

MORFOMETRIA DE LA CURVATURA DE LAS PLAYAS ENTRE PUNTA DE TALCA Y PUNTA TORO (CHILE CENTRAL)

por JOSÉ F. ARAYA

ANTECEDENTES Y METODOS

Desde el cuarto decenio de este siglo la investigación litoral tuvo dos contribuciones importantes expresadas en los trabajos de W. V. Lewis y A. Schou, quienes se preocuparon de estudiar la influencia del viento y del oleaje en la forma de la costa. De estos trabajos se derivaron las leyes fundamentales basadas esencialmente en que *las playas tienden a orientarse en forma perpendicular a la dirección del oleaje dominante*. Los trabajos de otros investigadores posteriores a 1950 —y hasta ahora— permiten poseer antecedentes de la relación entre la forma de la playa, las acciones hidrodinámicas del mar y los factores continentales (primarios). De esta manera, Schiff (Tanner, 1958) propuso el concepto de *playa en equilibrio*, cuya orientación y *ángulo de convergencia* con la línea de costa puede deducirse del "fetch" y de la resultante de la ola. De acuerdo con W. F. Tanner (1958) la playa en equilibrio "tiene curvatura y prismas de arena característicos ajustados uno con otro tan delicadamente, que el movimiento potencial litoral provee precisamente la energía necesaria para transportar los detritos proporcionados en el extremo que está deriva arriba. El elemento tiempo en este balance es de largo término más que instantáneo". Tanner propone que, de no ser así, la playa no está en equilibrio.

Aunque este concepto de playa en equilibrio no parece claro, hay una evidente relación entre el viento, el oleaje y la orientación que tiende a tomar la playa, cuando lo permiten los factores extraoceanográficos. Como los otros factores tienen elementos mensurables, es posible hacer una correlación entre ellos y la forma planimétrica de la playa. Esta última es susceptible de ser medida, pudiéndose emitir una *interpretación genética* de los datos que se obtengan.

Es entonces posible llevar a cabo una morfometría planimétrica de los estrán arenosos, como lo indica el ejemplo que se dará a conocer en seguida.

La investigación ha sido hecha en la costa de Chile Central en un sector que abarca casi todo el litoral de la provincia de Santiago (entre 33°25' y 33°47'S.) y que puede ubicarse entre Punta de Talca y Punta Toro, ya que hay una bahía amplia entre estos dos accidentes, más o menos al centro de la cual desemboca el Río Maipo.

Dada la forma de la bahía (ver Fig. 1), ésta presenta diferente exposición a los vientos y al oleaje dominante, que son del SW. La desembocadura del Maipo separa dos sectores de exposición bien definidos: uno al norte del río y otro al sur de éste. El sector norte tiende a presentarse perpendicular a la dirección del oleaje y del viento (componente media del "fetch"), en tanto que el sector sur se inclina al paralelismo con éstos. Ello hace que el factor *exposición* cree diferencias en el comportamiento de los estrán con respecto al oleaje.

El problema consiste entonces en saber cómo la curvatura de la playa expresa el balance entre los factores oceanográficos y continentales en la génesis de la forma planimétrica, aspecto importante en la evolución de las costas arenosas. ¿Establece efectivamente la acción del mar una constante de curvatura? ¿Se mantiene esta constante —en caso de existir— en los pormenores de las playas? ¿Qué interpretación se puede dar a las variables que se alejen de ciertos patrones generales? ¿Cómo separar los factores oceanográficos de los continentales?

Para realizar la morfometría planimétrica de las playas se ideó la siguiente metodología:

Sobre aerofotos de escala aproximada 1:70.000 se usó un indicador de radios de circunferencia con la precisión de 0,5 mm., pudiéndose medir radios hasta de 20 o más cm. En seguida, todo establecimiento de curva para determinar un radio fue ratificado con compás con el fin de evitar en lo posible los errores de apreciación e individuales. Este procedimiento permitió medir el *radio de curvatura de la playa*, pudiéndose inmediatamente establecer su *ángulo subtendido*. La extensión de cada playa no fue medida directamente, debido a los inevitables errores que pueden ser cometidos con el uso de los métodos tradicionales. Indirectamente, se tuvo en cuenta la relación que puede hacerse entre el ángulo subtendido y el radio de curvatura. El autor pudo así pensar en la siguiente relación:

$$E = \frac{\alpha (2 \pi R)}{360}, \text{ donde } E \text{ es la extensión de la playa y } \alpha \text{ el ángulo subtendido.}$$

Fue necesario, en seguida, idear una expresión que en forma directa pudiera dar cuenta del grado de curvatura de la playa, y se descubrió que esta característica se puede indicar claramente considerando que —desde el punto de vista teórico— una playa no debe subtender un arco de más de 180°. Luego, fue posible fijar los límites para hacer comprensible un *índice de curvatura*. Para ello se partió de la asunción teórica de que, cuando una playa subtiende un arco del mismo largo que su radio, debe tener un índice 1. De esta manera, se

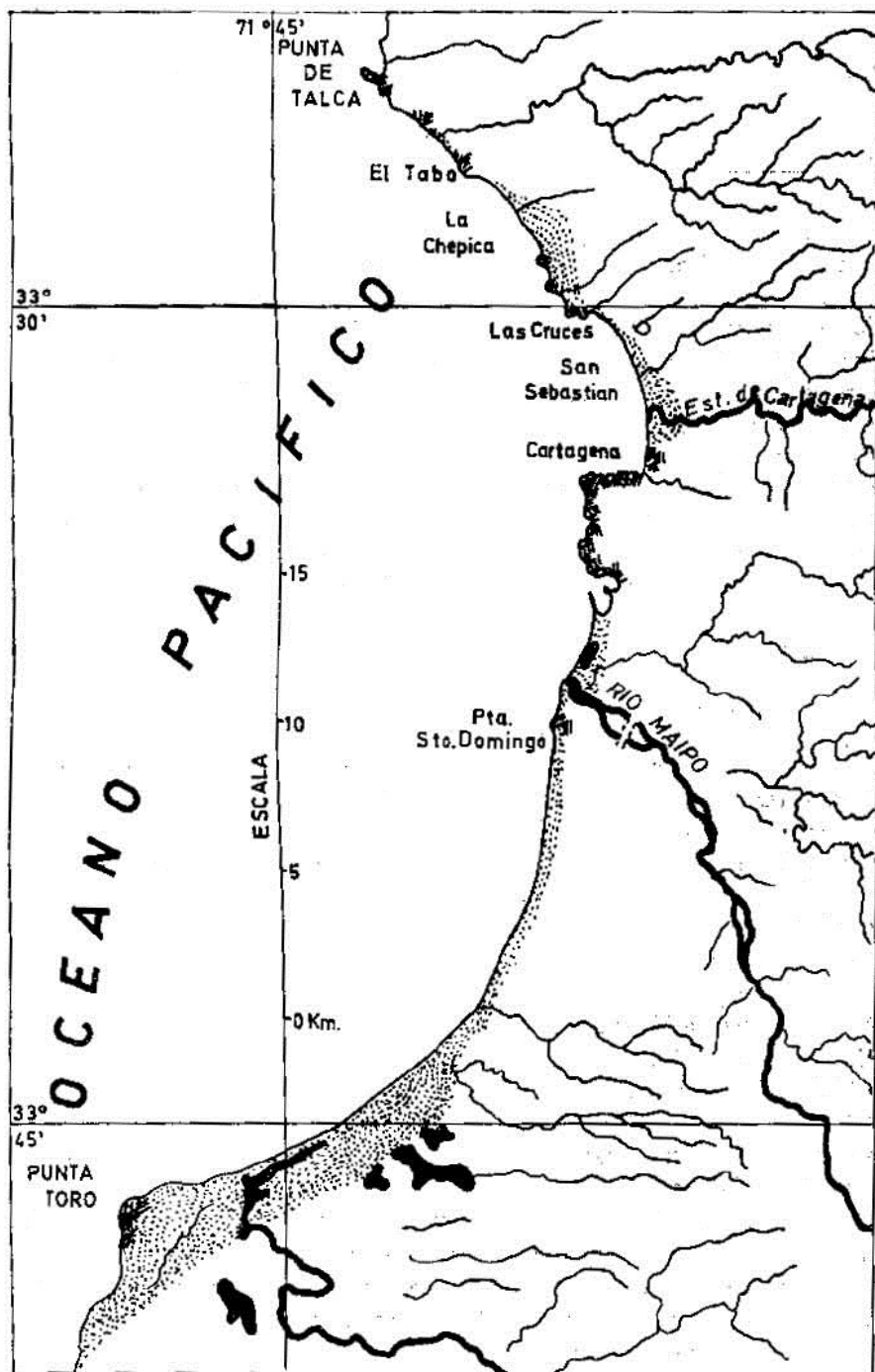


FIG. 1

Fig. 1. Croquis de ubicación de la ensenada Punta de Talca-Punta de Toro.

tomaron como datos el ángulo subtendido y el valor de 1 radián, llegándose a obtener el índice con la siguiente relación:

$$C = \frac{\alpha}{Rd}, \text{ donde } C \text{ es el índice de curvatura y } Rd \text{ el valor de } 1 \text{ radián.}$$

Entonces, la cifra obtenida puede ir de 0 a 3,14, o sea, aplicable de 0 a 180° de ángulo de playa. Los extremos del índice, como se ve, están a distancias asimétricas con respecto a 1, siendo este último el índice de una playa hipotética cuyo radio tiene el mismo largo que el radio subtendido.

Para lograr exactitud en las medidas, se trabajó con la escala precisa de la foto y no con la aproximada. De cada foto se aprovechó sólo la parte central, para evitar distorsiones.

Como se estableció una jerarquía de las playas en tres órdenes, quedó determinada la siguiente nomenclatura: R para primer orden, P para la pequeña playa de primer orden, r para el segundo orden (agregando un número con el fin de individualizar y comas para anotar el tercer orden). Estas anotaciones se hicieron con el fin de distinguir los radios de curvatura. Ej.: $r2''$, es la playa de tercer orden N° 2 (de N a S) que está dentro de la de segundo orden N° 2, perteniente a la playa de primer orden de radio de curvatura R .

LA JERARQUÍA DE LAS PLAYAS.

Atendiendo a la posición geomorfológica de la playa en lo referente a su curvatura, resulta que dentro de una gran curva de playa —no interrumpida por espolones rocosos— pueden organizarse curvaturas secundarias. Esto ocurre claramente en las playas extendidas (El Tabo-La Chépica; San Sebastián-Cartagena). En el caso de la gran playa que se extiende al sur de Rocas de Santo Domingo se advierte, en primer lugar, la curvatura general desde la Punta de Sto. Domingo hasta Punta Toro; en segundo lugar, subcurvaturas menos extensas de 2 a 7 Km. de extensión, y en tercer lugar, dentro de las últimas, curvas menos extensas aún (entre 300 y 2.000 m.).

Sin embargo, de los tres grados de amplitud de curvas que existen al sur del Río Maipo, hay sólo dos al norte. Por ejemplo, en la playa El Tabo-La Chépica (entre El Tabo y Las Cruces) se da la gran curvatura principal y luego curvaturas secundarias. Pero éstas son más notorias que al sur del Maipo, tendiéndose a organizar "spits" hacia la playa submarina (ver fotos 1 y 2).

Como resultado de estas observaciones, se ha ideado un sistema de jerarquización de las playas similar al que Horton planeó para el drenaje. Con el fin de poder hacer comparaciones genéticas se menciona con *primer orden* a la gran curva de playa que contiene a todas las demás; de *segundo orden* serán todas las unidades más grandes e independientes que estén contenidas dentro de una curva de primer orden; al *tercer orden* pertenecerán las subcurvaturas que estén contenidas dentro de cada curva de segundo orden, etc. (fotos 1 y 2). La playa de

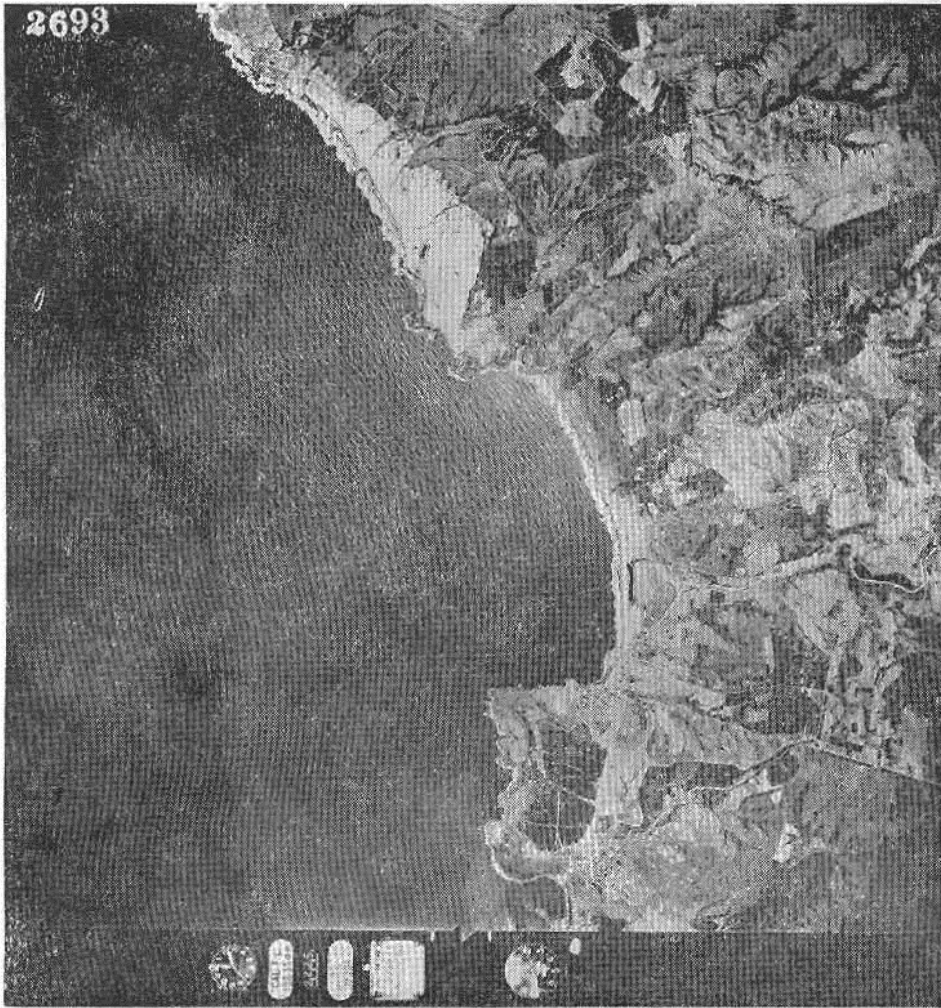


Foto 1. Grandes playas El Tabo-Chépica y San Sebastián-Cartagena (ver figura 1).



Foto 2. Punta de Toro y parte sur de la Gran Playa Sto. Domingo-Punta de Toro en inmediaciones de la desembocadura del Estero de El Yali.

La Chépica tiene hasta un orden jerárquico de segundo orden; la del sur de Rocas de Sto. Domingo, hasta un tercer orden.

Esta jerarquización se ha hecho como un modo de evitar generalizaciones peligrosas sobre la génesis de la curvatura, debidas a influencias de rasgos extraoceanográficos, tales como las características originales de la costa, influidas por las rocas duras que aparecen como puntas. La orientación de los diferentes sectores de la costa y el espacio que media entre los espolones rocosos —en medio de los cuales puede organizarse una playa— son factores continentales que pueden diferenciar en algunos casos o asemejar en otros, las curvaturas de playa de un mismo orden.

RELACIÓN ENTRE EL RADIO DE CURVATURA Y LA EXTENSIÓN DEL ESTRÁN ARENOSO.

Observando la figura 2 se constata que:

— La tendencia aproximada de la repartición de las diferentes playas indica que —en términos generales— *el radio de curvatura progresa con la extensión.*

— *El alejamiento máximo con respecto a la norma está en algunas playas de primer orden.*

— La distribución tiende a concentrarse en cuatro poblaciones:

a) Con radios de curvatura entre 430 y 100 m. y extensiones entre 100 y 400 m. Aquí hay exclusivamente curvaturas de segundo orden con algunas de primero. Se trata de bajas extensiones y bajos radios;

b) Con radios de curvatura entre 500 y 1.000 m. En extensión, se subdividen en dos grupos: uno entre 330 y 350 m. y otro entre 450 y 750. El primer subgrupo integra principalmente curvaturas de tercer orden y una de segundo, y el segundo, de primero y segundo orden;

c) Con radios de curvatura entre 1.200 y 2.300 y extensión entre 500 y 1.100 m. Debe diferenciarse del anterior en el gráfico puesto que hay un cambio de escala. Las curvas de playa son de tercer orden;

d) Con radios de curvatura entre 4.000 y 9.000 metros. Desde el punto de vista de la extensión hay que distinguir tres subgrupos: uno entre 800 y 900 metros; otro entre los 1.800 y 3.300, y un tercero entre los 5.000 y los 6.200. En el primero tenemos una playa de tercer orden; en el segundo, curvas de segundo y tercer orden, y en el tercero, curvas de primero, segundo y tercer orden. En todos los casos, se trata de las mayores extensiones y radios de curvatura.

Deben agregarse en seguida *los casos más aislados*, que —por norma general— *son representados por playas de primer orden.*

En lo referente a la distribución de los órdenes en las posibles poblaciones, puede sistematizarse lo siguiente:

a) *Las curvas de playa de primer orden se encuentran siempre en posición periférica al grupo, pero están distribuidas junto a los distintos grupos;*

b) *Las playas de segundo orden forman una población muy uniforme con radios y extensiones pequeñas. Sólo unas pocas están en otras poblaciones;*

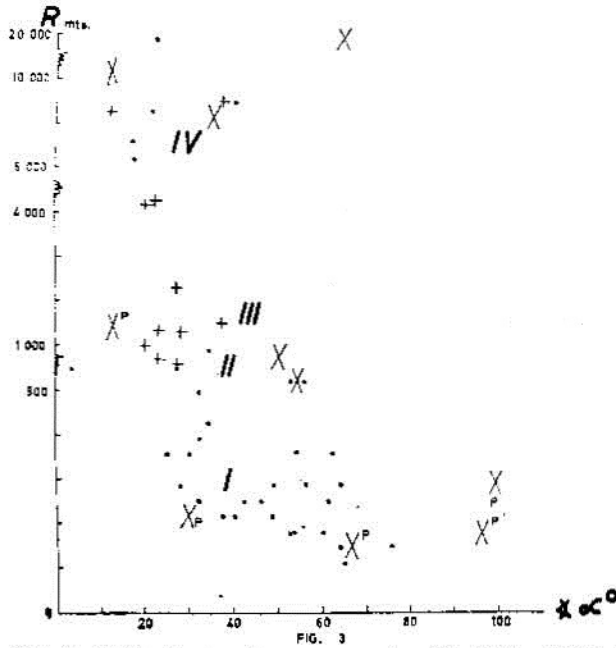
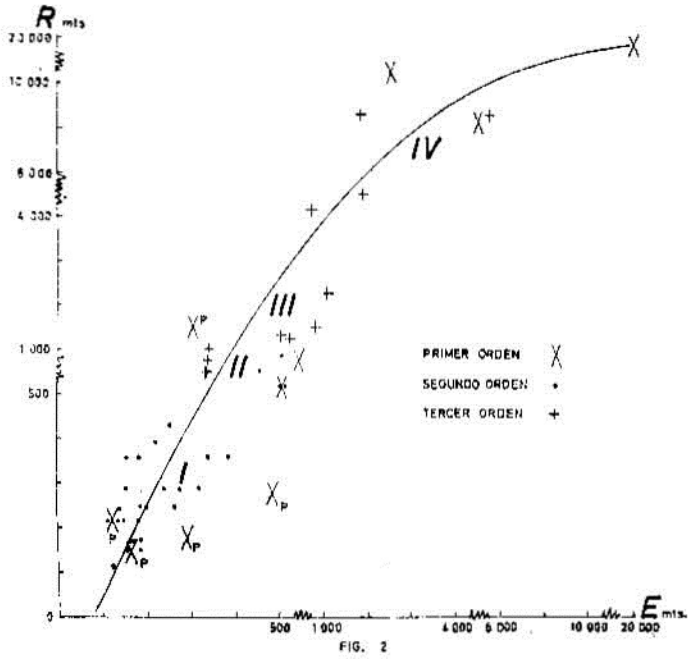


Fig. 2. Radio de curvatura versus extensión de las playas. P: pequeña playa de primer orden.

Fig. 3. Radio de curvatura versus ángulo subtendido por la playa. Los números romanos indican las poblaciones.

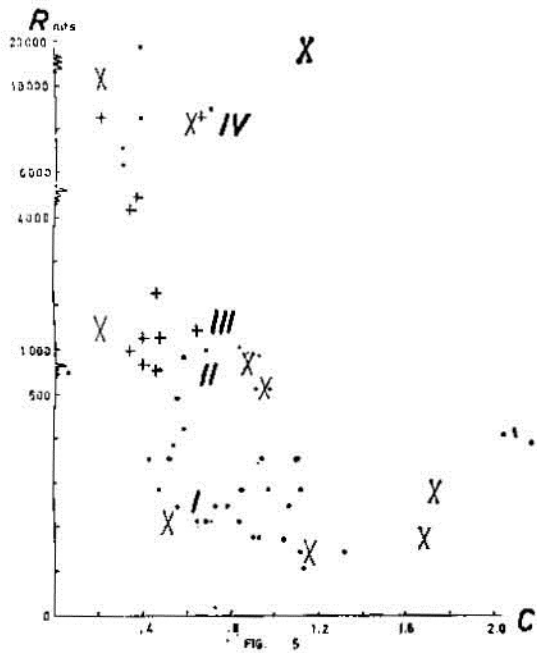
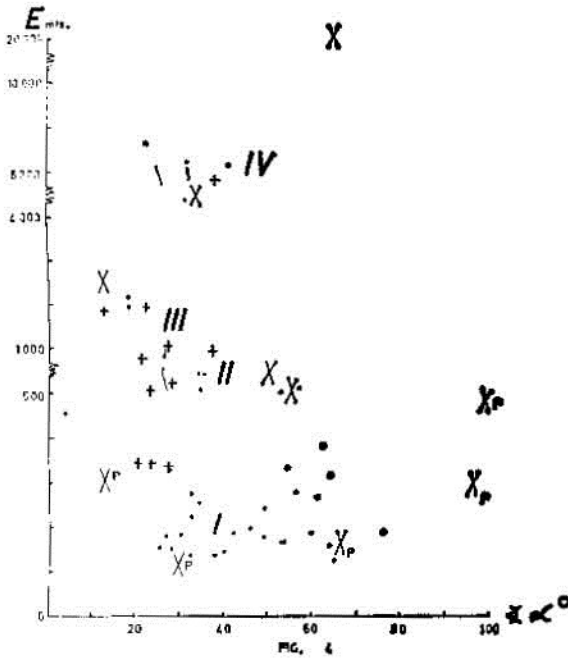


Fig. 4. Extensión versus ángulo subtendido por la playa.
 Fig. 5. Radio de curvatura versus índice de curvatura.

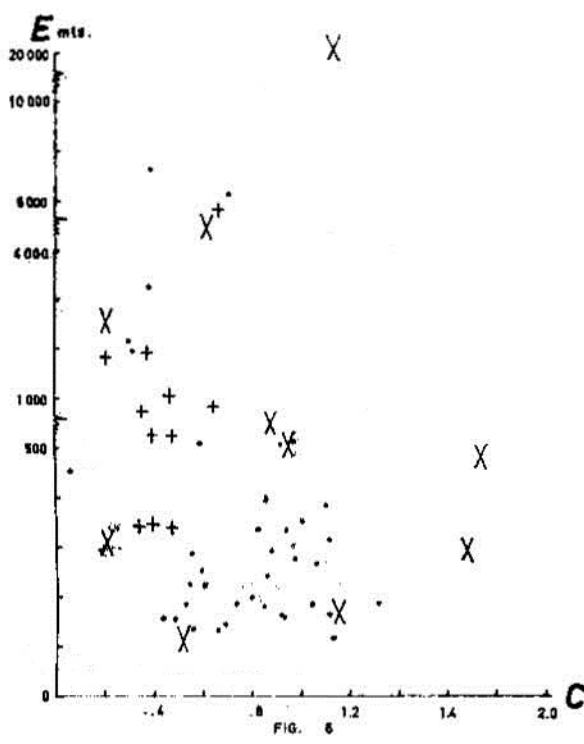


FIG. 6

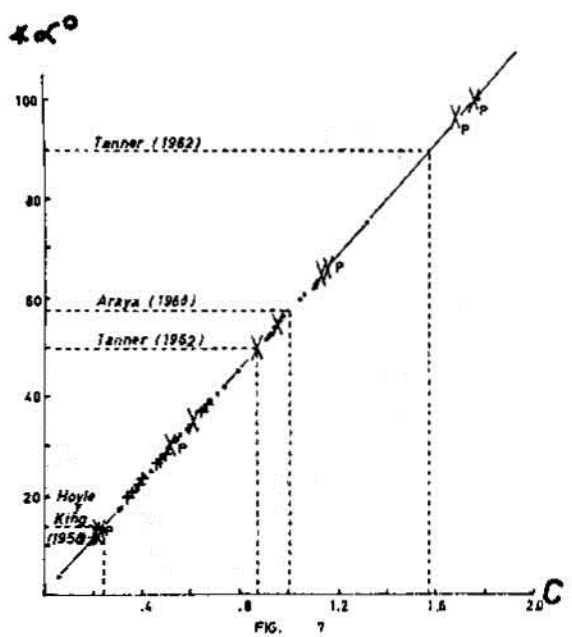


FIG. 7

Fig. 6. Extensión versus índice de curvatura.
 Fig. 7. Angulo subtendido versus índice de curvatura.
 Se agregan los modos obtenidos por diferentes autores.

c) Las curvas de tercer orden faltan en la primera población, pero están en las otras. Cuando en la distribución abundan las playas de tercer orden tienden a escasear las de segundo, naturalmente. O sea, cuando la ordenación jerárquica es mayor (con tres órdenes), disminuye el número de curvaturas de segundo orden. La mayor cantidad de curvas de tercer orden se halla en las poblaciones II y III.

RELACIÓN ENTRE EL RADIO DE CURVATURA Y EL ARCO SUBTENDIDO POR LAS PLAYAS.

Si se acepta el principio de distinguir las mismas poblaciones sobre la base del radio, se llega a la conclusión de que, en general, la dispersión en ángulo subtendido es mayor —para cada grupo— que en extensión (Fig. 3):

a) La primera población es la más dispersa. Las playas subtienden ángulos entre 25 y 76°, quedando incluidas en el grupo dos playas de primer orden. Las otras son todas de segundo. No se cuentan aquí dos playas de primer orden, que pueden considerarse como periféricas a la distribución, con ángulos entre 95 y 100°;

b) La segunda población está entre los 20 y los 56° e integra playas de los tres órdenes. Una curva de segundo orden, de arco muy pequeño (3,5°), se considera como periférica.

Se puede aceptar nuevamente la presencia de dos grupos: uno entre 20 y 35° y otro entre 50 y 56°. Desde el punto de vista del orden de las playas que contienen se diferencian fundamentalmente: uno tiene playas de segundo y tercer orden, y el otro, de primero y segundo orden, notándose una diferencia de ángulo subtendido entre esos órdenes: el arco crece hacia el primer orden;

c) La tercera población reúne playas con ángulos entre 12 y 37°, siendo la dispersión en este sentido mucho más estrecha. Las playas son casi todas de tercer orden, pero hay una de primero. Las aberturas angulares son de las más bajas presentadas, hecho interesante si se trata de playas de tercer orden. El caso es parecido al del segundo grupo de la segunda población;

d) En la cuarta población hay también dispersión relativamente estrecha (de 12 a 41°). Es posible distinguir dos grupos: uno entre 12 y 23° y otro entre 35 y 41° de ángulo subtendido. En el primero, hay más amplitud de la dispersión, tanto en ángulo como en radio de curvatura. Hay playas de segundo y tercer orden, ocupando los primeros grados intermedios en radio y en ángulo, y las segundas, los extremos. En el segundo grupo, la dispersión es menor en todo sentido y está constituido por una playa de cada orden.

Continúa la tendencia de los órdenes bajos a presentar ángulos pequeños.

Entre radios de 10 a 20.000 metros hay casos periféricos de dos playas de primer orden y una de segundo. Los ángulos subtendidos son opuestos para las primeras (12,5 y 65°).

RELACIÓN ENTRE LA EXTENSIÓN DE LA PLAYA Y SU ÁNGULO SUBTENDIDO.

Si se toman los valores de la extensión versus el ángulo subtendido por la playa, *la separación en poblaciones parece más notoria* que tomando el radio de curvatura. Eligiendo la extensión como criterio de separación pueden distinguirse cuatro poblaciones (Fig. 4):

a) Entre extensiones de 100 y 400 metros y ángulos de 12 a 76°. Siguen apareciendo como periféricas dos playas de primer orden con ángulos entre 95 y 100°. También hay una playa de segundo orden periférico, con ángulo demasiado chico (3,5°).

Las playas más importantes de esta población, en número, son las de segundo orden, acompañadas por algunas de primero, como en el caso del primer orden que toma como base de la distribución el radio, pero *hay que agregar ahora algunas playas de tercer orden*. Es importante agregar que, *constituyendo las playas de segundo orden el núcleo de la distribución, las demás aparecen en la periferia*, estando en los extremos del conjunto con sus máximas o mínimas extensiones o sus máximos o mínimos ángulos subtendidos. En los dos casos están las playas de primer orden, y en el caso especial de máxima extensión y de mínimo arco, las de tercero;

b) Entre extensiones de 500 y 1.100 metros y de 21 a 57°. Esta población se puede desglosar en dos grupos: uno entre 21 y 37° de arco y otro entre 50 y 57°. *El primer grupo contiene esencialmente playas de tercer orden y excepcionalmente de segundo*. Se distribuyen por toda la amplitud de extensión dada para la población y en los menores ángulos subtendidos, pero con mayor dispersión. El segundo grupo, menos disperso en ángulo y extensión, integra playas de segundo y tercer orden;

c) Entre extensiones de 1.800 y 3.400 metros y valores angulares de 12 a 22°. Contiene de los tres órdenes y los valores angulares más bajos;

d) Entre extensiones de 5.000 a 7.200 metros y con bajos ángulos, *similares a los de la mayoría de las playas de tercer orden (22 a 42°)*, que se concentran en el primer grupo de la población segunda, pero aquí hay representantes de los tres órdenes de playa.

Periféricamente, hay una playa de primer orden que tiene más de 20.000 metros de extensión y que ocupa un arco de 65°.

Los órdenes se ubican, por lo tanto, de la siguiente manera en las poblaciones:

El primer orden está en las cuatro poblaciones, en las que *siempre tiende a ubicarse en una posición lateral, con pequeños o grandes ángulos*, con respecto a cada población. El caso no es tan nítido en cuanto a la extensión. *El mayor número de individuos está en las extensiones más bajas*.

El segundo orden presenta la mayoría de sus playas en la población de extensiones más bajas, donde integra la mayor parte de los casos. Pocos individuos, menos del 50%, entran en las otras poblaciones con extensiones mayores, donde

sus ángulos son más bajos y de rango más estrecho que en la primera población. O sea, que *las playas de segundo orden más estrechas son las de menor desarrollo angular.*

El tercer orden presenta la mayoría de sus playas en extensiones que podrían provisoriamente considerarse medias (entre 500 y 1.000 metros) estando en el primer grupo de la población segunda. En las otras poblaciones el número disminuye y presenta muy poca dispersión en extensión. *En todos los casos estas playas muestran aberturas de arco de las más pequeñas (entre 12 y 38°), pareciéndose en este aspecto a algunas playas de primero y segundo orden.*

EL RADIO DE CURVATURA Y LA EXTENSIÓN EN RELACIÓN CON EL ÍNDICE DE CURVATURA.

Calculado el índice de curvatura C , resulta que su valor varía en la misma medida que el ángulo subtendido. De tal manera que bastará con decir que el índice tiene las mismas relaciones con el radio de curvatura y con la extensión que el valor angular de la playa. (Las figuras 5 y 6 deben compararse con las figuras 3 y 4).

RELACIONES ENTRE EL ARCO SUBTENDIDO Y EL ÍNDICE DE CURVATURA DE LA PLAYA.

Acaba de decirse que el índice de curvatura (C) es una expresión que varía en la misma proporción que el ángulo subtendido por la playa. Este cociente, ideado por el autor, ha sido cotejado con el arco en el gráfico de la figura 7.

Este gráfico sirve para realizar la equivalencia entre la extensión angular y el índice. Se ve que el índice 1 corresponde a una playa ideal que subtiende un arco de 57,3°. Bajo este valor están las playas de ángulos menores (hasta 0) y sobre él, las de arcos mayores. La cifra más alta que se ha encontrado es de 1,76 y corresponde a una playa que subtiende una abertura de 99,5°, siendo de primer orden. La más baja, en cambio, es 0,06 para una playa de 3,5° y de segundo orden. Sin embargo, dadas las características de la distribución, este dato parece demasiado excepcional. Lo común es que las curvaturas más bajas presenten índices superiores a 0,2 con arcos mayores de 11°.

Se aprecia que *los datos superiores de la distribución no alcanzan a llegar a 1,8, cifra que todavía está bastante lejos del límite teórico que tiene la fórmula: 3,14.* Los casos prácticos de playas, por lo menos los considerados en este trabajo, no pasan de ángulos subtendidos de 100° o de índices de 1,75. En cambio *las playas de índices más bajos se acercan mucho al mínimo teórico (0).*

La mayor parte de las playas están entre índices de 0,2 y 1,16, o sea *por debajo de 1.* Los casos que están fuera de esta distribución deben considerarse periféricos y excepcionales. Dicho de otro modo, los ángulos más comunes van de 11 a 66°. *La dispersión generalizada de la población es de 55°, lo que indica una diferencia de índice de 0,96.*

Desde el punto de vista del arco y del índice se pueden también distinguir poblaciones:

a) Entre arcos de 11 y 13° e índices de 0,20 a 0,24: integrada por playas de primero y tercer orden;

b) Entre arcos de 17 y 42° e índices de 0,30 a 0,74: integrada por las playas de tercer orden en casi su totalidad y miembros de los otros dos órdenes;

c) Entre arcos de 48 y 57° e índices de 0,82 a 0,98: formada por playas de primero y segundo orden, sobre todo de este último;

d) Entre arcos de 60 a 66° e índices de 1,04 a 1,16. Entran aquí playas de primero y segundo orden de una manera muy parecida al caso de la población anterior, razón por la que el criterio de diferenciación es sólo cuantitativo. Podría ser que estas dos últimas poblaciones se integraran en una sola.

Por lo tanto, los órdenes se reparten de la siguiente manera:

- a) Las playas de primer orden se hallan en todas las poblaciones;
- b) Las de segundo orden faltan en la primera, pero se encuentran en las demás;
- c) Las de tercero sólo existen en la primera y segunda población. Sus índices de curvatura están entre los más pequeños.

Finalmente, existen dos playas de primer orden y dos de segundo con ubicación periférica, fuera de los márgenes generales de la población total. Las dos playas de primer orden son las de mayor extensión angular (96,5 y 99,5°) y, naturalmente, las de mayor índice de curvatura (1,68 a 1,73). Las dos de segundo orden están junto a los límites generales de la población total.

UBICACIÓN DE LAS PEQUEÑAS PLAYAS EN LOS DIAGRAMAS.

Se entenderá por pequeñas playas a aquellas que, dados los casos de esta experiencia, tienen una extensión notoriamente inferior a 500 metros, careciendo de jerarquía de curvatura. En efecto, en los estrán de reducida extensión entre dos puntas rocosas, sólo se ha notado la organización de una curvatura principal, no pudiéndose hablar, por lo tanto, de *jerarquía de curvatura*.

No es exacto, sin embargo, decir que estas playas no tienen curvaturas menores. Se organizan en ellas microcurvaturas que resultan de la acción del oleaje en un momento determinado, disponiéndose como seudo "beach cusps" de playa, cuyos cuernos penetran en la playa submarina.

Desde Punta de Talca a Punta Toro se presentan las siguientes pequeñas playas: Isla Negra, Laguna de Córdoba, Tabo Norte, Las Cruces, Playa Chica de Cartagena. Todas, naturalmente, son playas de primer orden.

Si se atiende a la figura 2, es posible distinguir las pequeñas playas con la inicial P: todas son de radios de curvatura cortos (no más de 280 metros), con una excepción en los 1.500 metros. Las extensiones no pasan de los 500 metros y más comúnmente de los 300. En el resto de las figuras se ve que estas playas

están muy dispersas en ángulo subtendido. Se extienden entre 13 y 100°, lo que les otorga una *variación en índice de curvatura entre 0,25 y 1,76*.

Por lo tanto, se trata de cortos radios de curvatura, de extensiones bajas a medias y de arcos subtendidos muy dispares, así como también sus índices de curvatura. La excepción la constituye Playa Chica de Cartagena que, con un radio de curvatura de casi 1.500 metros, tiene el más pequeño índice de curvatura: 0,21, lo que, como se deducirá más adelante, la pone como un caso típico de playa cuyo patrón de curvatura es independiente de su extensión, manifestando en cambio una continuidad morfológica con Playa Grande.

Hay que anotar que *los índices más altos son de pequeñas playas* y que están separados en una población periférica. *Se trata de las pequeñas playas que están más separadas de las grandes*: Laguna de Córdoba, Tabo Norte y también Isla Negra, que sin ser periféricas tienen una alta curvatura. Las otras playas (Las Cruces y Playa Chica de Cartagena) tienen índices más cercanos a las grandes playas y están inmediatas a éstas. Pero la *familiaridad del índice* no es precisamente con la curvatura principal de la gran playa, sino con la curvatura de las *playas de segundo orden* dentro de aquéllas.

Los grandes índices, entonces, son para las pequeñas playas más alejadas de las grandes, y los más pequeños, para las que están inmediatas a éstas. El radio de curvatura no parece ser aquí un elemento diferenciador claro, hecho que dificultará las interpretaciones posteriores.

UBICACIÓN DE LAS GRANDES PLAYAS EN LOS DIAGRAMAS.

Se denominará grandes playas a aquellas que puedan alcanzar más de 500 metros de extensión y hasta varios kilómetros, según la experiencia mostrada por el área de trabajo en cuestión. Estas playas, a diferencia de las anteriores, muestran jerarquización de su curvatura, dando origen a las de segundo y tercer orden, fuera del primero, que corresponde a la curvatura principal. Las curvas menores que éstas son *ubicables cartográficamente*, a diferencia de lo que ocurre con las de las primeras playas (pequeñas playas), que deben considerarse como *microformas*.

LAS GRANDES PLAYAS DE PRIMER ORDEN.

Según la figura 2, estas playas están fuera de lo que allí se llamó primera población. O sea, sus radios de curvatura y sus extensiones son *medianas a grandes*, presentando no obstante gran dispersión (entre 566 metros y más de 18.000 de radio, y desde 538 a casi 21.000 metros de extensión). *Preferentemente se ubican en las mayores extensiones y curvaturas*, como puede desprenderse de la norma general deducida de la figura 2: el radio crece con la extensión.

Su dispersión angular (Figs. 3, 4, 5, 6 y 7) es mucho menor que en caso de las pequeñas playas: de 12 a 65°. Los índices de curvatura están entre 0,20 y 1,14. Según esto, *todas están dentro de las poblaciones en que aparecen playas de orden secundario*. No se ve una relación clara entre el ángulo subtendido y la extensión de la playa, hecho de interpretación delicada, como se verá más adelante, porque indica que, en cuanto al tracto o curso de la acción marina ("fetch"), es difícil llegar a conclusiones claras.

El grado de curvatura parece variar con la jerarquización que hay dentro de estas playas: La gran playa Rocas de Santo Domingo-Punta de Toro es la única que presenta claramente tres órdenes de playas: tiene un índice de curvatura de 1,13 (65°) y los mayores radios y extensión. Reúne 5 playas de segundo orden y 11 de tercero. San Sebastián-Cartagena no incluye tercer orden y muestra un índice de 0,61 (35,5°); sus playas de segundo orden son 19. En cambio, La Chépica, que tampoco tiene tercer orden, posee 7 playas de segundo y su índice de curvatura es sólo 0,21 (el más bajo, con 12,5°).

Por lo tanto, *las playas mejor jerarquizadas son las más curvadas*. Pero la norma hasta el momento puede aplicarse a las mayores playas solamente, porque para las de menor extensión (dentro de las grandes playas) el índice es más elevado, aunque inferior a 1. Ejemplos evidentes son Puntilla-Tres Cruces y El Rincón, a pesar de que tienen pocas curvaturas de segundo orden. Se establecen así dos tipos de comportamiento: por un lado, *las playas extensas presentan un grado de jerarquización directamente proporcional al índice de curvatura*; por el otro, *las grandes playas de primer orden poco extensas no presentan esta relación, sin que necesariamente sus condiciones sean opuestas*.

LAS PLAYAS DE SEGUNDO ORDEN.

Continuando con el problema de la ubicación de las grandes playas en los diagramas, hay que incluir las curvas de segundo y tercer orden, porque pertenecen a las grandes playas. Esta es la razón por la que se tratan dentro del mismo título.

De acuerdo con la figura 2 las curvaturas de segundo orden están preferentemente en la primera población, con las *extensiones y radios más bajos*. Sólo unas pocas están en la segunda y cuarta población, incluyéndose también una periférica.

En la primera población estas playas tienen radios de curvatura entre 100 y 500 metros y extensiones entre 100 y 400. *Pertenecen todas a las grandes playas que carecen de curvas de tercer orden*: La Chépica, Puntilla-Tres Cruces, El Rincón y San Sebastián-Cartagena. *Las dos radios y extensiones mayores* que la primera población pertenecen casi todas a la gran playa Rocas Santo Domingo-Punta Toro, la más extensa de todas las estudiadas y *la única que notoriamente tiene curvas de tercer orden*, como ya se ha dejado entender. Para los conjuntos que carecen del tercer orden las extensiones están entre los 340 y 570 metros, con radios entre

550 y 950, en cambio, para las curvas de segundo orden que contienen de tercero, las extensiones están entre 1.900 y 7.300 metros, con radios entre 6.200 y más de 18.000, lo que tiende a ratificar que *las mayores extensiones de primer orden, que incluyen curvas de tercero, tienen playas de segundo orden de mayor extensión y radio*. Esto es característico de la parte sur del área estudiada.

Revisando las figuras 3 a 7, se ve que *la extensión angular de las playas de segundo orden varía mucho* (entre 18 y 76°), yendo sus índices de curvatura de 0,3 a 1,32. Esta norma se extiende a las playas de la primera población de la figura 1, porque, cuando se trata de grandes extensiones y grandes radios de curvatura, los ángulos subtendidos se ubican en un ámbito mucho más estrecho —entre 17 y 41°— y son más pequeños (índices de 0,3 a 0,7). Por lo tanto, *las playas de segundo orden más extensas, pertenecientes a la gran curvatura del sur del Maipo, son las que subtenden los menores, ángulos*. En cambio, en la parte norte, aunque la dispersión angular es mayor, los valores son más altos, hecho que conviene retener cuando se analicen los factores de la curvatura.

LAS PLAYAS DE TERCER ORDEN.

Se ha dicho ya que la única gran extensión de estrán que tiene curvas de tercer orden es la que está al sur del Maipo (Playa Rocas Santo Domingo-Punta Toro).

La figura 2 enseña que las playas de tercer orden están en las poblaciones II, III y IV. Dicho de otro modo, *pueden tener radios de curvatura y extensiones medianas y grandes*. Las de mayor extensión (más de 800 metros) y radio de curvatura (más de 4.000) pertenecen a la cuarta población, y las otras, a la segunda y tercera, con radios de curvatura de 700 a 2.200 metros y extensiones desde 330 a 1.100. Las unas con las otras conviven en la playa de segundo orden.

La abertura angular está circunscrita a un rango entre 12 y 38°, sin diferencia apreciable entre las curvas más extensas y las menos extensas, y con un índice de curvatura entre aproximadamente, 0,20 y 0,66, lo que les otorga *curvatura pequeña y ángulos también pequeños*.

Por lo tanto, las curvas de tercer orden presentan extensiones y radios mayores que gran parte de las curvas de segundo orden de otras grandes playas y, por el contrario, pequeñas curvaturas y ángulos subtendidos. Este hecho, como se indicará más adelante, es fundamental para diferenciar las dinámicas de la costa móvil entre la parte del norte del Maipo y la parte del sur de éste.

DISCUSION

Se hará primero un comentario sobre la efectividad de los métodos y después sobre la validez de los resultados.

a) *Discusión metodológica.*

La primera pregunta que surge es con respecto a las limitaciones que puedan tener las fotografías aéreas para hacer este tipo de medidas. En verdad, estos documentos tienen ventajas y desventajas, partiendo de la base de que el problema de la escala puede ser obviado con facilidad. La principal ventaja consiste en que la fotografía presenta una imagen exacta de la playa y de los pormenores de sus curvaturas. La mayor desventaja reside en el carácter instantáneo de la imagen captada por la foto, que puede mostrar sólo una imagen transitoria de los pormenores de la playa y de la orientación del oleaje. A pesar de esto, el uso de aerofotos parece inclinar la balanza a su favor, si se considera que las curvaturas principales no deben ser alteradas transitoriamente, variando sólo los pormenores. En razón de esto es que se ha tomado en cuenta la fecha de toma de las fotografías. Ellas fueron tomadas en febrero de 1955. En el verano las características de las playas parecen bastante estables y sus curvaturas de orden subordinado pueden ser representativas de lo que —con reservas— podría llamarse un estado de equilibrio. Por estas razones se ha considerado que *las fotos son mejores que las cartas para este tipo de estudios*. Hay que pensar en que sólo el hecho de delinear el contorno de la costa, altera inmediatamente los pormenores de la curvatura, impidiéndose la medición correcta de los órdenes segundo tercero, y aun a veces del primero.

Por lo tanto, las fuentes de error no parecen estar en las aerofotos, sino en las medidas mismas, difícilmente logrables con buscador circular de radios, compás y transportador, debido a que la medida hay que expresarla en escala natural, dándose la posibilidad de aumentar los errores. Sin embargo, los cometidos en medidas grandes no tienen importancia en relación con aquéllos derivados de medidas pequeñas. Pero esta dificultad ha sido en gran parte solucionada.

Debido a la incuestionable fuente de error, las medidas se han agrupado gráficamente y *los ejemplos tomados se han de entender como representativos de un conjunto determinado* (población), dado su grado de concentración que permite determinar núcleos, que por norma estadística tienden a anular el error previsto. Hay que reconocer, sin embargo, que es difícil dar una cuenta clara de algunas pequeñas medidas de curvatura aisladas, no así en el caso de medidas aisladas grandes, cuyo grado de precisión es mayor. Debido a ello, se ha hecho lo posible por reducir los errores de manipulación al mínimo.

También es necesario referirse al sistema gráfico de representación de los resultados. Pudo haberse hecho gráficos especiales para cada orden de curvatura, pero así se perdía la posibilidad de ver asociaciones morfométricas de playas de distinto orden. Quizás el aspecto que más pueda ser sometido a discusión sea el de la distinción de poblaciones. En las dos variables de cada gráfico se ha distinguido una principal, lo que indudablemente restringe y resta claridad al criterio de ordenación. Hay que reconocer entonces que el establecimiento de poblaciones no tiene una base clara si se le considera como un fin, pero que es

útil como medio estadístico para llegar a descubrir las relaciones y llegar así a una posterior interpretación.

b) *Discusión de los resultados.*

Teniendo en cuenta las dificultades antedichas y los artificios para salvarlas, es la frecuencia de las medidas la que ha dado la clave para poder obtener resultados relativamente claros.

Conteniendo además la correspondiente discusión, estos resultados se pueden enumerar como sigue:

1) Las playas de primer orden se subdividen en pequeñas y grandes playas. Las primeras quedan todas al norte de la desembocadura del Maipo y tienen radios de curvatura cortos. Hay entonces una diferencia esencial entre la parte norte y la parte sur del sector de costa estudiado.

Parece razonable atribuir esta diferencia a dos factores:

a) A las *formas primarias de la costa* (configuración por influencia continental), que hacen aparecer los espolones rocosos al norte del Maipo, encerrando ensenadas en las cuales se pueden desarrollar las playas. Hay que recordar que la distinción entre grandes y pequeños estrán de primer orden no sólo está hecha sobre la base de la extensión, sino también teniendo en cuenta la jerarquización. Por ello cabe preguntar: *¿Puede el factor extensión alterar la jerarquización del estrán arenoso?* Para responder a esto es conveniente tener en cuenta la escala a la cual se trabaja, porque la posibilidad de indicar curvas significativas en el tramo arenoso depende de que éstas tengan significación cartográfica. En efecto, las pequeñas playas tienen curvas menores en su estrán, pero de escaso tamaño, como muy bien se nota en Playa Chica de Cartagena, donde la tendencia a los "beach cusps" y a los "spits" es muy marcada. En cambio en La Chépica o en San Sebastián-Cartagena, las curvas menores en el estrán son cartografiables a mediana escala (por ejemplo al 70.000). Debido a ello, la respuesta es positiva: *la pequeña extensión de algunas playas de primer orden disminuye la posibilidad de jerarquización cartografiable*, que sólo presentan las playas extensas. Ese estrán permanece como pequeño en el sentido de la jerarquización y el fenómeno es característico de la parte norte del sector estudiado, por lo que también debe atribuirse a otro factor importante;

b) *A la exposición.* Recordando la figura 1 y las fotos 1 y 2, la parte norte de la ensenada Punta de Talca-Punta Toro tiene una exposición a los factores oceanográficos que es distinta a la de la parte sur.

Desde Cartagena al norte, la parte norte tiene orientación aproximada NW-SE. La parte central está prácticamente orientada en dirección N-S (en las inmediaciones de la desembocadura del Maipo). Y la parte sur está en dirección NE-SW, aproximadamente. Por otra parte, la dirección predominantemente de los vientos es SW, lo que determina la orientación de los vectores de la deriva litoral. Las ortogonales superficiales de las olas dominantes forman un ángulo prácticamente recto, o muy grande por lo menos, con playa La Chépica y San

Sebastián-Cartagena. En cambio el ángulo es más cerrado al sur del Maipo. Es posible entonces que —si las ortogonales superficiales son perpendiculares al estrán— *se cancelen los vectores de la deriva litoral*. Un caso parecido expone W. F. Tanner (1960), al analizar las condiciones en que se pueden mantener las acumulaciones de arena por reflexión de las ondas, creciendo los "spits" en la playa submarina en la dirección hacia el mar. El investigador citado opina que para que haya concentraciones proyectadas como puntas en la playa submarina la energía unidireccional debe ser O. Este fenómeno tiende a ser notorio en las playas La Chépica y San Sebastián-Cartagena.

A pesar de la discusión promovida por los trabajos de W. Schriever (1955 y 1956) acerca de la acción giroscópica del mar en las concavidades de la línea de costa, es razonable pensar que la acción giroscópica motivo de esa discusión puede aplicarse con más seguridad desentendiéndose del fenómeno de remolino ("eddy") y preocupándose en cambio de lo que sucede en el proceso de reflexión y refracción de la rompiente en el estrán y playa submarina. Ello está unido al fenómeno de saca y resaca (en función de la dirección de la rompiente). Se acusa entonces un efecto giroscópico en la zona de vaivén que afecta a la playa (en el sentido de Shepard) y a la playa submarina. Esto, naturalmente, sin implicar un fenómeno de "eddy", sino solamente la dinámica real de la reflexión en el estrán. Esta deducción apoya las determinaciones de Tanner en Keaton Beach. El fenómeno es fundamental para el estudio de los pormenores de las playas que preocupan a este trabajo. En el terreno hay un elemento sintomático que sirve para diferenciar los estrán del norte y del sur: en las playas del lado norte pueden apreciarse seudo "beach cusps" y una notoria ondulación longitudinal del estrán, en cambio al sur no se encuentran estas formas.

Esta dinámica produce las curvaturas de microformas en las playas de pequeña extensión del lado norte, en proporción con el desarrollo de la playa. Al sur, por el contrario, se dan las curvaturas más extensas.

2) *Las pequeñas playas de primer orden que están más separadas de las grandes tienen rangos de curvatura más altos, y distintos a los que poseen las que están cerca de éstas.*

En este caso no se trata de diferencias fundamentales de espacio para que se desarrolle la playa, como se advierte si se compara Isla Negra o playa de Laguna de Córdoba con Puntilla Tres Cruces o Cartagena Playa Chica. Tampoco puede considerarse el factor exposición. ¿Es posible un control de las formas primarias de la costa en estas diferencias? Es muy difícil responder, porque en extensiones muy parecidas y próximas a grandes playas se da otro rango de curvatura. Un elemento de juicio que parece adecuado para enfrentar la resolución del problema es la posición relativa del estrán en función del carácter rocoso de la costa. Aquí puede integrarse el factor primario, porque, observando las playas

en cuestión, están en un tramo del litoral que en realidad es rocoso. Hay abundancia de arrecifes que marginan a las playas que pueden influir seriamente en las modificaciones de las olas. A pesar de que tal explicación parece fundada, no se le darán beligerancia por no tener una base de observación sólida.

Entonces, ¿es posible discriminar sobre la influencia de los patronos oceanográficos en las grandes y pequeñas playas de primer orden? La respuesta parece ser afirmativa si se tiene en cuenta la familiaridad de índice entre grandes y pequeñas playas cercanas. Al parecer, en éstas hay una impronta oceanográfica que es la principal y que regula su curvatura. Pero surge inmediatamente otra interrogante: Si algunas playas pequeñas de primer orden escapan a la impronta al parecer por factores continentales importantes, ¿cuáles son los arcos y curvaturas representativos para el área, debidos más que todo a factores oceanográficos?

Hoyle y King (1958, en Tanner, 1962) postularon que el arco de equilibrio para las playas es de 14° . El propio Tanner (1962), examinando unas dos docenas de costas móviles en sectores determinados, vio que ninguno subtendía ángulos tan pequeños o cercanos. Observó en cambio dos categorías: una mirando al océano abierto, como radio de curvatura grande y con arco de cerca de 50° ; otra a lo largo de "lagoons" con pequeño radio de curvatura y ángulo de 90° o más (Fig. 3). Las grandes playas al norte del Maipo acercan el ángulo subtendido al establecido por Hoyle y King y también las pequeñas playas de primer orden que están junto a ellas. Cerca de la primera categoría de Tanner (1962) están las grandes playas de primer orden menos extensas y la gran playa al sur del Maipo. En la segunda categoría de este autor se ubican las dos pequeñas playas de primer orden alejadas de las grandes: laguna de Córdoba y El Tabo Norte.

De las experiencias de Tanner y de las de este trabajo *puede suponerse que los ángulos subtendidos bajos son los más afectados por los factores más netamente oceanográficos* en las grandes playas y sus vecinas pequeñas del sector norte, con aberturas hasta de 40° . Esta regla es difícilmente aplicable para la parte sur, en atención a los factores exposición y extensión, si es que al lector llaman la atención los bajos ángulos subtendidos por las playas de segundo orden de este sector, porque hay que recordar que sus congéneres del norte tienen rango de curvatura mayor, hecho que se tomará en cuenta en el siguiente punto.

3) *Desde el punto de vista del grado de jerarquización las grandes playas de primer orden pueden subdividirse en dos categorías: al norte y al sur del Maipo.*

Las playas de la primera categoría, menos extensas, tienen una jerarquización inferior, con índices de curvatura general menor que 1. Quiere decir, entonces, que el índice de curvatura parece variar en el mismo sentido que la jerarquización que hay dentro de estas playas.

Se ha dicho que las playas de segundo y tercer orden que hay al sur del Maipo subtienden ángulos bajos, pero que las de segundo del norte elevan su ángulo.

Se descubre, por consiguiente, que *a menor curvatura de las playas (grandes playas) de primer orden, se la encuentra mayor en las de segundo orden correspondientes*. Aquí entra a jugar nuevamente el factor exposición, que tiende a anular los vectores de la deriva litoral al norte del Maipo. Ello hace posible (figuras 3 y 7) que muchas playas de segundo orden se ubiquen entre los 50 y 65°, simétricamente a ambos lados del arco ideal correspondiente a 1 radián (J. F. Araya, 1968, en Fig. 7) y que estén cerca de la primera categoría de Tanner. Esto está unido al hecho de que las playas de segundo orden del norte del Maipo tengan extensiones y radios pequeños en relación con las del sur.

Considerando el factor exposición ante las influencias marinas, se llega a la conclusión de que las playas de órdenes subordinados son las que con más claridad acusan el efecto diferencial del oleaje, precisamente porque son contrarias a las grandes curvaturas que la contienen. Por lo menos pueden dar cuenta directa del fenómeno de la reflexión en función de la exposición, como ya ha sido analizado. *Su grado de curvatura es inversamente proporcional al ángulo de incidencia de las ondas más comunes.*

4) *¿Qué relación hay entre los fenómenos analizados en el punto anterior y el radio de curvatura?*

El asunto es importante, porque las leyes derivadas de los trabajos de Schou y los resultados de las investigaciones de Tanner hacen pensar en la trascendencia que en el comportamiento de la playa puede tener el "fetch", elemento relacionado con las olas.

Aquí hay que recordar las cuatro poblaciones reconocidas en la figura 3. Las dos más grandes playas del norte del Maipo tienen radios de curvatura muy grandes (se ubican en las poblaciones iii y iv). También en la población iv se ubica la gran playa al sur del Maipo con un radio muy grande. Se desprende entonces que *las más extensas playas tienen los radios de curvatura mayores*. En cambio, para las playas de órdenes subordinados, se establecen diferencias esenciales entre el norte y el sur en cuanto a su radio. Hay *dos ámbitos esenciales: el norte, con radio de curvatura bajo y el sur, con radio alto y medio.*

Ahora bien, de acuerdo con las experiencias dadas a conocer por Tanner (1962), puede pensarse en forma provisoria que el "fetch" es igual a alrededor de 4 veces el radio de curvatura, aunque su afirmación parece estar restringida a playas de "lagoon". En caso de poderse aplicar esta norma a mar abierto, la presente experiencia tendría que atribuir para las olas comúnmente influyentes en las grandes playas, un tracto o "fetch" entre 17 y 43 millas. Pero este patrón general tendería a influir en las playas subordinadas de la parte sur y no así en las de la parte norte. Ello afirma la *necesidad de relacionar a las curvaturas subordinadas con la reflexión*. Ya se sabe que los ángulos de incidencia son esencialmente diferentes en ambos sectores. La opinión del autor, por lo tanto,

es que la curvatura del segundo y tercer orden, aun en el caso sur se debe ante todo a la reflexión, que cambia con el factor exposición. De otra manera sería difícil aplicar la ya mencionada diferencia de curvatura al tracto de las olas.

La relación de la curvatura con el fetch tiene en el presente caso una gran dificultad: hay factores continentales limitantes para el desarrollo oceanográfico de la curvatura. Va a ser necesario elaborar estudios cuantitativos del viento y de factores submarinos para ahondar sobre esta materia. Por ahora, no se pueden agregar antecedentes serios.

Debido a lo dicho, el fetch, como factor del radio de curvatura debe tomarse con reservas y su influencia quedará integrada en la presente cuenta nada más que a vía informativa y como una necesidad metodológica para futuras hipótesis de trabajo. Por otra parte, la experiencia de Tanner se dio en "lagoons" y él parece inclinado a atribuir a las costas del mar abierto, condiciones de fetch ilimitadas. Vale la pena recordar que la curvatura 1 del cociente del autor (extensión de 1 radián y arco de $57,3^\circ$) da un ángulo parecido al que Tanner expuso para costa de mar abierto (figura 7). Para playas de orden subordinado, todas de la parte norte, los valores vecinos a los de los autores citados corresponden a radios de curvatura pequeños (no más de 850 metros), o sea, completamente distintos a los de las grandes playas, ratificándose la importancia de la reflexión y de la exposición.

5) El concepto de playa en equilibrio debido a Tanner (1958) no parece claro al autor de este trabajo. Sería conveniente enfocarlo desde un punto de vista morfométrico.

De todas maneras, parece ser factor de una playa en equilibrio una gran cantidad de arena, hecho que puede indicar que las variaciones estacionales no tienen un papel preponderante en el cambio de carácter de la playa. Las playas medidas son casi todas de muy abundante arena.

CONCLUSIONES

- 1) El origen de la curvatura de las playas entre Punta de Talca y Punta Toro está influido notoriamente por la exposición.
- 2) Para las grandes playas de primer orden la curvatura disminuye con la tendencia a la cancelación de los vectores de deriva litoral.
- 3) Lo contrario ocurre para las playas de segundo y tercer orden y para las pequeñas playas de primer orden que está lejos de las grandes.
- 4) Hay una relación inversa entre el índice de curvatura del primer orden y aquel de los órdenes subordinados.
- 5) También hay una relación inversa entre el grado de jerarquización y la curvatura de la gran playa de primer orden.
- 6) El factor extensión es importante en estas relaciones. Está unido a los

factores primarios, lo que complica la interpretación de los factores oceanográficos.

7) De estos últimos, la reflexión del oleaje es que más claramente se manifiesta en la curvatura, pero sólo para las curvas de segundo y tercer orden, de manera tal que es más fácil interpretar los factores oceanográficos de estas últimas.

8) Es difícil hacer una relación clara de la curvatura con el fetch, especialmente por las diferencias de exposición. De todas maneras, esta relación parece más aplicada a las grandes playas de primer orden, que tienden a ser perpendiculares a las ortogonales superficiales de las más frecuentes olas. Aquí es importante llamar la atención en la familiaridad de la curvatura entre playas cercanas, que tiende a ser independiente de su extensión. Pero esto no se cumple en otras playas pequeñas y más lejanas, hecho —al parecer del autor— de difícil y delicada interpretación.

9) El índice de curvatura l ideado por el autor (radio igual a l radián) felizmente ha resultado adecuado a la experiencia, en el sentido de que se da una cantidad importante de valores de ese tipo, no sólo en esta experiencia, sino también en la de otros autores. La abertura correspondiente de la playa en grados ($57,3$) se acerca a los casos oceánicos de Tanner. No se pretende que esta curvatura sea la de una playa en equilibrio, porque se desconoce una base natural para así afirmarlo. En cambio, se hallaron pocos sectores cercanos a 14° (según la experiencia de Hoyle y King), pero vale bien la pena anotar que las playas de primer orden (grandes y cercanas a éstas), que están en posición NW-SE (casi coincidente con las crestas de olas más comunes), son las que se acercan a estos valores.

Se ve claramente que todavía no se puede decir qué valor subtende una playa en equilibrio y qué índice de curvatura tiene de acuerdo con determinadas condiciones oceanográficas. Por esta razón, y en forma provisoria, se aceptará como arco subtendido de referencia al que corresponda al índice de curvatura l del autor, cuya relación matemática es fácil de comprender y cuya frecuencia en la naturaleza ha sido probada, aunque no corresponda a la influencia de algún factor oceanográfico determinado. Hay que recordar, no obstante, que la curvatura l no corresponde a los valores más frecuentes hallados en esta experiencia (no es el modo de la población total), que están entre 20 y 40° . Como se ha manifestado más arriba, este último tipo de valores podría obedecer a razones oceanográficas que fueran más allá de la reflexión.

10) La desembocadura de los ríos no fue mencionada en este texto, pero también influye en la curvatura. Tiende a producir una convexidad poco notoria, como se puede apreciar en las fotos 1 y 2. Estas convexidades son contrarrestadas por pequeñas concavidades, pero más amplias y menos curvadas que las demás que hay allí donde no desemboca un río.

El interés científico de las áreas de desembocadura consiste en que los cordones litorales formados, con una convexidad hacia el mar, indican un balance entre la acción dinámica fluvial y la marina. De esta manera la curvatura de la playa en este sector es menor, o puede ser negativa (convexa). La acción fluvial se manifiesta en la convexidad principal y la marina en las concavidades secundarias. No se hizo morfometría de estos sectores, porque no se tienen todavía buenos antecedentes sobre el grado de transición o circunstancial de sus formas. Posteriormente, va a ser conveniente tomarlas en cuenta.

APENDICE

DATOS MORFOMÉTRICOS DE 55 CURVAS DE PLAYA

<i>Nombre</i>	<i>Inicial orden</i>	<i>Angulo°</i>	<i>R m</i>	<i>C</i>	<i>E m.</i>
Isla Negra	R	66,5	141,4	1,16	164,5
Laguna Córdova	R	96,5	176,8	1,68	290,0
Tabo Norte	R	99,5	283,0	1,73	489,0
La Chépica	R	12,5	11.650,0	0,21	2.540,0
Idem	r1	56,0	563,0	0,97	553,0
Idem	r2	54,0	353,0	0,94	333,0
Idem	r3	34,0	920,0	0,59	544,0
Idem	r4	52,5	566,0	0,91	506,0
Idem	r5	32,0	494,0	0,55	276,0
Idem	r6	62,0	353,0	1,10	382,0
Idem	r7	64,0	283,0	1,11	315,0
Puntilla-Tres Cruces	R	54,5	566,0	0,95	538,0
Idem	r1	56,0	283,0	0,97	276,0
Idem	r2	49,0	283,0	0,85	240,0
El Rincón	R	50,0	848,0	0,87	742,0
Idem	r1	48,5	212,0	0,84	178,0
Las Cruces	R	30,0	212,0	0,52	112,0
San Sebastián-Cartagena	R	35,5	8.200,0	0,61	5.000,0
Idem	r1	3,5	743,0	0,06	452,0
Idem	r2	60,0	176,8	1,04	185,0
Idem	r3	42,0	247,0	0,73	188,0
Idem	r4	37,5	212,0	0,65	138,0
Idem	r5	75,5	141,4	1,31	186,0
Idem	r6	53,0	176,8	0,92	152,0
Idem	r7	25,0	353,5	0,43	154,1
Idem	r8	52,5	176,8	0,91	161,9
Idem	r9	34,0	424,2	0,59	251,7
Idem	r10	31,5	388,9	0,54	222,7
Idem	r11	30,0	353,5	0,52	184,5
Idem	r12	64,0	141,4	1,11	158,4
Idem	r13	39,5	212,0	0,68	145,6
Idem	r14	61,0	247,5	1,06	263,7
Idem	r15	28,0	282,8	0,48	151,3

Nombre	Inicial orden	Angulo°	R m	C	E m.
Idem	r16	32,2	247,5	0,56	137,9
Idem	r17	45,5	247,5	0,79	195,8
Idem	r18	65,0	106,1	1,13	119,5
Idem	r19	27,0	707,0	0,47	332,3
Cartagena Playa Chica	R	12,5	1.414,0	0,21	307,5
Punta Sto. Dmgo.-Pta. Toro	R	65,0	18.382,0	1,13	20.785,8
Idem	r1	22,0	8.484,0	0,38	3.259,3
Idem	r1'	20,0	989,8	0,34	345,0
Idem	r1''	27,0	707,0	0,47	333,7
Idem	r1'''	23,0	848,4	0,40	340,8
Idem	r1''''	22,3	4.949,0	0,38	1.923,0
Idem	r2	18,0	6.363,0	0,31	1.993,7
Idem	r3	17,5	7.070,0	0,30	2.157,1
Idem	r3'	37,0	1.414,0	0,64	908,5
Idem	r3''	27,0	2.262,4	0,47	1.064,0
Idem	r4	40,5	8.837,5	0,70	6.235,7
Idem	r4'	28,0	1.237,3	0,48	605,2
Idem	r4''	38,0	8.484,0	0,66	5.627,7
Idem	r5	22,5	18.382,0	0,39	7.218,5
Idem	r5'	12,5	8.484,0	0,21	1.852,3
Idem	r5''	23,0	1.272,6	0,40	528,8
Idem	r5'''	20,5	4.242,0	0,35	858,3

REFERENCIAS

- SCHRIEVER, W. (1955). Were the Carolina Bays oriented by gyroscopic action? *Trans. Am. Geoph. Union*. Vol. 36, Nº 3, pp. 465-469.
- SCHRIEVER, W. (1956). Discussion of "Were the Carolina Bays oriented by gyroscopic action?" *Trans. Am. Geoph. Union*. Vol. 37, Nº 1, pp. 112-117.
- TANNER, W. F. (1958). The Equilibrium Beach. *Trans. Am. Geoph. Union*. Vol. 39, Nº 5, pp. 889-891.
- TANNER, W. F. (1960). Expanding Shoals in Areas of Wave Refraction. *Science*. Vol. 132, Nº 4.333, pp. 1012-1013.
- TANNER, W. F. (1962). Reorientation of Convex Shores. *Am. Journ. of Science*. Vol. 260, pp. 37-43.