Rosalía. Casi no hay datos publicados sobre el Cuaternario marino de la parte sur de la península, tanto del lado del Pacífico como del lado del Golfo de California.

Esas terrazas marinas indican movimientos tectónicos recientes, que podrían ser locales o de mayor amplitud, por abombamiento y levantamiento regionales. En el noroeste de Baja California, como en California meridional y en las islas cercanas, se han definido fallas a rumbo y normales, lo mismo que pliegues afectando las paleolíneas de costas cuaternarias.

Wittich (1920) y Beal (1948) pensaron que la mayor parte de la península tuvo una o dos emersiones generalizadas durante el Cuaternario. Esa hipótesis está basada en la existencia de conchas de moluscos marinos recientes, a alturas de +60 m a +1000 m, en numerosas localidades. Los datos posteriores que se tienen sobre las paleolíneas de costa cuaternarias y sobre la estructura tectónica de la península permiten poner en duda esas interpretaciones.

La costa de Sonora con sus terrazas a la misma altura, muestra una relativa estabilidad durante el Cuaternario y constituye una región de referencia para el estudio comparativo de las variaciones de nivel marino y de los movimientos de la corteza terrestre en esta región. Las correlaciones horizontales de depósitos marinos con facies y morfología generalmente poco diferenciables, en una zona tectónicamente activa, pueden aquí apoyarse en el análisis de fenómenos eustáticos tal y como fueron registrados en esta costa.

PANORAMA GENERAL DE LA COSTA DE SONORA

Si la costa oriental de Baja California es, por lo general, montañosa y abrupta, los litorales de Sonora presentan más diversidad y, sobre todo, amplias llanuras costeras, con largas playas arenosas que contrastan, en algunos lugares, con los acantilados activos de algunos riscos aislados o de pequeñas sierras, tal y como ocurre en Cerro Tepoca, Punta Kino, Sierra de Algodones, etc. (Figura 2).

La Isla Tiburón separada del continente por el estrecho y poco profundo Canal del Infiernillo, presenta el mismo paisaje costero que el de la costa de Sonora, aunque más montañosa y abrupta que el de la Sierra Seri.

En las proximidades del Golfo de California, la mayoría de las rocas precuaternarias que afloran, pertenecen a series volcánicas terciarias y al batolito (intrusivo del Mesozoico). En la superficie

no se observan formaciones marinas terciarias, quizá por estar cubiertas éstas por la importante aluvación durante el Cuaternario, propiciada por la erosión reciente de la Sierra Madre Occidental.

Morfológicamente, se notan en la región costera largas llanuras limosas, formaciones deltáicas y, en la zona septentrional, médanos importantes. Algunas lagunas interrumpen extensas playas arenosas de esta costa. Unas cuantas paleolagunas (Tastiota, Bahía Kino, Cerro Tepoca; Figura 2), ahora secas durante la mayor parte del año, indican una retirada relativamente reciente del mar.

Esquemáticamente, del sur al norte, se puede dividir la costa de Sonora en seis zonas:

- 1 — Costa baja con lagunas y deltas, al sur de Guaymas.
- 2 — Costa montañosa y de sumersión reciente, entre Guaymas y Tastiota.
- 3 — Playa arenosa y cordones de dunas, que aíslan lagunas intermitentes, entre Tastiota y Punta Kino.
- 4 — Costa mixta con alternancia de bahías arenosas, acantilados y esteros, entre Punta Kino y Puerto de Lobos.
- 5 — Playas arenosas, dunas y lagunas, entre Puerto de Lobos y Puerto Peñasco.
- 6 — Taludes importantes cortando la mesa de Sonora, al poniente de la Bahía de Adair y hasta el Río Colorado.

La zona de mayor interés para el estudio de depósitos cuaternarios está entre Punta Kino y Puerto de Lobos. De hecho, las costas muy llanas de fuerte acumulación eólica, así como las zonas de acantilados, no permiten la observación o la conservación de antiguos depósitos litorales.

Como ejemplo típico de la morfología litoral de estos depósitos se puede citar la costa entre Bahía Kino y Punta Santa Rosa. El pie de la Sierra Seri está cubierto por bajadas y aluviones cuaternarios. Estos depósitos terrígenos recientes llegan hasta la costa donde terminan en un talud de erosión de aproximadamente 10 m de altura (Figura 3). En algunos puntos de la línea de costa quedaron conservados remanentes de playa fósiles subyaciendo a los depósitos aluviales antes mencionados. Localmente, donde afloran rocas precuaternarias en la playa actual, se observan estrechas banquetas de abrasión marina, sobre las cuales descansan los depósitos de playa y/o los aluviones posteriores (Figuras 3 y 4).

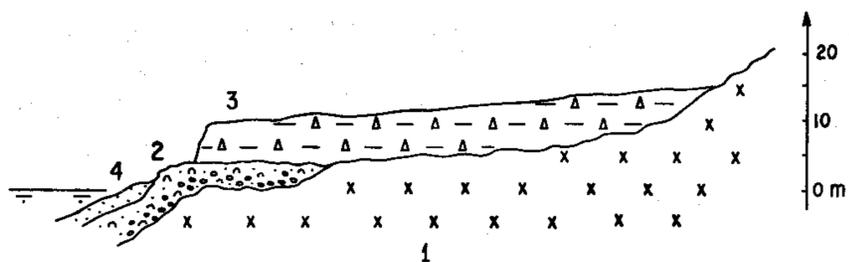


Figura 3.—Sección esquemática perpendicular a la costa en la región al norte de Bahía Kino. 1.—Substrato mesozoico. 2.—Depósitos litorales de la transgresión reciente. 3.—Aluviones y bajada, actualmente erosionados en la línea de costa. 4.—Playa actual.

La superficie topográfica de las bajadas está ligera y regularmente inclinada hacia el mar. En la

región al suroeste de Punta Santa Rosa, la pendiente varía entre 1° y 3°. El desarrollo máximo de las bajadas, que ocurrió al final del Pleistoceno, tuvo lugar en un período de nivel del mar más bajo que el actual. Los depósitos de bajada, con sus superficies suaves características, llegaban hasta las playas antiguas, localizadas varias decenas de metros más abajo y más alejadas del litoral actual. Los taludes de erosión marina, que cortan verticalmente esos depósitos continentales, empezaron a formarse al principio del Holoceno y continúan desarrollándose actualmente.

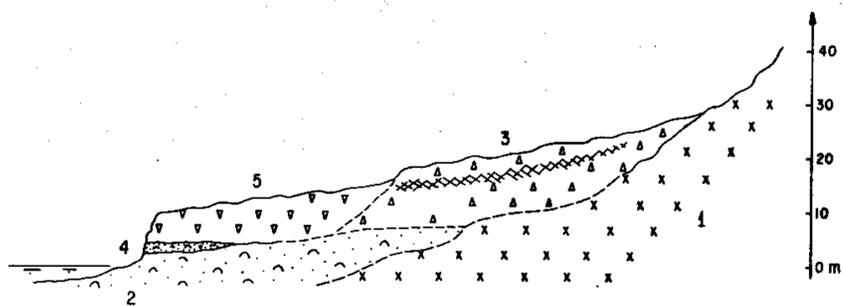


Figura 4.—Sección esquemática del litoral al norte de El Desemboque. 1.—Substrato mesozoico. 2.—Depósitos litorales de la transgresión antigua. 3.—Bajada antigua, correspondiente a la regresión del mar (entre 2 y 4). 4.—Depósitos de playa de la transgresión reciente. 5.—Bajada reciente, actualmente erosionada por el mar.

LOS DOS EPISODIOS TRANSGRESIVOS PLEISTOCENICOS

Se denominan como episodios transgresivos a los lapsos caracterizados por un nivel de mar superior al actual. Recorriendo la costa de Sonora se ha puesto atención en los remanentes de antiguas líneas de litorales, que aparecen en tierra firme. En la costa de Sonora no se observaron terrazas marinas en escalón como las del noroeste de Baja California o de California. Vista desde arriba, aún a poca altura, la región litoral no presenta más que aluviones recientes en su superficie. Se necesitan buscar los testigos de antiguos litorales en los cortes naturales de los acantilados costeros.

Los depósitos litorales marinos están constituidos, por lo general, de areniscas y conglomerados, más o menos consolidados por un cementante calcáreo, e incluyen conchas transportadas. En pocos casos no son areniscas de playa sino arenas y calcarenitas muy fosilíferas, con organismos *in situ* que indican facies infralitorales.

Los antiguos depósitos de playa presentan, a lo largo de la costa de Sonora, facies variables. Así la fauna que presenta conchas y que ha sido retrabajada da indicaciones sobre los ambientes litológicos cercanos como, por ejemplo, fondos arenosos o costa rocosa. El grado de cementación, o de disolución de los carbonatos varía de un afloramiento a otro; también es evidente que la granulometría, la morfoscopia de los detritos y la composición mineralógica dependen de las condiciones particulares de cada afloramiento y no son constantes, aún para el mismo episodio transgresivo. En los factores de diferenciación de los afloramientos hay que mencionar también las modificaciones posteriores al depósito, debidas a los encostramientos calichosos.

Considerando el problema de diferenciar e interpretar los testigos de antiguas transgresiones pleistocénicas en Sonora, se dio, importancia a la morfología y a la disposición general de los depósitos cos-

teros, así como al grado de alteración de los sedimentos y de los fósiles, ya que el criterio altimétrico no se puede utilizar para definir episodios sucesivos en el tiempo por la poca altura de las terrazas. Dos afloramientos observados tienen características litológicas y generales que les hacen atribuir una edad antigua. La mayoría de los restantes testigos transgresivos se parecen superficialmente, por unos criterios u otros, para que se les considere a todos, dentro del último interglacial (Sangamon).

En esta investigación, no se estudió una posible transgresión holocénica ocurrida hace unos 5,000 años A.P. Esa transgresión holocénica, como la regresión que le siguió, se deduce tan sólo por la presencia de numerosas y a veces grandes lagunas secas que rodean algunos esteros actuales o que están aislados del presente mar por cordones de dunas.

La transgresión reciente.—Las terrazas o banquetas de abrasión marina, que franquean el litoral actual a una altura de +1 a +4 m, son testigos de un nivel del mar que se quedó por lo menos, unos miles de años, a una altura de aproximadamente +5 m con respecto al 0 m actual. Esas terrazas pueden presentarse descubiertas o soportando depósitos continentales fosilíferos. La característica más común de los testigos de este episodio "reciente" es la presencia de una banqueta de abrasión. En algunos casos están bien marcados los vestigios de la erosión marina de aquel episodio, y en donde eso se presenta, basta considerar el mismo estado de buena conservación de las conchas fósiles, de los depósitos marinos que se encuentran arriba del nivel del mar actual, para asegurarse que constituyen restos del mismo lapso. En algunas localidades, se encuentran sedimentos emergidos de tipo infralitoral, correspondiendo a fondos someros de antiguas bahías de aguas tranquilas.

En general, los depósitos de esa transgresión están cubiertos por aluviones y/o dunas consolidadas. Aunque en los taludes se presenta una erosión de esas capas continentales, se puede observar verticalmente la continuidad de sedimentación, desde las capas de playas antiguas hasta la fase actual de depositación continental. Esta continuidad en la sedimentación permite afirmar que la transgresión reciente corresponde a la última altura alcanzada del nivel del mar. El espesor de los aluviones, que llega a ser mayor de 10 m, así como otros argumentos morfológicos implican que este episodio del alto nivel del mar no fue interstadial dentro de la glaciación Wisconsin, sino más bien interglacial, es decir entre 120,000 y 80,000 años A.P.

Las Tablas 1 y 2 muestran las principales características de los afloramientos estudiados en el litoral sonorenses y en el de la Isla Tiburón. La petrografía no se detalla en las tablas ya que será el objeto de una publicación posterior. En la Tabla 1 se incluyó el afloramiento de Campo Julio, donde se presenta una secuencia compleja de horizontes de playas arenosas, de llanura litoral arcillosa, de deltas y de aluviones que merece un estudio más detallado. En esta localidad es posible que no todas las capas marinas o litorales correspondan a un sólo episodio transgresivo.

El afloramiento al sur de Punta Onah (Figura 2) se caracteriza por un espesor local de 8 m de

Tabla 1.—Características de los afloramientos, observados en el litoral de Sonora, correspondientes a la transgresión reciente.

LOCALIDADES Y COORDENADAS	LONGITUD DEL AFLORAMIENTO	SUBSTRATO	ALTURA CIMA Y BASE	DEPOSITOS SUPRAYACENTES	LITOLOGIA
TASTIOTA 28° 20' N 111° 27' W	1 km	Arenisca volcánico-clástica terciaria (inclinada)	+ 4 m + 2 m	Encostramientos calcáreos, depósitos de bajada y dunas	Areniscas y conglomerados de playa muy alterados y encostrados
PUNTA KINO 29° 45' N 111° 56' W	3 km	Granito (banqueta de abrasión)	+ 3 m 0	Dos ciclos de depósitos de duna y depósitos de bajada	Arenisca coquinosa de playa y conglomerado en la base
N PUNTA IGNACIO 28° 53' N 112° 02' W	4 km	Tonalita (banqueta de abrasión)	+ 5 m 0	Depósitos de bajada (pasaje gradual)	Areniscas y conglomerados de playa (Figura 3)
SE PUNTA STA. ROSA 28° 56' N 112° 05' W	0.3 km	Tonalita (banqueta de abrasión)	+3.5 m 0	Depósitos de bajada	Arenisca conglomerática alterada (Figura 3)
PUNTA STA. ROSA 28° 58' N 112° 09' W	5 km	?	+ 3 m 0	Arenas y gravas recientes	Arenisca gruesa alterada
S PUNTA ONAH 29° 03' N 112° 10' W	1.5 km	Basamento (Mesozoico cercano?)	+ 9 m + 1 m	Depósitos de bajada	Depósitos de bajada y aluviones conglomeráticos. Areniscas y calcarenitas infralitorales fosilíferas
S PUNTA ARENAS 29° 09' N 112° 10' W	1 km	?	+2.5 m 0	Depósitos de bajada y limos recientes	Arenisca arcillosa (por alteración?)
S CERRO TEPOCA 29° 20' N 112° 24' W	3 km	Tonalita o arenisca volcánico-clástica terciaria (banqueta de abrasión)	+5.5 m +2.5 m	Aluviones conglomeráticos y depósitos de bajada	Areniscas y conglomerados de playa alterados; paleocordón de cantos
EL DESEMBOQUE 29° 31' N 112° 26' W	0.3 km	?	+ 2 m 0	Duna litoral	Arenisca arcillosa litoral
N DE EL DESEMBOQUE 29° 34' N 112° 27' W	3 km	Granodiorita, aluvión antiguo o depósito pleistocénico antiguo (terrazza de abrasión)	+ 6 m + 3 m	Depósitos de bajada	Arenisca y conglomerado de playa alterados (Figura 4)
PUNTA CUEVAS 29° 49' N 112° 33' W	5 km	Arenisca volcánico-clástica terciaria o granodiorita (terrazza de abrasión)	+ 6 m + 3 m	Depósitos de bajada	Areniscas y conglomerados; paleocordones de cantos
S PUERTO LIBERTAD 29° 54' N 112° 44' W	2 km	Arenisca volcánico-clástica terciaria (inclinada)	+ 6 m + 1 m	Aluviones (y dunas posteriores)	Arenas y calcarenitas; lechos lumaquéllicos (Figura 5)
STA. MARGARITA 29° 58' N 112° 44' W	0.3 km	Roca metamórfica del Mesozoico	+ 4 m + 2 m	Dunas antiguas	Escasos cantos y areniscas
CAMPO JULIO 30° 07' N 112° 45' W	1 km	Aluvión antiguo	+ 9 m 0	Depósitos de bajada	Alternancia de areniscas y conglomerados; horizontales arcillosos; depósitos deltaicos gruesos
PUERTO DE LOBOS 30° 16' N 112° 51' W	1 km	Aluvión antiguo	+6.5 m + 4 m	Aluviones	Areniscas de playa; conglomerado en la base
E PUNTA PEÑASCO 31° 18' N 113° 33' W	2 km	Basalto	+ 4 m - 1 m	Derrumbes o dunas litorales recientes	Varios horizontes de areniscas de playa
PUERTO PEÑASCO 31° 18' N 113° 33' W	0.3 km	Basalto ?	+ 8 m + 5 m	Derrumbes recientes	Arenista litoral alterada; abundante sal
PUNTA PELICANO 31° 21' N 113° 37' W	0.3 km	Granito mesozoico	+ 1 m - 2 m	Arenas de playa actual	Areniscas de playa

depósitos formados bajo influencia marina. La altura excepcional del contacto marino/continental se explica, en parte, por la presencia de una pequeña falla normal de rumbo NNW-SSE.

Entre Bahía Kino y Puerto de Lobos (Figura 2), así como en la Isla Tiburón, la extensión del mar no fue muy amplia y sólo alcanzó unos cientos de metros dentro del continente a partir de la actual línea de costa. Al sur de Bahía Kino y hacia Tas-

tiota, al oriente del Cerro Tepoca y al norte de Puerto de Lobos, las actuales llanuras limo-arcillosas constituyeron amplios paleogolfos de poca profundidad. Los cerros Tepoca y San Nicolás, inmediatamente al sur de Bahía Kino (Figura 2) eran islas en aquella época.

La transgresión antigua.—En las áreas, al norte de El Desemboque y al sur de Puerto Libertad, aparecen en la costa depósitos marinos y litorales

Tabla 2.—Características de los afloramientos en la Isla Tiburón, correspondientes a la transgresión reciente.

LOCALIDADES Y COORDENADAS	LONGITUD DEL AFLORAMIENTO	SUBSTRATO	ALTURA CIMA Y BASE	DEPOSITOS SUPRAYACENTES	LITOLOGIA
ENSENADA DE LA CRUZ 28° 46' N 112° 20' W	1.5 km	Roca volcánica terciaria (terrazza de abrasión)	+ 6 m + 1 m	Encostramiento y depósito de bajada	Areniscas de playa; depósitos infralitorales; conglomerados en la base (Figura 6)
ENSENADA EL DATIL 28° 45' N 112° 19' W	0.5 km	Roca volcano-sedimentaria terciaria	+6.5 m + 3 m	Depósitos de bajada con encostramiento tardío	Areniscas y conglomerados litorales
ENSENADA EL PERRO 28° 48' N 112° 17' W	2 km	Roca volcánica terciaria (terrazza de abrasión)	+ 4 m + 2 m	Depósitos de bajada encostrados	Arenas bioclásticas infralitorales
PUNTA TORMENTA 29° 01' N 112° 12' W	0.5 km	?	+2.5 m 0	Encostramiento calcáreo y duna	Conglomerados arenosos de playa
PALO FIERRO 29° 04' N 112° 14' W	1 km	?	+2.5 m - 1 m	Depósitos de bajada	Sedimentos infralitorales con numerosos fragmentos orgánicos
PUNTA AST-HOEBEN OH-GALP 29° 13' N 112° 22' W	2 km	Tonalita (banqueta de abrasión)	+ 4 m 0	Depósitos de bajada (con dunas posteriores)	Areniscas de playa con conglomerado de base (Figura 6)
TECOMATE 29° 11' N 112° 26' W	3 km	Roca volcánica terciaria	+ 8 m 0	Aluviones o dunas	Areniscas y conglomerados litorales; paleo-cordones de cantos

distintos a los antes mencionados que atestiguan una edad más antigua. Litológicamente, se trata de areniscas y calcarenitas con horizontes conglomeráticos cementados por recristalización de calcita secundaria. Los restos de la fauna están a menudo disueltos y/o recristalizados. Sólo los *Pecten* sp., *Encope* sp. y *Balanus* sp. no se presentan en moldes internos o externos. En la base de los afloramientos, los organismos están *in situ* en depósitos de poca profundidad, y los depósitos de la cima indican horizontes de playa. La cima de estos depósitos no sobrepasa +6 m; no queda excluido que esta altura corresponda al nivel de erosión marina de la transgresión reciente, sin que sea realmente el más alto nivel del mar de este episodio transgresivo antiguo.

En El Desemboque los depósitos marinos más antiguos fueron cubiertos por aluviones relativamente antiguos, que contienen al menos un nivel de encostramiento calcáreo (caliche). Esos depósitos continentales fueron parcialmente erosionados y posteriormente cubiertos por las arenas litorales de la transgresión reciente y por aluviones nuevos (Figura 5).

Al sur de Puerto Libertad, los testigos de la transgresión antigua subyacen a unos 10 m de arenas eólicas (Figura 6), las cuales podrían ser relacionadas cronológicamente con la última transgresión. A unos cuantos kilómetros al norte de Puerto Libertad, en la playa de Santa Margarita, se encuentra también un afloramiento muy pequeño de arenisca fuertemente consolidada, de facies similar a la del sur de Puerto Libertad.

GEOCROLOGIA DE LOS DEPOSITOS PLEISTOCENICOS DESCRITOS

Las únicas dataciones radiométricas de depósitos marinos en la costa de Sonora fueron realizados, hasta la fecha, por el método de ¹⁴C. A continuación se presentan los pocos datos disponibles, sin considerar aquí el período del Holoceno, o sea

de los últimos 10.000 años.

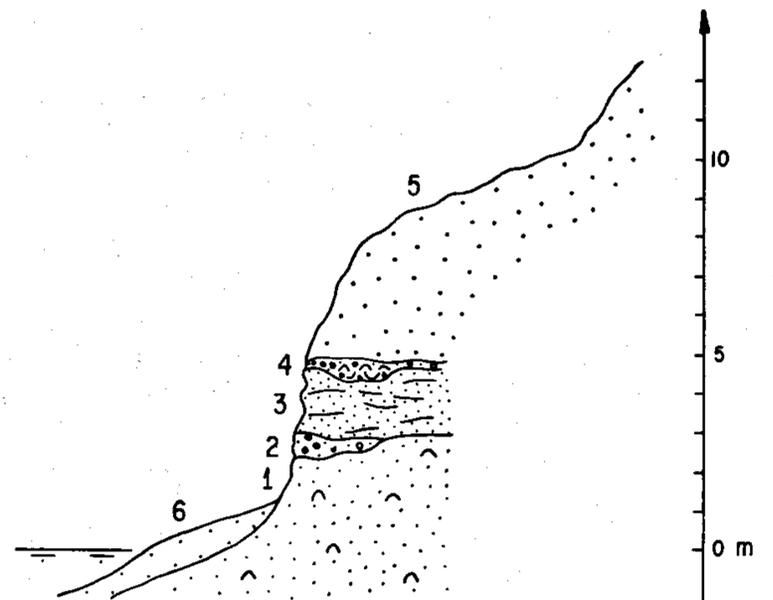


Figura 5.—Sección esquemática al sur de Puerto Libertad. 1.—Arenisca fosilífera. 2.—Lente conglomerática. 3.—Areniscas coquinosas de playa (diastratificación). 4.—Conglomerado localmente muy fosilífero (*Ostrea* sp.) y discordante. (1, 2, 3 y 4 pertenecen a la transgresión antigua). 5.—Arenas eólicas consolidadas. 6.—Playa actual.

Richards (1973) publicó fechas de $29,550 \pm 115$ A.P., $26,700 \pm 525$ A.P. y $42,000$ A.P., obtenidas en conchas *in situ* de depósitos cercanos a El Desemboque y una fecha de $26,700 \pm 525$ A.P. obtenida en conchas *in situ* en sedimentos lagunares al oriente del Cerro Tepoca. En conchas de este último afloramiento, se efectuó otra datación de radiocarbono e indicó una edad de $20,150 \pm 230$ A.P. (Lab. Geol. Dynamique, Université Paris VI), que parece demasiado joven.

Inman (comunicación personal a J. Shreiber Jr., *in* Slandusky, 1969) efectuó varias dataciones de conchas de pelecípodos, colectados en la región de Puerto Peñasco, y obtuvo edades entre 35,200 y 43.000 A.P.

En la parte noroccidental de la costa del Gol-

fo de California, depósitos muy parecidos a los de Sonora han sido datados y se obtuvieron cinco fechas de ^{14}C , correspondientes a 33,000 A.P. y dos más a $31,675 \pm 2,500$; $30,625 \pm 2,200$ A.P., que fueron interpretadas como erróneas (Walker y Thompson 1968).

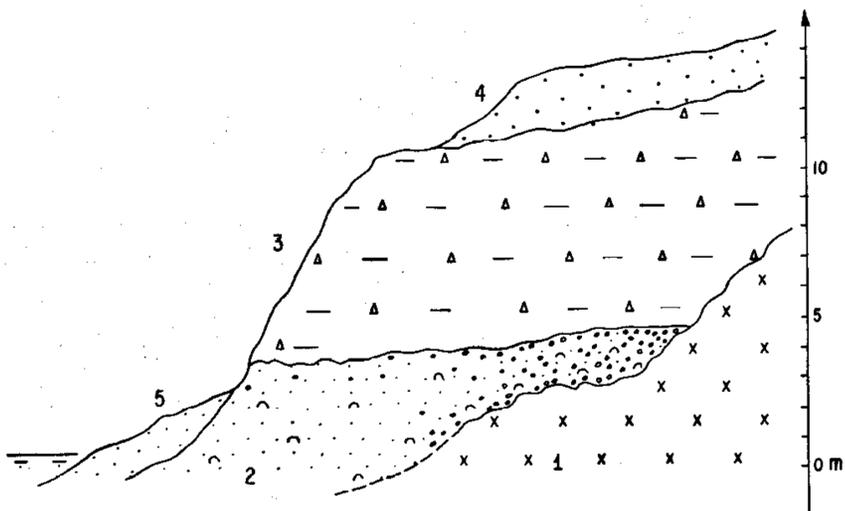


Figura 6.—Sección esquemática, Ast-Hoe-Ben-Oh-Galp, Isla Tiburón. 1.—Substrato mesozoico. 2.—Depósitos litorales de la transgresión reciente (abundantes cantos de playa sobre la banqueta de abrasión). 3.—Depósitos de bajada. 4.—Dunas consolidadas. 5.—Playa actual.

Las muestras que se colectaron en el transcurso del presente estudio están actualmente en proceso de datación relativa de aminoácidos y de $\text{U}^{234}/\text{Th}^{230}$.

Para la transgresión más antigua es más difícil proponer una edad. Se observa un ciclo completo de sedimentación aluvial (10-15 m), posterior a esta transgresión y anterior a la transgresión reciente. Por lo tanto, la transgresión antigua podría corresponder al interglacial Yarmouth, o a un interglacial anterior. Al tomar en cuenta el grado de alteración, de recristalización de las conchas y del cementante de la arenisca misma, es inevitable concluir que estos depósitos no presentan grandes diferencias con los del Plioceno marino, que se observa, por ejemplo, en las cercanías de Santa Rosalía, Baja California Sur. Es por la ausencia de Plioceno marino, conocido en el lado oriental del Golfo de California, que se atribuye esa transgresión más antigua al Pleistoceno temprano o medio. La fauna, estando mal conservada, no permite una determinación cronológica.

CONCLUSIONES

Hasta la fecha se observaron dos grupos de depósitos marinos litorales del Cuaternario. La mayoría, presentes en toda la región considerada (Guaymas-Puerto Peñasco), pertenecen probablemente al interglacial Sangamon (cerca de 100,000 años A.P.). Más antiguos, pero probablemente del Pleistoceno, son los dos afloramientos de areniscas consolidadas, con conchas disueltas, al norte de El Desemboque y al sur de Puerto Libertad.

Las dos transgresiones en cuestión, la antigua y la reciente, se caracterizaron por un nivel del mar superior al actual con unos cuantos metros, +5 m para el último y no más de +10 m para el más antiguo.

Después de cada una de las dos fases transgresivas se depositaron aluviones con espesores de varios metros. En ciertas áreas favorables, hubo acumulaciones de arena eólica. Al final del Pleistoceno (cerca de 30,000 años A.P.?) o durante la transgresión marina postglacial del Holoceno (cerca de 5,000 años A.P.), el nivel del mar subió hasta rebasar por unos decímetros el 0 m actual, permitiendo la formación de lagunas en varios sitios de la costa de Sonora.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson, C. A., 1950, Geology of the island and neighboring land areas: *in* E. W. Scripps cruise to the Gulf of California. Geol. Soc. America, Mem. 43, pte. 1, 53 p.
- Beal, C. H., 1948, Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California: Geol. Soc. America, Mem. 31, 138 p.
- Curray, J. R. y Moore, D. G., 1963, Sedimentos e historia de la costa de Nayarit, Mexico: Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. XXVI, p. 107-116.
- 1964a, Pleistocene deltaic progradation of continental terraces, costa de Nayarit, Mexico: *in* Marine Geology of the Gulf of California, T. J. Van Andel y G. G. Shore Jr. ed. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Mem. 3, p. 193-215.
- 1964b, Holocene regressive sand, costa de Nayarit, Mexico: *in* Developments in sedimentology, L.M.J.U. Van Straaten, ed. Internat. Sedimentol. Cong., 6, Amsterdam y Anvers, 1963, Proc., p. 76-82.
- Curray, J. R., Emmel, F. J. y Crampton, P. S. S., 1969, Holocene history of strand plain, lagoonal coast, Nayarit, Mexico: *in* Lagunas costeras, un simposio (México, 28-30 Nov. 1967). Univ. Nal. Autón. México, Mem., p. 63-100.
- Durham, J. W., 1950, Megascopic paleontology and marine stratigraphy: *in* E. W. Scripps cruise to the Gulf of California. Geol. Soc. America, Mem. 43, pte. 2, 216 p.
- Gastil, R. G., Krummenacher, D., *et al.*, 1974, Reconnaissance geologic map of coastal Sonora between Puerto Lobos and Bahía Kino: Geol. Soc. America, Map MC-16, escala 1:150,000.
- Hertlein, L. G. y Emerson, W. K., 1956, Marine Pleistocene invertebrates from near Puerto Peñasco, Sonora, Mexico: Trans. San Diego Nat. History, v. 12, p. 154-176.
- Ives, R. L., 1951, High sea levels of the Sonoran shore: Amer. Jour. Sci., v. 249, p. 215-223.
- 1959, Shell dunes of the Sonoran shore: Amer. Jour. Sci., v. 257, p. 449-457.
- 1964, The Pinacate region, Sonora, Mexico: Calif. Acad. Sci., Occas. Paper, n. 47, 43 p.
- Malpica, V. M. y Ortlieb, Luc, 1976, Los depósitos marinos cuaternarios en el NE del Golfo de California: Acapulco (México), Congr. Latinoamer. Geología, 3, Resúmenes, p. 83, Resumen.
- McGee, W. J. y Johnson, W. D., 1896, Seriland: Natl. Geogr. Mag., v. 7, p. 125-133.

- Merriam, R. H., 1965, San Jacinto fault in northwestern Sonora, Mexico: *Geol. Soc. America, Bull.*, v. 76, p. 1051-1054.
- 1972a, Evidence for 200 miles of right lateral displacement of faults of the San Andreas zone in southern Sonora, Mexico: *Geol. Soc. America, Abstr. with Progr.*, v. 4, p. 198, Resumen.
- 1972b, Reconnaissance geologic map of the Sonoyta quadrangle, northwestern Sonora, Mexico: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 83, p. 3533-3536.
- Nichols, N. M., 1962, Hydrology and sedimentology of Sonoran lagoons, Mexico: *Geol. Soc. America, Spec. Paper 73*, p. 210-211, Resumen.
- 1965, Composition and environment of transitional recent sediments on the Sonoran coast, Mexico: Los Angeles, Univ. Calif., disertación doctoral, inédito.
- Orme, A. R., 1971, Deformation of marine terraces between Ensenada and El Rosario, Baja California: *Geol. Soc. America, Abstr. with Progr.*, v. 3, p. 174-175, Resumen.
- 1972, Quaternary deformation of western Baja California, Mexico, as indicated by marine terraces and associated deposits: *Congr. Geol. Internal.*, 24, Montreal, Sect. 3, p. 627-634.
- Richards, H. G., 1973, A Quaternary elevated beach along the Gulf of California, in Sonora, Mexico: Christchurch, Nueva Zelandia, INQUA, Congr., 9, p. 306, Resumen.
- Rose, M. W., 1975, Sedimentology of Estero La Cholla, northwest coast of Sonora, Mexico: Tucson, Arizona Univ., tesis de maestría, 99 p., inédito.
- Slandusky, C. L., 1969, Sedimentology of Estero Marua, Sonora, Mexico: Tucson, Arizona Univ. tesis de maestría, 84 p., inédito.
- Stump, T. E., 1975, Pleistocene molluscan paleoecology and community structure of the Puerto Libertad region, Sonora: *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, v. 17, p. 177-226.
- Walker, T. R. y Thompson, R. W., 1968, Late Quaternary geology of the San Felipe area, Baja California, Mexico: *Jour. Geol.*, v. 76, p. 479-485.
- Wilson, I. F., 1948, Topografía sepultada, estructuras iniciales y sedimentación en la región de Santa Rosalía, Baja California: Univ. Nal. Autón. México, *Inst. Geología, Bol.* 53, 78 p.
- Wilson, I. F., y Rocha-Moreno, V. S., 1955, Geology and mineral deposits of the Boleo copper district, Baja California, Mexico: U. S. Geol. Survey. Prof. Paper 273, 134 p.
- Wittich, Ernesto, 1920, La emersión moderna de la costa occidental de la Baja California: *Mem. Soc. Cien. Antonio Alzate (México)*, v. 35, p. 121-144.
-