

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA
EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA

por:

J. ROMAN LIZARRAGA ARCINIEGA

(Recibido: 3 febrero 1977)

Unidad de Ciencias Marinas
Ciencias Marinas Vol. 3 Núm. 1 1976.

RESUMEN

En la bahía de Todos Santos, Baja California, se llevaron a cabo mediciones del perfil de playa a lo largo de un año (1971-1972), para observar si las variaciones que sufre concuerdan con los cambios cíclicos que la mayoría de las playas presenta bajo condiciones de verano-otoño e invierno-primavera. De la misma manera se comparó la línea de playa de 1960, 1961 y 1972. En general se observó que la playa se erosiona en invierno-primavera y se amplía hacia el mar durante el verano-otoño. Sin embargo, en la zona donde se localizan estructuras costeras (espigones) dicha estacionalidad no se observa tan notoriamente como en la porción no afectada por las mismas. Los cambios de la línea de la playa durante 1960 a 1972, al contrario del caso anterior, están perfectamente definidas en las cercanías de las obras, mientras que en las zonas alejadas los cambios son menores y relativamente poco definidos.

ABSTRACT

Beach profiles were measured at Todos Santos Bay, Baja California, during the period 1971-1972, to observe if the undergoing variations agree with the cyclic changes that most beaches show under summer-fall and winter-spring conditions. Also a comparison was made of the 1960, 1961 and 1972 shoreline. In general, erosion in winter-spring and seaward growth of the beach during summer-fall occurred. However, where coastal structures (groynes) are present, such stationality it is not as evident as in the portion unaffected by them. The shoreline changes during 1960 to 1972 are very well defined near the groynes, where as farther away the changes are smaller and relatively poorly defined.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

INTRODUCCION

En la zona costera ocurren una serie de procesos físicos y geológicos estrechamente relacionados, que aunque relativamente poco entendidos hasta ahora juegan un papel muy importante en la evolución geomorfológica de dicha zona. Para el propósito de este trabajo, esta evolución se puede dividir en: a lo largo y a corto plazo; refiriéndose el primero a las modificaciones de la configuración de la línea de playa, y el segundo a las variaciones estacionales del perfil de playa.

El principal agente causante de estos cambios es el oleaje, que según sus características dará lugar a una erosión o acreción de la playa, y por consiguiente intervendrá en la modulación de la configuración de la línea de playa. El oleaje bajo (H/L bajo) induce un transporte de material de la zona fuera de la costa hacia la playa resultando la ampliación de ésta. Sus principales características son la formación de una o varias bermas y la desaparición de barras y depresiones a lo largo de la playa. Con oleaje alto (H/L alto) el transporte se efectúa de la manera inversa, es decir, de la playa hacia la zona fuera de la costa, produciendo una erosión del perfil cuyas principales características

son la formación de barras y depresiones a lo largo de la playa (Inman, 1953). Este proceso de erosión-acreción, se conoce como ciclo de playa (Shepard, 1950). Como toda regla, ésta también tiene sus excepciones que dependen principalmente del grado de protección que tenga una playa a la acción directa del oleaje: esta protección puede ser natural, como en el caso de algunas playas de bolsillo, o bien artificial, por estructuras hechas por el hombre, como espigones o rompeolas que hacen reducir la energía de las olas al llegar a la costa por difracción y/o refracción (Shepard e Inman, 1950).

Así como el transporte hacia la playa y hacia fuera de la costa es el causante de los cambios del perfil, el transporte de arena a lo largo de la playa es el causante de las modificaciones de la línea de playa a largo plazo. La corriente a lo largo de la playa, responsable de este transporte, es inducida por la aproximación oblicua de las olas que llegan a la costa o por la diferencia de altura de la ola a lo largo de la playa (Komer e Inman, 1970). Cuando esta corriente se ve interferida por una barra litoral, ya sea natural (v.g.:salientes rocosas) o artificial (v.g.:espigones) se produce una acumulación de material corriente arriba de la barrera y una erosión corriente abajo de la misma (Johnson, 1957), dando lugar a la modificación, generalmente permanente, de la línea de playa. En la fig. 1 se muestra un esquema en el que se define la terminología empleada en este trabajo.

LIZARRAGA ARCINIEGA

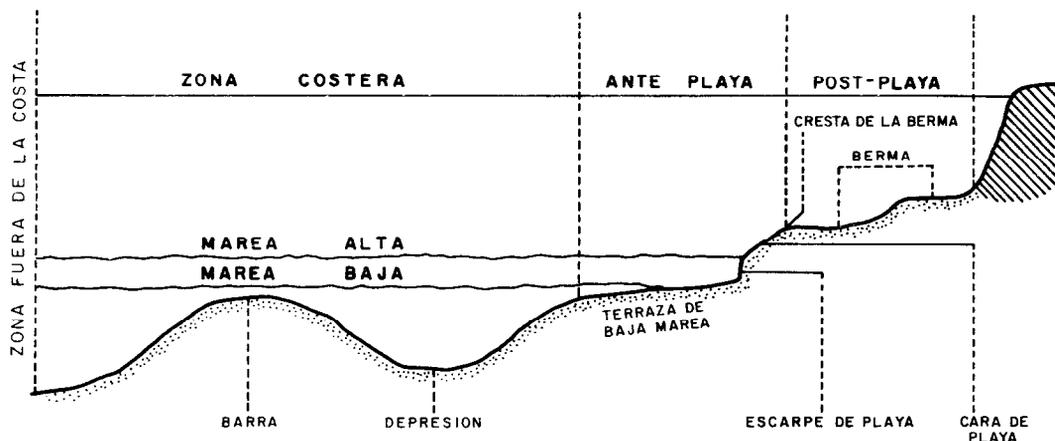


Fig 1.- Perfil de playa y en terminología.

DESCRIPCION DEL AREA

La Bahía de Todos Santos se localiza en el extremo NW de la Península de Baja California entre los $31^{\circ} 43'$ y $31^{\circ} 54'$ y los $116^{\circ} 36'$ y $116^{\circ} 49'$ W, alojando en su interior al puerto de Ensenada, B.C. (fig. 2). La bahía tuvo su origen al ocurrir el desplazamiento tectónico conocido como Falla de Agua Blanca (I. I.O., 1967).

La playa que existe en su interior, tiene una longitud de 16 km. aproximadamente y en ella desemboca el arroyo Ensenada en su extremo N y el estero de Punta Banda en su parte media S. Toda esta extensión presenta un campo de dunas bien definido en la parte posterior de la post-playa, como producto del transporte eólico hacia tierra del material formador de playa.

Las terrazas sedimentarias marinas que se observan tanto en Punta San Miguel al N como en lado N de Punta Banda al S y el arroyo, son importantes aportes de material sedimentario al sistema litoral aunque su cuantificación detallada no se ha determinado (O'Brien y Zeevaert, 1968).

El área de estudio para este trabajo incluye desde la desembocadura del arroyo Ensenada hasta la boca del estero de Punta Banda con una longitud de 9 km aproximadamente (fig. 2). Se puede considerar que esta zona se presentan dos tipos de playa en cuanto a su grado de protección contra el oleaje: 1) protegidos, que comprende la zona desde el arroyo hasta aproximadamente 2 km al S de este punto y 2) semi-protegidos, que comprende la longitud de playa restante. La primera zona tiene la protección natural de la bahía además de tres estructuras: el rompeolas de Ensenada y dos espigones localizados en la parte N de la playa. La segunda zona cuenta únicamente con la protección natural de la bahía (fig. 2).

LIZARRAGA ARCINIEGA

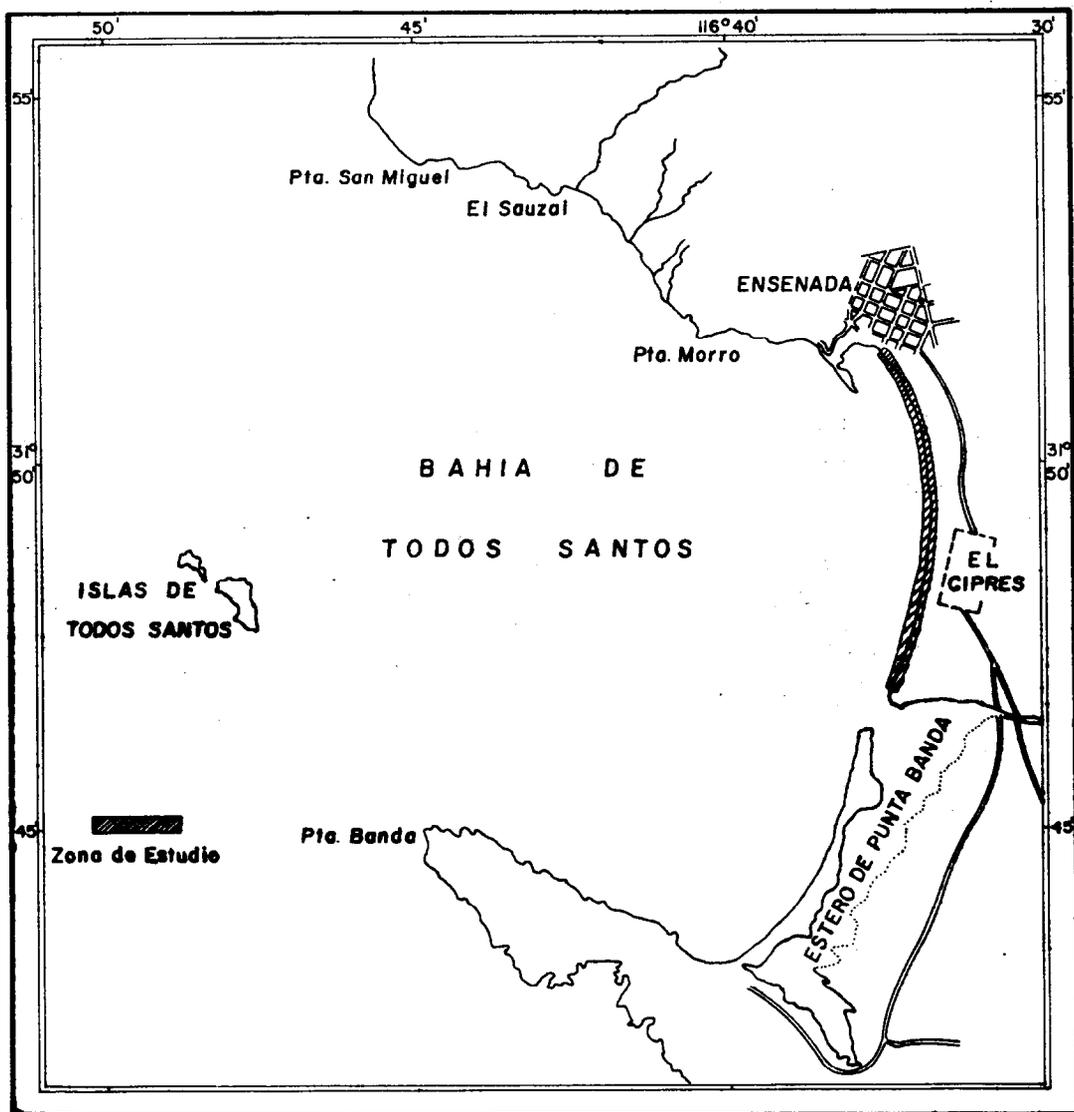


FIG 2.- Localización del área de estudio.

El tipo de playa que presenta mayor interés es el primero, ya que es en el que se observan los cambios mas notorios y además, por su localización con respecto a la dársena del puerto.

El clima del oleaje y viento al que está expuesta la bahía, presenta variaciones estacionales y se caracterizan durante las estaciones de verano-otoño con vientos de poca intensidad provenientes de la misma dirección, mientras que en las estaciones de primavera-iniervno, las olas son altas, aproximándose del cuadrante W-SW con vientos de mayor intensidad del NW y W con predominancia de este último (Secretaría de Marina, 1974; Wright, et al., 1970). Desafortunadamente, la información referente a estos factores, es poca y dispersa por lo que no se presta para hacer una descripción detallada de su comportamiento.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

La medición de los perfiles se efectuó en las mareas más bajas del mes en la mayoría de los casos, utilizando la nivelación topográfica simple con una precisión de ± 5 cm.

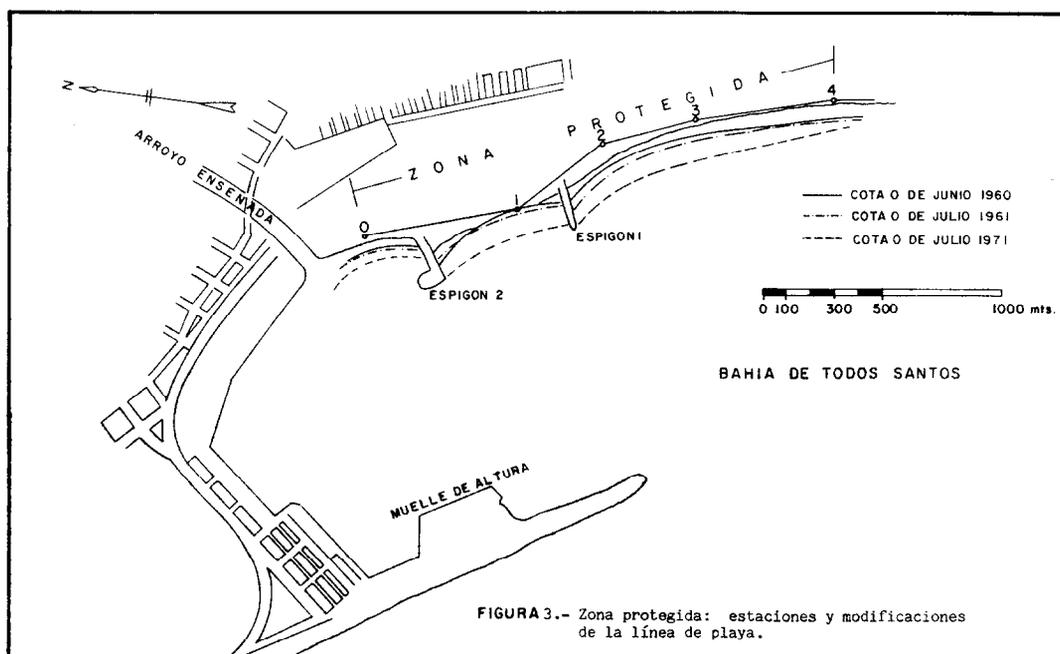
RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como se mencionó anteriormente, la zona estudiada consta de playa protegida y playa semi-protegida, por lo que el análisis de las variaciones estacionales del perfil y los cambios de la configuración de la línea de playa se efectuaron para cada zona en particular.

1) Zona Protegida

Esta zona se muestra en la fig. no. 3. Cuatro de las cinco secuencias medidas del perfil se tratarán individualmente, ya que aquí es donde se presentan las excepciones al ciclo de playa y los cambios mas notorios en la configuración de la línea de playa.

En el perfil de la estación 0 (fig. 4), se observó muy poca variación a lo largo del tiempo de medición, a causa de que la porción de playa al N del espigón 2 (fig. 3), se ve afectada principalmente por las mareas y por el aporte de material por el arroyo Enseñada más que por la acción del oleaje. La forma del espigón protege completamente a la playa del oleaje y a la vez actúa como trampa, tanto del material proporcionado por el arroyo como del sedimento acarreado a lo largo de la playa.



VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

ESTACION 0
(ELEV. 2.695)

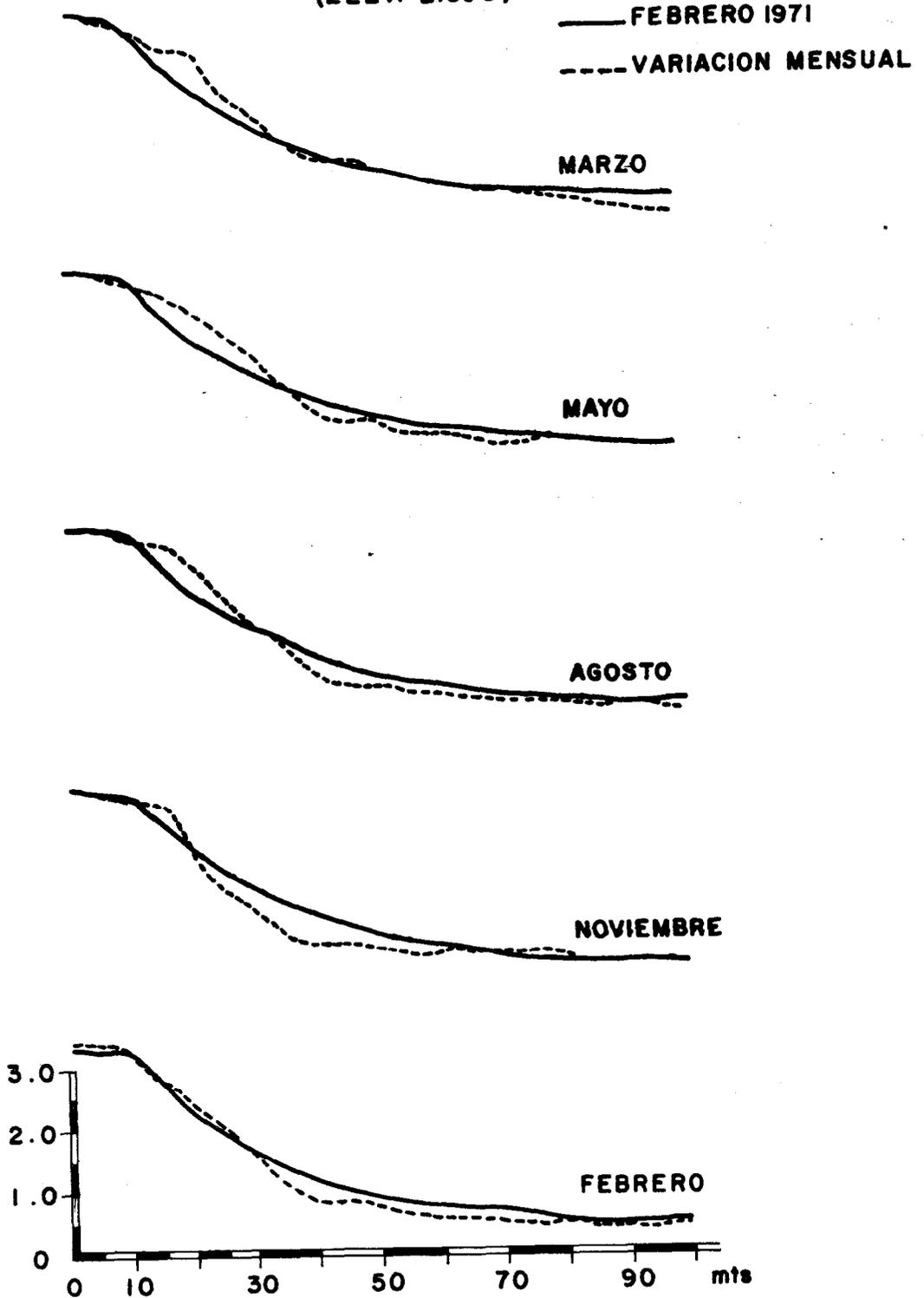


FIGURA 4.- Comparación de los perfiles de la estación 0.

LIZARRAGA ARCINIEGA

Lo anterior se evidencia porque se observa una marcada diferencia en la pendiente y en el sedimento entre la cara de la playa y la terraza de bajas mareas, siendo el primero muy inclinado de arena media y gruesa, y la segunda, de pendiente muy suave, casi horizontal, de arena muy fina mezclada con limo.

En contraste con la estación 0, el perfil a la estación 1 (fíg.5), muestran un continuo proceso de acreción alcanzando esta su máximo, en relación con el perfil de comparación, a finales de otoño (octubre-noviembre) mostrando además, muy poca tendencia a volver a adquirir la forma del perfil característico de invierno-primavera con el que se inició el estudio. En esta sección de playa, la exposición al ataque de las olas es mayor que en la región anterior, pero menor que en la región S.

El factor que tiene un papel primordial en este proceso de acreción continua, es el transporte de arena a lo largo de la playa cuya dirección es hacia el N (O'Brien y Zeevaert, 1968) y como lo evidencia la orientación de las barras de arena que cierran el estero de Punta Banda y el estero de Ensenada (fíg. 6), actualmente este último, terreno ganado al mar. Posteriormente cuando se discutan los cambios en la configuración de las líneas de playas, se discutirá más ampliamente este fenómeno. Por el momento, debe quedar claro que en esta porción de playa no se observa, en definitiva, el ciclo de playa característico de otras zonas.

En la estación 2, las variaciones del perfil son las necesarias para adquirir el ciclo de playa (fíg. 7). Como se puede observar en la figura, el perfil en la estación de primavera (marzo-mayo) presenta la forma característica de no tener una berma bien definida y la barra más cercana a la playa con su depresión se encuentran presentes. En los meses de Junio y Julio (verano) se puede notar claramente que la arena de la zona fuera de la costa se está transportando hacia la playa, ocasionando así, la formación de la berma y la desaparición de la barra que se menciona antes. Este perfil alcanza su máximo desarrollo a fines de otoño (Octubre-Noviembre).

A pesar de no existir datos para los meses iniciales de invierno, en los cuales el oleaje es alto (Wright, et al., 1970) se puede observar que el perfil de Febrero de 1972 tiene la misma forma que el perfil de comparación (Febrero de 1971), por lo que se puede inferir, que la arena transportada hacia la playa en verano-otoño, se ha vuelto a transportar hacia la zona fuera de la costa durante ese período.

El perfil de la estación 3 muestra de una manera bien definida estar sujeto al ciclo de playa (fíg. 8). Sin embargo, la existencia de una berma amplia, característica de las estaciones de verano-otoño, no se observa. Esto se puede deber en parte a que el ataque de las olas llega directamente a la berma de las dunas, e inclusive a su parte media, causando una fuerte pendiente de la post-playa y suavizando la pendiente de la anteplaya. En consecuencia, la forma del perfil en invierno-primavera es muy

LIZARRAGA ARCINIEGA

ESTACION 1
(ELEV. 2.465)

— FEBRERO 1971
- - - VARIACION MENSUAL

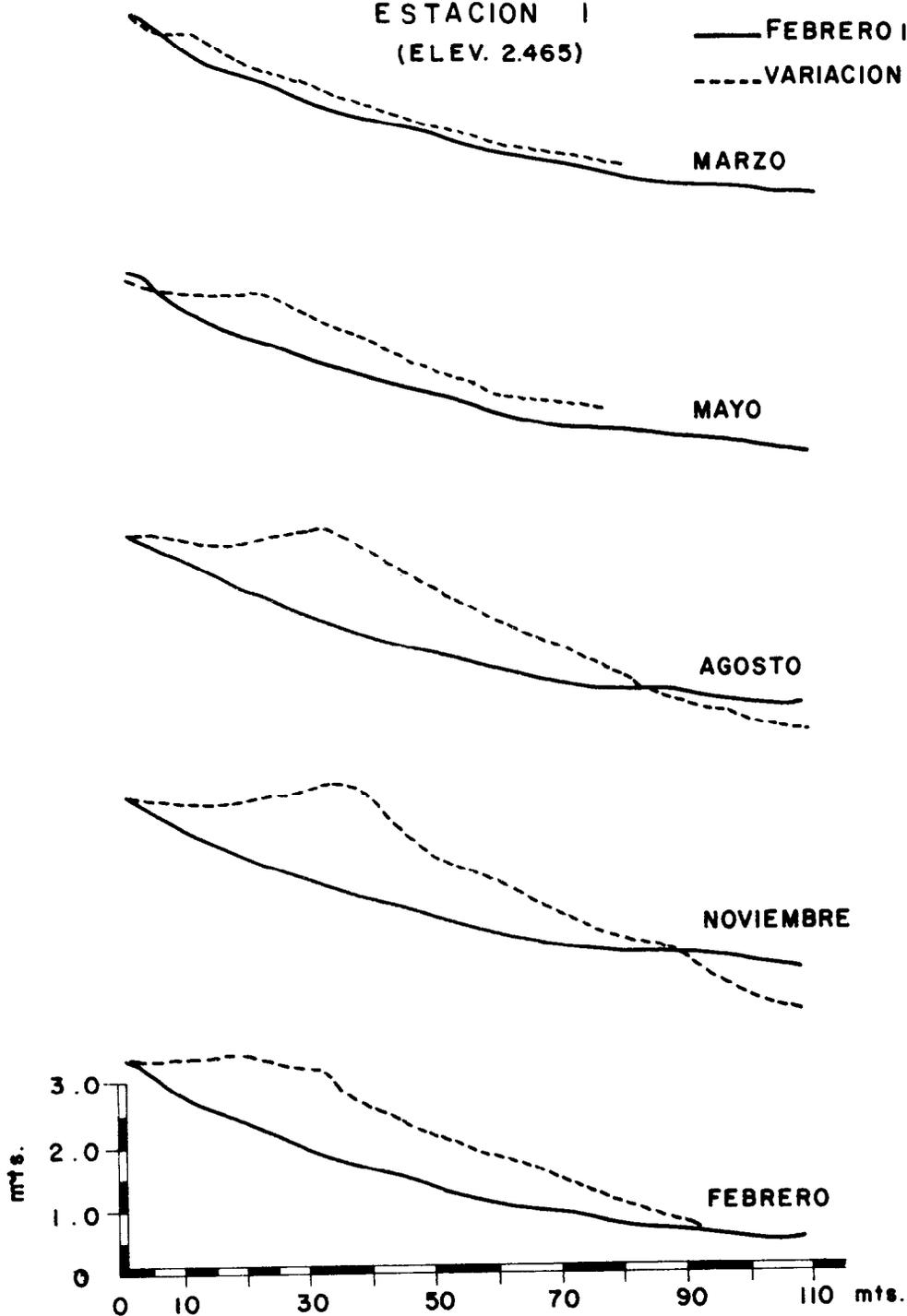
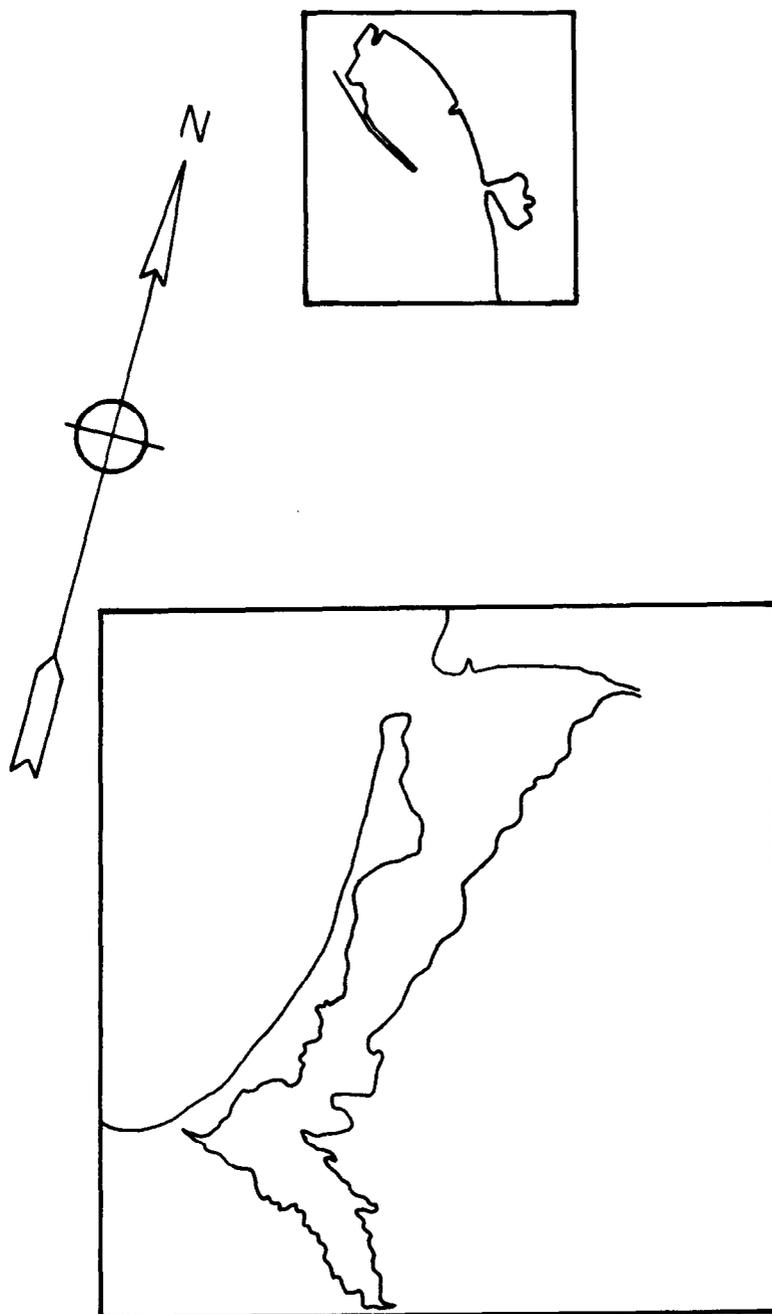


FIGURA 5.- Patrón de continuo crecimiento de la playa en la estación 1.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA



6.- Orientación de las barras de arena que cierran los esteros de la Bahía de Todos Santos.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

ESTACION 2
(ELEV. 3.935)

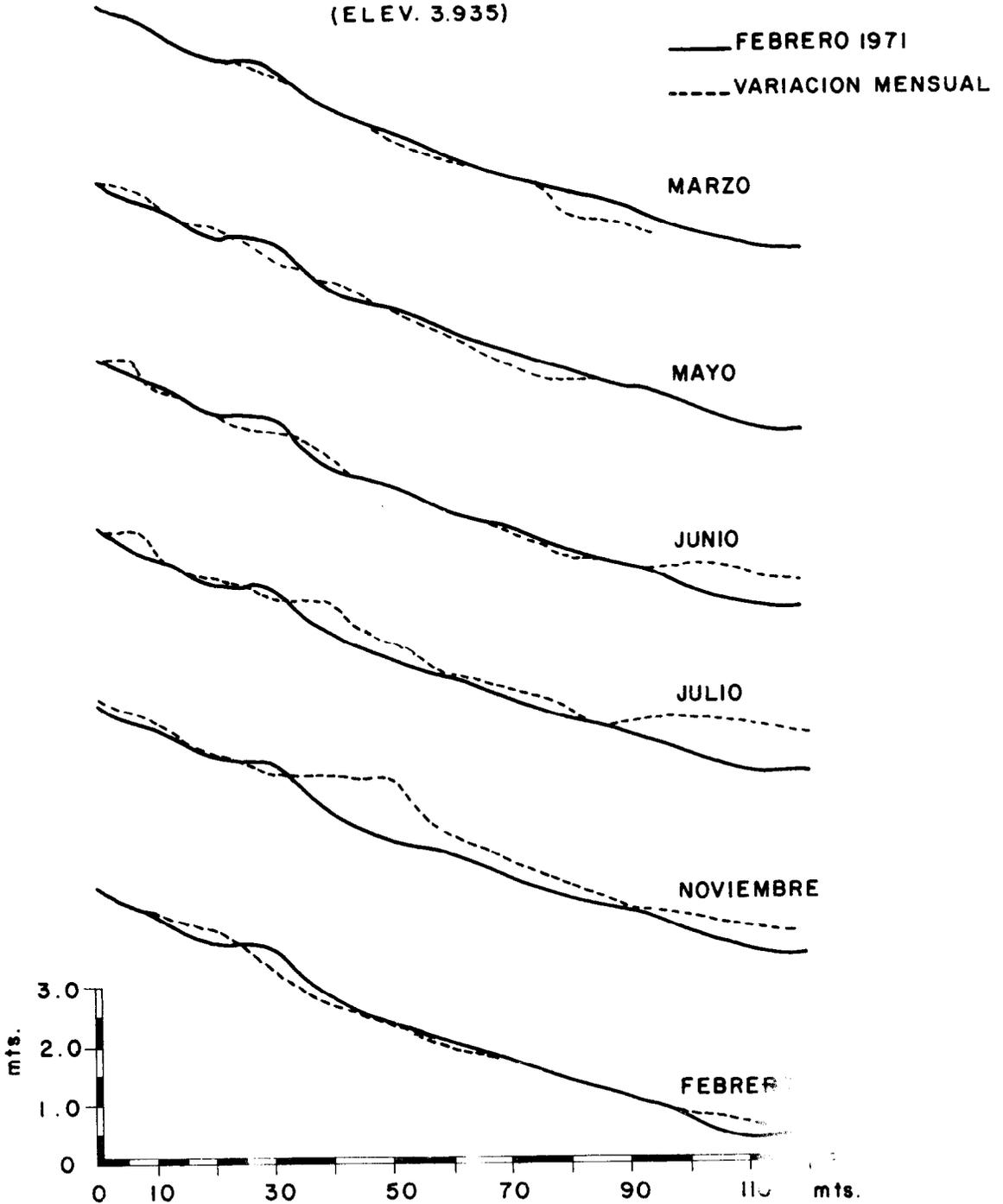


FIGURA 7.- Comparación de los perfiles en la estación 2.

LIZARRAGA ARCINIEGA

ESTACION 3
(ELEV. 4.315)

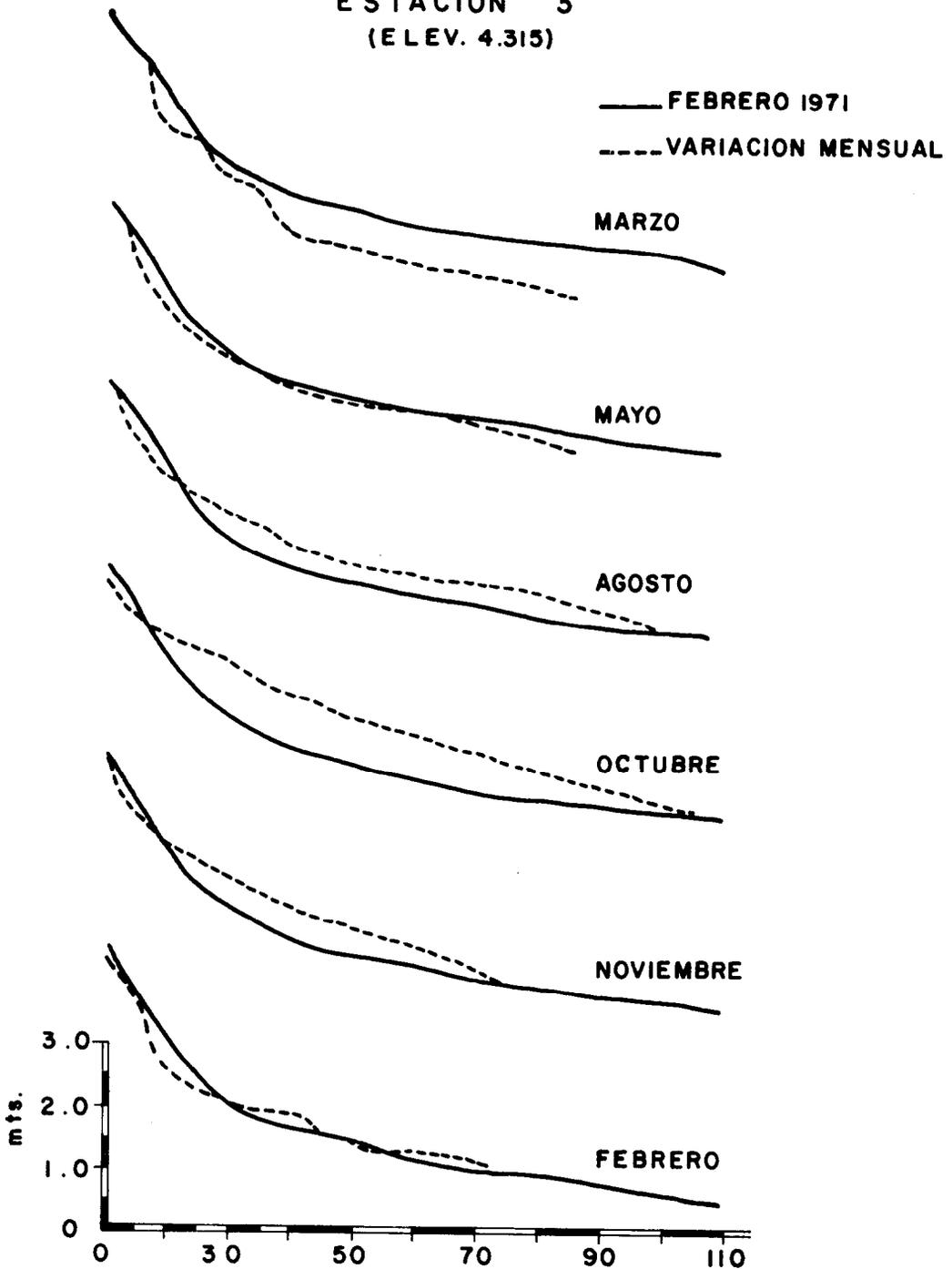


FIGURA .-

8.- Patron característico de erosión-depositación en la estación 3.

LIZARRAGA ARCINIEGA

cóncavo hacia arriba (fíg. 8), por ello, en condiciones de oleaje pequeño se tiende a rellenar dicha concavidad y formar un perfil de pendiente más suave en su longitud total. Esto se puede observar muy claramente en los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre.

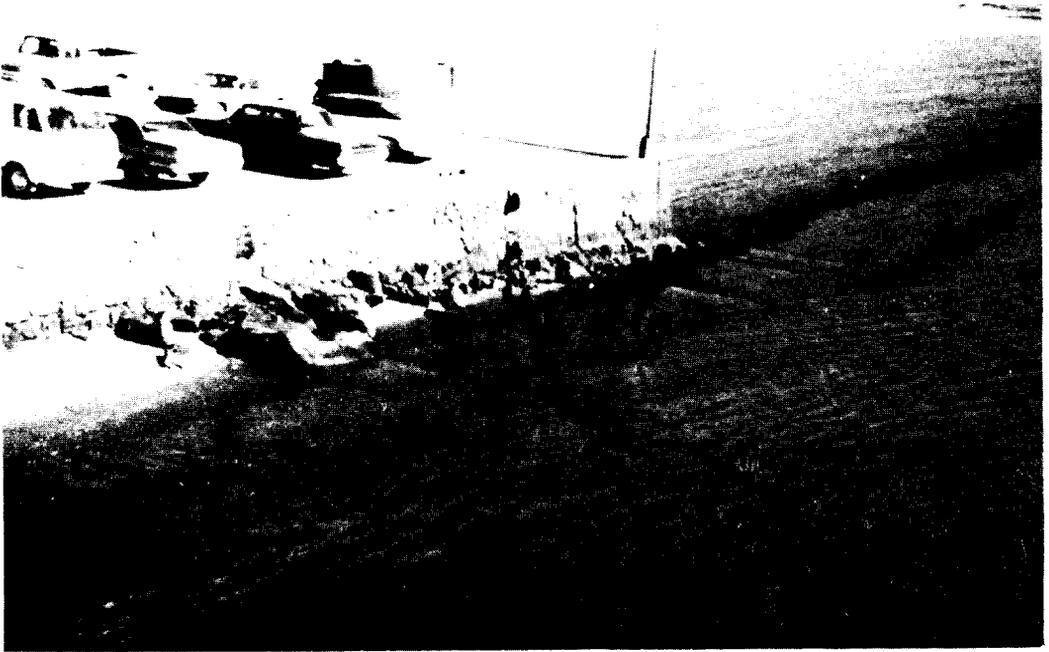
En el caso del perfil de la estación 4, se observa la secuencia característica del ciclo de playa con pocas y pequeñas variantes que pueden ser el resultado de efectos locales de oleaje como se discutirá más adelante.

Las modificaciones de la línea de playa en la zona protegida, adquirieron mayor importancia una vez construidas las obras de protección al puerto en 1957. En base a los datos de 1960 y 1961 proporcionados por la Secretaría de Marina (no publicados) y las medidas en 1971, se observa claramente que la línea de playa inmediatamente al S del espigón 1 (fíg. 3), avanzó rápidamente hacia el mar llegando a un límite después de 1961. Eso se debe a que el espigón 1 es el primer obstáculo para la corriente litoral que transporta la arena a lo largo de playa en dirección N, acumulándose al lado S del espigón y produciendo una leve pero observable erosión de la playa en el lado N del mismo. El acumulamiento de arena se extiende hacia el S dando lugar a una playa ligeramente cóncava hacia el mar.

El espigón 1 cumplió con su cometido de detener el transporte de sedimento a lo largo de la playa algunos años después de 1961, demostrándolo así la posición de la cota 0 en 1971 respecto al lado S del espigón 1 y el rápido avance de la línea de playa entre los dos espigones de 1961 a 1971, en contraste con las pequeñas variaciones de la misma en el período de 1960 a 1961 en el mismo lugar (fíg. 3). Esto indica que una vez que el espigón 1 no retuvo más arena, esta se pasa a la zona entre los dos espigones ocasionando el crecimiento de la playa en esta porción. Este efecto se puede evidenciar con el hecho de que el ciclo de playa se presenta con todas sus características en la estación 2, mientras que en la estación 1 solamente se observa un continuo crecimiento de la playa durante el tiempo de medición.

La ininterrumpida depositación de arena entre los dos espigones da lugar a que el espigón 2 funcione como el segundo obstáculo para el transporte litoral, llenándose dicho espacio casi en su totalidad alrededor de 1971-1972, evidenciándolo así la posición de la cota 0 para estos años (fíg. 3). Además se observa la formación de una pequeña playa frente al pie del espigón 2 (fot. 1), lo cual sugiere que la arena está rodeando el extremo del espigón y pasando al lado N del mismo. Aunque la playa al N del espigón 2 no presenta grandes variaciones durante 1960-1971 en comparación con el lado S, según los datos de Secretaría de Marina y los obtenidos en este trabajo (fíg. 3), es factible suponer que en la actualidad, la línea de playa ha avanzado considerablemente hacia el mar debido

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA



1.- Formación de playa frente al espigón No. 2. Tomada en Noviembre de 1976.

al paso de arena que se describe anteriormente y que la línea de playa entre los dos espigones ha alcanzado cierta estabilidad como para presentar el ciclo de playa. Es necesario obtener información para comprobar estas dos suposiciones e intentar cuantificar el transporte litoral de arena.

2) Zona semi-protégida

Esta zona comprende los 7 km de playa restante considerada en este trabajo (fíg. 9). El ciclo de playa se observa en todos los perfiles obtenidos en mayor o menor grado, dependiendo de los siguientes factores: pendiente de playa, oleaje y corrientes de marea (fígs. 10, 11, 12, 13). Los dos primeros son más notorios en la playa entre las estaciones 4 y 9 (fíg. 10 y 11) donde el oleaje difractado por el rompeolas y refractado por el fondo llega con su máxima energía (Argote, 1969). El último es más importante entre las estaciones 16 y 17 (fíg. 13), en cuya cercanía se encuentra localizada la boca del estero de Punta Banda y por lo tanto existe una interacción más complicada entre estos factores. En general, los perfiles muestran acreción durante verano-otoño y erosión en invierno-primavera hasta asemejarse al perfil de comparación de Febrero de 1971.

El análisis de los cambios de la línea de playa no se puede hacer tan detallado como en el caso de la zona protegida, ya que el volumen de datos es deficiente para tal fin. Sin embargo, se puede observar que la línea de playa muestra una ligera erosión entre las estaciones 6 y 10 en el período de 1961 a 1971 (fíg. 9). Es posible, aunque no hay evidencias dispo-

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

nibles, que el material erosionado en esta porción haya contribuido al crecimiento de la playa en el extremo N. Desafortunadamente no se ha obtenido la información necesaria para definir la dirección del transporte litoral en esta extensión de playa, por lo que serían solamente especulaciones a que se pudiera llegar al respecto.

CONCLUSIONES

A lo largo de la playa estudiada, a excepción de la parte más interior de la zona protegida, se observó el cambio cíclico que corresponde a un retroceso o erosión de la playa en invierno-primavera y un avance o acreción de la misma en verano-otoño. El agente responsable de estas modificaciones es el oleaje cuyas características en verano-otoño e invierno-primavera ocasionan el transporte de arena hacia la playa y hacia la zona fuera de la costa respectivamente (Shepard, 1950). La poca tendencia a presentar el ciclo de playa en la parte más interior de la zona protegida se debe a que los espigones y rompeolas proporcionan su máxima protección contra la acción del oleaje a dicha zona.

Los cambios en la configuración de la línea de playa son muy notorias en la zona protegida debido a los obstáculos que representan los espigones para la corriente litoral. Estos cambios se manifiestan por el continuo avance de la línea de playa y en sentido progresivo de S a N inmediatamente después de construidas dichas obras (fig. 3). Esto evidencia un transporte litoral neto hacia el N en esta porción. Sin embargo, la dirección de dicho transporte al S de esta zona no se ha determinado cualitativa o cuantitativamente.

El paso de sedimentos alrededor del extremo W de los espigones, evidenciando por los datos obtenidos, indica que los espigones han cumplido con su objetivo de retener el transporte litoral de arena. El lugar donde se depositan, una vez rebasados los dos espigones, será objeto de otro estudio.

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi agradecimiento al Instituto de Investigaciones Oceanológicas por proporcionar el financiamiento de este estudio. De la misma manera doy gracias al Ing. René Deveze Torres por su colaboración en la obtención de los datos base. También agradezco la valiosa cooperación de los Pasantes de Oceanólogo Roberto Pérez Higuera, Alfredo Chee Barragán y Sr. Mitro Uyeji M., por sus acertadas sugerencias, trabajo de campo y discusiones del presente trabajo. También agradezco al Dr. Saúl

LIZARRAGA ARCINIEGA

Alvarez B., M. en C. Homero Cabrera M. y M. en C. Salvador Farreras, la revisión y discusión del presente escrito.

Este trabajo se deriva del estudio presentado a la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California como trabajo de tesis para obtener el título de Oceanólogo del autor.

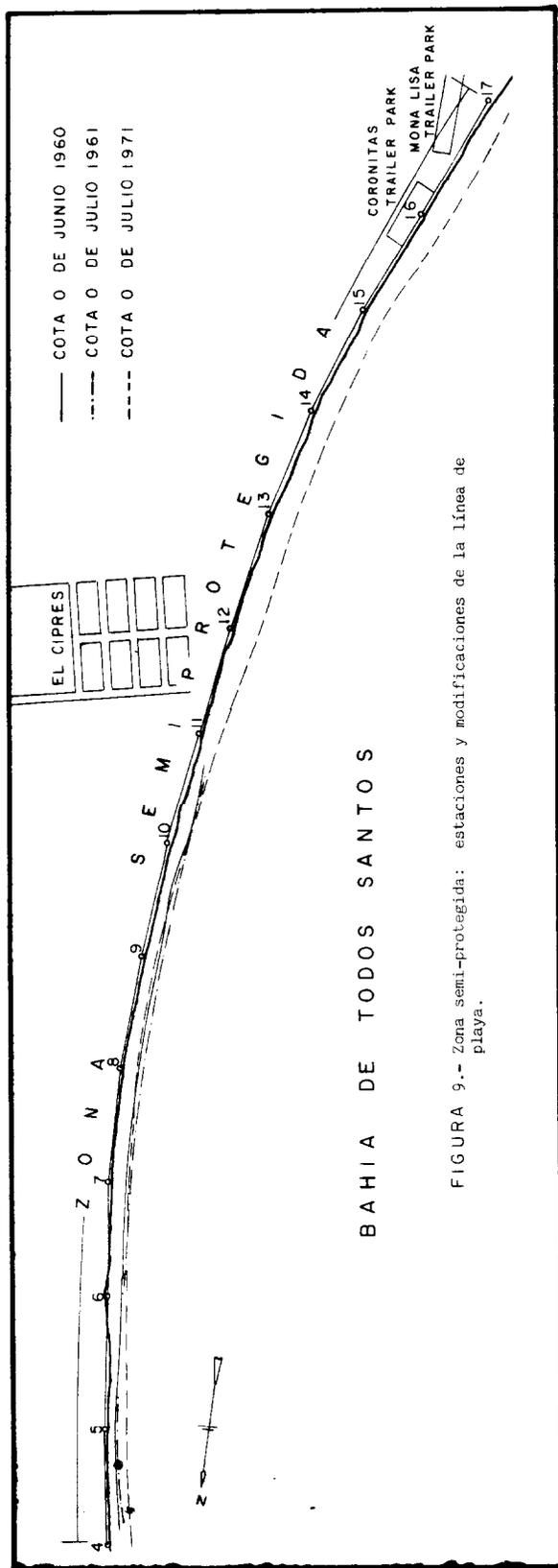


FIGURA 9.- Zona semi-protegida: estaciones y modificaciones de la línea de playa.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

ESTACION 7
(ELEV. 5.536)

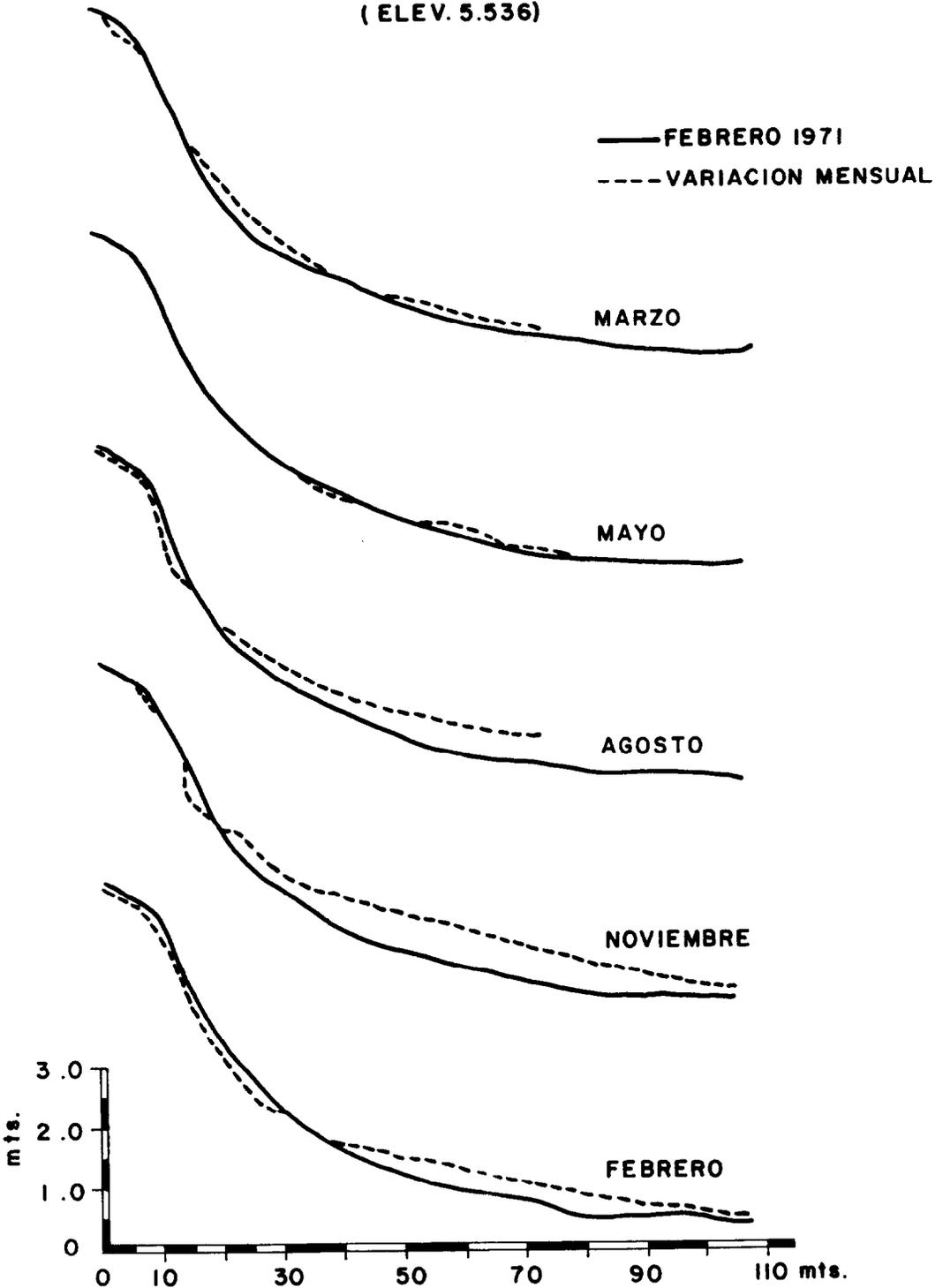


FIGURA 10.- Comparación de los perfiles de la estación 7.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

ESTACION 8

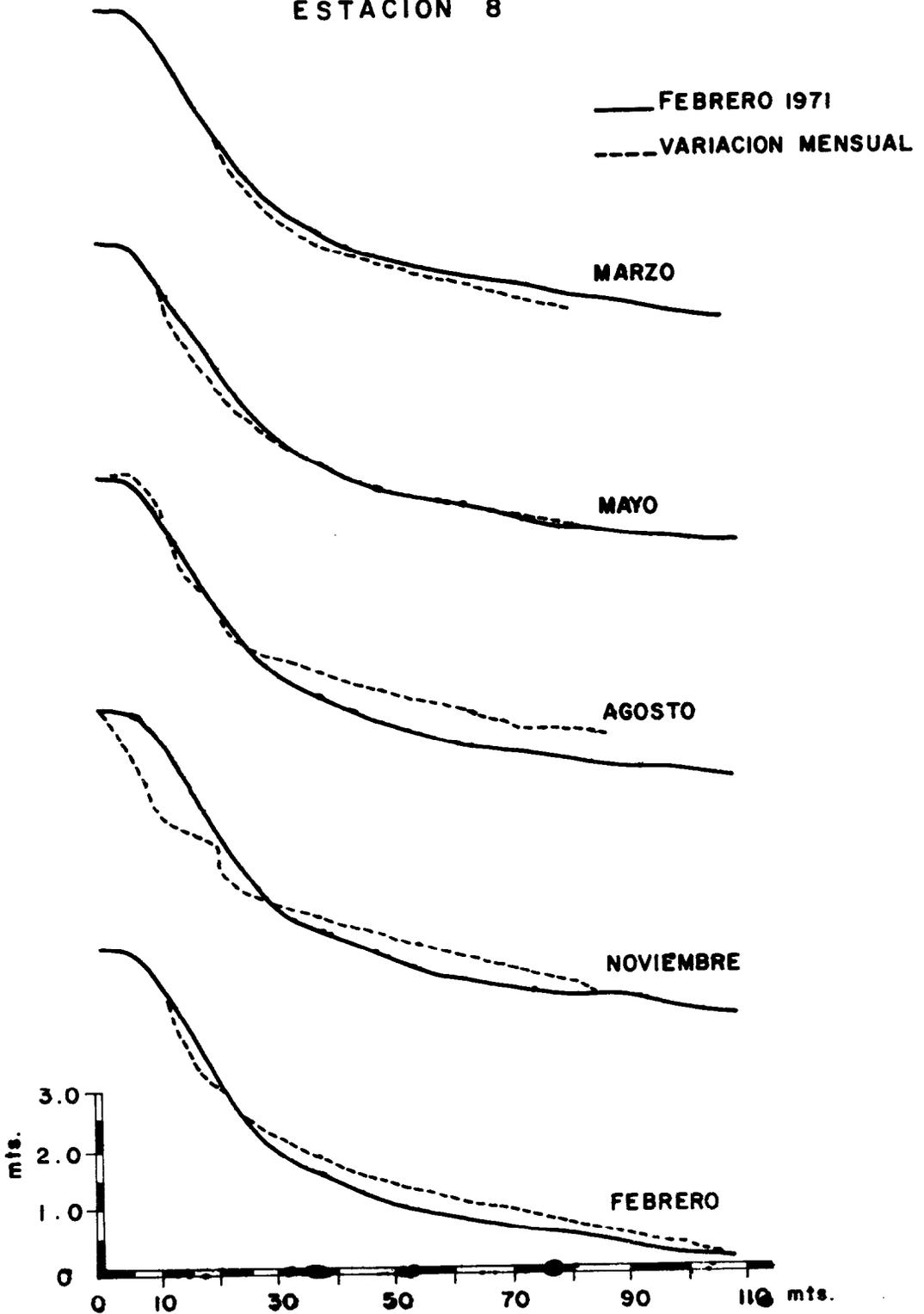


FIGURA 11.- Comparación de los perfiles de la estación 8.

LIZARRAGA ARCINIEGA

ESTACION 13
(ELEV. 3.396)

— FEBRERO 1971
- - - VARIACION MENSUAL

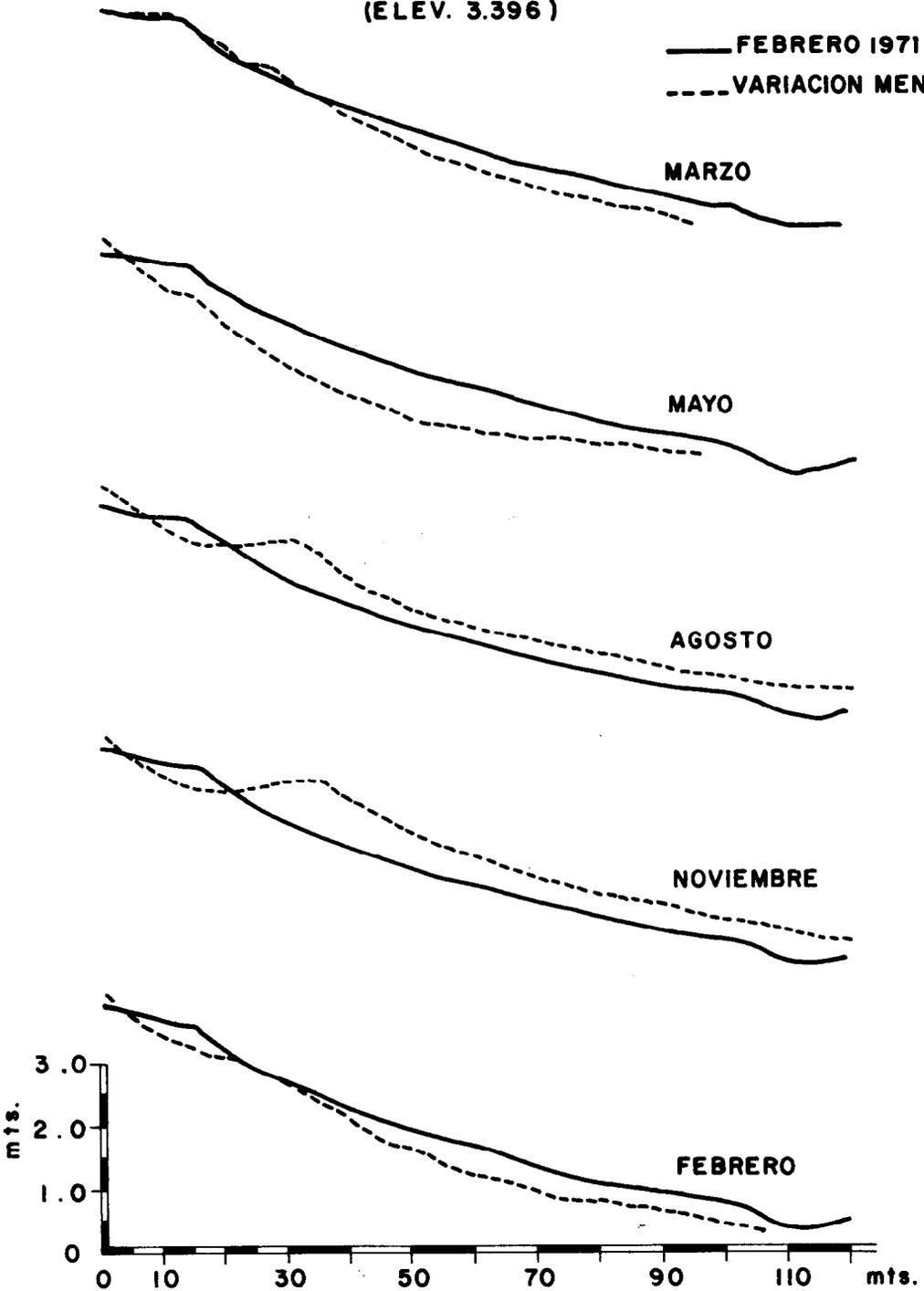


FIGURA 12.- Comparación de los perfiles de la estación 13.

LIZARRAGA ARCINIEGA
ESTACION 17
(ELEV. 4.681)

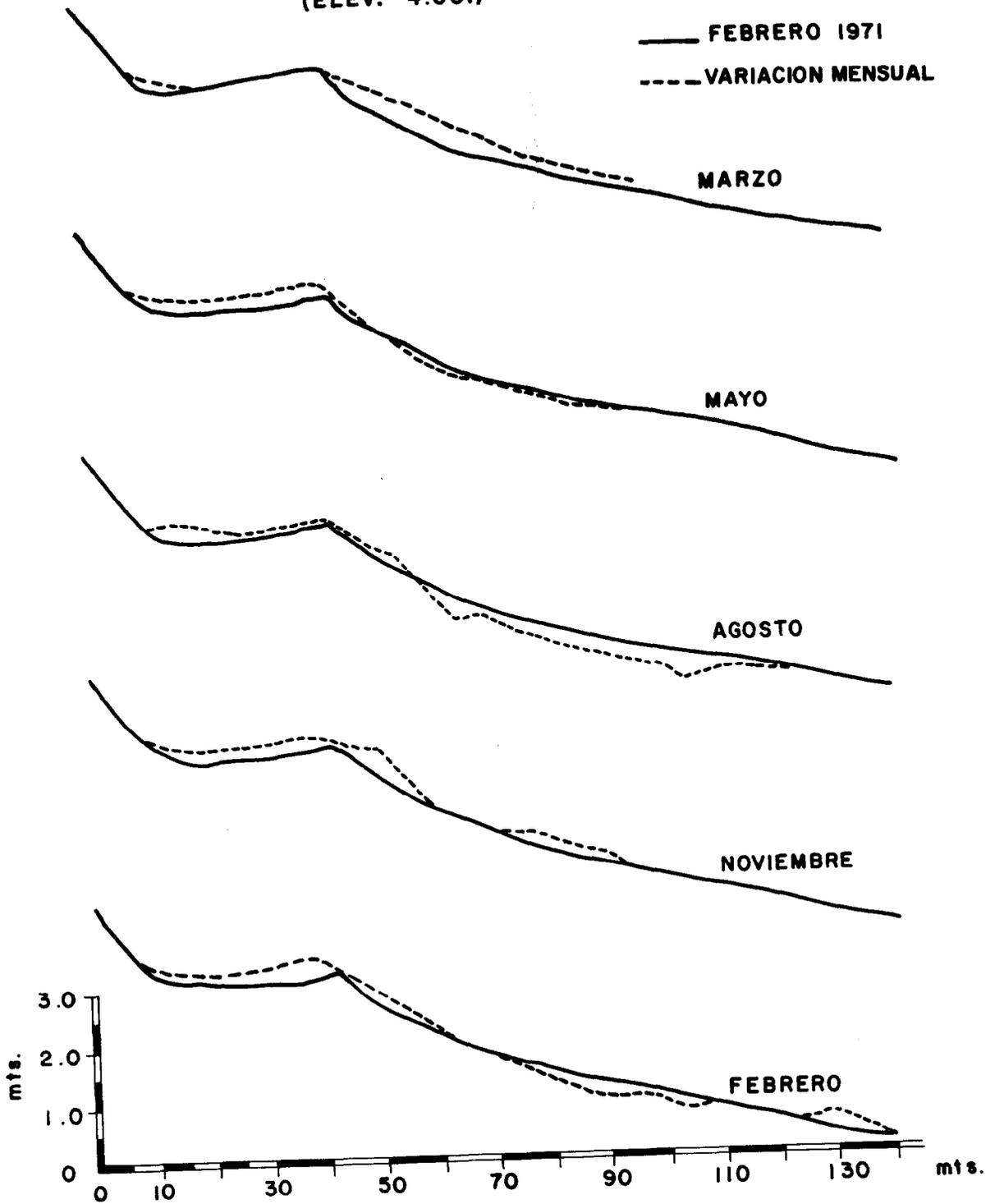


FIGURA 13.- Comparación de los perfiles de la estación 17.

VARIACIONES ESTACIONALES DE LA PLAYA

BIBLIOGRAFIA

- Argote Espinoza, Ma. Luisa, 1969. Influencia de las Islas de Todos Santos en el Oleaje procedente del W, SW y NW. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C. No publicado.
- Inman, D.L., 1953. Beach and Nearshore Processes along the Southern California Coast. Scripps Institution of Oceanography. Reference 53-35, 9 pp.
- Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.), 1967. Estudio Oceanológico de una Región Eulitoral en la Bahía de Todos Santos, B.C., U.A.B.C. Sin publicar.
- Johnson, J.W., 1957. The Littoral Drift Problem at Shoreline Harbors. Journal of the Waterways and Harbor Division, Proceedings of the Am Soc. of Civil Engineers, v 83, p. 1211-1-1211-37.
- Komar, P.D. y D.L. Inman, 1970. Longshore Sand Transport on Beaches. Journal of Geophysical Research. v. 75, p. 5914-5927.
- O'Brien, M.P. y L. Zeevaert, 1968. Design of a Small Tidal Inlet. Proceedings of the 11th Conference on Coastal Engineering, p. 1242.
- Secretaria de Marina, 1974. Estudio geográfico de la Región de Ensenada, B.C. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo, México, D.F., 465 pp.
- Shepard, F.P., 1950. Beach Cycles in Southern California. Beach Erosion Board Technical Memorandum No. 20, 26 pp.
- Shepard, F.P. y D.L. Inman, 1950. Nearshore Water Circulation related to Bottom Topography and Wave Refraction. American Geophysical Union Transactions, v. 31, p. 196-212.
- Wright, L.D., H. H. Roberts, J.M. Coleman, R.L. Kupfer y L. W. Bowden, 1970. Process Form Variability of Multiclass Coasts: Baja California. Coastal Studies Institute, Louisiana State University, Technical, Report No. 137, 53 pp.