

CARACTERIZACION CUANTITATIVA DEL DESARROLLO HISTORICO DEL RELLENO DE LA BAHIA DE SANTANDER; UN PROCESO NATURAL ACTIVADO POR EL HOMBRE(*)

Por A. CENDRERO UCEDA
Catedrático

J. R. DIAZ DE TERAN
Departamento de Geología
Facultad de Ciencias
Universidad de Santander

En base al estudio de mapas, documentos antiguos y fotografías aéreas que abarcan desde el siglo XVIII hasta la actualidad, se ha podido establecer el desarrollo del proceso de relleno artificial de la bahía de Santander, calcular su ritmo y compararlo con el proceso de sedimentación natural. Los datos obtenidos indican que el relleno artificial es varias decenas de veces más rápido que el natural y que, de seguirse un ritmo similar al observado en aquél, la bahía habrá desaparecido como tal antes de un siglo, posiblemente incluso a principios del siglo próximo.

I. Introducción.

La bahía de Santander (fig. 1), cuyas características geológico-ambientales han sido descritas por Cendrero (1975a, 1975b), constituye un elemento medioambiental y un recurso natural y social de importancia muy considerable. En su entorno vive una población de unas 200.000 personas aproximadamente y está sujeta a una utilización intensiva desde el punto de vista del transporte, la industria, la pesca, el turismo, el recreo y el vertido de residuos. Varios de estos tipos de utilización están, naturalmente, en conflicto entre sí.

Uno de los rasgos especialmente llamativos de la utilización a que ha sido y está siendo sometida esta bahía es el relleno de zonas intermareales marginales para la instalación de viviendas, industrias, servicios, cultivos, praderías o eliminación de residuos.

Estos rellenos constituyen un notable ejemplo de la importancia del hombre como agente geológico y de las consecuencias que las actividades humanas pueden tener para el medio natural.

La finalidad de este trabajo es doble; por un lado, se pretende establecer el desarrollo histórico del proceso de relleno de la bahía de Santander por parte del hombre y comparar la magnitud de dicho proceso con la sedimentación natural, así como hacer proyecciones con respecto a la evolución futura que cabría espe-

rar en caso de mantenerse las tendencias que se observan. Por otro lado, se intenta estimar las consecuencias que el proceso de relleno puede tener, desde los puntos de vista ecológico y económico, para la bahía y ecosistemas adyacentes (incluyendo en esta consideración a la comunidad humana).

II. Método empleado.

Para caracterizar el desarrollo del proceso de relleno se han utilizado tres parámetros fundamentales: línea de costa natural perdida, superficie intermareal cubierta (o aislada de la bahía por cierres artificiales que restringen fuertemente la comunicación con ésta) y volumen de material de relleno acumulado. Estos datos se han comparado con los correspondientes al volumen de sedimentos naturales existentes en la bahía y el volumen de los dragados realizados en la misma a lo largo del tiempo.

Los cálculos relativos a la variación de la línea de costa, de la superficie de la bahía y del volumen de rellenos se hicieron utilizando grabados, mapas, cartas marinas y fotografías aéreas de distintas épocas (ver apéndice de la bibliografía). El dato más antiguo disponible corresponde al grabado de Braun (1618), el cual ha servido para establecer el "punto cero" (es decir, la situación antes de que comenzara el proceso de relleno de la bahía por parte del hombre) para la ciudad de Santander. El "punto cero" para el conjunto de la bahía se estableció por medio de dos mapas (1726 y 1730); la

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta revista hasta el 31 de enero de 1978.

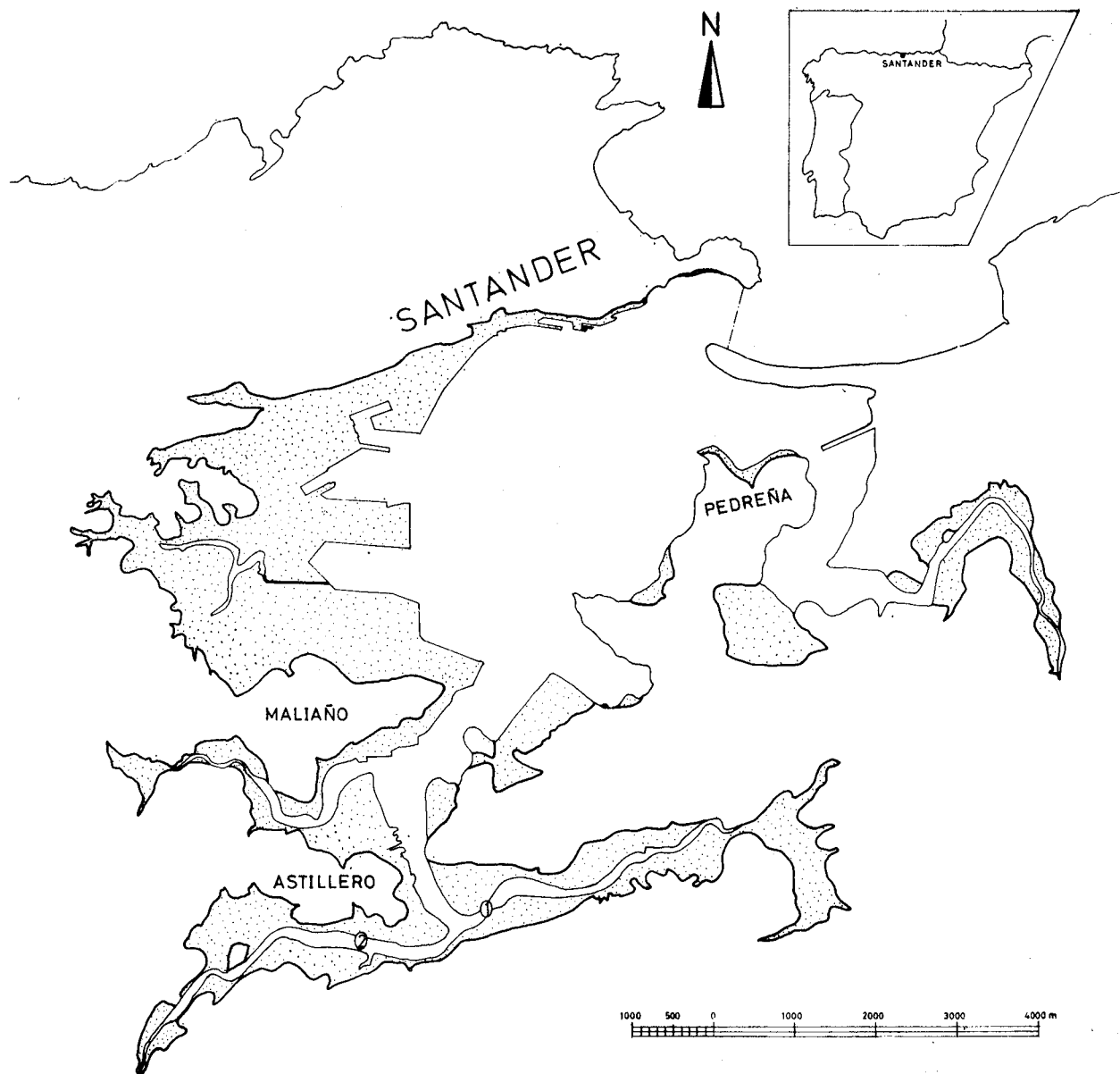


Fig. 1.—Mapa de situación. Línea de costa primitiva y línea de costa actual. En punteado, superficie perdida por la bahía.

situación del conjunto permaneció prácticamente sin cambios hasta 1791.

A pesar de que la calidad de estos documentos deja bastante que desear, el examen de los mismos en comparación con fotografías aéreas actuales y con observaciones realizadas sobre el terreno ha permitido señalar con gran precisión la primitiva línea de costa natural, la cual aparece marcada por una ruptura de pendiente bastante definida que separa la zona subhorizontal de relleno de las suaves (en ocasiones fuertes) laderas ascendentes que bordeaban la bahía.

La línea de costa así definida se representó sobre mapas a escala 1:10.000 y 1:50.000 (fig. 1). Para etapas posteriores, por medio de los documentos que al final se relacionan, se fueron señalando las sucesivas posiciones de la línea de costa (fig. 2) en esos mismos mapas. La calidad de los documentos empleados es, lógicamente, variable y en algunos casos existe una ligera imprecisión en la extensión de las áreas desecadas o rellenadas en una cierta época (por ejemplo, ciertas contradicciones entre mapas de épocas próximas), pero el margen de error es pequeño y, en cualquier caso, no

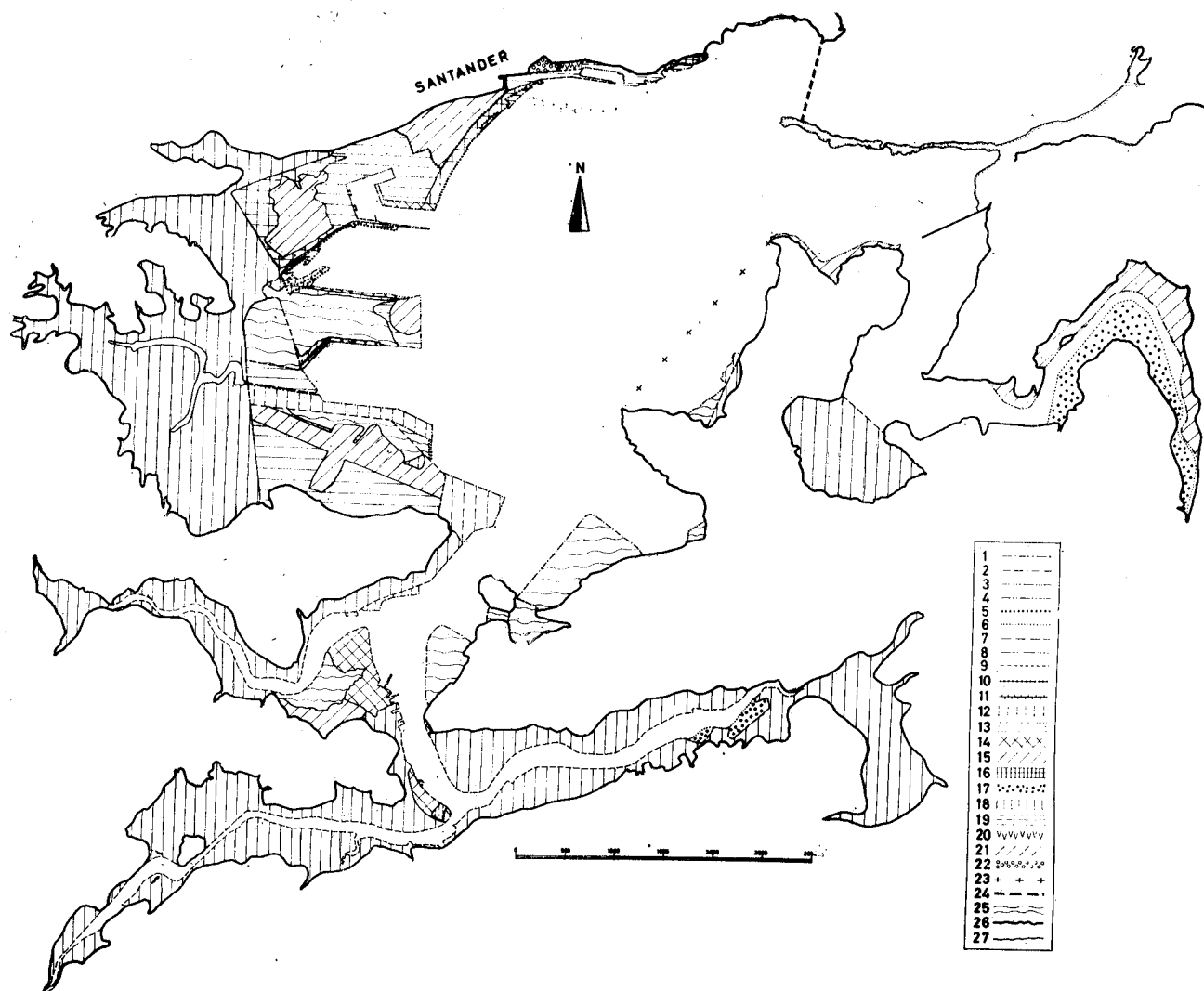


Fig. 2.—Posiciones sucesivas de la línea de costa y rellenos efectuados en distintas épocas: 1) Línea de 1977. 2) Idem de 1973. 3) Idem de 1967. 4) Idem de 1957. 5) Idem de 1950. 6) Idem de 1942. 7) Idem de 1929. 8) Idem de 1883. 9) Idem de 1871. 10) Idem de 1865. 11) Idem de 1837. 12) Zonas rellenadas entre 1973 y 1977. 13) Idem de 1967-73. 14) Idem de 1957-67. 15) Idem de 1950-57. 16) Idem de 1942-50. 17) Idem de 1929-42. 18) Idem de 1883-1929. 19) Idem de 1871-1883. 20) Idem de 1865-1871. 21) Idem de 1837-1865. 22) Idem hasta 1837. 23) Límite de relleno proyectado *El Diario Montañés*, 12 de febrero de 1977. 24) Límite entre la bahía y la mar abierta. 25) Zonas aisladas, pero que todavía encierran agua, y en ocasiones mantienen una cierta comunicación. 26) línea original de costa. 27) Límite entre rellenos de distintas épocas.

afecta a los cálculos relativos al conjunto del proceso.

Una vez trazadas las líneas de costa correspondientes a los distintos períodos se procedió a medir su longitud por medio de un curvímeter. Las medidas se repitieron en cada caso tres veces y se halló la media (tabla 1). El error en estas determinaciones fue siempre inferior al 5 por 100.

Sobre los mismos mapas se calcularon las superficies cubiertas en cada época, empleando para ello un planímetro. Para cada fecha se ha seguido el criterio de considerar como "re-

llenas" las zonas cercadas y aisladas del conjunto de la bahía, aunque las mismas conservaran agua, ya que, a los efectos de este trabajo, representan superficies perdidas. Los cálculos, al igual que en el caso anterior se repitieron dos veces y se halló la media. También se hicieron comprobaciones midiendo la superficie por superposición de papel milimetrado sobre las zonas correspondientes y contando las cuadrículas incluidas en las mismas. El error cometido en estos cálculos fue inferior al 1 por 100. La tabla 2 presenta los resultados correspondientes.

El cálculo de volúmenes de los rellenos presenta una mayor indeterminación, dado que los datos disponibles sobre el espesor de éstos son mucho menos precisos. En ocasiones, para rellenos recientes, este espesor se puede apreciar con exactitud, directamente sobre el terreno o por comparación con mapas relativamente modernos y suficientemente precisos.

En los casos menos favorables ha sido preciso estimar el espesor de los rellenos por comparación con cartas y mapas antiguos donde figuran datos de profundidad (1730, 1781, 1875 y 1929). Para calcular el volumen se dividieron las superficies determinadas anteriormente en áreas para las que, independientemente de su edad y en base a los datos mencionados, se consideró un espesor uniforme, sumándose los volúmenes parciales así hallados. No se incluyeron en este cálculo, naturalmente, las superficies aisladas pero no rellenas. Posteriormente el cálculo se hizo para las superficies cubiertas en cada época, asignando un espesor medio a cada una de ellas. La diferencia entre las sumas totales obtenidas en cada caso fue de un 10 por 100. La tabla 3 muestra los resultados de estos cálculos.

El grado de imprecisión mayor se tiene, naturalmente, en el cálculo del volumen de sedimentos presentes en la bahía. Los espesores de sedimentos se conocen en numerosos puntos, gracias a los sondeos existentes. En base a esos datos se han estimado los espesores máximos y mínimos de sedimentos que cabe esperar en las distintas zonas de la bahía y se han aplicado dichos espesores para hacer los cálculos de volumen correspondientes a cada área o superficie considerada. En la tabla 3 se presenta también el resultado de este cálculo.

Igualmente se han incluido en la tabla 3 los volúmenes dragados a lo largo de los últimos cien años, según datos proporcionados por la Junta de Obras del Puerto.

Con el fin de hacer comparaciones entre la superficie y el volumen de rellenos y la superficie y volumen originales de la bahía, se ha calculado también:

a) La superficie comprendida dentro de la línea de costa original (fig. 1), es decir, la superficie cubierta por las aguas durante la pleamar antes de que comenzase el proceso de relleno.

b) La superficie intermareal o, más exac-

tamente, la superficie comprendida entre la línea anterior y la línea del cero del puerto (el cero del puerto queda 0,04 m por debajo de la bajamar máxima observada y 1,06 m por debajo de la bajamar viva media, es decir, la superficie intermareal considerada es en realidad mayor de la que realmente queda descubierta durante las bajamares, incluso durante las más vivas).

c) El volumen total original (a pleamar) de la bahía.

d) El volumen intermareal original (el volumen comprendido entre el cero del puerto y la pleamar viva media, la cual se sitúa a 4,70 m por encima de aquél).

e) El volumen intermareal original perdido por rellenos.

El cálculo de volúmenes se hizo cubicando en primer lugar la parte de la bahía situada por debajo del cero del puerto, para lo cual se tomaron intervalos de 2 m entre curvas batimétricas, planimetrando las superficies superior e inferior y aplicando la fórmula:

$$V = \frac{B + b + \sqrt{Bb}}{3} h \text{ (m}^3\text{)}$$

siendo:

B = base mayor

b = base menor.

h = intervalo entre curvas batimétricas.

Para el cálculo del volumen intermareal se procedió de forma análoga, considerando para distintos sectores los volúmenes parciales comprendidos entre el nivel de la pleamar viva media y el fondo de la bahía o, en su caso, el nivel del cero del puerto. Este método es aplicable solamente, como es lógico, a las zonas no cubiertas por rellenos. En las zonas rellenas fue necesario, en base a los mapas antiguos, estimar la profundidad media original de los distintos sectores y multiplicar la superficie de éstos por la misma. La suma de los volúmenes intermareales en zonas rellenas da el volumen intermareal perdido.

Al calcular la superficie y volumen originales de la bahía (tanto intermareales como totales) se ha supuesto que la zona permanentemente sumergida ha permanecido esencialmente constante en extensión y volumen a lo largo del tiempo. Esto, según se desprende del exa-

men de las cartas antiguas, parece aproximarse bastante a la realidad, pero, lógicamente, no es exactamente cierto, entre otras cosas debido a los dragados que se han efectuado. En cualquier caso, la incertidumbre que esto introduce en los cálculos de volúmenes totales es pequeña y entra dentro de los márgenes de error señalados anteriormente.

Los resultados de estos cálculos de superficies y volúmenes se presentan en las tablas 2 y 3, respectivamente.

III. Resultados.

Las figuras 1 y 2 y las tablas 1, 2 y 3 sirven para caracterizar cualitativa y cuantitativamente el proceso de relleno artificial de la bahía.

La evolución temporal de dicho proceso se plasma también de forma gráfica en las figuras 3 y 4.

Según se desprende del examen de las tablas y figuras mencionadas, la longitud de costa original de la bahía era de 83 Km. Actualmente la longitud de costa es prácticamente la misma (88,250 Km), pero de ella solamente 14,982 Km corresponden a costa natural, es decir, la costa natural de la bahía ha quedado reducida a un 17,02 por 100 de la que originalmente tenía.

En lo que respecta a la superficie, el total original de 43.345.000 m² ha quedado reducido a 24.452.000 m², lo que representa una pérdida del 45,89 por 100. Ahora bien, si se considera solamente la superficie intermareal original de

TABLA 1. — Variaciones de la longitud de la línea de costa.

Años	1837	1865	1871	1883	1929	1942	1950	1957	1967	1973	1977
Pérdida de costa natural (m)	920	1.090	210	2.000	54.498	4.000	300	7.300	200	0	2.500
Pérdida acumulada (m)....	920	2.010	2.220	4.220	58.718	62.718	63.018	70.318	70.518	70.518	73.018
Porcentaje de costa natural perdida respecto a la costa original	1,05	2,28	2,52	4,80	66,73	71,27	71,61	79,91	80,13	80,13	82,98
Costa natural restante (m)	87.080	85.990	85.780	83.780	29.282	25.282	24.982	17.682	17.482	17.482	14.982

Longitud de la costa original: 88,0 Km.

Longitud de costa actual: 88,250 Km.

TABLA 2. — Variación de superficies.

Años	1837	1865	1871	1883	1929	1942	1950	1957	1967	1973	1977
Superficie aislada (10 ³ m ²)	44	336	18	815	14.111	1.013	233	1.036	119	241	1.927
Superficie aislada acumulada (10 ³ m ²)	44	380	398	1.213	15.324	16.337	16.570	17.606	17.725	17.966	19.893
Porcentaje acumulado de superficie perdida respecto al total	0,10	0,88	0,92	2,80	35,35	37,69	38,23	40,62	40,89	41,45	45,89
Porcentaje acumulado de superficie intermareal perdida	0,13	1,09	1,14	3,49	44,08	46,99	47,66	50,64	50,99	51,68	57,22
Superficie ocupada por las aguas (10 ³ m ²)	44.301	43.965	43.947	43.132	29.021	28.008	27.775	26.739	26.620	26.379	24.452

Superficie total original: 43.345.000 m².

Superficie intermareal original: 34.765.000 m².

Superficie intermareal actual: 14.872.000 m².

TABLA 3. — Variación de volúmenes.

Años	1837	1865	1871	1883	1929	1942	1950	1957	1967	1973	1977
Volumen de rellenos (10^3 m ³) ...	264	4.804,8	108	4.531	77.222,5	2.660	4.515	7.258	2.963	5.063	2.397,5
Volumen acumulado de rellenos (10^3 m ³)	264	5.068,8	5.176,8	9.707,8	86.930,3	89.590,3	94.105,3	101.363,3	104.326,3	109.389,3	111.786,8
Volumen de dragados (10^3 m ³)				623,8	20.744,6	3.616,2	1.593,0	4.781,1	4.761,8	6.572,6	
Volumen acumulado de dragados (10^3 m ³)				623,8	21.368,4	24.984,6	26.577,6	31.358,7	36.120,5	42.693,1	48.000

Volumen total original a pleamar: 198.657.375 m³.

Volumen intermareal original: 164.089.683 m³.

Volumen total actual a pleamar: 119.876.029 m³.

Volumen intermareal actual: 85.308.337 m³.

Volumen intermareal perdido por rellenos: 78.781.346 m³.

Volumen de sedimentos naturales: máximo, 580.114.000 m³; mínimo, 462.043.000 m³.

34.765.000 m³, la reducción representa un 57,22 por 100. Teniendo en cuenta que la superficie intermareal aquí considerada (por encima del cero del puerto) es mayor que la real, se aprecia que casi dos tercios de dicha superficie han sido cubiertos.

Considerar el relleno en comparación con la superficie intermareal y no en comparación con la superficie total es más significativo por varias razones. En primer lugar, las zonas permanentemente sumergidas se utilizan casi sin excepción para la navegación o para las actividades portuarias, por lo que no es razonable esperar que vayan a ser objeto de relleno. En segundo lugar, rellenar dichas zonas sería mucho más costoso y, por tanto, poco probable que se acometiera. Estos dos factores se reflejan claramente en el hecho de que, según se comprueba al examinar las cartas antiguas, las zonas permanentemente sumergidas que han sido rellenadas representan solamente una pequeña fracción del total). Por último, las zonas intermareales, especialmente aquellas cubiertas de vegetación (marismas, praderas de juncos y espartina, praderas de zoostera, zonas de algas) son biológicamente las más valiosas y productivas, por lo que su desaparición es la que tiene consecuencias ecológicas más importantes.

En cuanto a la variación de volumen, vemos que de un volumen total original de 198.657.375 metros cúbicos se han perdido 78.781.346 m³,

lo que constituye un 39,65 por 100. Si la comparación se hace con el volumen intermareal, el tanto por ciento perdido es 48,01. Comparando los volúmenes dragados con los volúmenes de relleno, vemos que, por término medio se ha acumulado en la bahía 2,17 veces más de lo que se ha dragado (en el período de tiempo transcurrido desde 1876, si se considera el proceso desde el principio, la diferencia es aún mayor).

En conjunto, puede apreciarse que el volumen de la bahía ha experimentado una reducción considerable, lo que ha dado lugar a una importante pérdida de la capacidad de dilución de la misma y, por tanto, una menor capacidad de depuración de los vertidos de todo tipo que recibe, los cuales, lógicamente, han aumentado de forma muy considerable en el mismo lapso de tiempo.

La disminución en superficie es todavía más acusada, especialmente si se considera la superficie intermareal. Esto ha dado lugar a una importante pérdida de la capacidad biológica de depuración de las aguas (al desaparecer los organismos filtradores de las áreas correspondientes) y a una considerable disminución de la productividad biológica del sistema. Es conocido el hecho de que las zonas intermareales son zonas de elevada productividad y al mismo tiempo de reproducción, de alimentación o de residencia de numerosas especies, muchas de ellas de considerable valor comercial

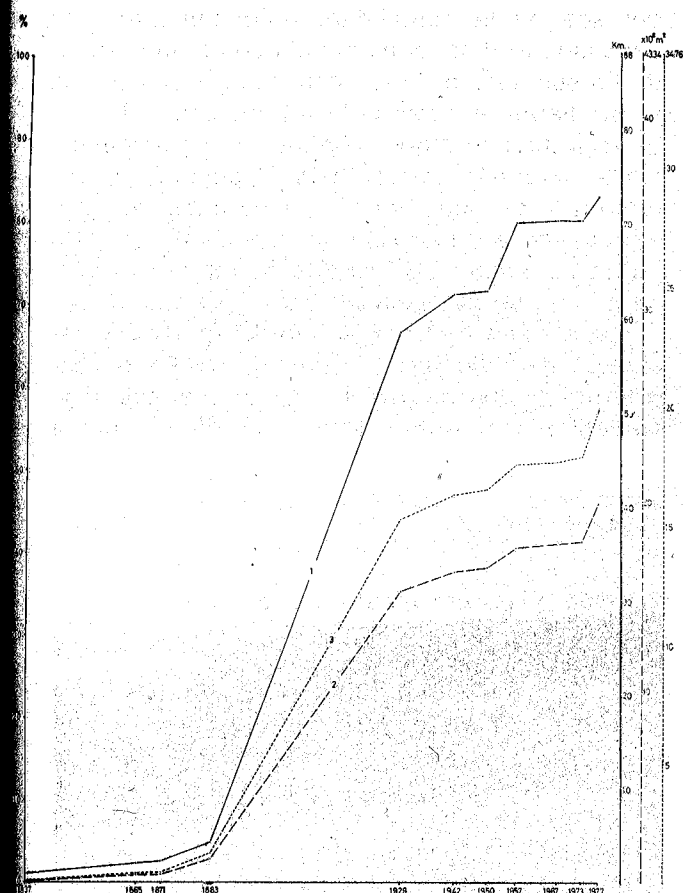
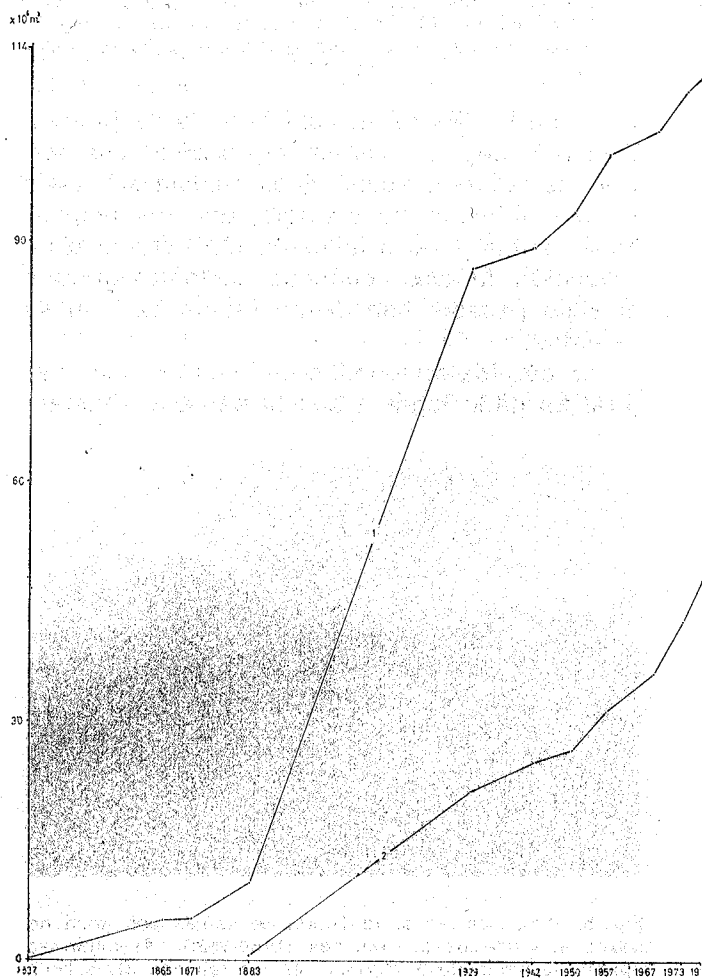


Fig. 3. — Gráficas acumuladas de longitud de costa natural perdida (1), superficie total perdida (2) y superficie intermareal perdida (3).

Fig. 4. — Gráficas acumuladas de volúmenes de relleno (1) y de dragados (2).



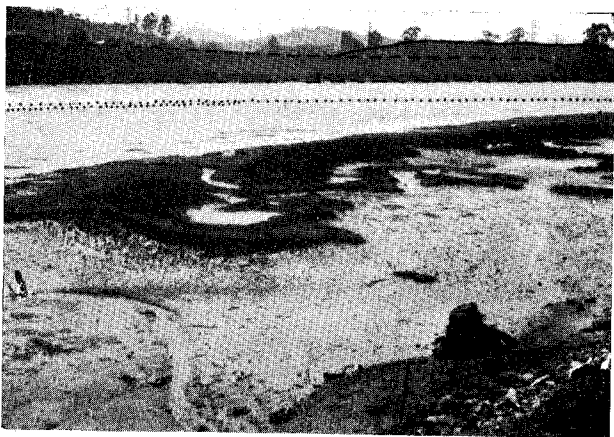


Fig. 5.—Aspecto a bajamar de la desembocadura de la ría de Solía. Se aprecia el canal de marea (señalado con línea de puntos). Al fondo, escombreras de materiales finos (la línea de trazo discontinuo indica el escarpe de la escombrera situada en primer término; la línea de trazo lleno el escarpe, parcialmente tapado por la anterior, de la escombrera situada al fondo). Muy cerca del lugar donde se tomó la fotografía estaban, río arriba, situados los astilleros de Guarnizo, con calados por debajo del cero del puerto de 3,14 metros en 1781. Actualmente, el calado, por debajo del cero del puerto en el canal de marea no llega a un metro (época en que se efectuó el relleno citado: 1883-1929).

o recreativo. Es decir, esta pérdida de productividad biológica también representa una pérdida de recursos económicos o sociales. Puede citarse, a modo de ejemplo, que las amplias zonas aptas para la alimentación, refugio o nidificación de aves acuáticas existentes durante el siglo pasado, han desaparecido casi en su totalidad.

La pérdida de longitud de línea de costa natural ha dado lugar a que la bahía de Santan-

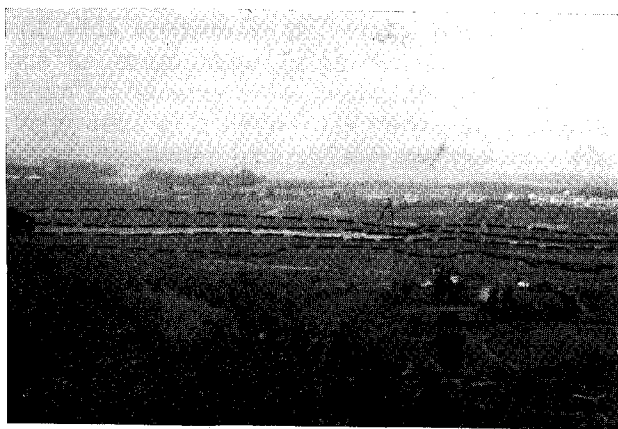


Fig. 6.—Vista de la ría de Tijero. Se señala con línea de trazos el límite de los rellenos (1883-1929). Al fondo se aprecia la bahía de Santander con los rellenos de la zona del aeropuerto.

der sea en la actualidad, prácticamente, una ensenada artificial comunicada con la mar abierta. La sustitución de la costa natural por muros y escolleras representa la interposición de una barrera adicional que dificulta la comunicación entre las zonas emergidas y el océano, y que, junto a la desaparición de zonas intermareales, representa la ruptura de un importante eslabón en las cadenas de transporte de nutrientes desde el continente hacia el mar.

Un análisis de la velocidad de aporte de materiales de relleno a lo largo del período considerado, pone de manifiesto que el volumen de sedimentos naturales existentes en la bahía

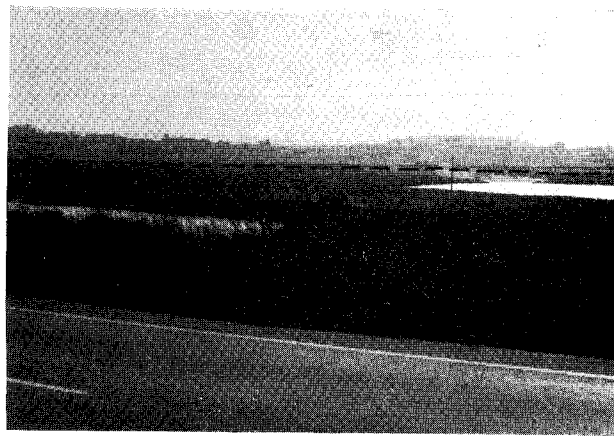


Fig. 7.—Rellenos del norte de Maliaño (parte Oeste de la bahía). Con línea de trazos se señala el límite del relleno. Se aprecian también los canales de drenaje. La distancia entre la carretera, situada en primer plano y la línea de costa primitiva (línea de trazos), es de unos 1.800 metros (época en que se efectuó el relleno: 1883-1929).

se habría acumulado (caso de haber tenido lugar a un ritmo similar que el proceso artificial) en quinientos veintisiete años, si consideramos el volumen máximo ($580.114.000 \text{ m}^3$) y la velocidad media de aporte de rellenos en el período 1883-1977. (Según se ve en las figuras 3 y 4, se puede considerar que el proceso de relleno artificial comienza prácticamente en 1883, es decir, hace menos de un siglo.) En caso de considerar el volumen mínimo de $432.043.000$ metros cúbicos, los sedimentos se habrían acumulado en cuatrocientos treinta y ocho años.

Si consideramos que la acumulación natural de sedimentos debió empezar hace unos veinticinco mil años, es decir, al final de la última glaciación, vemos que el proceso artificial es 47 veces más rápido que el natural. Tenien-



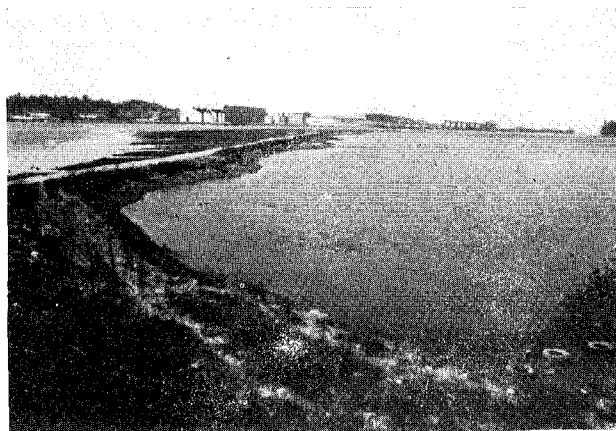
Fig. 8.—Pistas del aeropuerto de Santander, instalado en su totalidad sobre una antigua marisma y zona intermareal (en línea de trazos, límite del relleno); época en que se efectuó el relleno: 1950-73).

do en cuenta que el comienzo de la sedimentación es probablemente anterior a la fecha señalada, nos encontramos con una diferencia entre el ritmo de ambos procesos, que es, sin duda, superior a la indicada.

Una grosera estimación orientativa de la velocidad de relleno por el proceso natural en los últimos años, puede hallarse comparando los datos de profundidad de 1781 con los de 1973. La observación de los datos pone de manifiesto que ha habido una cierta acumulación de sedimentos en la amplia zona intermareal situada al sur de la canal principal. El nivel del fondo ha subido, según las zonas, de 0 a 1 m. (En el borde de la canal ha habido un descenso del



Fig. 9.—Detalle de los materiales utilizados para relleno de la zona del nuevo puerto de Raos. Se puede apreciar la alta contaminación de las aguas en esta zona por la impregnación de grasa que se observa por debajo de la línea de pleamar (relleno comenzado en 1957 y que actualmente prosigue).



10.—Zona intermareal con dique de cierre, lista para desecación y relleno. Al fondo, naves industriales, instaladas sobre rellenos efectuados entre 1973 y 1977.

fondo, lo cual es lógico teniendo en cuenta los dragados efectuados). Promediando para las distintas zonas estas variaciones de nivel, encontramos que en ciento noventa y dos años se han acumulado $3.819.949 \text{ m}^3$ de sedimentos en una superficie de $7.472.000 \text{ m}^2$. Extendiendo esto al total de la bahía, se tiene, para el mismo período de tiempo, una acumulación total de sedimentos naturales de $17.763.000 \text{ m}^3$, lo que representaría una velocidad de aporte 6-7 veces menor que la del proceso artificial.

En realidad, el proceso natural debe ser bastante más lento de lo que sugieren estas cifras (según se deduce de las obtenidas anteriormente en base al total de sedimentos existentes), pues la zona elegida para hacer la estimación experimenta una de las tasas de acu-

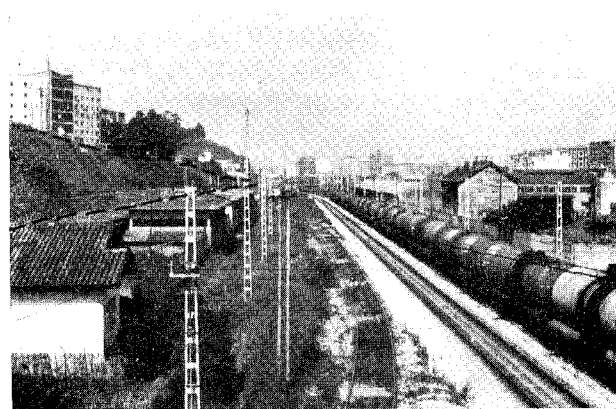


Fig. 11.—Vista parcial del casco urbano de Santander. Con línea de trazos se indica el escarpe de la antigua línea de costa. La vía férrea y los edificios situados en la zona llana están ubicados sobre rellenos (época en que se efectuó el relleno: 1837-1883).

mulación más rápida de toda la bahía, lo cual se aprecia claramente por simple inspección de los mapas y cartas.

La irregularidad del proceso de sedimentación en las distintas zonas de la bahía se pone de manifiesto si se considera que el volumen del arenal de El Puntal, a la entrada de la misma, ha aumentado en un período de tiempo similar (por encima del cero del puerto) en unos 5.10^6 m^3 (Díaz de Terán, 1976). Esto incluye tanto la zona externa como la interna de dicha flecha de arena y, por representar la zona de sedimentación natural más intensa, no resulta adecuado utilizar esta cifra como término de comparación.

Es evidente que los datos de base utilizados para calcular la acumulación de sedimentos en la zona señalada son muy imprecisos, debido a la dudosa calidad de las cartas antiguas y a la dificultad de situar con exactitud, en el mapa actual, los puntos señalados en las mismas. Por otro lado, la extrapolación para el conjunto de la bahía a partir de esta zona es una simplificación excesiva, dado que la naturaleza de las distintas zonas es muy diferente. Asimismo, cabe señalar que no se han tenido en cuenta las consecuencias de los dragados. Por todo ello, la cifra mencionada tiene un valor puramente orientativo y debe tomarse, como máximo, como indicadora del orden de magnitud del proceso natural en épocas recientes.

Otro rasgo a reseñar en lo que respecta a la reciente evolución de la bahía de Santander es el aumento de profundidad alcanzado en la canal de navegación como resultado de los dragados en determinadas zonas y la disminución de los calados en otros puntos de la canal principal, no utilizados para la navegación y no sometidos a dragados, tales como los situados al sur de Astillero, en las rías de Solía y Tijero. A modo de ejemplo, señalemos que en los puntos 1 y 2 (fig. 1), cuyas profundidades actuales son inferiores a 1 m por debajo del cero del puerto, había unas profundidades de 3,64 y 3,14 m en el año 1781. (Junto al punto 2, en un lugar situado actualmente 400 m tierra adentro, se encontraban los famosos astilleros de Guarnizo, en los cuales se construyeron barcos de considerable porte hasta bien entrado el siglo XIX (Mercapide, 1974).) La espectacular disminución del calado en estas dos rías se debe, sin duda, a la acumulación de desechos sólidos procedentes de las explotaciones

mineras situadas en las inmediaciones, en la zona de Peña Cabarca.

Para extrapolar hacia el futuro las tendencias observadas en este último siglo, se han calculado las rectas de regresión correspondientes al ritmo de relleno (en superficie), observado en los intervalos 1837-77 y 1973-77 (tendencia reciente) y el tiempo que tardarían en cubrirse porcentajes crecientes de la superficie intermareal original. Para el período 1837-1877 se ha calculado también la media en base a los estados inicial y final. Los datos correspondientes se presentan en la tabla 4.

Puede apreciarse que, de seguir una tendencia comparable a las observadas, el total de la superficie de la bahía situada por encima del cero del puerto quedaría relleno en un lapso de tiempo que oscilaría entre treinta y uno y ciento cinco años. Es decir, de no alterarse fundamentalmente el ritmo de relleno que se ha venido produciendo durante los últimos cien años, la bahía de Santander quedaría reducida al puerto y a la canal de navegación y rodeada de muros artificiales en ciento cinco años, según las proyecciones optimistas, y en treinta y un años de acuerdo con las proyecciones pesimistas. En este sentido cabe señalar que la desaparición de la bahía desde el punto de vista geológico y biológico, es decir, el momento en que dejaría de cumplir su función ecológica de estuario, se alcanzaría antes de llegar al 100 por 100 de relleno de las zonas intermareales.

Evidentemente, estas proyecciones hacia el futuro están sujetas a grandes posibilidades de variación, dado que no nos enfrentamos con un proceso natural y que los factores que más influyen en el desarrollo del mismo son de tipo administrativo. Por ejemplo, una detención del proceso debida a la promulgación de alguna norma legal en ese sentido haría que las tendencias actuales no se mantuvieran y que se pudiera asegurar la pervivencia de la bahía. En este caso, una serie de zonas que están actualmente cercadas y separadas (total o parcialmente) y que se han considerado como pérdidas a efectos de superficie, podrían rescatarse con un esfuerzo muy pequeño. Esto supondría una superficie de $2.161.000 \text{ m}^2$, aproximadamente un 6,2 por 100 de la superficie intermareal original.

Por otro lado, una aceleración en el ritmo de concesión de licencias de relleno acortaría

TABLA 4. — *Proyecciones relativas al progreso del proceso de pérdida de superficies (años).*

Tendencia	Porcentaje de superficie aislada					Coeficiente de determinación
	70	75	80	90	100	
1837-1977	2.008	2.021	2.033	2.057	2.082	(*)
	1.996	2.006	2.016	2.035	2.055	0,94
1973-1977	1.986	1.990	1.993	2.001	2.008	1,00

(*) Estos datos se obtienen considerando solamente los estados inicial (1837) y final (1977).

los períodos antes señalados. En este sentido cabe señalar (*El Diario Montañés*, 12 de febrero de 1977), el reciente proyecto de rellenar 10^3 m² en la zona comprendida entre las Puntas de Pedreña y el Urro (fig. 2), lo que supondría una pérdida adicional del 2,8 por 100 de la superficie original y de 2,0 Km de línea de costa natural, quedando ésta reducida a unos 13 kilómetros.

IV. Conclusiones.

De lo expuesto anteriormente se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La bahía de Santander ha perdido, aproximadamente y en poco más de un siglo, el 83 por 100 de su línea de costa natural, el 46 por 100 de su superficie total y el 57 por 100 de su superficie intermareal, así como el 40 y el 48 por 100 de su volumen total e intermareal, respectivamente.
- El volumen de aporte de rellenos ha sido dos a tres veces mayor, en igual período de tiempo, que el de dragados realizados en la bahía.
- Esta pérdida ha disminuido de manera importante la capacidad de dilución y de depuración biológica de la bahía, así como su productividad.
- La velocidad del proceso artificial de relleno puede estimarse como varias decenas de veces superior a la velocidad de sedimentación natural.
- De continuar el proceso de relleno con ritmos similares a los observados, las zonas intermareales desaparecerían totalmente en un intervalo variable entre

treinta y uno y ciento cinco años, aproximadamente, y la bahía habría dejado prácticamente de cumplir su función ecológica.

Con los datos disponibles hasta el momento no es posible cuantificar las consecuencias biológicas y económicas del proceso estudiado. Se encuentra en curso de realización la toma de datos relativos a productividad biológica y la estimación de la variación de la misma debida a la evolución del proceso de relleno. Por otro lado, se está llevando a cabo una valoración económica de los aspectos positivos y negativos del relleno (entendiéndose éstos desde el punto de vista económico e incluyendo tanto los costos y beneficios internos como los externos).

Los resultados de estos estudios serán objeto de un próximo trabajo y es de esperar que permitan una evaluación global y realista de las consecuencias de la evolución que la bahía de Santander ha experimentado como resultado de las actividades humanas.

Agradecimiento.

Los autores agradecen a J. R. González Lastra la colaboración, sugerencias y críticas aportadas durante la realización del trabajo y a la Junta de Obras del Puerto de Santander los mapas y los datos suministrados sobre dragados y sondeos. J. R. Díaz de Terán ha realizado este trabajo como becario de la Fundación "Marcelino Botín Sanz de Satuola y López", cuya ayuda económica se agradece muy especialmente.

BIBLIOGRAFIA

- CENDRERO UCEDA, A. (1975a): "El mapa geológico-ambiental en la evaluación de los recursos naturales y en la planificación del territorio. Su aplicación a la zona de Santander y su bahía". Universidad de Santander. Secretariado de Publicaciones, pág. 89.
- CENDRERO UCEDA, A. (1975b): "Environmental geology of the Santander Bay Area, Northern Spain". *Environmental Geology*, vol. 1, núm. 2, págs. 97-114.
- DIAZ DE TERAN, J. R. (1976): "Sedimentología y dinámica de las arenas de El Puntal, Santander". *Anal. Inst. Est. Ind. Econ. Ciencias, Institución Cultural de Cantabria*, vol. 1, págs. 229-329.
- MERCAPIDE COMPAINS, N. (1974): "Crónica de Guarnizo y su Real Astillero". *Inst. Cult. de Cantabria. Santander*.
- Apéndice: Cartografía antigua y otros documentos utilizados.*
- BRAUN, J. (1618): Grabado de Santander y parte de la bahía en la obra "Civitatis Orbis Terrarum". Traducida por M. Menéndez Pelayo y publicada en la *Revista de Santander*, 1930-33, tomo 1, pág. 9.
- Anónimo (anterior a 1726): "Plano de la villa de Santander y sus contornos, comprende la ría o puerto y astilleros de Guarnizo, donde se fabrican los navíos de S. M.". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Mala calidad. Contiene alguna batimetría en la canal.
- VERBON, I. DE (1725): "Mapas de la villa de Santander y sus contornos". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Mala calidad. Comprende sólo parte de la bahía.
- LANGOST (hacia 1726): "Mapa del astillero de Guarnizo y sus contornos con demostración del retrinchamiento que se ha hecho para su resguardo en la única avenida que tiene". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Mala calidad.
- Anónimo (hacia 1730): "Plano de la villa de Santander y sus contornos". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Aceptable calidad. Batimetrías en la canal. Interesante por abarcar toda la zona de la bahía.
- SCOFET, J. (1781): "Plano que acompaña la relación de puerto y ría de Santander y manifiesta el proyecto para mejorar el fondo". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Mala calidad. Interesante por contener batimetrías de la canal y de las zonas de: Peñacastillo, Las Presas, Maliaño, rías de Tijero y Solía, Cubas y NO de Pedreña.
- COLUSIA, A. (1791): "Plano de la ciudad de Santander según se hallaba antes que se emprendiesen las obras del muelle, etc.". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Buena calidad. Permite localizar la antigua dársena y los principales edificios religiosos y públicos.
- FERNANDEZ ALDAY, J. (1793): "Plano del puerto de Santander con la situación del río de Cubas". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Buena calidad. Comprende toda la zona de la bahía y permite trazar con gran precisión la primitiva línea de costa. Excelente plano del puerto y ciudad de Santander.
- MATHE, J. (1837): "Plano de la ciudad y península de Santander". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Calidad aceptable. Buen plano de la ciudad y puerto.
- AREVALO, A., y DEL CAMPO, B. (1843): "Plano de la bahía y puerto de Santander". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Calidad excelente. Comprende toda la zona de la bahía, excepto las rías de Tijero, Solía, Bóo y parte de la de Cubas, con batimetrías en la canal.
- AREVALO, A., y DEL CAMPO, B. (1843) (corregido y adicionado en 1875): "Plano de la ría y puerto de Santander". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Calidad excelente, comprende toda la zona de la bahía excepto la rías de Tijero, Solía, Bóo y parte de la de Cubas. Con batimetrías en la canal.
- PEREZ DE ROZAS, J. (1865): "Plano de la ciudad de Santander". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Calidad excelente, permite situar con precisión dársena y muelles. Curvas de nivel.
- Cuerpo de E. M. (1871): "Plano de Santander y sus inmediateces". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Buena calidad, curvas de nivel.
- PENARREDONDA, J. (1875): "Plano del puerto de Santander". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Calidad excelente. Curvas batimétricas y curvas de nivel.
- Cuerpo de E. M. (1883): "Plano de Santander". Servicio Geográfico del Ejército. Madrid.
- Nota: Excelente calidad. Curvas de nivel.
- Servicio Hidrográfico de la Armada (1929): "Carta marina que comprende desde la Virgen del Mar hasta Laredo".
- Nota: Calidad excelente. Batimetrías.
- Instituto Geográfico y Catastral (1942): "Mapa topográfico nacional a escala 1:50.000. Hojas 34 y 35".
- Nota: Sin batimetrías.
- Junta de Obras del Puerto de Santander (1950): "Plano general de Santander y su bahía". Escala 1:10.000.
- Nota: Curvas batimétricas y curvas de nivel.
- Junta del Puerto de Santander (1973): "Plano general de Santander y su bahía. Escala 1:10.000".
- Nota: Curvas batimétricas y curvas de nivel.
- Servicio Geográfico del Ejército (1975): "Mapa militar de España a escala 1:50.000. Hojas 34 y 35".
- Fotogramas aéreos:
- Vuelo de 1957: Escala aproximada, 1:30.000.
- Vuelo de 1967: Escala aproximada, 1:13.000.
- Vuelo de 1970: Escala aproximada, 1:20.000.