

Estudios litogénéticos en los manglares de la costa del Pacífico

Weil R.¹

1 Instituto Geólogo-Paleontólogo de la Universidad de Kiel

Resumen: Estudios litogénéticos en los manglares de la costa del Pacífico. Frente a la costa de El Salvador se extienden amplias regiones de manglar, denominadas esteros, protegidas por grandes barras, cuyas masas de arena son aportadas por los ríos y rechazadas por el oleaje. Hay que distinguir entre barras más antiguas y más jóvenes. En los manglares se encontraron como depósitos, arenas puras, fangos arenosos, fangos y sedimentos parecidos a turba, cuyos datos característicos se describen en los cuadros. El componente orgánico de los sedimentos generalmente es escaso y limitado a diatomeas y partes silíceas de gramíneas; hecho que se explica por la actuación y actividad digestiva de los animales, particularmente de los cangrejos que consumen la substancia orgánica en sedimentación. También, la composición granulada muy característica de los fangos se explica como resultado de la acción de escarbar de los mismos animales. El intento de Abel de interpretar el "flysch" como sedimento de manglar fósil no es apoyado por las observaciones en los manglares salvadoreños.

I. Estructura y evolución de los manglares

Frente a la costa de la República Centroamericana de El Salvador, entre 88°15' y 89°5' longitud occidental, se extienden amplias regiones de esteros separados del océano libre por penínsulas o grandes barras. Esteros parecidos se encuentran en la costa de Guatemala, extendiéndose desde el río Paz hasta una larga distancia en dirección al Oeste (Termer 1940). Hay también unos de menor tamaño en la costa de Nicaragua al este del Golfo de Fonseca.

Los esteros forman un sistema de canales muy ramificado, bordeado por manglares extensos. La topografía de los esteros se conoce bien por fotos aéreas y un mapa 1: 40.000 de la República de El Salvador basado en aquellas. Así, después de haber recorrido la región se pudo trazar un mapa de orientación que por un lado reproduce los elementos dominantes del paisaje y los biotopos de los esteros -barras, manglares, canales- y por otro lado permite deducir conclusiones acerca del origen de los esteros (Figs. 1 y 2). La denominación de los esteros, comunicados con el delta del Río Lempa, se efectúa según el "Mapa preliminar de El Salvador" 1: 200,000, edición 1951. El estero situado al oeste del Río Lempa se llama "Estero de Jaltepeque", mientras que el situado al este se conoce como "Estero San Juan del

Gozo"¹. El Estero San Juan del Gozo es el más grande y es por eso que comenzamos con su investigación.

Frente a la desembocadura del Río Lempa, el más largo de la República de El Salvador, se extiende al Este una barra de unos 40 km de largo. Se compone de gran número de cordones litorales, que se reconocen claramente en las fotos aéreas. En el mapa general (Fig.1) se muestra el curso de los cordones litorales esquemáticamente según las fotos aéreas. Su encurvadura al lado este y su procedencia de la desembocadura del Río Lempa indican un transporte de sedimentos desde W hacia E, a lo cual corresponde un crecimiento permanente de la punta este de la barra.

Los depósitos más jóvenes no están cubiertos de plantas; sobre los que siguen en edad se encuentra una vegetación de hierbas de playa que se parece mucho en su aspecto a la flora de la playa centroeuropea (Fig. 4); sigue una vegetación de matorrales que se transforma en un monte bajo ralo, a menos que el área sea aprovechada por la agricultura (algodón, coco). Sobre los cordones litorales más recientes se elevan dunas pequeñas cuyas masas de arena son traídas por el viento que sopla desde los cordones litorales.

En el interior de la barra exterior se distinguen residuos de un cordón litoral de

¹ En el Manual de la Costa Occidental de América se clasifican como "Bahía de Jiquilisco".



Fig. 1. Mapa del estero de San Juan del Gozo, dibujado según formato aéreas a base del mapa planimétrico 1:40,000 de la República de El Salvador

una barra más adentro en dirección hacia la tierra y más antigua, que constituye la Isla del Espíritu Santo y probablemente se continúa -hoy dividida por un canal ancho- en la Isla Madre Sol.

En los tres lugares donde tuve ocasión de caminar sobre esta barra más antigua se había desarrollado en la arena un perfil de suelo muy distinto, en el cual los minerales estaban descompuestos hasta 1 m de profundidad y la arena era colorada oscura por el humus.

Hacia el este de la punta San Sebastián se encuentra otro sistema de cordones que proceden de la desembocadura Grande de San Miguel e indican con sus incurvaciones que allá el crecimiento tiene lugar en dirección este y oeste. Posiblemente, investigaciones sedimentopetrográficas dejarán ver diferencias entre las arenas aportadas por el Río Lempa y por el Río Grande de San Miguel. También en el delta del Río Grande de San Miguel se hallan cordones litorales más adentro (?), pero no los pude visitar.

Protegidos por las barras se extienden canales amplios, de profundidad suficientemente grande para poner el Puerto El Triunfo al alcance de buques de alta mar hasta el día que se cerró (Fig. 5). Acerca de la profundidad de los canales, se anota en el Manual de la Costa Occidental de América: "Por dentro de la barra se encuentra agua profunda hasta la punta de la Isla Recodo (Isla Madre Sol), de aquí hasta El Triunfo hay por lo menos 5.5 m. de agua...". El muelle de El Triunfo tenía 7.3 m de profundidad. "En el canal del Este, pasando a lo largo de la costa occidental de la Isla San Sebastián, al paso por el Río San Miguel hay 8.2-14.6 m de agua, pero este paso contiene una barra con 3.7-4.5 m de agua y no está sondeado al otro lado". En uno de los canales finales medí durante pleamar 2.2 m de profundidad (estación 18).

La amplitud de la marea alcanza en el Estero San Juan del Gozo unos 1.5 m. En consecuencia, la cantidad de aguas que pasa con cada marea en una u otra dirección por la desembocadura del sistema de los canales debe ser considerable y las corrientes de las mareas alcanzan -según del Manual de las Costas Occidentales de América- en el canal principal 3-4 millas. Yo de mi parte valoré la corriente del reflujo en 1-2 m por segundos, porque no se pudo vencerlo en una lancha sin motor. El hecho de que las corrientes de la marea pueden surtir un efecto de erosión bastante intenso se indica por una ruptura en forma de acantilado,

inundado al tiempo de pleamar cerca de la estación 43, donde el agua ascendente dejó ver una corriente muy fuerte (Fig. 9).

De los canales principales sale una infinidad de canales grandes y pequeños, ramificados en delgadísimos canales finales que proveen de agua salada los amplios manglares (Figs. 6 y 7). Entre los canales principales y las barras se encuentran extensas áreas con marismas arenosas y arenoso-fangosas. Ante todo se pudieron observar tales marismas a ambos lados de la Punta San Juan y en el lado sur de la Isla Madre Sol, caracterizadas en el mapa por puntos dispersos. Según las fotos aéreas, las calas hondas, dentadas de la Isla San Sebastián, también se forman por marismas arenosas.

El manglar se extiende entre las barras y el continente, *Rhizophora* predomina sobre todo; además se halla *Avicennia*, citada por Calderon (1941) como *Avicennia nitida* Jacquin. En general, las plantas tienen una altura de 5 m pero alcanzan también la dimensión de árboles medio altos. El manglar forma un monte impenetrable, que es accesible solamente del lado de los numerosos canales que lo atraviesan.

Al lado de las barras situadas en la propia orilla del mar no se encuentra manglar; este evidentemente se desarrolló en lugares protegidos del efecto del oleaje del mar libre.

Suposiciones parecidas para la presencia de manglares describe v. Freyberg (1930) en la costa brasileña, encontrándose allá el manglar exclusivamente en las áreas protegidas por barras.

Los esteros de Jaltepeque representan una copia reducida de aquellos de San Juan del Gozo (Fig. 2). Partiendo de la desembocadura del Río Jiboa, la barra ha crecido unos 10 km hacia el Este, mientras que una fila de ganchos más cortos, claramente incurvados, ha crecido al encuentro de ella desde la desembocadura del Río Lempa. Los canales y las áreas con manglar son menos extensas; el género predominante allí parece ser *Avicennia*. Dentro del manglar, paralelo a la costa, se extiende una isla que debiera ser según su forma una barra más vieja.

El desarrollo de ambos esteros se puede explicar a base de la representación topográfica como sigue: cuando el actual nivel del mar fue alcanzado, se formó primeramente una costa plana, siguiendo al margen actual del continente. Delante de esta se formaron cordones litorales menores y ganchos que crecieron desde el Oeste hacia el Este y debieron haber formado una barra más vieja. Bajo su protección pudo desarrollarse el primer manglar. Frente a las barras más viejas del lado del mar, aprovechando las masas de arena aportadas posteriormente sobre todo por el Río Lempa y el Río Jiboa, se compusieron luego

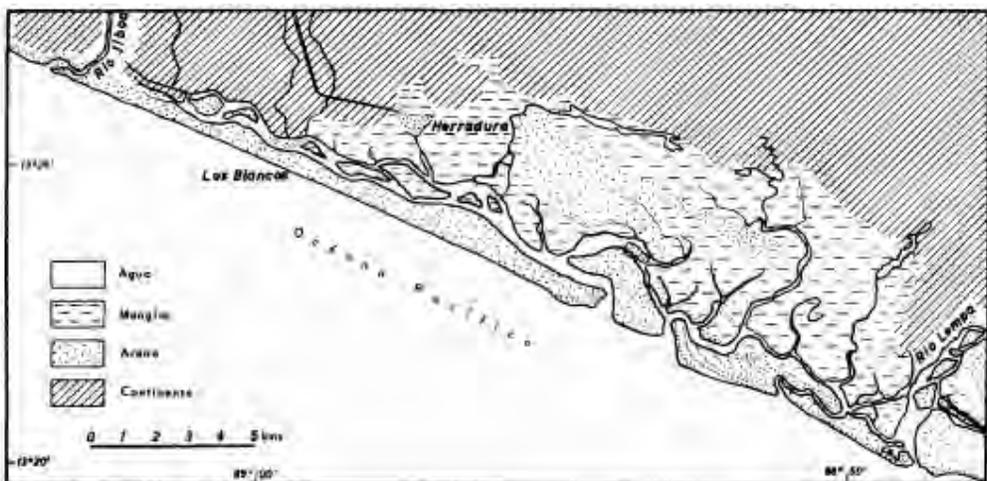


Fig. 2. Mapa del Estero de Jaltepeque. Dibujado según fotos aéreas a base del mapa planimétrico 1:40,000 de la República de El Salvador.

nuevos cordones litorales adelantándose hacia la costa actual y creciendo hasta constituir las grandes barras más recientes. Con esto otras áreas se volvieron accesibles para el manglar y la propia costa llegó a compensarse en una línea casi recta. A pesar del aporte permanente de masas de arena, las fuertes corrientes de la marea dejan abiertos los esteros, dividen las viejas barras en el interior y mezclan su material. En los propios manglares hay una sedimentación muy tardía que llenará sucesivamente los esteros.

Todavía no se puede dar cuenta hasta qué punto los levantamientos y hundimientos tectónicos, indicados por las observaciones de Termer (1940) en el delta del Río Paz, son de importancia para nuestras regiones e intervienen en el proceso de sedimentación. No se observaron marcas evidentes de levantamiento o hundimiento. Si se pudiera excluir levantamientos y hundimientos, el desarrollo de los esteros debió haber comenzado al final del levantamiento eustático del nivel del mar, es decir, hace unos 4000 años, lo cual está más o menos de acuerdo con el espesor de los sedimentos del suelo y la intensidad de la descomposición en los cordones litorales más viejos.

II. Los sedimentos de los manglares

1. Problemas y métodos

Anteriormente, los sedimentos de manglar fueron analizados con detalle muy pocas veces (p.ej. Freise 1937) a juzgar por la poca literatura que he podido obtener al respecto. Por otro lado, Abel (1927a), impresionado en una gira por los manglares de Florida y Cuba, dedujo conclusiones de largo alcance y sostuvo el concepto de que el "flynch" debe ser considerado como un equivalente fósil de los recientes sedimentos de manglar (Abel 1926, 1927b). Las comunicaciones siguientes tienen por objeto mostrar la considerable variedad que pueden tener los sedimentos de un manglar. No pretenden decir la última palabra, necesiándose para alcanzar este punto una

permanencia prolongada en los manglares de El Salvador, regiones sumamente tentadoras para la auto-geología².

Además de una evaluación de las observaciones en el campo, se efectuó una investigación respecto al tamaño de las partículas y la composición del material.

El tamaño de las partículas se examinó en las arenas pasándolas secas por una serie de coladores mecánicos (DIN 1171). Los fangos se cribaron primeramente mojados, después secos. La distribución de las partículas de menos de 0.06 mm se obtuvo contándolas bajo el microscopio ya que los análisis por lavados sucesivos no dejaron esperar valores utilizables en razón de los muy distintos pesos específicos de los diferentes componentes. Para poder reunir las fracciones obtenidas al pesarlas y las fracciones al contarlas, se calculó el número de partículas en las diferentes fracciones por un volumen promedio, multiplicando por la tercera potencia del diámetro promedio. En total resultan las designaciones y fracciones siguientes, cuyos límites en parte fueron determinados por los aparatos, mientras que la clasificación, todavía no aceptada uniformemente, sigue la de la Instrucción DIN 4022:

	>2.0 mm	grava
2.0	-1.0 mm	arena gruesa
1.0	-0.5 mm	
0.5	-0.4 mm	arena media
0.4	-0.3 mm	
0.3	-0.2 mm	arena fina
0.2	-0.1 mm	
0.1	-0.06 mm	arena harinosa
0.06	-0.033 mm	
0.033	-0.017 mm	polvo
0.017	-0.007 mm	
0.007	-0.003 mm	arcilla
	<0.003 mm	

En la representación gráfica como línea de sumas se sacó el valor medio M para distinguir la granulación: esta es el valor de la abscisa en el punto de intersección de la línea de sumas

² Dentro del programa de investigación del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas, se propone un estudio biológico-geológico de los esteros, el cual promete ensanchar considerablemente nuestros conocimientos sobre los procesos litogénos en los depósitos de aguas tropicales de pequeña profundidad.

con la ordenada de 50 %.

De la curva de distribución, exacta en la reproducción de los planos, con 1a escala logarítmica de 1a abscisa: 1, 0.5, 0.25, 0.12, 0.06, 0.03, 0.015, 0.0075 mm se calculó el valor de selección para distinguir el grado de la selección según la fórmula indicada por Sindowski (1938):

$$S = \frac{(H+A-R)}{100}$$

H= fracción principal en %

A=Fracción principal + la fracción
antecedente + la fracción siguiente en %

R= 100 – porcentaje de la fracción principal.

El valor S sube hasta 2 en una fracción principal de 100 %, representando así la selección más completa posible, mientras que en sedimentos absolutamente no seleccionados, el valor puede volverse negativo.

La composición material se averiguó solamente desde el punto de vista cualitativo; y respecto al tamaño desde el cuantitativo. Así se distinguieron arenas minerales con partículas mineralógicas muy predominantes y arenas de vidrio o pómez con vidrio volcánico muy predominante. Un análisis mineralógico cuantitativo más exacto se hizo por el Sr. Cand. Rer. Nat. Hintz, quien se hizo cargo de la investigación sedimento-petrográfica de las arenas coleccionadas por mí en El Salvador.

El componente orgánico se determinó como pérdida por calcinación de la substancia secada al aire, y con esto se menospreció una parte de la pérdida por calcinación, que es causada de otro modo, particularmente por evaporación del agua del vidrio. Como las determinaciones se efectuaron de preferencia en arenas minerales, los errores no deben ser demasiado graves.

Acerca de los métodos usados por la investigación de las turbas informan v. d. Brelie & Teichmüller en una comunicación aparte.

2. Las arenas

Las arenas forman las barras y se encuentran en parches esporádicos entre las regiones fangosas. Ejemplares de *Rhizophora* no se

notaron en arena pura y tampoco se puede esperarlos porque la población de manglar recoge fangos y produce así sedimentos más finos. Pero este hecho no excluye que por otro lado los manglares pudiesen poblarse en arena pura, para demostrarlo el Prof. Dr. A. o a mi disposición un pedazo de suelo de los manglares de Cananea (Brasil) formado por arena fina y medí a con un gran componente de hierro.

Las pruebas examinadas provienen de playas arenosas en el interior del área del estero donde la fuerza y rumbo del viento provocan un oleaje bastante fuerte. Por eso muestran una variada selección de las partículas según el tamaño habitual para las arenas de playa a y ocasionalmente también según el peso específico de los distintos componentes, Así se hallaron fajas delgadas de placer a mineral en las estaciones 18 y 30.

Las arenas se componen de plagioclasas anfífolas, piróxenos, magnetita y vidrio volcánico del país, donde particularmente las masas movedizas volcánicas tienen los mismos componentes y sufren una erosión fuerte en la estación lluviosa.

Tabla I y Fig.3 dan un resumen de la distribución de las partículas y del grado de selección de algunas arenas.

3. Los fangos

Los fangos se encuentran en el interior de los manglares y en sus zonas marginales. En la mayoría de los casos se trata de material pulverulento con una cantidad más o menos grande de arena fina. En estado fresco los fangos son gris oscuro a negro y huelen fuertemente a H₂S. Al secarlos se retraen bastante y cambian a colores grises.

El componente mineral consiste en la mayor parte de vidrio, solamente en las fracciones más finas (<0.1mm) se encuentra también plagioclasas; en cambio, los minerales de mayor peso específico se hallan escasamente. Los componentes arenosos más gruesos de los fangos, al contrario, son casi siempre partículas de vidrio espumoso. Solamente cerca de las áreas arenosas se encuentran fangos con un componente de arena mineral.

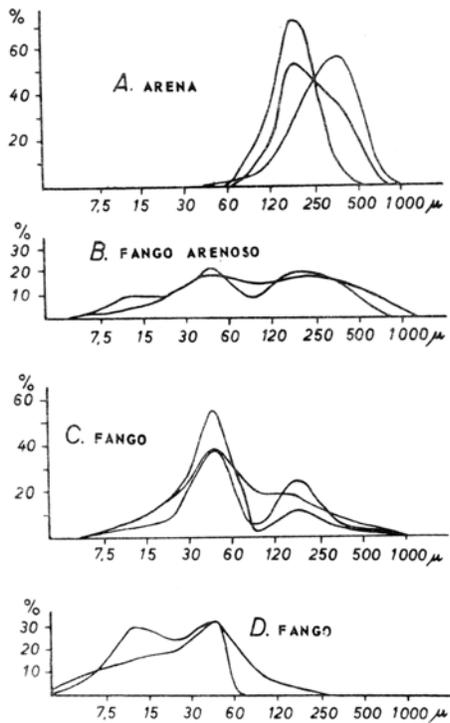


Fig. 3. Curvas de la distribución de los granos en algunos sedimentos del Estero San Juan del Gozo

El componente orgánico, cuando existe todavía en estado bien formado, se constituye de residuos de manglares, diatomeas de formas bastante variadas³ células epidérmicas silificadas de gramíneas (Bambús) y muy raros residuos de cubiertos de foraminíferos y moluscos. Hay que añadir escasos residuos de cangrejos y fragmentos de insectos. Aparte de residuos de madera los componentes orgánicos tienen muy poca importancia cuantitativa en la composición del sedimento. La falta de partes duras fosilizables debiera ser típica para sedimentos de manglar y ha sido subrayado ya por Abel (1927). Ese carácter es tanto más notable cuanto que el manglar presenta un biotipo extremadamente lleno de vida, pero según parece la mayoría de los

residuos orgánicos es víctima de la voracidad de los incontables cangrejos. Los cangrejos se ocupan también de mantener una mezcla permanente y de desarreglar la estratificación de los estratos recientemente depositados y deben tomar parte esencial en la formación de los fangos mezclados⁴.

En la distribución de partículas (Tabla 2 y Fig. 3) algunos fangos muestran dos máximas bastante pronunciadas, una en la arena fina y la otra en la fracción de arena harinosa de menos de 0.06 mm. En todos estos casos, el componente de arena fina tiene más de 90 % de vidrio y sería muy fácilmente imaginable que partículas de vidrio llenas de aire del tamaño de un grano de arena tuvieran la misma facultad de suspensión que los componentes más finos de los fangos. Se observa a menudo en las playas con arena mineral zonas con arena de pómez más gruesa; en la primera resedimentación las cenizas volcánicas quedan pronto separadas por el agua de lluvia en granos mineral es y vidrios. Sin embargo, experimentos de sedimentación muestran que las dos fracciones principales de los fangos, sedimentan de manera absolutamente distinta. Por eso hay que suponer que los dos componentes han sedimentado de diferente modo. Su mezcla pudo haber ocurrido por la actuación de los organismos. La aclaración de estos problemas sólo será posible a base de un material más amplio, de mediciones de sedimentación, de análisis de suelos no modificados y por levantamientos de mapas regionales.

4. Los fangos arenosos

Mientras que las arenas finas y medias por un lado y los fangos de arenas harinosas por el otro representan los tipos principales de sedimentos de los esteros, se produce una mezcla en la zona entre las áreas arenosas y los grupos de manglar que produce sedimentos con una distribución muy característica de

³ Otras observaciones sobre el componente orgánico comunican v. d. Brelie & Teichmüller en una publicación aparte. Verwy (1930) observó en el recto de cangrejos de manglares de la India *Uca signatus*, diatomeas en número bastante grande y supone que estas no fueran utilizadas. Si esto se confirmara también para los otros numerosos cangrejos, sería comprensible que las diatomeas se observen también en un sedimento que ha pasado por el sistema digestivo de los animales.

⁴ Un ejemplo particularmente persuasivo de la acción removedora de los cangrejos menciona Verwy (1930, Fig. 13), al mostrar un suelo prácticamente arado por *Sesarma taeniolata*.

partículas (Tabla 3, Fig. 3), Estos sedimentos tienen un grado de selección muy bajo y en las curvas de distribución de las partículas aparecen ganchos agudos con dos puntos culminantes, un máximo en la fracción principal de los fangos y un segundo en la de las arenas, Los componentes minerales y orgánicos son sensiblemente los mismos que en los tipos originales.

Las observaciones en el campo muestran cómo se efectúa la mezcla: donde el manglar ha echado raíz se produce una sedimentación turbia en la raigambre. Este sedimento es removido durante 1 a marea baja por innumerables cangrejos y por eso mezclado con la arena de su lecho. En una manera algo distinta se efectúa la mezcla en lugares donde la arena es aportada. Posibilidades para la observación de esto se ofrecieron en una pequeña bahía arenosa (estación 2) al lado noreste de la Isla del Espíritu Santo (Fig. 8). La bahía con un ancho de 50 m, libre de manglar, termina atrás por un acantilado arenoso de unos 50 m de altura en plena abrasión.

El acantilado entrega material arenoso a las marismas, sobreponiéndose al fango en una capa de 10-20 cm de espesor. El suelo está poblado -como en todas las otras partes- densamente por cangrejos, que efectúan una mezcla permanente del sedimento. Mientras que la arena que es transportada por su acción hacia el estrato fangoso del lecho puede quedar colocada allí, las partículas más finas, que son llevadas en parte hacia arriba de la profundidad y en parte aportadas por el agua durante el reflujó, son sacadas por el oleaje y llevadas de nuevo hacia afuera.

La mezcla permanente de los sedimentos en formación por la acción particular de los cangrejos debiera ser, según mi opinión, una de las características más esenciales de los sedimentos del manglar, pues todos los observadores comunican al unísono la densidad de la población de estos animales y su modo de vida, que influye en el sedimento. Deben recordarse aquí los trabajos de Verwey (1930) en las Indias Orientales, de Krejci- Graf (1935, 1937) en Hong Kong, las observaciones de Abel (1927) en Florida y Cuba, de Hummel (1930) en la costa del África del Este, de Panzer (1935) en la Nueva Guinea y de Scheffen

(1937) en el Archipiélago Malayo, para indicar que esta acción de cavar se encuentra en la misma forma en todo el cinturón del manglar tropical. Ciertamente sería de interés especial seguir este fenómeno sistemáticamente, observaciones para las cuales los esteros de El Salvador ofrecen posibilidades excelentes.

5. Las "turbas de manglar"

Al lado sureste de la Isla San Dionisio se ha formado por la corriente especialmente fuerte de las mareas un pequeño acantilado que toma parte en el perfil de la playa en una anchura de unos 30 cm, como sigue (Fig. 9, estación 43):

1. "Schorre" al nivel de la bajamar media.
2. Acantilado de 1m de altura de turba de manglar abajo de la pleamar media.
3. Desde el margen superior del acantilado lentamente sube un plano con presencia de *Rhizophora*, cerca de la línea de la pleamar media, con una capa arenosa delgada y huellas de comida de cangrejos.
4. Cordón litoral arenoso que sobresale unos 20 cm encima de la línea de la pleamar media, de 3-4 m de ancho; y detrás de la cual sigue el manglar.

La "turba" del acantilado en estado fresco es extremadamente rica en agua y por eso se retrae al secarla hasta un 40 % de su volumen original, La cantidad de substancia orgánica en el sedimento secado al aire dio en dos pruebas distintas 26 % y 14 %. No sólo el margen del acantilado sino también la superficie de la turba están abundantemente acribillado por la acción de los cangrejos. Además está atravesada por raíces de *Rhizophora*, que muchas veces dejan al descomponerse cavidades en forma de tubos. Estas cavidades carecen de sedimento en el margen del acantilado; en la superficie, al contrario, están rellenos con arena harinosa fina y con arena fina, cubriendo la "turba" en la cercanía de la línea de pleamar. La "turba" se encuentra hoy en estado de abrasión, de manera que por el momento no se puede enunciar todavía nada sobre las condiciones de su formación.

La Dra. M. de Teichmüller se encargó amablemente del análisis especial de las pruebas de la "turba" llevadas por mí, cuyos resultados se comunican aparte.

III. ¿Sedimentos fósiles de manglar?

Las observaciones arriba mencionadas muestran la gran variedad de los sedimentos de las regiones de manglares salvadoreñas. En otros lugares se encuentran fangos de manglar con granos todavía más finos (Freise 1937) y también arenas puras o sedimento cálcicos pueden formar el substrato del manglar. Por esa razón es bastante difícil reconocer con seguridad los sedimentos fósiles de manglares.

Freise (1937) describió fangos subfósiles de la región costera del estado brasileño de Río, que se comprueban como sedimentos de manglar por las características siguientes:

"Residuos macizos de pirámides de raigambres de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia* con sus tubérculos característicos en el inicio de las divisiones, su silificación completa y con colgajos de conchas, numerosas cavidades elípticas o cilíndricas actualmente rellenas (antiguas cuevas de cangrejos), cubiertas de conchas fragmentadas, residuos silificados de esqueletos de peces, y muy escasos residuos de hojas". Estas características subrayadas por Freise serían aplicables a los sedimentos de manglar salvadoreño solamente en parte, por ejemplo en las innumerables cuevas, hecho que muestra otra vez la variedad de los sedimentos que se forman en los manglares.

Abel (1926, 1927) ha comparado los depósitos recientes de los manglares de Florida y Cuba con el "flysch" alpino y ha creído poder interpretarlo como sedimento de manglar fósil. Pero este intento no ha sido aceptado por geólogos especializados en el "flysch" (Ganss 1942, Tercier 1948); y también se expresó contra este intento de interpretación Krejci- Graf (1935) con base de sus conocimientos acerca de los manglares del este de Asia. También los sedimentos de los manglares salvadoreños carecen de analogía en algunos de los puntos de comparación mencionados por Abel.

Abel reduce el espesor del "flysch" y el ancho de la zona del "flysch" a levantamientos y hundimientos del área que hubieran causado una dislocación de la zona de manglar. Eso sería posible, pero de tal dislocación resultaría un espesor pequeño de los sedimentos de

manglar, que se encuentran solamente en la zona de las mareas, solamente cuando el hundimiento y la sedimentación se hubieran efectuado con la misma velocidad, se podrían haber depositado sedimentos de manglares de espesor considerable. En cambio, si el aporte de sedimentos predominara, el área se llenaría de tierra con disminución de su contenido de sal y atracción de vegetación terrestre, como lo mostró La Rosa (1938) con el ejemplo del Río Tumbes en Perú; si el hundimiento predominara en los manglares. Al contrario, éstos se sumergirían y estarían incluidos en el área de la sedimentación puramente marítima hasta que el nivel del fondo ofreciera otra vez las condiciones esenciales para la formación de un manglar. En este caso debe esperarse un cambio rítmico de los sedimentos.

La perforación por raíces y cuevas de cangrejos, evidentemente muy característica en los sedimentos de manglar, no es fácilmente compatible con la estratificación del flysch. Las cuevas de animales y las demás huellas vitales en el flysch no indican necesariamente un manglar.

La descomposición de la sustancia animal y vegetal es muy intensa, particularmente por la acción alimenticia de cangrejos y otros organismos. Hay que añadir también la facultad disolvente de los ácidos orgánicos formados en la vegetación del manglar, que atacan sobre todo los residuos cálcicos, tal como lo describió detalladamente Freise (1937). Donde se acumula sustancia orgánica resulta la formación de una masa de turba, sobre la cual informara M. Teichmüller. Los sedimentos de los manglares salvadoreños apenas podrían ser contados como focos de rocas productivas de petróleo.

Los únicos residuos encontrados que podrían fosilizar se en el futuro serían muchas diatomeas, mientras que la literatura actual acerca del flysch alpino comunica una riqueza considerable en foraminíferos.

Según parece, la comprobación de sedimentos fósiles de manglar es posible solamente en condiciones de conservación especialmente favorables, para cuyos estudios se necesitaría de conocimientos detallados de analogías recientes, pero que no están a nuestra disposición hasta ahora.

TABLA 1
Distribución de partículas en algunas arenas del Estero San Juan del Gozo.

Prueba No.	1	2	3	4	5
> 1,0 mm	0	0	0	0	0
1,0 – 0,5 mm	5	2	8	0	1
0,5 – 0,4 mm	2	4	1	0	2
0,4 – 0,3 mm	11	25	7	1	13
0,3 – 0,2 mm	45	43	44	29	47
0,2 – 0,1 mm	33	21	35	69	33
0,1 – 0,06 mm	3	3	3	1	3
< 0,06 mm	1	2	2	0	1
Promedio	0.22	0.25	0.21	0.17	0.22
Grado de selección	1.58	0.86	1.06	1.61	0.96

1. Parte este de la Isla del Espíritu Santo, cerca de la Hacienda El Jobal, estación 8.

2. Idem.

3. Ajalín, Corral de Mulas, Península San Juan del Gozo.

4. Punta San Juan, estación 26.

5. Península San Juan del Gozo, estación Peters 501.

TABLA 2
Distribución de partículas y composición de algunos fangos de manglares del Estero San Juan del Gozo

Prueba No.	1	2	3	4	5	6	7
> 1.0 mm	0.0	0.0	5.2	1.4	1.0	0.0	0.0
1.0 – 0.5 mm		0.0	4.2	2.0	3.0	2.0	1.5
0.5 – 0.4 mm	2.0	0.0	1.8	1.4	2.0	8.0	1.0
0.4 – 0.3 mm		0.0	2.0	1.4	3.0	6.0	1.5
0.3 – 0.2 mm		0.0	6.4	4.8	10.0	18.0	7.5
0.2 – 0.1 mm	8.5	0.0	11.6	12.6	15.0	18.0	16.5
0.1 – 0.06 mm	1.0	0.0	11.0	16.6	15.0	12.0	1.5
0.06 – 0.03 mm	30.0	31.0	37.5	43.8	38.0	22.0	33.0
0.03 – 0.017 mm	17.0	32.0	14.4	12.0	7.00	10.0	22.0
0.017 – 0.007 mm	27.0	24.5	4.4	3.5	4.00	3.0	11.0
0.007 – 0.003 mm	8.0	7.5					
< 0.003 mm	4.5	5.0	1.5	0.5	2.00	1.0	4.5
Promedio	0.027	0.020	0.053	0.054	0.058	0.110	0.040
Grado de selección	0.28	0.26	0.45	0.70	0.40	0.08	0.37
Perdida de calcinación	25%	40%	15%	11.5%	3%	n. b.	4.3%

1. Estación 1. Canal al oeste del Puerto El Triunfo, En las fracciones gruesas madera y migajas, en las finas predominantemente vidrio.

2. Estación 18. Canal angosto en el manglar; prueba sumergida. Rica en diatomeas y células silíceas de gramíneas. Sedimentos con los granos más finos de las pruebas analizadas.

3. Estación 17. Manglar inmediatamente frente a El Triunfo. En las fracciones >0.2 mm residuos de madera, vidrio; el diámetro disminuido aumenta la cantidad de minerales.

4. Estación 44a. Manglar inmediatamente frente a El Triunfo. En las fracciones gruesas abundante la madera, en las fracciones medias hasta 0.1 mm el vidrio, después vidrio y partículas de mineral.

5. **Marisma abierta frente a El Triunfo.** Zona superior de inundación. En las fracciones de arena casi solamente vidrio, sólo después de 0.1 mm partículas de mineral.
6. **Idem.** Sacada de una profundidad de una mano. Arena de vidrio con componente mineral.
7. **Idem.** En la orilla de un pequeño canal. Sacado de una profundidad de una mano. Los componentes son vidrio en su mayoría, sólo en las fracciones finas se encuentran minerales.

TABLA 3

Distribución de partículas en algunos fangos arenosos y arenas vecinas del Estero San Juan del Gozo, como también de unos fangos arenosos del Estero de Jaltepeque

Prueba No.	1	2	3	4	5	6
> 1.0 mm	0,0	0,0	0,0	6,4	3,8	4,0
1.0 – 0.5 mm	1,6	5,2	2,2	6,4	6,4	7,2
0.5 – 0.4 mm	1,8	12,6	2,2	4,0	2,2	3,8
0.4 – 0.3 mm	6,2	36,6	14,4	7,6	3,2	5,0
0.3 – 0.2 mm	22,6	38,0	44,5	14,6	7,0	6,6
0.2 – 0.1 mm	17,4	7,2	27,8	16,6	17,2	8,4
0.1 – 0,06 mm	5,2	0,2	5,6	11,4	19,4	9,4
0,06 – 0,03 mm	19,0			17,5	28,2	37,3
0,03 – 0,017 mm	14,3	0,2	3,3	9,7	7,6	11,6
0,017 – 0,007 mm	10,0			4,5	4,2	4,5
< 0,007 mm	1,9			1,3	0,8	2,2
Promedio	0,10	0,31	0,23	0,13	0,072	0,06
Grado de selección	-0,15	1,37	0,88	-0,18	0,24	0,54

1. **Estación 2.** Bahía al lado NE de la Isla del Espíritu Santo. Lecho de fango arenoso. El componente arenoso en su mayoría de minerales, partículas gruesas redondeadas, incrustadas por hidróxido de hierro. Pérdida por calcinación 11%.

2. **Idem.** Capa arenosa de fango. Arena de minerales.

3. **Idem.** Capa arenosa de fango. Arena de minerales, partículas incrustadas por hidróxido de hierro.

4. **Estación 19.** Lado NW de la Isla del Espíritu Santo, Fango arenoso del manglar de Rhizophora, inmediatamente al lado de una marisma arenosa. Arena de minerales en las fracciones más gruesas, madera, pómez, fragmentos de cubiertas de moluscos. Con la disminución del tamaño de las partículas aumenta el componente de minerales en la fracción.

5. **Estero de Jaltepeque cerca de La Herradura.**

6. **Estero de Jaltepeque cerca de Los Blancos.**

REFERENCIAS

- Calderon SE, Stanley PC. 1941. Flora Salvadoreña. - 2, Ed. El Salvador.
- Abel O. 1926. Amerikafahrt.- Jena.
- Abel O. 1927a. Fossile Mangrovesümpfe, - Pal. Z., 8.
- Abel O. 1927b. Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit.- Jena.
- v. Freyberg B. 1930. Zerstörung und Sedimentation an der Mangroveküste Brasiliens. - Ber, Kais. Leopold, D. Akad. Naturf. Halle, 6 (Walther- Festschrift).
- v. d. Brellie G, Teichmüller M. 1953. Beiträge zur Geologie El Salvadors. III, Mikroskopische Beobachtungen an Mangrove-Sedimenten aus El Salvador.- N. Jb. Geol. Mh.
- Ganss O. 1938. Submarine Orogenese in der karpatischen Flyschzone. - N, Jb. Min. etc., Beil- Bd, 87, B, 1942. Handbuch der Westküste Amerikas. II, Teil, Berlin.

- Hummel K. 1930. TierHirtenbilder vom Tropenstrand.-
Natur und Museum, 60.
- Krejci-Graf K. 1935. Beobachtungen am Tropenstrand,
1- IV.- Senckenbergiana, 17.
- Krejci-Graf K. 1937. Über Fährten und Bauten tropischer
Krabben,- Geologie der Meere und Binnengewässer,
1.
- La Rosa AC. 1938. Geomorphologie des Tumbesdeltas
(Perú),- Geologie der Meere und Binnengewässer, 2.
- Panzer W. 1935. Sandkrabben-Spuren an der Küste von
Neu-Guinea.- Natur und Volk, 65.
- Scheffen W. 1937. Strandbeobachtungen im Mal ayischen
Archipel,- Geologie der Meere und Binnengewässer,
1.
- Sindowski KH. 1938. Korngrosse- und
Schwermineralverteilung in rezenten Strandsanden
der mecklenburgischen Ostseeküste,- Zbl. Min, etc,
Abt, A.
- Tercier. J. 1948. Le Flysch dans la sédimentation alpine,-
Ecl, Geol, Helveti ae, 40.
- Termer. F. 1940. Südost-Guatemala.- Peterm. Geogr, Mitt.
- Verwey. J. 1930. Einiges über die Biologi ostindischer
Mangrove-Krabben, - Treubia, 12.
- Weyl. R. 1953. In den Mangroven El Salvadors.- Natur
und Volk, 83.

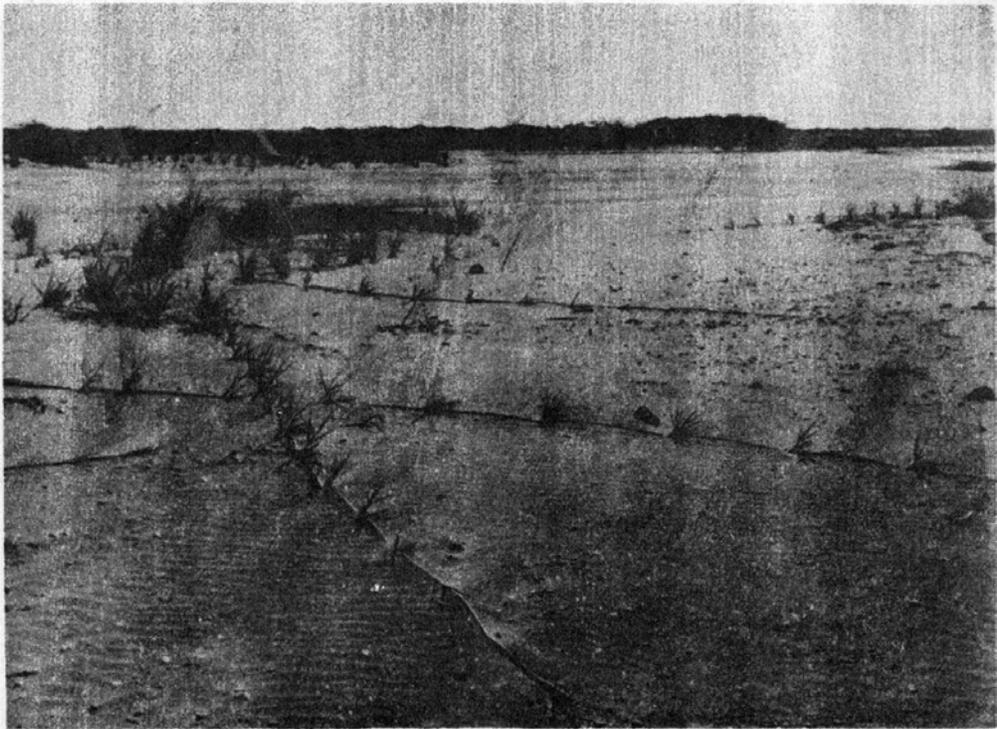


Fig. 4. Vista de la parte este de la Península San Juan del Gozo cerca de la punta San Juan. Áreas arenosas abiertas con ondas hechas por el viento y el mar; aparecimiento de la vegetación de gramíneas de la playa.



Fig. 5. Marisma fangosa frente al Puerto El Triunfo. En el fondo, a la derecha, el volcán de Usulután; en la mitad, los volcanes de Tecapán.

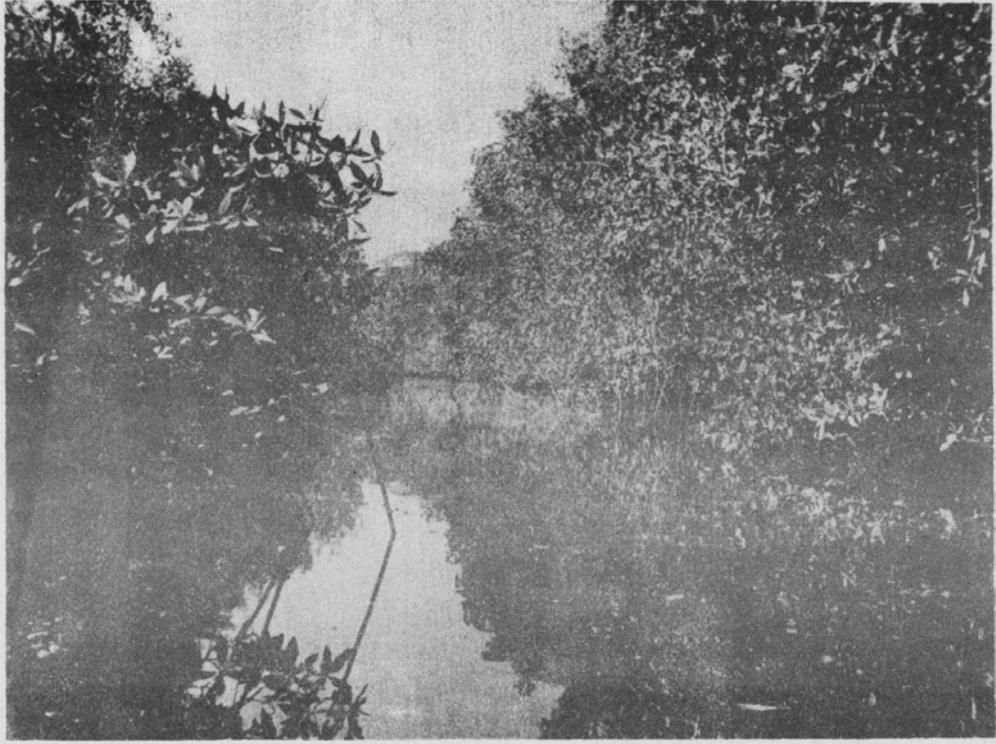


Fig.6. Canal angosto en el manglar de *Rhizophora* cerca de la estación 18.

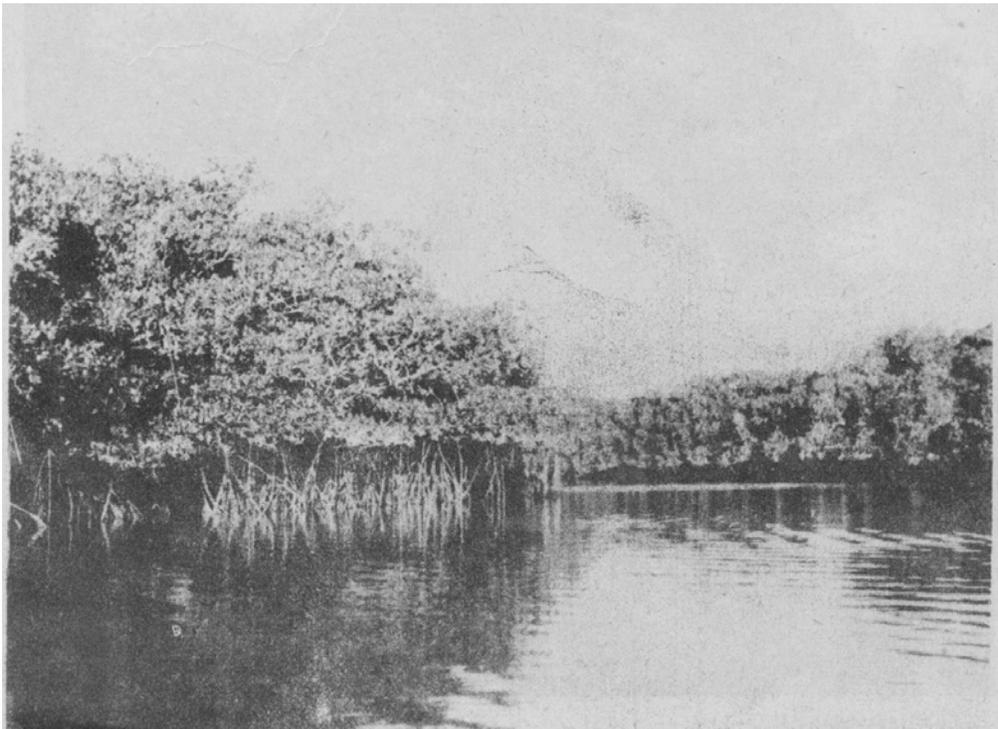


Fig.7. Canal y estados de *Rhizophora* cerca de la estación 17.

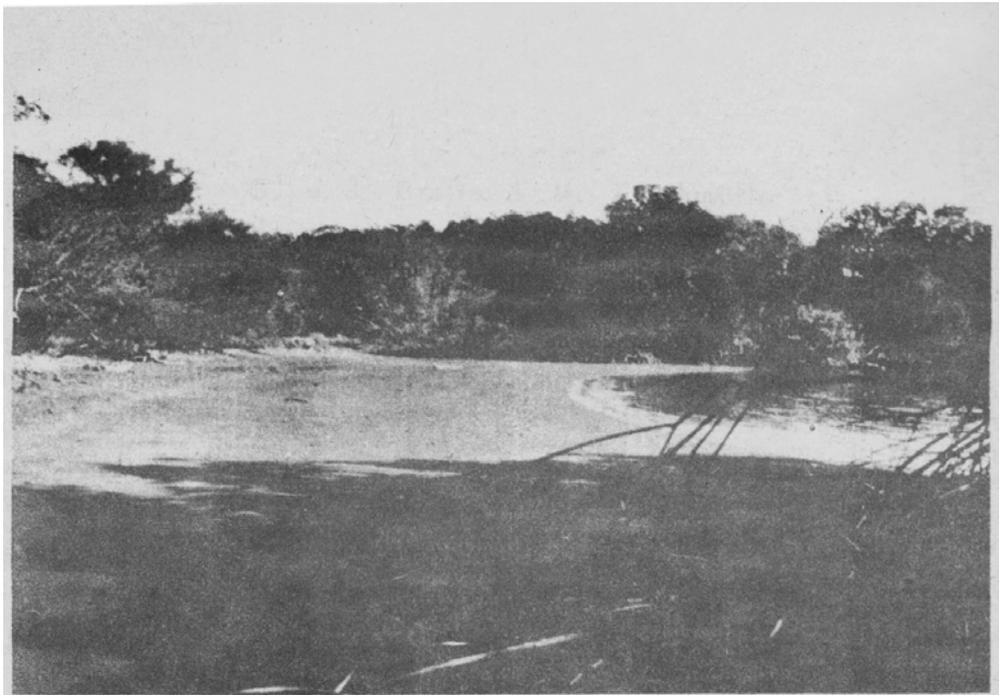


Fig.8. Estación 2. Pequeña cala abierta adentro del manglar durante la marea baja. A la izquierda la punta de viejos cordones litorales y matorrales.

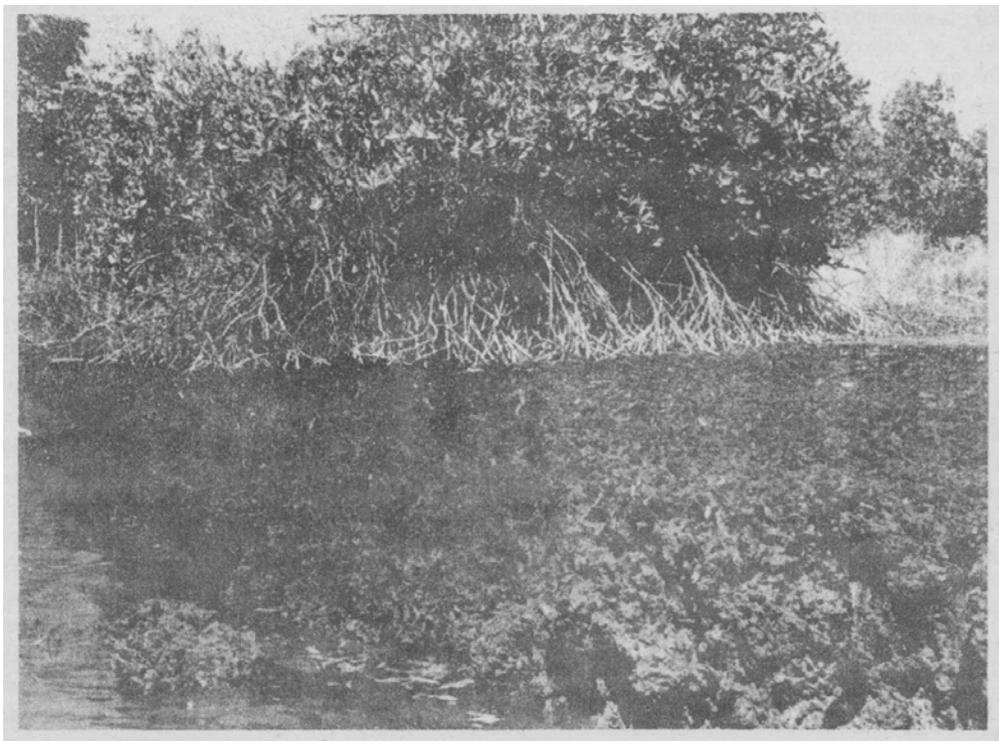


Fig.9. Estación 43. Acantilado en la "turba" completamente perforada por cuevas de cangrejos durante marea media. Sobre la "turba" *Rhizophora* y en el fondo a la derecha un pequeño cordón litoral con vegetación de gramíneas de playa.