

DINAMICA Y SEDIMENTACION EN EL ESTUARIO DEL ASON (CANTABRIA)

P. MARTINEZ CEDRUN

TRABAJOS DE GEOLÓGIA Martínez Cedrún, P. (1984).—Dinámica y sedimentación en el estuario del Asón (Cantabria). *Trabajos de Geología*, Univ. de Oviedo, 14, 175-197.



La ría del Asón es un estuario típico originado a expensas de un doble control litológico y estructural, como ocurre con la mayor parte de los estuarios de Cantabria.

Se lleva a cabo una descripción morfológica del conjunto estuarino del río Asón, que sirve de base para el conocimiento de la dinámica en el interior y en la playa de Salvé.

Se definen, mediante análisis salinométricos (onda salina) y de las variaciones mareales (onda mareal), los diferentes tipos de circulación estuarina desde la cola a la bocana, durante un ciclo mareal completo.

Al combinar los estudios de la salinidad con los granulométricos se hace posible establecer las principales corrientes responsables de la distribución de sedimentos.

The estuary of river Asón (Cantabria, Northern Spain) is originated by both lithological and tectonic controls.

Morphological description is the basis for the knowledge of the estuarine and beach dynamics.

Salinometric analysis (saline wave) and tidal changes (tidal wave) and the whole of estuarine dynamics during a tidal cycle are studied.

Granulometric and salinometric analysis allows to establish the main currents responsables of the sediments distribution.

Patricio Martínez Cedrún, Departamento de Estratigrafía, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo. Manuscrito recibido el 7 de mayo de 1984.

SITUACIÓN Y GENERALIDADES

El estuario de Santoña se encuentra en la zona oriental de la provincia de Cantabria (N de España) (Fig. 1).

Formado en la desembocadura del río Asón, con una extensión de aproximadamente 3.500 Ha, es el estuario más amplio de la provincia de Cantabria después del de Santander. El estuario tiene en planta forma compleja, con su parte más interna en la localidad de Limpias, ensanchándose progresivamente hacia Santoña y Monte Hano, situados en la parte externa del estuario. No obstante, el desarrollo de entrantes y canales mareales es mucho más importante en el margen occidental (37 Km de contorno), que en el oriental (10,700 Km de contorno).

El estuario de Santoña tiene una alineación S-N, cambiando su orientación al E en su salida al mar. Dicha desembocadura tiene una anchura de 375 m y está limitada al N, por la villa de Santoña y al S, por el Puntal de Laredo.

Debido a la gran importancia turística y pes-

quera de los puertos que rodean el estuario, es una zona con una alta densidad de población, que se concentra en núcleos urbanos, entre los que cabe destacar: Santoña, Laredo, Colindres, Limpias y Gama, entre otros.

El estuario está limitado al N por el tómbolo de Santoña que se cierra por la playa y dunas de Berria, y al E por la gran barra arenosa denominada del Regatón en su parte occidental y la playa de Salvé o de Laredo en la oriental, dentro de la cual se ha desarrollado un importante sistema dunar eólico, que se encuentra en un avanzado estado de antropización.

Popularmente, el término estuario es sustituido por la denominación «ría», abarcando este concepto cualquier zona donde se produce mezcla de agua salada y agua dulce.

El nombre que se da al estuario varía de unos lugares a otros, dependiendo de la localidad. Así, tenemos que el estuario de Rada es conocido mayormente como ría de Carasa, correspondiendo dicho nombre a la población situada

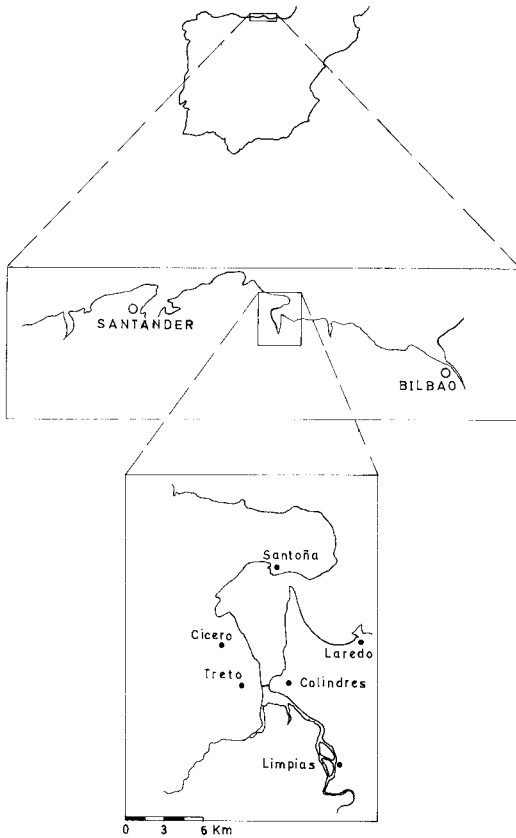


Fig. 1.-Esquema de situación del estuario del Asón.

donde la «ría» adquiere mayor relevancia. Desemboca en ésta el río Clarín.

Antiguamente, se conocía al estuario de Santoña como ría de Marrón, tomando este nombre de un pueblo situado en la parte más interna de la «ría» y que tuvo una cierta importancia por su astillero. El desuso de esta denominación ha ido, sin duda, acompañado de la desaparición del astillero y al predominio, cada vez mayor, de las condiciones fluviales en dicha zona de la «ría».

En la actualidad, se llama ría de Limpias a la parte del estuario situado entre dicha localidad y el puente de Treto. En Limpias, la ría se divide en dos brazos, conociéndose el brazo del margen occidental como ría de Angustina.

A partir del puente de Treto y hasta la desembocadura del estuario en la bahía de Laredo, se le conoce con el nombre de ría de Treto, que toma el nombre de la población situada en el margen occidental de la ría.

En las proximidades a su desembocadura, el estuario de Santoña tiene una serie de entrantes a los que comúnmente se les conoce con el nombre de canales de Hano, Argoños y Boó, y que con fines turísticos y divulgativos se les ha aplicado, erróneamente, el término «ría».

ANTECEDENTES

La costa y puertos de Cantabria han sido descritos desde muy antiguo por la importancia económica, política y militar que han supuesto para Castilla. Ya en 1556, con motivo de la llegada del Emperador Carlos V a Laredo, se hace referencia a la antigua situación del puerto que se encontraba donde está enclavado en la actualidad el Ayuntamiento, a unos 250 m del puerto actual.

Amalio Maestre, en su «Descripción física y geológica de la provincia de Santander» (1864), cita la desaparición del antiguo puerto de Laredo y vaticina la unión de la playa de Salvé con Santoña.

Bravo y Tudela (1873) confirman que la aglomeración de arenas, que originó la pérdida del antiguo puerto de Laredo, tuvo lugar en 1855 y que la playa de Salvé comienza en la actualidad donde estuvo la antigua entrada del puerto.










En 1873, Alfonso Areitio publica una nota en la que afirma que Santoña es una playa levantada que se ha formado como consecuencia del retroceso del mar en la costa norte española.

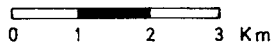
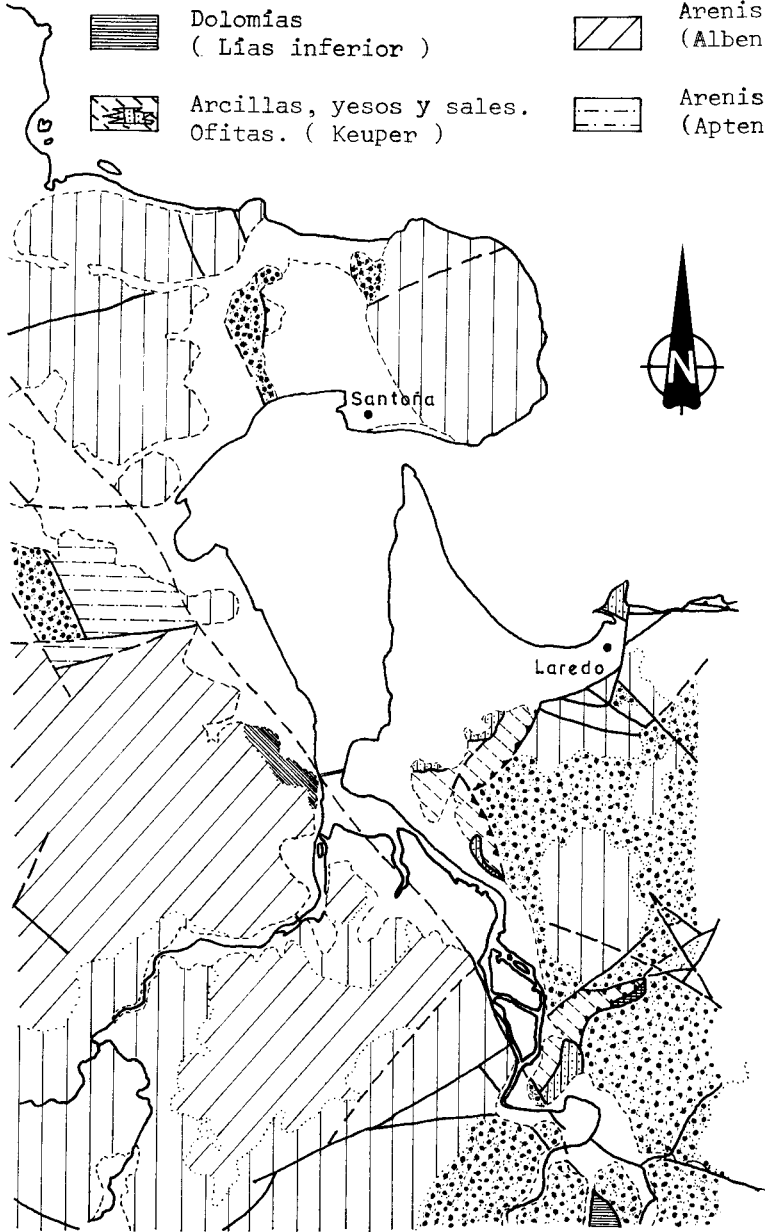
En la obra *Santoña Militar* (1894), el coronel Ramiro de Bruna hace alusión a un aumento de la profundidad del agua a través de los siglos en el puerto de Santoña.

El tómbolo de Santoña fue definido por vez primera en 1921 por Orestes Cendrero, que lo considera como producto de la fusión de otros dos tómbolos más antiguos.

Sobre la formación del tómbolo de Santoña, Hernández Pacheco (1930) tiene puntos de vista

Fig. 2.-Esquema geológico de los alrededores del estuario. Se constata el doble control litológico y tectónico en el origen de las mismas. Tomado de Olivé Davó *et al.* 1978.

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Calizas
(Aptense-Albense) |  | Cuaternario |
|  | Areniscas y limos
(Valang. sup.- Barrem.) |  | Margas y calizas
(Cenom. medio-Santonense) |
|  | Margas y calizas
(Lías superior) |  | Areniscas y arcillas
(Albense a Cenomanense) |
|  | Dolomías
(Lías inferior) |  | Areniscas, margas y calizas
(Aptense sup.-Cenom. inf.) |
|  | Arcillas, yesos y sales.
Ofitas. (Keuper) | | |



originales que difieren de los expuestos con anterioridad por Cendrero.

El propio Cendrero (1932) corrige la nota publicada con anterioridad por Areitio, demostrando que había confundido Santoña con Laredo. Además, argumenta la posibilidad de un movimiento transgresivo en esta zona.

Las dunas de la playa de Berria fueron estudiadas por Cendrero (1934), que resalta la importancia para su formación de los vientos del Noroeste.

Según Hernández Pacheco (1955), los estuarios de la costa cantábrica se originan por el hundimiento que sufre el litoral cantábrico el cual provoca la inundación de valles fluviales.

Los estudios más recientes sobre depósitos dunares eólicos actuales han sido realizados por Flor (1980), quien define a las dunas de Berria como dunas transversales incipientes en las cuales la cresta está conformada cerca de la playa.

GEOLOGÍA

Desde el punto de vista geológico, destacan en los alrededores del estuario los afloramientos de materiales Triásicos, Jurásicos, Cretácicos y Cuaternarios (Fig. 2).

El Trías está representado por el Keuper con arcillas abigarradas y materiales de origen volcánico (ofitas, a veces con diques de diabasa). El contraste en resistencia a la erosión entre ambos materiales produce, en el caso de las arcillas, la formación de prácticamente todo el fondo de asentamiento del estuario y, en el de las ofitas, se forman salientes, siendo el más representativo la Atalaya de Laredo.

Las margas, calizas y dolomías jurásicas afloran en pequeñas manchas poco extensas y muy localizadas.

Los materiales cretácicos cubren la mayor parte de la zona. Dentro de éstos, los más significativos son: areniscas y limos arcillosos (Valanginiense Sup.-Hauteriviense-Barremiense), ampliamente representados en el margen oriental del estuario, favoreciendo las areniscas el desarrollo de llanuras aluviales en la cola y afluentes; las calizas del Aptense son las que delimitan la entrada del estuario, desarrollando fuertes acantilados; por último, las areniscas y arcillas limolíticas del Albense únicamente se encuentran en el margen suroccidental del estuario.

El Cuaternario está representado por materia-

les aluviales, depósitos de marisma, arenas de playas y dunas.

Además del control litológico, la formación y posterior desarrollo del estuario está íntimamente relacionado con las estructuras (disposición estructural, pliegues y fallas) y los ascensos y descensos del nivel del mar.

La falla Ampuero-Escalante atraviesa el estuario en toda su longitud con una dirección NNW-SSE, siendo el rasgo estructural más importante en cuanto a la génesis del estuario. Dicha falla, que seguramente fue activa durante el Albense Superior y Cenomanense, ha condicionado que los depósitos del Cretácico Inferior presenten facies muy diferentes a uno y otro lado de ella.

En relación con la falla principal Ampuero-Escalante, existe un conjunto de fallas conjugadas de dirección NNE-SSW, así como otras menores paralelas, que, en algunos casos, sirven de base para la instalación de canales marciales.

Los pliegues son en general bastante laxos, situándose sus ejes con una dirección NE-SW en el margen occidental de la falla principal, mientras que en el margen oriental toman una dirección paralela a la falla.

Los materiales pre-cuaternarios, que afloran en el entorno del estuario, configuran un borde abrupto en el tramo comprendido entre Laredo y Colindres y unas antiguas islas como es el caso de la Peña de Santoña y Monte Hano, en cuya formación han intervenido decisivamente el desarrollo de fallas y la presencia de materiales blandos (arcillas).

ZONAS MORFOLÓGICAS

En la ría de Santoña, se pueden distinguir tres zonas caracterizadas por su morfología, dinámica y naturaleza de los sedimentos: (Fig. 3).

- *Zona occidental.* Está delimitada al sur por el puente de Treto y comprende los canales de Argoños, Escalante y Boó. Es la zona de la ría donde las marismas están ampliamente desarrolladas. El sedimento típico de esta parte es el fango, que se encuentra surcado por canales sinuosos de marea que drenan a los canales principales; excavan en los fangos, acumulando en su cauce granulometrías de arenas y gravas conchíferas. Estos canales tienen poca extensión con meandros muy pronunciados que dan un aspecto serpenteante. Un mayor desarrollo

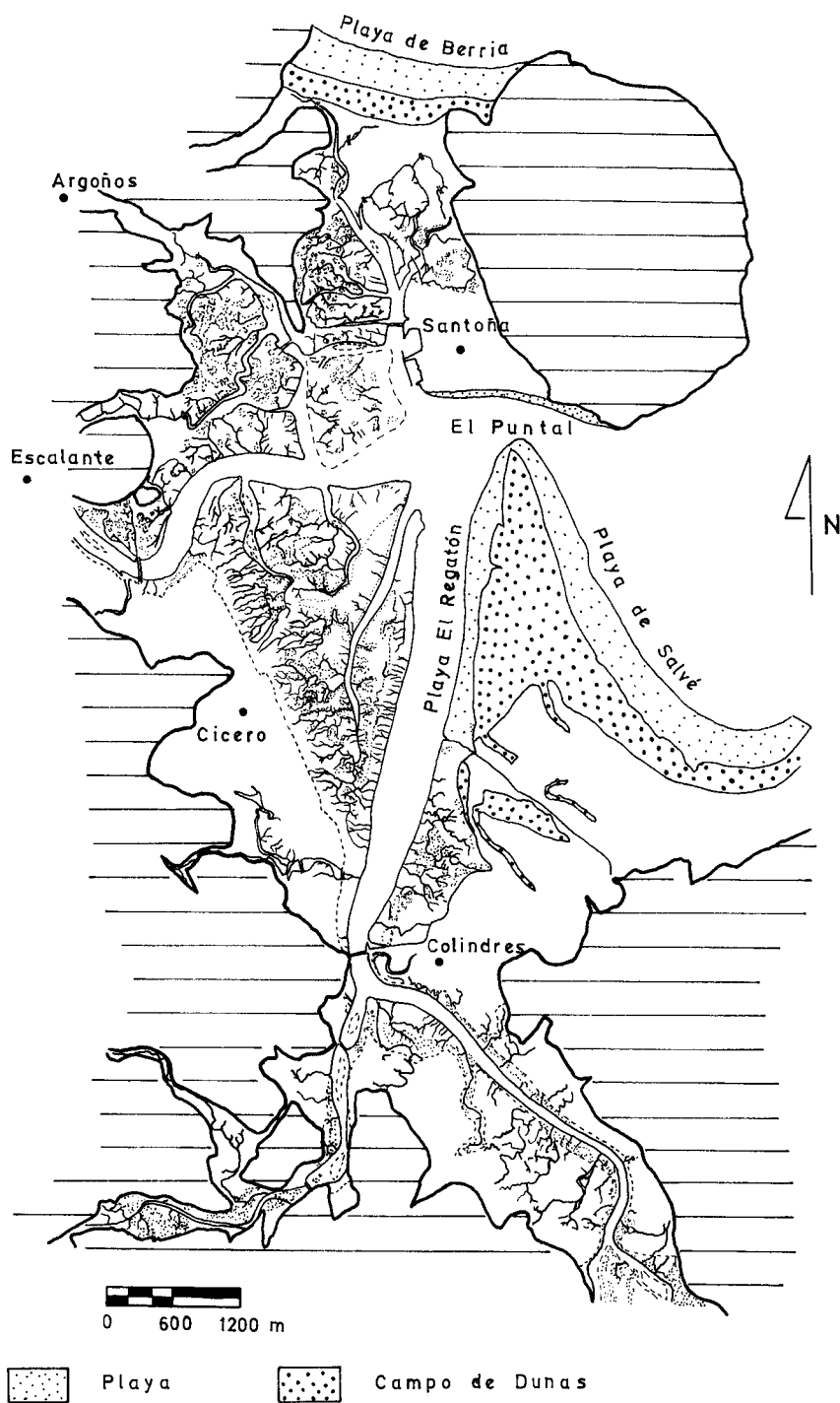


Fig. 3.—Principales áreas morfológicas del estuario. Se identifican los canales principales y secundarios, así como las áreas de fangos y llanuras halofíticas con sus redes densas de drenaje. Las playas de Salvé y del Regatón cierran el conjunto estuarino junto con la de Berria.

tienen los canales principales arenosos que están controlados por los flujos de entrada y salida del agua. Según Postma (1967), el flujo predomina en canales que gradualmente tienen bancos hacia tierra, mientras que los canales de reflujos siguen un curso meandriforme (Fig. 4).

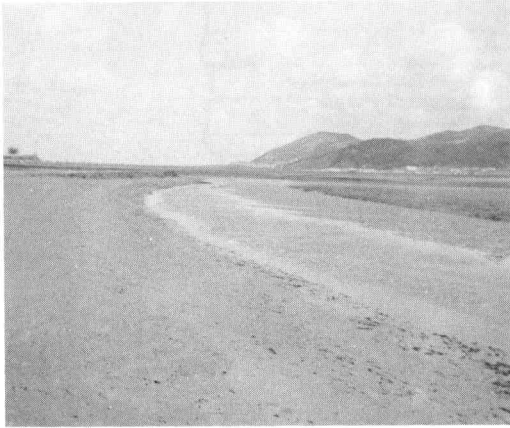


Fig. 4.—Aspecto de un canal secundario, activo en pleamar, situado en la margen derecha del canal de Escalante. En primer plano, fangos endurecidos con desarrollo de grietas de desecación. El canal desarrolla megaripples de corriente. Al fondo el tómbolo de Santaña.

En los bordes de los canales principales o secundarios, es frecuente la presencia de un talud de fangos cuyo desarrollo varía de unos canales a otros según la divagación, teniendo una altura media que oscila de 50 a 75 cm. Este talud está frecuentemente fracturado debido a la desecación que sufre el fango al estar expuesto intermitentemente al ambiente subaéreo y al cambio brusco de pendiente, encontrándose en algunos sitios al pie del talud bloques que han caído por acción de la gravedad; estos bloques posteriormente pasarán a cantos blandos, siendo frecuente encontrarlos en los bordes de los canales. A lo largo de los taludes, se encuentran excavaciones producidas por Carcínidos, estando, en algunos casos, rellenos de sedimento arenoso (Fig. 5).

En las mareas de alto coeficiente y durante la bajamar, es posible la observación, en las zonas de bocana, de amplios bancos arenosos caracterizados por la presencia de megaripples y ripples superpuestos de corriente, acumulaciones residuales de conchas principalmente en los senos de los ripples y organismos que viven en el

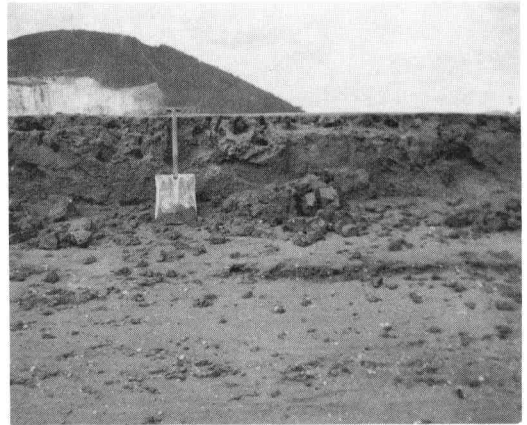


Fig. 5.—Talud en la llanura de fangos, donde se observan las galerías practicadas por Carcínidos. Al pie, numerosos cantos blandos y restos bioclásticos, fundamentalmente de *Cerastoderma*.

sedimento: *Solen*, *Echinocardium cordatum*, *Cerastoderma edule*, etc.

La vegetación de la ría tiene una considerable importancia morfológica, puesto que existe una cierta jerarquización de la vegetación desde las zonas de los canales hasta la zona más alta. En la zona supramareal, donde la marea prácticamente nunca llega y el agua es de infiltración, adquieren una notable relevancia la presencia de *Juncus* y, en menor proporción, *Spartina*, *Salicornia*, *Zostera*, que son más abundantes en áreas más frecuentemente invadidas por la marea, estableciéndose en matas sobre el fango blando. Las llanuras de *Zostera* están más desarrolladas en la denominada playa de Cicero, permitiendo la presencia de organismos, fundamentalmente de Gasterópodos. En una posición topográfica más baja, se desarrolla una llanura de fangos muy bioturbada por *Nereis*, *Cerastoderma*, etc. En los canales predominan los organismos filtradores como son *Cerastoderma*, *Venus*, *Solen*, ..., encontrándose organismos comedores del sedimento (*Arenicola*) en las proximidades del canal (Figs. 6, 7 y 8).

—*Zona oriental*. Comprende desde Laredo a Colindres. En esta parte el fango prácticamente desaparece y la arena se convierte en el principal componente sedimentario.

La morfología, al igual que la vegetación y los organismos, cambia completamente, construyéndose una barra arenosa que cierra el estuario. Esto es debido, en gran parte, a la aportación de materiales por el río Asón y la deriva

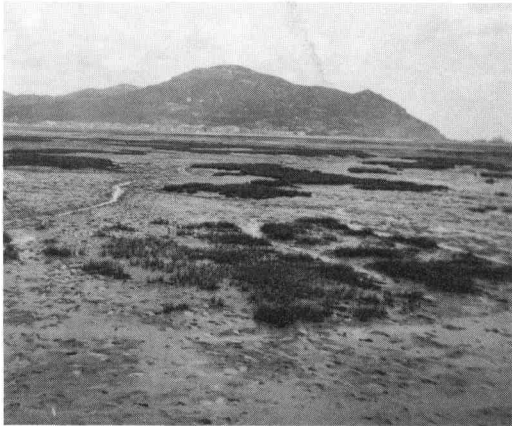


Fig. 6.—Llanura de fangos parcialmente colonizada por *Spartina*, situada en la margen izquierda de la ría frente a Cicero.

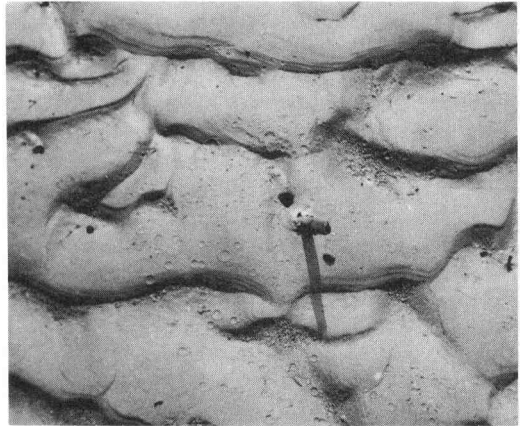


Fig. 8.—Ripples asimétricos de pequeño tamaño, pasando a linguoides. Se trata de una zona donde vive *Solen marginatus*, que aparece en la fotografía, así como gotas de agua sobre la superficie producidas por el mismo organismo.



Fig. 7.—Ripples asimétricos de corriente a pequeña escala, pasando a linguoides en el borde occidental de la ría (área de Cicero). Se desarrollan pistas de *Littorina*.

litoral, que son aprovechados para la formación de la misma.

La gran extensión de las playas, la más oriental, la de Salvé tiene cerca de 5 Kms, aseguran el aporte arenoso al ambiente dunar que se desarrolla detrás de las playas en áreas planas.

La playa del Regatón situada en la margen derecha del río Asón sigue una orientación N-S y tiene una extensión de 3 Kms. A lo largo de toda su longitud, la pendiente es suave, predominando el sedimento arenoso en la zona intermareal superior, cambiando, en algunos casos, a fango en la zona intermareal más baja. Durante la bajamar se descubre una zona de unos 50 metros, próxima al Puntal, con vegetación de

Zostera; es en esta parte de la playa donde habitan gran variedad de organismos: Carcínidos, *Solen*, *Cerastoderma*... En la parte más interior, algunas matas de *Spartina* constituyen la única vegetación existente.

En la misma desembocadura del río Asón y en su margen Norte, se encuentra la playa de San Martín, bordeada por el hermoso Paseo del Pasaje. La pendiente es bastante pronunciada, atenuándose en la parte más externa. Con una extensión de 1.600 m, únicamente es visible durante los períodos de bajamar. Esta playa se caracteriza por la presencia de cantos redondeados, predominantemente calcáreos, que forman acumulaciones de varios metros de extensión, recordándose en Santoña que durante el invierno del 82 y con motivo de un fuerte temporal, desapareció toda la arena de la playa surgiendo una gran cantidad de cantos; poco a poco la arena se ha ido restituyendo y en la actualidad únicamente se pueden observar cantos en la zona exterior.

La playa de Salvé adquiere la típica forma de concha en espiral como resultado de la refracción que sufre el oleaje al acercarse a la costa. Está protegida por dos promontorios: La Peña de Santoña y La Atalaya de Laredo, que la resguardan de los oleajes y de la corriente costera.

Transversalmente, la playa de Salvé se puede dividir morfológicamente en tres zonas:

- Zona supramareal. Formada por la zona

alta de playa, por encima de los niveles medios de pleamar. Es una superficie más o menos plana que se encuentra mejor desarrollada en el borde oriental (20 metros) y enlaza con el continente mediante un campo de dunas.

En esta zona se observa la presencia de escalones producidos en los momentos de estacionamiento de pleamares o de tormentas. Estos escalones, llamados bermas, son más frecuentes en la zona occidental, acrecentándose en la zona de canal del río Asón. También se observan marcas de swash (Fig. 9).



Fig. 9.—Zona supramareal de la playa de Salvé. En primer término berma erosionada, donde se pone de manifiesto la laminación horizontal. Al fondo restos de la erosión de la duna excavada en su base por el oleaje.

Al permanecer gran tiempo expuesta al ambiente subaéreo, la arena se encuentra seca y es la zona preferida para tomar los baños de sol.

El campo de dunas está constituido según Flor (com. personal) por dunas lingüiformes y montículos aislados e interconectados que dan un campo complejo irregular con cordones dunares (transversales), en los bordes de la playa (Fig. 10).

—Zona intermareal. Está comprendida entre los niveles de mareas vivas. Su anchura es bastante grande (220 m), disminuyendo hacia el W al aumentar el tamaño de grano y la pendiente.

Se diferencian dos subzonas: una superior, denominada talud intermareal (70 m), y otra inferior, que es más extensa y suave y se denomina terraza de bajar (150 m).

—Zona submareal. Está siempre sumergida excepto en mareas muy vivas en las que puede llegar a emerger la parte superior de la zona.



Fig. 10.—Vista parcial desde el Puntal hacia Laredo del límite de la playa-dunas de Salvé. La porción externa de la duna está representada por una franja activa, parcialmente colonizada por vegetación, donde se identifican dunas lingüiformes y montículos aislados que crecen hacia el continente.

Cuando esto ocurre aflora una barra arenosa o bancal en cuya porción interna se desarrolla un canal de desagüe (runnel).

—Zona interior. Está enmarcada entre el Puente de Treto y Limpias. El sedimento es fangoso.

En la parte más interna, la ría pasa suavemente a canales fluviales típicos cambiando el sedimento del canal de arenas a gravas y cantos; deja en los bordes sedimentos fangosos que río arriba evolucionan a granulometrías arenosas.

Los organismos son escasos, encontrándose principalmente *Scrobicularia plana*, Carcínidos y Anélidos.

En algunas zonas del estuario, y con el fin de ganar terreno a la ría, se han construido diques de protección. Estos diques aíslan el canal principal de las llanuras mareales donde se instalaban los canales mareales secundarios y que en la actualidad se encuentran, en su mayor parte, rellenos por el hombre, conservando unos pocos su actividad mareal. Estos terrenos determinan una superficie llana, siendo utilizados como pastos para ganaderías.

La Peña de Santoña se encuentra unida al monte Brusco por medio de un cordón arenoso que constituye la playa y dunas de Berria. Este tómbolo tiene una longitud de 1.800 m y una anchura de 160 m. Se forma gracias a la actuación de la corriente costera y no por refracción del oleaje (Fig. 4).

Según Cendrero (1932), el emplazamiento de la playa-tómbolo debió suponer en su día la desembocadura principal de la ría.

La configuración actual del tómbolo de Santoña es relativamente reciente si se tiene en cuenta que a principios del siglo pasado y durante las grandes mareas equinociales, los pescadores podían salir al mar libre por un estrecho estero que existía a la altura del Dueso, en la parte E del tómbolo.

METODOLOGÍA

En el espacio comprendido entre la desembocadura de la ría y el puente de Treto, se han situado una serie de estaciones fijas (Fig. 22) para la recogida de muestras de agua que permitan establecer la salinidad y en último término conocer la circulación estuarina.

Los datos de salinidades se obtuvieron con un salinómetro portátil marca Y.S.I., modelo 33.

A la vez que se recogen las muestras de agua se registran las variaciones de la onda mareal, mediante el establecimiento de puntos fijos o colocando diferentes jalones.

Longitudinalmente a las playas de Salvé y el Regatón, se recogieron muestras de una manera puntual y superficial en el subámbito intermareal. También se realizaron muestreos siguiendo direcciones perpendiculares a la playa de Salvé abarcando los subámbitos supra e intermareal (Fig. 23).

Las muestras fueron lavadas con agua dulce en repetidas ocasiones, con el fin de eliminar la sal y otras impurezas; a continuación, se secan y se toman 100 gr de cada muestra para proceder a su tamizaje.

A partir de las curvas acumuladas en papel probabilístico, se obtienen los parámetros de rango: Centil y Mediana y de relación: Media, Clasificación, Asimetría y Angulosidad (Folk y Word, 1957).

Posteriormente, se sometió a la totalidad de las muestras al análisis calcimétrico en un calcímetro estandar de Bernard.

DINÁMICA SALINA

Onda mareal

El trazado de las ondas mareales reales se ajusta bastante bien a las ondas mareales teóricas en los diferentes puntos del estuario en que

se han realizado medidas. Son, por lo tanto, ondas estacionarias típicas.

Las ondas mareales registradas se sitúan, durante la pleamar, por encima de la onda mareal teórica, compensando el sistema en los momentos de bajamar en que se colocan por debajo. Esta diferencia entre la pleamar y la bajamar se explica por adición de la masa de agua dulce a la masa salina que entra en el estuario (Figs. 11, a, b, c, d).

Al trasladarse la onda mareal por el interior del estuario, sufre un cierto desfase con relación a la teórica en mar abierta, cuyo valor es tan solo de 5 minutos.

Este desplazamiento es debido a los accidentes geomorfológicos y a la dinámica estuarina. El momento de pleamar es prácticamente simultáneo en todas las estaciones en que se han registrado ondas mareales, si bien, se alcanza con anterioridad en la estación del muro de Colindres (6 minutos) debido a fenómenos de resonancia.

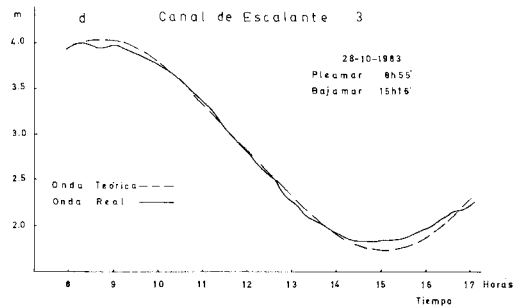
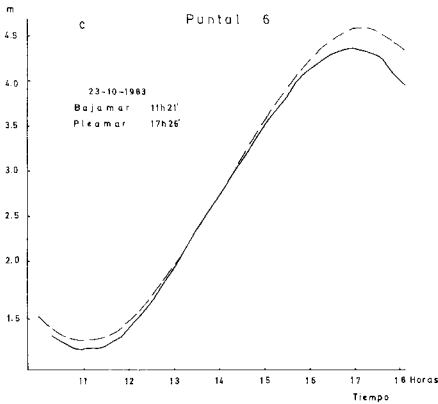
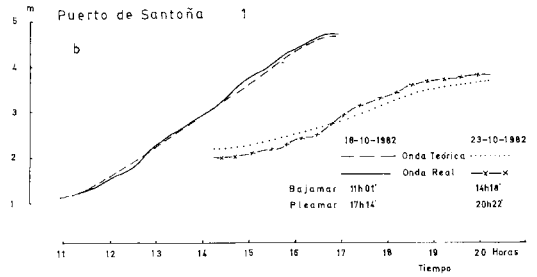
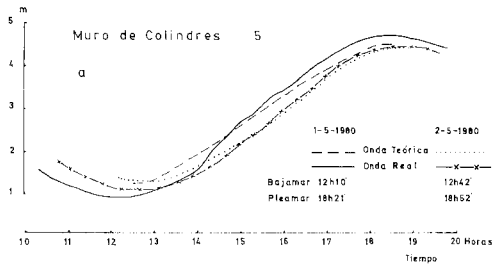
En todas las ondas mareales se producen unas «gibas», que son consecuencia directa de las dificultades que tiene la onda mareal para desplazarse en el estuario. En la estación del puente de Treto, se producen en los primeros momentos del ascenso mareal, así como durante la pleamar y el comienzo del descenso mareal. Esto es debido al estrechamiento de la morfología del estuario, que provoca frecuentes taponamientos y extrusiones de la masa de agua.

En el canal secundario de Escalante, las «gibas» tienen una menor intensidad, como corresponde a un canal con menor caudal de agua.

En el puerto de Santoña y durante el ascenso mareal, las protuberancias en la onda mareal son también bastante notorias, resultado de la estrechez del canal de entrada al estuario y que provoca frecuentes obstrucciones a la entrada de la masa de agua al interior del mismo.

En las estaciones del Puntal y muro de Colindres, las «gibas» son muy pequeñas y únicamente cabe destacar en la primera una fuerte acumulación de agua 2 horas después de pleamar, y en la segunda un rápido descenso durante la bajamar.

Las «gibas» generalmente tienen, en primer lugar, una fase de ascenso a la que sigue otra de descenso que compensa la anterior. Hay casos en que ocurre lo contrario, es decir, primero baja y luego sube, siendo resultado de una rá-



Figs. 11, a, b, c, d.—Ondas mareales teóricas y reales en el Muro de Colindres, Puerto de Santoña, Puntal y Canal de Escalante.

cida extrusión de agua que más tarde se compensa (Fig. 12).

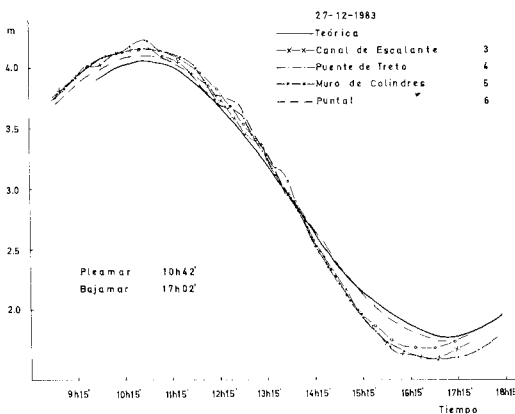


Fig. 12.—Onda mareal teórica y real en las estaciones del Canal de Escalantes, Puente de Treto, Muro de Colindres y Puntal.

Onda Salina

— *En superficie*

Los datos recogidos en las diferentes estaciones son representados en gráficas salinidad-tiempo.

Los días 1 y 2 del 5-1980 se registraron datos de salinidades en la estación del muro de Colindres (5). Durante el primer día, el porcentaje más elevado de agua de mezcla dulce se logra 1h 20' después de bajamar, debido a que el agua de mezcla salada todavía no ha podido alcanzar dicha estación, a pesar de haberse iniciado el ascenso mareal y como consecuencia de las dificultades que tiene en su entrada al interior del estuario. Al día siguiente, se vuelve a producir el mismo fenómeno 1 hora después de bajamar si bien, la máxima salinidad (33,5 %) se sitúa 2 horas antes de la pleamar.

Sin embargo, el 16 del 10-1982, las variaciones de la onda salina están en fase con la onda mareal (Fig. 13).

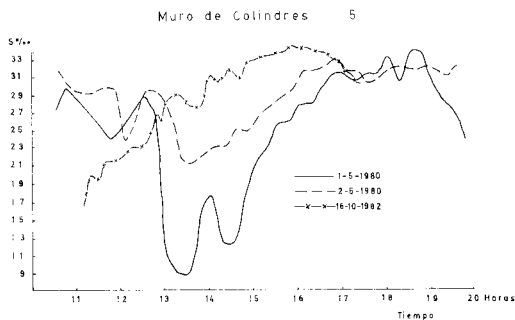


Fig. 13.—Ondas salinas en el Muro de Colindres.

En las estaciones del puerto de Santoña (1) y canales de Argoños (2) y Escalante (3), se tomaron medidas el 18 de octubre de 1982. En la primera de estas estaciones, la máxima salinidad (34,7‰) se alcanza una hora antes de pleamar debido a la irrupción de una «burbuja» de agua salada. En las otras dos estaciones, el porcentaje de agua marina es bastante elevado, coincidiendo la pleamar con el momento de mayor salinidad (Fig. 14).

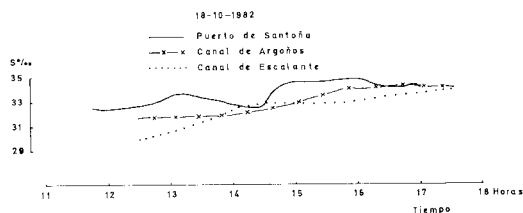


Fig. 14.—Ondas salinas en el Puerto de Santoña, Canal de Argoños y Canal de Escalante.

En el puerto de Santoña, el 23-10-82, la máxima salinidad se produce en el momento de la pleamar, existiendo, además, una diferencia más acusada entre las salinidades máxima y mínima: 28‰-34‰ (Fig. 15).

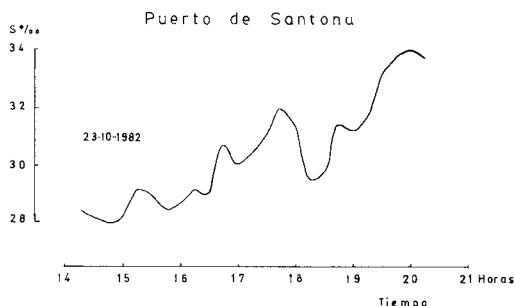


Fig. 15.—Onda salina del Puerto de Santoña.

El 23 del 10 de 1983 se observa, en el Puntal de Laredo (6), un aumento de la salinidad hacia la mitad del ascenso de la onda mareal, disminuyendo tanto en bajamar como en pleamar. Este aumento de la salinidad se debe a la formación de un «remolino» en la parte del Puntal, ocasionado probablemente por la existencia de una zona de fricción con ascenso de agua de fondo más salada (Fig. 16).

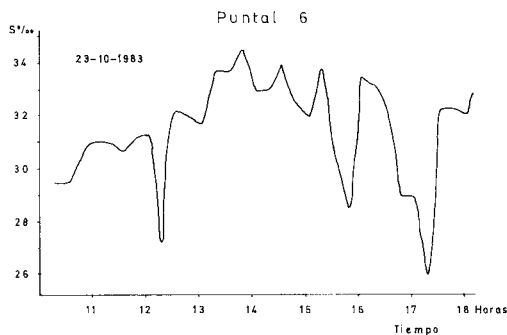


Fig. 16.—Onda salina en el Puntal.

El 27 de diciembre de 1983 se hicieron medidas en las estaciones del Canal de Escalante, muro de Colindres y en el Puntal. En la primera, existe un agua de mezcla salada durante el descenso mareal; el agua se vuelve salada 1h 30' antes de la pleamar por extrusión en superficie de una «burbuja» salina. En el muro de Colindres, la máxima salinidad tiene lugar durante la pleamar para sufrir a continuación un descenso brusco y alcanzar un mínimo salino 2 h 15' después de pleamar (21‰); éste viene provocado por una salida brusca de agua de mezcla dulce, que se encontraba taponada en el puente de Treto durante la pleamar; posteriormente, la salinidad aumenta de una manera brusca para ir descendiendo hacia la bajamar, hecho que se continúa después de ésta, debido a las dificultades que tiene la masa de agua salina para penetrar al interior del estuario.

En el Puntal, la onda salina tiene frecuentes oscilaciones, si bien, los máximos se logran, como ya se ha dicho anteriormente, en los momentos próximos a la pleamar y bajamar (Fig. 17).

— En profundidad

Los datos de salinidades en profundidad han sido representados en gráficos salinidad-pro-

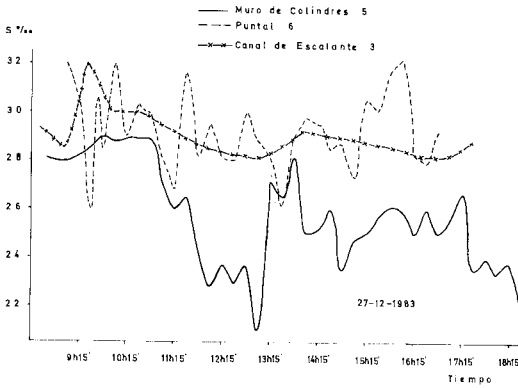


Fig. 17.—Ondas salinas en las estaciones del Muro de Colindres, Canal de Escalante y Puntal.

fundidad o combinando la onda mareal con su variación en salinidad (Dorresteijn 1960; Sánchez de la Torre *et al.* 1980).

En el puerto de Santoña se recogieron datos de salinidades en profundidad el día 10-1-83; el agua es prácticamente marina, puesto que el porcentaje de agua salada es superior al 73 %. Existe una homogeneidad de la salinidad en

profundidad. En la mayor parte de la onda salina, el agua de fondo está representada por una masa con salinidad de 31,5 ‰. La máxima salinidad irrumpe en superficie 15 minutos antes de pleamar y se mantiene durante 3 horas (Fig. 18).

En el canal de Escalante, el 28-10-83, el agua es casi marina, permaneciendo constante en profundidad (Fig. 20).

En el puente de Treto, durante los días 16-10-82, 10-1-83 y 27-12-83, se observa una repetición más o menos fiel de los mismos fenómenos en los distintos días. Puede apreciarse que a medida que sube la marea, la influencia fluvial decrece. El agua de fondo experimenta un descenso en su salinidad hasta, por lo menos 2 h 15' después de la bajamar en que inicia un aumento resultado de la introducción de agua salada. En superficie, se produce una extrusión del agua de fondo con una elevada salinidad momentos antes de pleamar. Sin embargo, este agua extruida es rápidamente solapada por una masa de agua de mezcla, encontrándose, no obstante, a pocos metros de profundidad agua marina que se dispone en forma de cuña (Figs. 19 a, b).

Puerto de Santoña 1

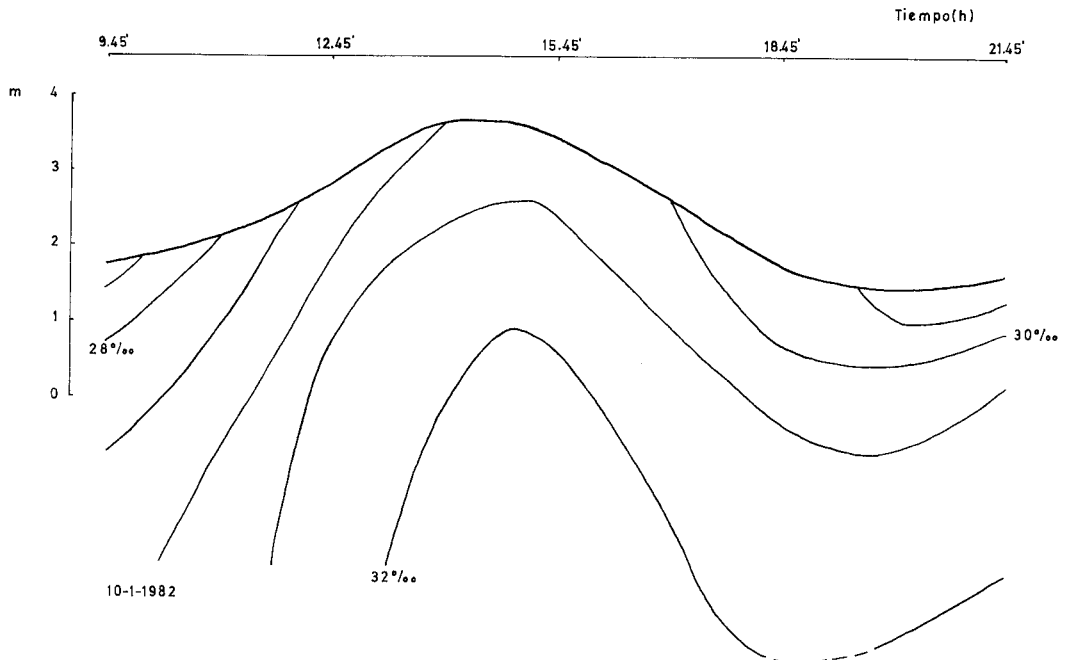
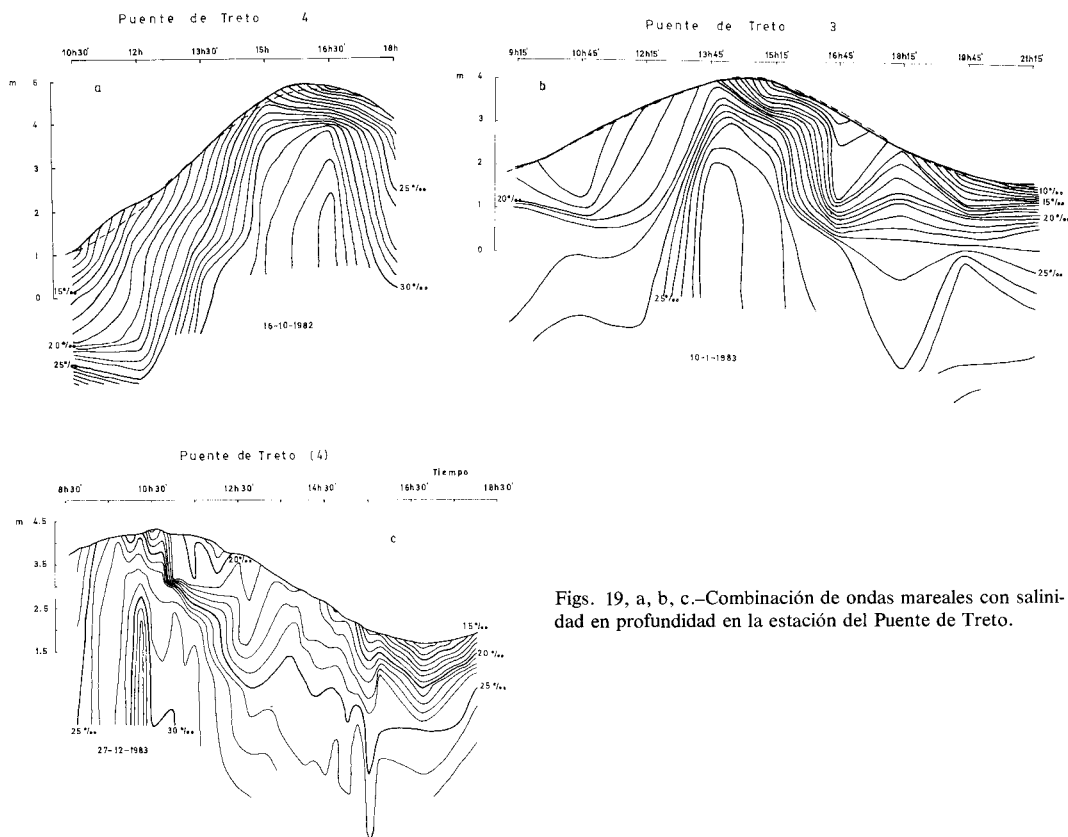


Fig. 18.—Onda mareal y perfiles salinos en profundidad en el Puente de Treto.



Figs. 19, a, b, c.—Combinación de ondas mareales con salinidad en profundidad en la estación del Puente de Treto.

Dos horas después de producida la pleamar, el agua de mezcla sufre un hundimiento. Este agua vuelve a la superficie debido, principalmente, al intento de extrusión del agua de fondo una hora antes de la bajamar. Durante la bajamar tiene lugar una estratificación horizontal de las masas de agua (Figs. 19 b, c).

Los perfiles en que se relacionan salinidad y profundidad son esencialmente de tres tipos:

- Verticales o subverticales: caracterizados por poseer una salinidad uniforme o por presentar un ligero aumento de la salinidad hasta alcanzar una isobata determinada. Son frecuentes hacia la bocana del estuario (Fig. 20).

- Perfiles en cuña: en los que se distinguen tres partes:

- Zona superficial: compuesta por agua dulce que fluye a modo de lámina superficial gracias a su menor densidad. Su espesor varía de 1 a 2 m.

- Zona intermedia: Se desliza entre dos masas

de agua de diferente salinidad. En ella, la salinidad varía ostensiblemente, llegando a ser de hasta 2 m. Es un agua de mezcla.

- Zona de fondo: La salinidad es alta y permanece constante. Por lo general, alcanza mayores espesores que las anteriores.

Este tipo de perfil se encuentra en la zona del muelle de Colindres y, fundamentalmente, durante los momentos próximos a la pleamar (Figs. 21 b, d).

- Perfil intermedio: en donde la salinidad aumenta en profundidad de una forma progresiva y sin cambios bruscos. Este perfil aparece durante la bajamar en las proximidades al muelle de Colindres (Figs. 21 a, c).

Circulación estuarina

Se puede llegar a establecer la circulación en el estuario en un ciclo mareal, de acuerdo con los datos registrados.

Canal de Escalante 3

28-10-1983

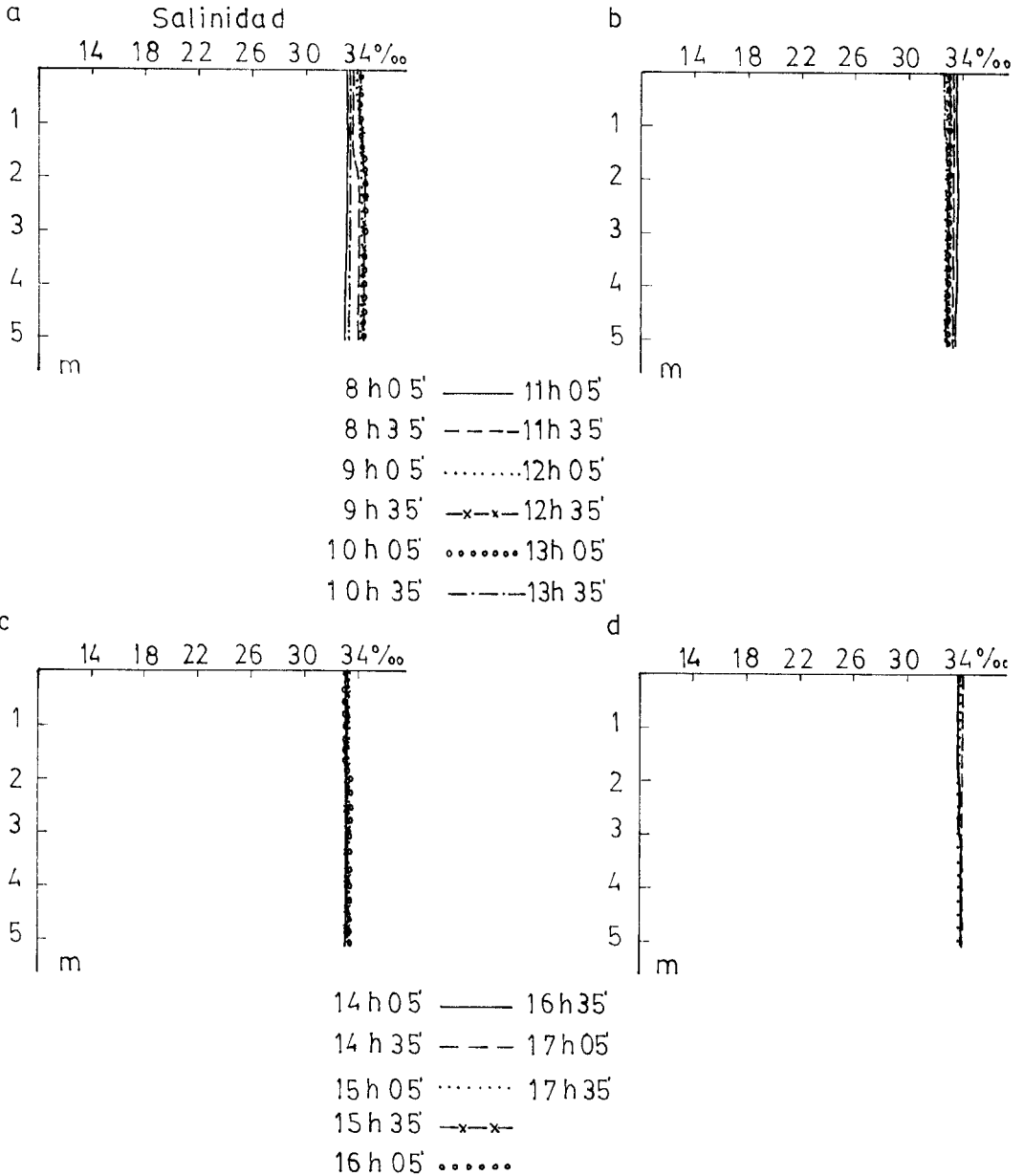


Fig. 20.—Perfiles salinidad-profundidad en el Canal de Escalante.

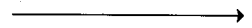
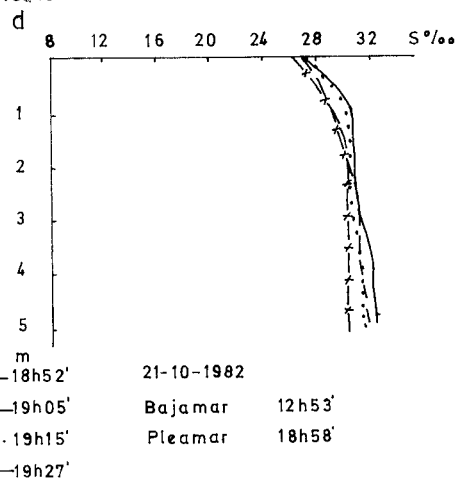
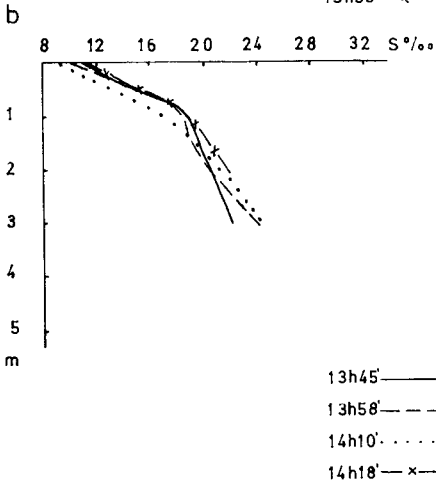
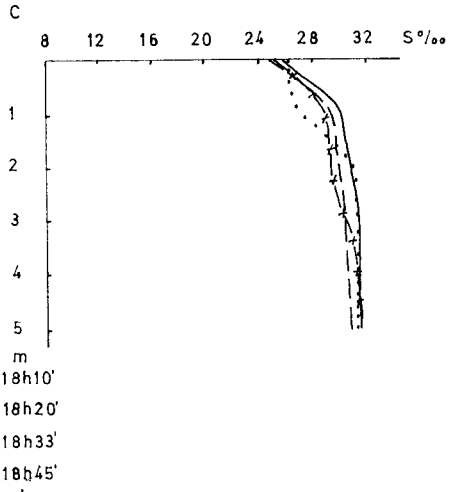
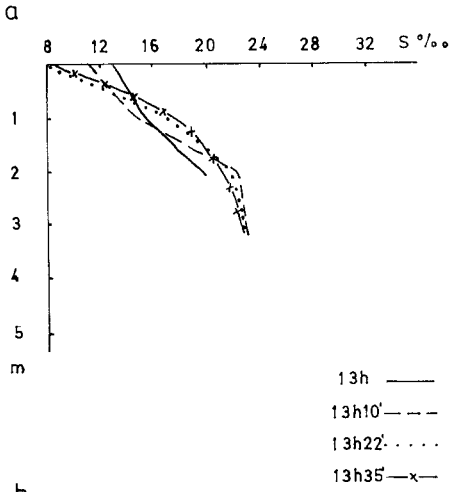
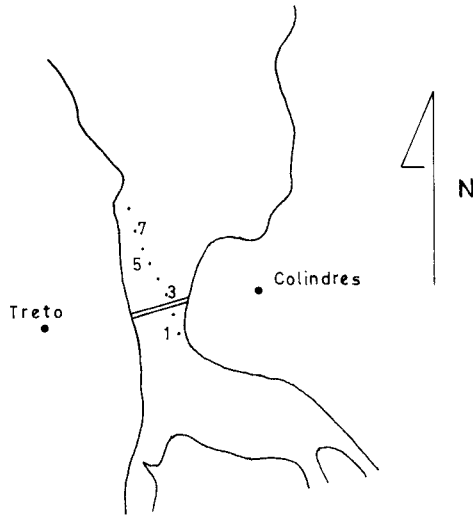


Fig. 21.—Perfil salinidad-profundidad a la altura del Puente de Treto.



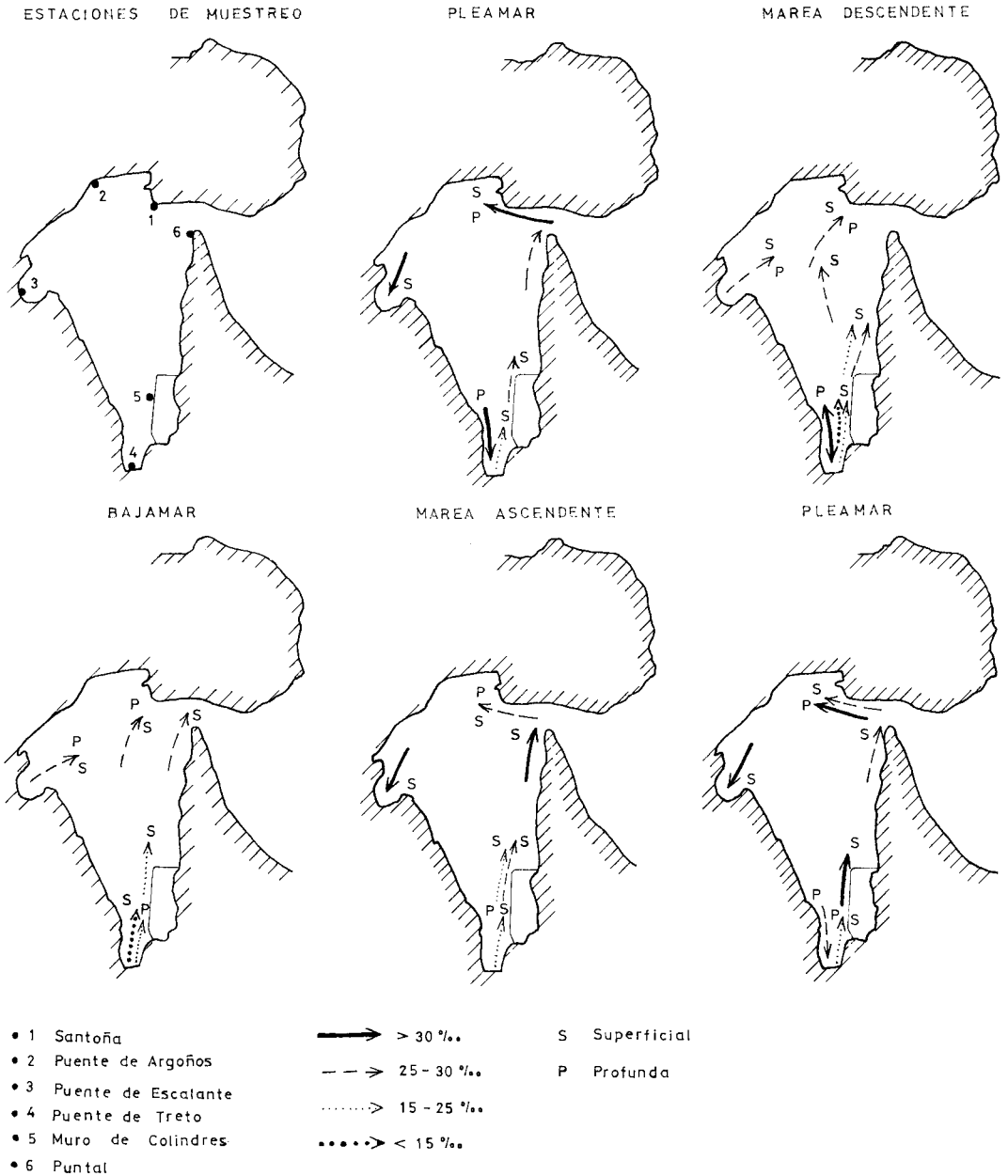


Fig. 22.—Esquema de la circulación en el estuario para un ciclo mareal completo.

Con el fin de poder representar gráficamente las diferentes masas de agua que circulan por el estuario, se han establecido una serie de términos convencionales; así, se denomina agua salada cuando la salinidad es mayor de 30 ‰, si está comprendida entre 25-30 ‰, agua de mez-

cla salada; si oscila entre 15-25 ‰ agua de mezcla dulce, y, para salinidades inferiores al 15 ‰ se dice que es un agua dulce. También se han diferenciado las masas de agua en superficial y en profunda (Fig. 22).

En los momentos de pleamar, hay una en-

trada de agua salada, tanto en superficie como por el fondo, al interior del estuario por la orilla de Santoña. Esta masa de agua se distribuye por los canales mareales y asciende, probablemente pegada a la playa de Cicero (margen occidental del estuario). Hacia el puente de Treto, el estuario se va estrechando a modo de embudo por lo que su sección disminuye; esto unido a un aumento de la influencia fluvial, da lugar a una estratificación horizontal de la salinidad, penetrando el agua salada por debajo del agua de mezcla dulce, menos densa, que fluye hacia el mar principalmente en forma superficial por el margen oriental. Esta agua de mezcla dulce, al seguir descendiendo, a la altura del muro de Colindres, se convierte en agua de mezcla salada debido a un aumento de la sección del estuario que facilita la mezcla del agua dulce y salada. Este tipo de circulación es producida por el efecto de Coriolis, que ayuda a la entrada de agua salada por la orilla de Santoña y a la salida de un agua de mezcla salada por el margen del Puntal.

Durante el descenso de la marea se observa en el puente de Treto un flujo hacia el mar del agua salada de fondo y del agua superficial, unas veces dulce y otras de mezcla dulce, ya que son frecuentes en esta parte los taponamientos y extrusiones bruscas del agua dulce. No obstante, es posible que en los primeros momentos del descenso continúe el ascenso de agua salada de fondo. En el resto del estuario, hay un agua de mezcla salada, tanto en superficie como por el fondo, si bien, este agua puede pasar a agua de mezcla dulce a la altura del muro de Colindres, debido, como ya se ha dicho, a extrusiones de agua dulce. El desagüe se efectúa principalmente por la parte central del estuario, formándose en la zona del Puntal un remolino que hace aflorar agua salada de fondo.

En la bajamar, continúa el descenso sobre posiciones ya claramente centrales, apareciendo una única corriente de salida (agua de mezcla salada) que choca contra la orilla de Santoña saliendo, a continuación, a la bahía de Laredo. En el puente de Treto, sigue habiendo una distribución vertical de las masas de agua aunque con una disminución en su salinidad, ya que el agua de fondo pasa a ser un agua de mezcla dulce y el agua superficial es claramente dulce.

El ascenso mareal comienza con la entrada de agua de mezcla salada por el margen de San-

toña; esta agua, durante el descenso mareal había conseguido salir fuera del estuario siendo recogida posteriormente por el flujo mareal siguiente e introducida nuevamente en el interior del estuario. En los canales mareales, el agua es salada porque se encontraba almacenada en la parte superior de dichos canales y pudo extruirse a la bahía de Laredo. A la altura del muelle de Colindres, existe un agua de mezcla dulce, que va aumentando progresivamente su salinidad hacia la bocana del estuario, donde se forma una corriente de salida de agua salada por la orilla del Puntal.

Una vez alcanzada la pleamar se vuelve a repetir el tipo de circulación descrita anteriormente, pudiendo sufrir algunos cambios en cuanto a salinidad de las masas de agua, según el aporte fluvial y el rango mareal.

SEDIMENTOLOGÍA

En la playa de Salvé y en el interior de la ría se han recogido muestras arenosas (Fig. 23) que complementan el estudio de la circulación. Además, la determinación de las estructuras mayores del área intermareal va a ayudar a fijar la actuación de las principales corrientes.

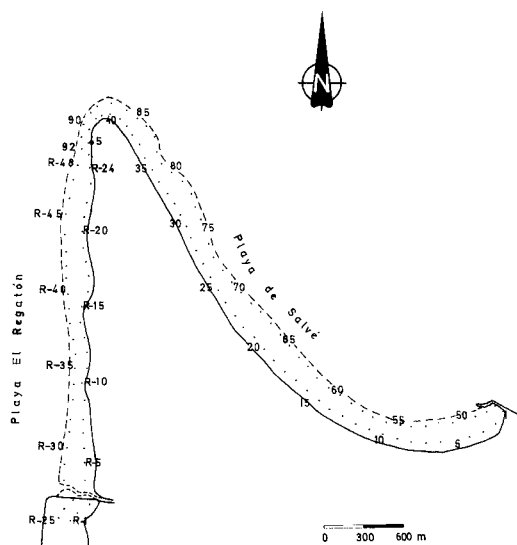


Fig. 23.—Situación de las muestras arenosas en las playas del Regatón y Salvé.

Granulometrías y contenidos carbonatados. Circulación

1. Playa del Regatón

A lo largo de los dos perfiles longitudinales (Fig. 24), el Centil presenta grandes oscilaciones; Varía entre $-1,24$ y $1,75 \phi$ ($2,36$ y $0,28$ mm) siendo más acusadas en el área de pleamar.

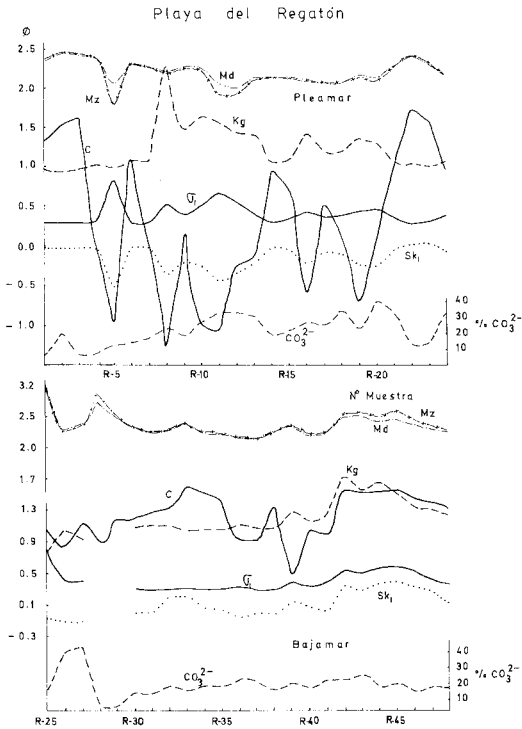


Fig. 24.—Distribución de los parámetros granulométricos y contenido carbonatado en la playa del Regatón.

La Media tiene valores comprendidos entre $1,80$ y $3,21 \phi$ ($0,28$ y $0,10$ mm). Se observa una tendencia a aumentar el tamaño de grano hacia el Puntal, excepto en esta misma zona, en la que disminuye el tamaño.

En el ámbito intermareal, la Clasificación se mueve entre $0,27$ y $0,82 \phi$. Es muy buena en la mitad sur, empeorando al principio y final del perfil. Es más moderada en la zona intermareal alta y particularmente en la zona comprendida en la mitad sur.

La Asimetría tiene distinto comportamiento en los dos perfiles; en el de bajamar, desde Colindres hasta un tercio del Puntal, las curvas son casi simétricas tendiendo la curva hacia los tamaños finos desde este punto hasta el mismo Puntal.

En pleamar, la mayoría de los valores son negativos, predominando la decantación.

Los límites de la Angulosidad, en intermareal baja, se sitúan entre $0,59$ y $1,93 \phi$, presentando una inclinación hacia valores más altos, excepto en el último tramo en que se observa una disminución. En el intermareal alto, los valores oscilan entre $0,96$ y $2,30 \phi$, mostrando una tendencia a aumentar su valor hacia el Puntal.

El contenido en carbonato se mantiene bastante regular y crece ligeramente al aumentar el tamaño de grano. En las muestras cuyo contenido en limo es bastante apreciable, el carbonato cálcico decrece sensiblemente, alcanzando valores próximos al 5% .

En la playa del Regatón, se diferencian claramente las dos zonas intermareales, registrándose un mayor tamaño de grano y contenido en carbonato cálcico en la zona intermareal superior; además, esta zona presenta una pobre clasificación que nos hace suponer oscilaciones altas en la energía del medio de depósito, debido a la intervención de distintos agentes de deposición como son el oleaje y las corrientes, que actúan de forma combinada durante la pleamar.

2. Playa de Salvé

El estudio de la distribución granulométrica de los sedimentos en la playa de Salvé es necesario para tener un conocimiento de la circulación costera y de la relación que existe entre el estuario y el ambiente en que se encuentra ubicado.

Los parámetros del perfil intermareal alto (Fig. 25) presentan las siguientes características:

El Centil oscila entre $0,93$ y $1,84 \phi$ ($0,52$ y $0,28$ mm). Los valores más bajos se sitúan principalmente en tres puntos: cerca del muelle de Laredo, en mitad de la playa y en el Puntal.

La Media aumenta o disminuye sus valores al hacerlo el Centil. Los valores se encuentran entre $2,09$ y $2,63 \phi$ ($0,23$ y $0,16$ mm).

En todo el perfil, la Clasificación tiene pocas oscilaciones, manteniéndose entre $0,26$ y $0,51 \phi$, siendo en general bastante buena. Hay, por

Playa de Salvé

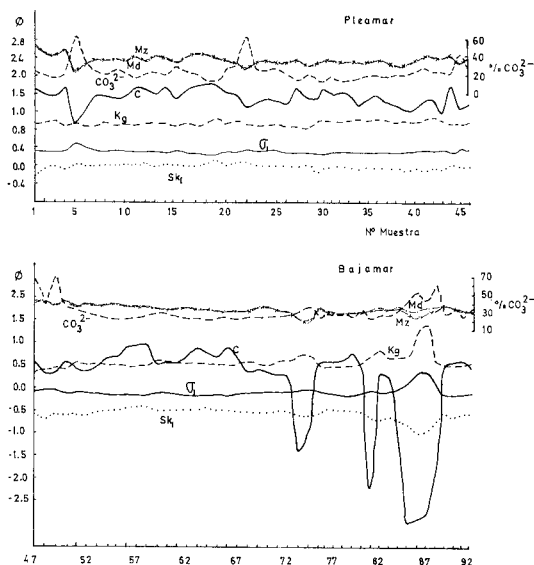


Fig. 25.—Distribución de los parámetros granulométricos y contenido carbonatado en la playa de Salvé.

lo tanto, un trabajado debido fundamentalmente al oleaje.

La Asimetría tiene valores negativos en la parte más oriental de la playa y cerca del muelle de Laredo; en el resto, adquiere valores positivos por lo que hay sedimentación de finos. Los límites están en $-0,23$ y $0,13 \phi$. En algunos puntos, se observa un empobrecimiento de la Clasificación al hacerse menor el Centil (aumenta la energía máxima).

La Angulosidad varía entre $0,88$ y $1,09 \phi$. En el tercio más occidental, los valores son generalmente mayores de 1ϕ . Las curvas tienen entonces una angulosidad normal, indicando una variación en la velocidad de la corriente dentro de valores medios.

El contenido en carbonato oscila entre el $13,20\%$ y el $65,23\%$. Los valores más altos aparecen en el Puntal y en el muelle de Laredo.

En el perfil intermareal bajo, las variaciones de cada parámetro son más acusadas que en el perfil intermareal superior:

La tendencia que presenta el Centil es la misma que en pleamar, pero con oscilaciones mucho más bruscas particularmente en el Puntal. Los valores se sitúan entre $-2,50$ y $1,50 \phi$ ($5,65$ y $0,35$ mm). Las fuertes corrientes y oleaje

que se producen en el Puntal y la gran cantidad de fragmentos de conchas que se acumulan en esta zona son los causantes de que la energía máxima adquiera valores tan altos.

La Media varía entre $1,97$ y $2,41 \phi$ ($0,25$ y $0,18$ mm). Aumenta ligeramente en la zona del Puntal, manteniéndose relativamente constante en el resto de la playa.

La Clasificación es moderada, si bien, en el Puntal empeora considerablemente. Tiene sus límites en $0,32$ y $0,89 \phi$.

La Asimetría se mantiene, en la mayor parte de la playa, con valores inferiores a 0ϕ , siendo más pronunciadas en el Puntal, que es donde alcanza los valores más negativos, debido al lavado de los materiales finos. Los valores fluctúan entre $-0,49$ y $0,09 \phi$.

La Angulosidad varía entre $0,85$ y $1,96 \phi$. Los valores más altos se alcanzan en el Puntal, mientras que en el resto de la playa se sitúan alrededor de 1ϕ .

Existe un empobrecimiento de la Clasificación al aumentar los valores de la Angulosidad, tendiendo la Asimetría hacia valores más negativos.

El contenido en CO_3Ca es particularmente alto en la zona del Puntal, debido a ser la parte de la playa con mayor contenido orgánico, por tratarse de la zona más energética.

A medida que el Centil o la Media aumentan, la clasificación mejora, correspondiendo la mejor clasificación a la zona de dunas y la peor a la zona mareal inferior.

El contenido en carbonatos es mayor cuanto mayor sea el tamaño medio de grano. En las dunas, el contenido en conchas es muy bajo y el CO_3Ca que se encuentra en esta zona tiende a mermarse por disolución con el agua de lluvia.

En la zona intermareal, los valores del Centil y Media son bajos, sufriendo un cambio al pasar a la zona de dunas en que aumentan bruscamente, debido a que globalmente la energía del medio eólico es menor y más selectiva que la energía del oleaje y de las corrientes.

La energía máxima experimenta un incremento al aumentar la media.

A partir de los parámetros granulométricos, se puede deducir la dinámica playera.

El oleaje del Noroeste es el que actúa con más frecuencia en esta zona, originando una corriente de entrada por oleaje en la parte occidental de la playa y una corriente de salida o resaca en el borde oriental de la misma. Hay

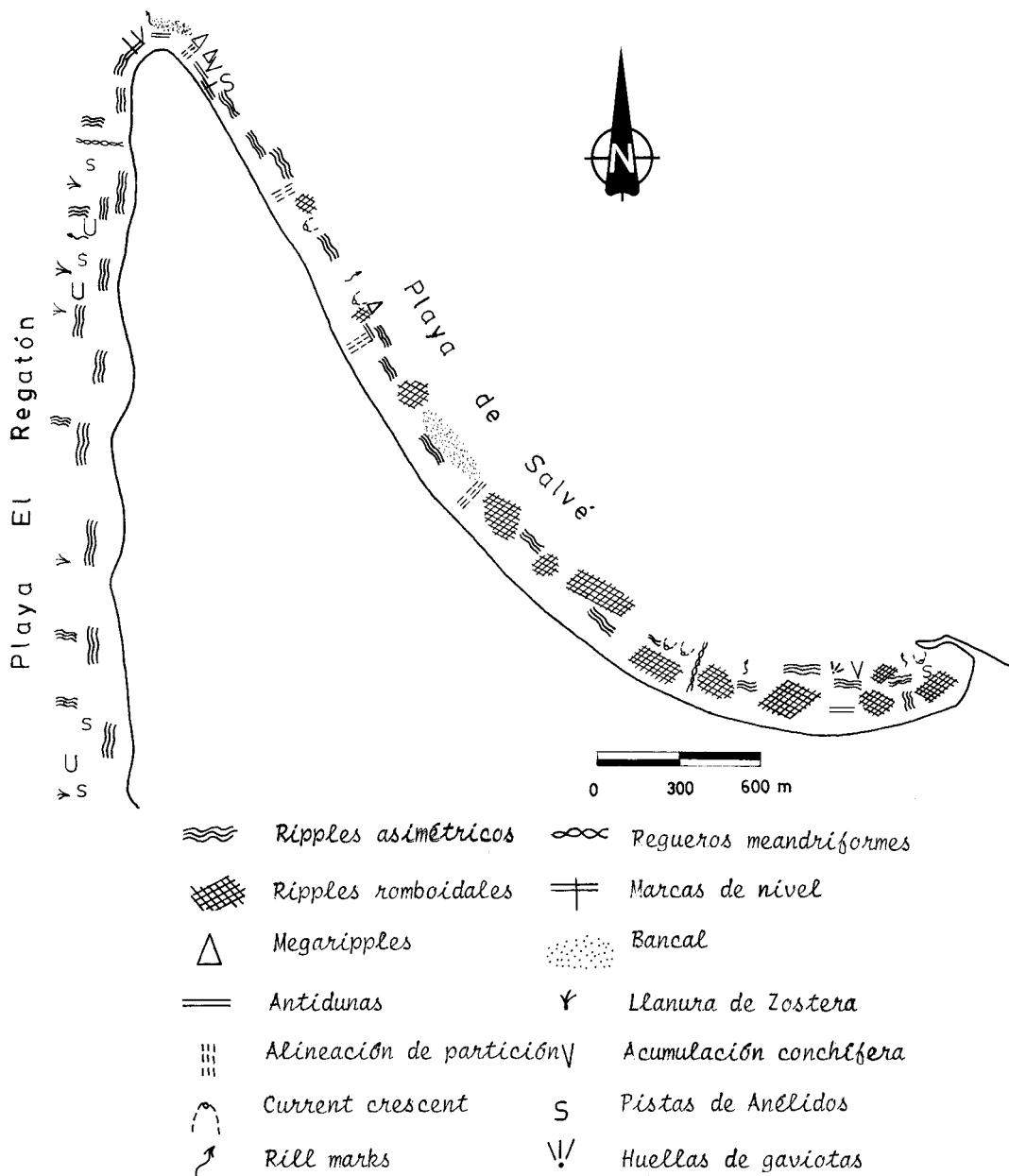


Fig. 26.—Principales estructuras sedimentarias superficiales de las playas del Regatón y Salvé.

dos corrientes de resaca, una situada a 500 metros al W del muelle de Laredo y, otra, a 1.200 m al E del Puntal, con sentido hacia el Noreste. Las corrientes de deriva playera tienen una componente principal de desplazamiento hacia el Este. El río Asón provoca fuertes corrientes de salida hacia el Este y Noreste.

Estructuras sedimentarias superficiales en las playas de Salvé y el Regatón

Las estructuras más comunes en la zona intermareal de playa son los ripples de corriente. No obstante, existen notables diferencias entre las playas de Salvé y el Regatón (Fig. 26).

En la parte oriental de la playa de Salvé, se desarrollan principalmente ripples asimétricos y romboidales, de pequeña escala; los current crescent se encuentran sobre todo en el límite inferior intermareal asociados a fragmentos de conchas; los rills muestran preferentemente un trazado meandriforme. La actividad orgánica está representada por pistas de anélidos y pisadas de gaviotas.

En la mitad occidental, hay un cambio de estructuras, siendo más relevante a partir del entrante de la playa. En dicha zona, desaparecen los ripples romboidales, formándose megaripples linguoides mal desarrollados; los current crescent son abundantes, al igual que las pistas de anélidos.

En el Puntal, se desarrollan estructuras de flujo fuerte; así, las alineaciones de partición y las antidunas aparecen con bastante nitidez. En el borde del canal se observan sea level marks, así como diversos tipos de rills: en forma de diente, ramosos, cónicos, meandriformes y formando en algunos casos lenguas de acumulación. Se localizan en esta parte, megaripples y una acumulación de arena con rills de desagüe que le da un aspecto lobulado con la convexidad hacia tierra. En el límite superior intermareal, se encuentran huellas de escape de gases. Es en el Puntal donde se producen las mayores acumulaciones de restos bioclásticos de *Lamebranquios*, disponiéndose en franjas paralelas al nivel del mar en una longitud de unos 70 metros (Fig. 27).

Los ripples asimétricos de pequeña escala son prácticamente las únicas estructuras inor-

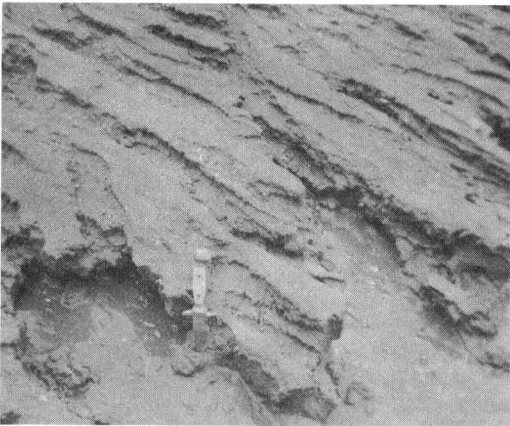


Fig. 27.—Conjunto de rill marks que se acentúan hacia la parte externa. Se originan en el borde del canal del Asón en la misma zona del Puntal.

gánicas superficiales que se desarrollan en la playa del Regatón. Estos ripples se disponen paralelamente a la orilla en la zona intermareal alta, mientras que en la zona intermareal baja se sitúan perpendicularmente al borde de la ría. En el primer caso, el sentido del flujo es perpendicular a la orilla debido a la acción combinada de corrientes y oleaje, predominando este último. En la porción inferior intermareal, las corrientes de flujo del canal principal son las responsables de que los ripples de corriente se dispongan perpendicularmente a los de la parte superior. Son frecuentes a lo largo de esta playa la presencia, principalmente en el límite inferior intermareal, de burrows de *Carcínidos*, *Arenicola* y *Anélidos*. En diversas zonas puede encontrarse *Zostera*, de una manera muy discontinua (Fig. 28).



Fig. 28.—A la derecha, llanura arenosa parcialmente fijada por *Zostera*. Se le adosa una zona con ripples asimétricos de corriente de pequeña escala. En la porción de la izquierda se desarrollan ripples de tendencia linguoide. En todos los casos, la corriente viaja hacia el observador.

CONCLUSIONES

El estuario de Santoña es un estuario de valle de río sumergido con un control litológico y tectónico en su origen y morfología resultante en cuya formación intervienen procesos eustáticos (ascensos y descensos del nivel del mar en el Cuaternario) y epirogenéticos (ascensos del continente, desde finales del Terciario hasta la actualidad).

La formación del complejo estuarino de Santoña-Laredo está condicionada por diferentes aspectos morfológicos. Por una parte, el tórn-

bolo de Santoña, que se forma por la acción predominante de la corriente costera, obliga al desarrollo de la playa y dunas de Berria que cierran el estuario por el N. Gracias a él, se produce la refracción de los oleajes de NW y NE, que son responsables de la formación de la playa de Salvé y de su forma de concha en espiral. El conjunto del tómbolo de Santoña y la playa de Salvé cierran el estuario, permitiendo la instalación de llanuras de fangos y de halofitas, con el canal de salida del río Asón adosado a la barra del Regatón y el desarrollo de canales secundarios mareales que drenan las llanuras fangosas.

Todas las ondas mareales del estuario presentan «gibas» como consecuencia de las dificultades que tiene el agua para penetrar o extruirse, tanto en la bocana como en la parte interna (puente de Treto), debido a la estrechez de ambas zonas y a la suma del nivel mareal y la masa fluvial de salida.

El estuario puede subdividirse en tres sectores de acuerdo con la distribución de la salinidad.

- Cola del estuario, que presenta una circulación de tipo cuña salina, principalmente durante la pleamar.

- Zona media, que se sitúa aproximadamente en la zona del muro de Colindres en la pleamar y en posiciones más internas durante la bajamar. Tiene lugar una circulación de mezcla parcial.

- Parte externa, que comprende la bocana y canales mareales, en la cual el estuario cambia a verticalmente homogéneo a lo largo de todo el ciclo mareal.

La circulación en el interior del estuario en pleamar, sufre la entrada de agua salada por la orilla de Santoña, mientras que se produce una

extrusión de agua de mezcla salada por el Puntal, debido al efecto Coriolis. En el descenso, el agua se saliniza hacia la bocana a la vez que se forma una única corriente de salida que choca contra la orilla de Santoña y que provoca frecuentes remolinos que hacen aflorar agua salada en la zona del Puntal. Al comienzo del descenso mareal, tiene lugar la reintroducción de agua que había salido del estuario.

Las condiciones de oleaje sobre la playa de Salvé, generan corrientes de deriva playera que transportan materiales desde el Puntal hacia Laredo originándose, además, dos corrientes de resaca.

El río Asón es el causante de que la playa del Regatón tenga una forma alargada en la dirección S-N, siendo retocada durante la pleamar por el oleaje, que llega a actuar en el interior del estuario. Este efecto se va perdiendo hacia la cola del estuario.

Las estructuras sedimentarias sirven de gran ayuda para poder determinar la dinámica en las diferentes partes de las playas. La mitad oriental de la playa de Salvé se caracteriza por ripples romboidales de pequeña escala acompañados de ripples asimétricos de pequeña escala, mientras que en la mitad occidental son más frecuentes las alineaciones de partición, megaripples y fragmentos de moluscos dispersos, que indican unas condiciones de mayor energía que en el caso anterior. Las principales estructuras originadas en el Regatón, además de pistas y burrows de organismos, son los ripples asimétricos de pequeña escala, que se orientan paralelamente a la línea de agua en la porción interna pasando en la parte externa a ripples asimétricos de pequeña escala que siguen el flujo del canal (perpendiculares a las anteriores).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es un resumen de la Tesis de Licenciatura presentada por el autor en la Facultad de Geología de la Universidad de Oviedo, en julio de 1983, bajo la dirección del Dr. D. Luis M. Sánchez de la Torre, a quién agradezco sus enseñanzas.

También quiero expresar mi más cordial agradecimiento al Dr. Germán Flor Rodríguez por su inestimable ayuda en la elaboración de esta publicación.

Asimismo, quiero dar las gracias a María Lourdes Martínez por su valiosa colaboración en la toma de datos de campo, y a Gerardo Osabe, Carlos Garzón y Carlos Ocejo por su ayuda en los muestreos de salinidad.

A D. Alfonso González, del Departamento de Estratigrafía, por la realización de las granulometrías y calcimetrías.

BIBLIOGRAFIA

- Cameron, W. M. and Pritchard, P. W. (1963).—Estuaries. In: M. N. Hill. *The Sea*, 2, 306-324.
- Cendrero, O. (1921).—Origen de los tómbolos. *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Tomo Extraordinario (50 aniversario), 271-276.
- (1932).—La supuesta playa levantada de Santoña. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, 32, 329-348.
- (1934).—Las dunas de Berria. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, 34, 393-396.
- Dorrestein, R. (1960).—On the distribution of salinity and of some other properties of the water in the estuary. *Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Geologisch - Mijnbouwkundig Genootschap*. S. Geol., 19, 43-74.
- Encinar, M. V. y Flor, G. (1983).—Aportaciones para el conocimiento de la dinámica y sedimentación en la ría del Eo (Asturias-Galicia, NW de España). *Cuadernos del Crinas*, 5, 51 pp.
- Flor, G., Llera, M. y Ortea, J. A. (1982).—Los carbonatos biogénicos de los sedimentos de las playas arenosas de Cantabria: su origen y significado dinámico. *Cuadernos del Crinas*, 2, 77 pp.
- Folk, R. L. (1960).—A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, 6, 73-93.
- y Ward, W. C. (1957).—Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal Sedimentary Petrology*, 27, 3-26.
- González Lastra, J. A. (1973).—La ría de San Vicente de la Barquera. *Tesis de Licenciatura* (no publicada). Departamento de Estratigrafía. Univ. de Oviedo.
- , González Lastra, J. R., Flor, G. y García-Ramos, J. C. (1979).—Zonation of organic and inorganic sedimentary structures in San Vicente de la Barquera estuary (Santander Northery Spain). *International Meeting on Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin*. Texel (Holland).
- Hernández Pacheco, F. (1930).—Tómbolos del litoral español. *Bol de la Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, 30, 81.
- Martínez Arpirez, J. A. (1982).—Aspectos sedimentológicos de la playa de San Lorenzo (Gijón). *Tesis de Licenciatura* (no publicada). Depto. de Estratigrafía. Univ. de Oviedo.
- Milliman, J. D. y Emery, K. O. (1968).—Sea levels during the past 35.000 years. *Science*, 162, 1.121-1.123.
- Nonn, H. (1966).—Les régions côtières de la Galice (Espagne). *Etude géomorphologique*. Tesis Doctoral. *Public. Fac. Letres Universidad Strasbourg*. Fondation Bauling.
- Olivé, A., Martín, J. M., Ramírez del Pozo, J. y Portero, J. M. (1972).—*Mapa Geológico de España (escala 1 : 50.000)*. Hoja Castro-Urdiales, 36. IGME. Madrid.
- Postma, H. (1967).—Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: J. R. Curran, *The New Concepts of Continental Margin Sedimentation*. *Am. Geol. Inst.* 3, 1-30.
- Pritchard, D. W. (1955).—Estuarine circulation patterns. *Amer. Soc. Civil Eng. Proc.*, 81, 717/1-717/11.
- Sánchez de la Torre, L., Agueda Villar, J. A. y González Lastra, J. A. (1980).—Funcionamiento y respuesta de la ría de Navía, frente a edificaciones artificiales. *Publ. de la 1.ª Reunión de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*. Santander, 1-11.

