

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

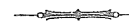
MEMORIA EXPLICATIVA

DE LA

HOJA N.º 1.017

EL ASPERILLO

Estudiada y redactada por D. Juan Gavala y Laborde
Ingeniero de Minas y Vocal del Instituto Geológico y Minero de
España



MADRID
TIP. Y LIT. COULLAUT
MARÍA DE MOLINA, 58

FE DE ERRATAS

Página	Línea	DICE	LEÁSE
9	23	diluvial	aluvial
18	20	del	de
18	31	cumulaciones	acumulaciones
18	42	implantaciones	plantaciones
18	45	diluvial	aluvial
20	45	arrastrándoles	arrastrándolas
24	16	Lámina III	figura 2. ^a
24	40	de	por
25	33	a la	en la
26	8	de	en
26	Última	figura 9	figura 7
27	18	profesión	profusión
30	16	hasta punta	hasta la Punta
34	24	del	de
35	31	intermedia	intermediaria
37	11	<i>adlapsu</i>	<i>ab lapsu</i>
37	36	uadalete	Guadalete
42	28	un	su
43	2	Arillo,	Arillo
44	43	« <i>interland</i> »	« <i>hinterland</i> »
54	32	segundo;	segundo,
57	42	Dejémosla para pasar	Dejémosla pasar
66	9	llamado	llamada

FE DE ERRATAS

<i>Página</i>	<i>Línea</i>	<i>Dice</i>	<i>Léase</i>
9	23	diluvial	aluvial
18	31	cumulaciones	acumulaciones
18	45	diluvial	aluvial
24	16	lámina III	figura 2. ^a
30	16	hasta punta	hasta la Punta
37	11	<i>adlapsu</i>	<i>ab lapsu</i>

ÍNDICE DE MATERIAS

	Páginas
Introducción	7
I Bibliografía	11
II El estuario diluvial	13
III El estuario aluvial	23
IV Los estuarios del Guadalquivir y del Guadalete en relación con las civilizaciones antiguas	33
V La topografía y la hidrografía contemporánea de las for- maciones de estuario del Guadalquivir	47
VI Régimen del Guadalquivir en la época actual. Sus crecidas e inundaciones. Las mareas en la ría	53
VII Régimen de los afluentes del estuario aluvial. Sus cauces antiguos	65

INTRODUCCION

Con la Memoria de la Hoja de El Asperillo comen-
zamos la descripción geológica de una extraña comarca de
Andalucía, cuyo suelo estéril y despoblado desentona del
ambiente de exuberancia y lozanía que envuelve a la cam-
piña sevillana; tanto más extraña esa comarca si se tiene
en cuenta que ha ido creándola el gran río andaluz a tra-
vés de los siglos con el constante aporte de las arenas y
los limos arrastrados por sus aguas, y arrancados a tie-
rras feracísimas, en parte cultivadas y enriquecidas por
el trabajo de cientos de generaciones. En casi todas las
regiones españolas son los terrenos modernos de acarreo
los más feraces y los más densamente poblados, y se da
el caso anómalo de que las formaciones cuaternarias del
Guadalquivir, y precisamente bajo el cielo y el sol de An-
dalucía, hagan excepción a esta regla general, y todo por
causa de una clasificación mecánica de los sedimentos tan
excesivamente minuciosa que amontonando en un lado
las arenas silíceas y en otro los limos arcillosos ha origi-
nado suelos o excesivamente porosos o excesivamente
impermeables, impropios para el desarrollo de la vege-
tación herbácea sin cuyo concurso el manto de tierra ve-
getal no puede llegar a producirse.

Corresponde, en efecto, la totalidad del terreno que

abarca la Hoja de El Asperillo a los depósitos diluviales que el Guadalquivir y otros ríos inmediatos de menor cuenca, que surcan la Meseta Central y la Cordillera Penibética, depositaron no sólo a lo largo de sus antiguos valles, mucho más amplios que los actuales, sino también y de modo principal en el borde meridional de la Sierra Morena, ensanchando con ese depósito notablemente el dominio de la tierra firme y haciendo retroceder las aguas del Océano de 30 a 60 kilómetros entre la raya de Portugal y el meridiano de Sevilla (véase el mapa de conjunto de la lámina I).

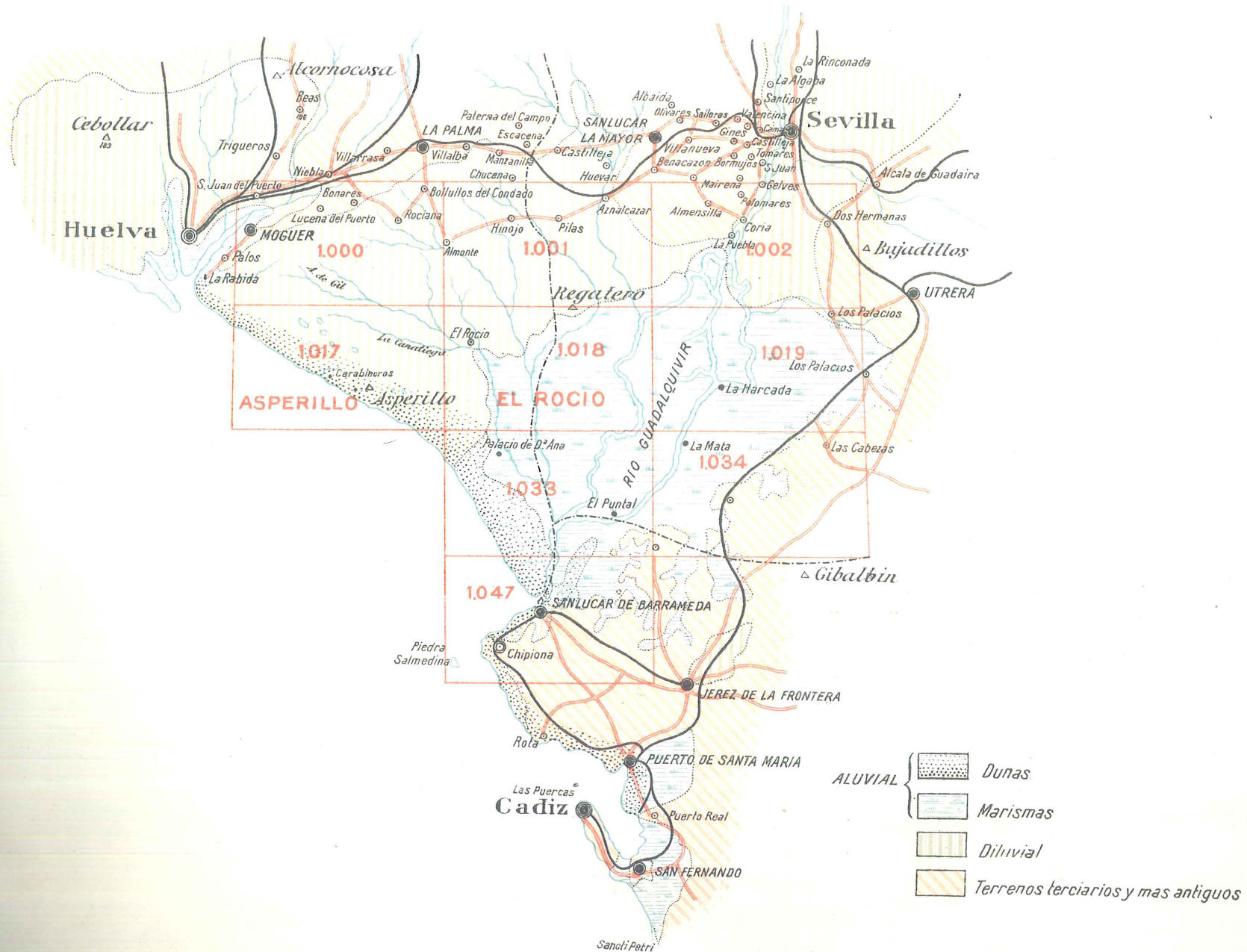
Esta zona litoral de Andalucía, donde confluyen las provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz, es una comarca no consolidada aún en su totalidad y por cuya conquista definitiva luchan todavía el gran río andaluz y el mar. Y de esta lucha, en que alternativamente dominó una u otra de las fuerzas puestas en juego, es consecuencia su peculiar topografía y los bruscos cambios que en la composición del suelo se advierten al recorrer estos despoblados territorios.

Durante la época pliocena fué toda esa zona dominio indiscutido del Océano, que se extendió allí tierra adentro a mayores distancias de las costas actuales que el mar cuaternario. En su fondo se fueron depositando los acarreos de los ríos, mezcla de arenas silíceo-calcáreas y de arcillas, que según la proporción relativa de unos y otros elementos formaron las areniscas, calizas toscas y margas que hoy bordean en estrecha faja los terrenos antiguos de la Meseta y los secundarios y eógenos de la Cordillera Penibética. En la masa de estos depósitos pliocenos, poco coherentes, hasta cierto punto uniformes y fácilmente denudables, labraron más tarde sus valles cuaternarios el Guadalquivir, el Río Tinto, el Odiel, el Guadalete y otros afluentes intermedios, y después de barrer la masa de los depósitos pliocenos continuaron la profundización de sus estuarios en los terrenos que servían de base a esta formación.

Tras el período de excavación de los estuarios, en los

MAPA DE CONJUNTO DEL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR

Escala 1: 800.000



comienzos de la Era cuaternaria, llegó un momento en que los acarreos fluviales comenzaron a rellenarlos, y nuevas capas de sedimentos con espesor similar al del Plioceno se formaron en la comarca objeto de nuestro estudio. Estos depósitos cuaternarios, diluviales, son más homogéneos que los del Terciario superior, pues se componen exclusivamente de grandes masas de arenas silíceas y lechos de gravas cuarzosas. El Odiel, el Tinto, el Guadalquivir y el Guadalete entremezclaron sus acarreos en la zona litoral de nuestros días, a lo largo de la cual se enlazaban entre sí sus estuarios, y sólo bastante aguas arriba se advierte en los valles respectivos cierta individualización de los sedimentos propios de cada uno, y las arenas de las zonas comunes van pasando gradualmente a depósitos de elementos más gruesos hasta predominar las gravas y los cantos rodados, algunos de cuyos bancos se hallan convertidos en duros conglomerados. En estos últimos se encuentran ya cantos de caliza, que en la zona marítima debieron desaparecer por el rozamiento con los materiales silíceos.

En el seno de esa masa de arenas diluviales, levantada sobre el nivel del mar poco después de su depósito, volvieron a abrir en la época diluvial nuevos estuarios los ríos antes mencionados; pero debido sin duda a un régimen pluvial menos severo, estos nuevos estuarios no alcanzaron las grandes dimensiones de los de la época diluvial; y si bien el Tinto y el Odiel mezclaron aún en época tan reciente sus sedimentos al efectuar el relleno de su común estuario, el Guadalquivir y el Guadalete labraron ensenadas independientes, que independientemente rellenaron más tarde con sus propios acarreos.

Este trabajo de relleno de los estuarios aluviales continúa aún en nuestros días, y de él, y de la acción de la ola marina y del movimiento de las arenas voladeras de la costa resultan las exiguas y lentas modificaciones contemporáneas del país costero del golfo de Cádiz.

Tres series de sedimentos sucesivamente depositadas y en gran parte arrasadas después por los ríos que afllu-

yen a la costa atlántica entre Huelva y Cádiz constituyen por lo tanto, el subsuelo de esta parte del litoral andaluz, así es que sería punto menos que imposible definir y precisar la constitución geológica de un trozo cualquiera de este territorio, y mucho menos escribir su historia geológica y hacerla comprender al lector sin explicar de antemano las vicisitudes por que ha pasado todo el país a través de la época cuaternaria. Constituye este territorio una unidad perfectamente definida porque sus distintas partes se han formado a consecuencia de un trabajo de las fuerzas naturales orientado siempre en idéntico sentido, y su topografía contemporánea es la resultante de fenómenos meteóricos constructivos unos y destructores otros, pero de tal modo coordinados que sus efectos no hubieran podido manifestarse de modo distinto.

Por esas razones creemos, más que interesante, necesario preceder la descripción geográfica y geológica, tanto de esta Hoja de El Asperillo como de las demás que abarcan áreas pertenecientes a este país relativamente moderno, de una reseña del territorio que ocupan los estuarios diluvial y aluvial del Guadalquivir, del proceso de excavación y relleno de cada uno y de la influencia que ha ejercido y todavía ejerce la acción directa del mar en el desarrollo de sus distintas fases.

Con objeto de hacer esta reseña lo más breve posible nos valdremos de una serie de planos y esquemas que ponen de manifiesto con bastante claridad las diversas etapas por que ha pasado el estuario del Guadalquivir desde los comienzos de la edad cuaternaria hasta nuestros días.

I

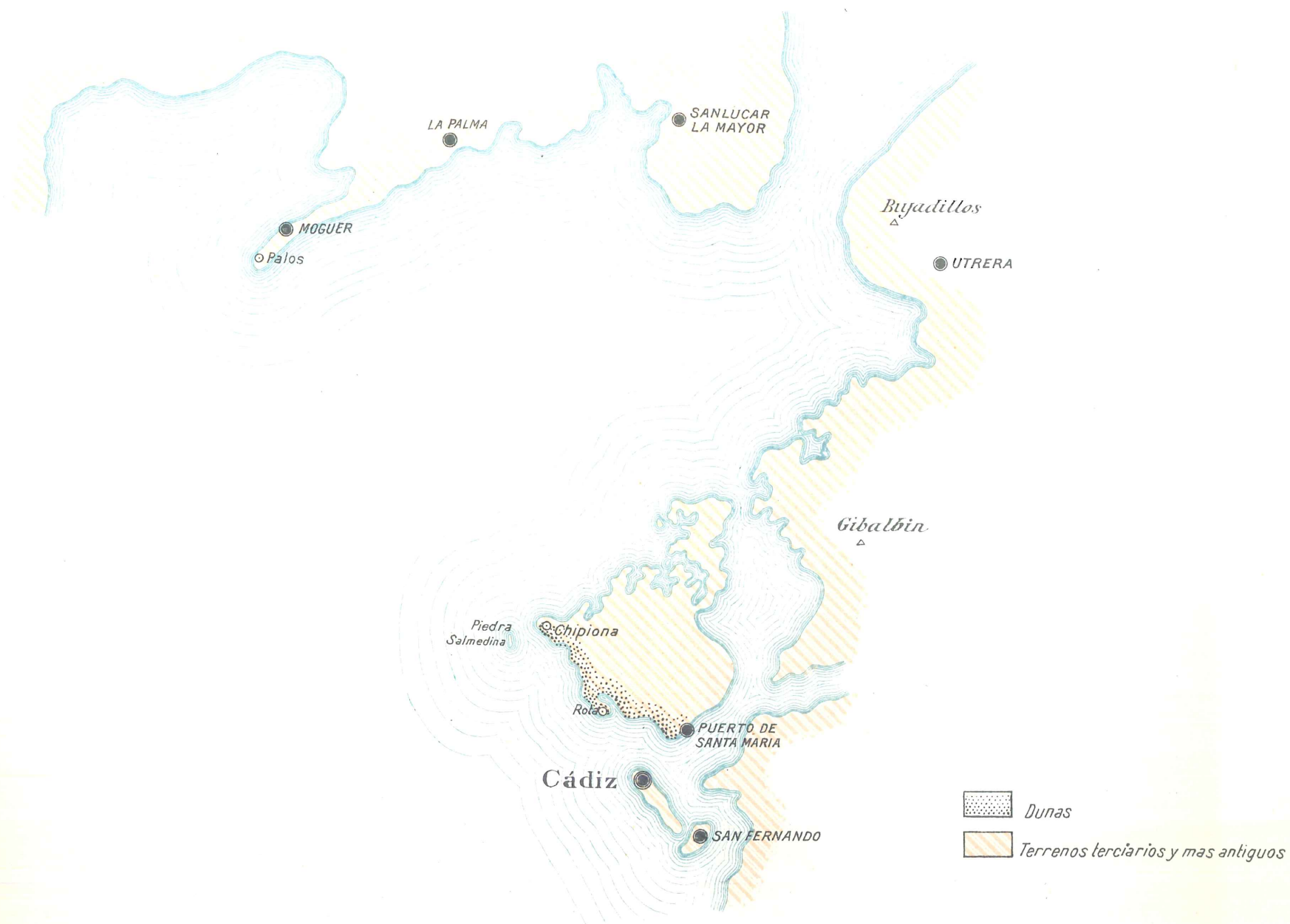
BIBLIOGRAFIA

1873. MACPHERSON.—Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz. Cádiz.
1878. MACHADO Y NÚÑEZ (A.).—Breve reseña de los terrenos cuaternarios y terciarios de la provincia de Sevilla. Sevilla.
1879. MACPHERSON.—Estudio geológico y petrográfico del Norte de la provincia de Sevilla.—«Bol. de la Com. del Mapa geol. de España», tomo VI. Madrid.
1879. MACPHERSON.—Noticia acerca de la especial estructura de la Península Ibérica.—«An. Soc. Esp. de Hist. Nat.», tomo VIII. Madrid.
1887. GONZALO Y TARÍN.—Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva.—«Memorias de la Com. del Mapa geológico de España», tomo I. Segunda parte. Descripción geológica. Estratigrafía.
1895. CALDERÓN Y ARANA.—Algunas observaciones sobre las arcillas del valle del Guadalquivir.—«An. de la Soc. Esp. de Historia Natural», tomo XXIV.
1895. CALDERÓN Y ARANA.—Estructura del terreno terciario del Guadalquivir en la provincia de Sevilla.—«Bol. de la Com. del Mapa geol. de España», tomo XX.
- 1895-1911. MALIADA.—Explicación del Mapa geológico de España. «Mem. Com. del Mapa geol. y del Inst. Geol. de España».
1897. CALDERÓN Y ARANA.—Movimientos pliocenos y postpliocenos en el valle del Guadalquivir.—«An. de la Soc. Esp. de Historia Nat.», tomo XXII.
1917. GAVALA.—Regiones petrolíferas de Andalucía.—«Bol. del Instituto Geol. de España», tomo XXXVII.

1924. SCHULTEN.—Tartessos. Contribución a la Historia antigua de Occidente. Madrid.
1924. GAVALA y MILÁNS DEL BOSCH.—Informe sobre el abastecimiento de aguas de la ciudad de Sevilla.—«Bol. del Inst. Geológico de España», tomo XLV.
1926. HERNÁNDEZ-PACHECO (E.).—La Sierra Morena y la llanura bética.—«Congreso Geológico Internacional». Madrid.
1927. GAVALA.—Cádiz y su bahía en el transcurso de los tiempos geológicos.—«Bol. del Inst. Geol. de España», tomo XLIX.
1929. MILÁNS DEL BOSCH.—Memoria explicativa de la hoja de Sevilla.—«Inst. Geol. y Min. de España».
1929. GAVALA.—La geología del Estrecho de Gibraltar.—«Bol. del Inst. Geol. y Min. de España», 3.ª serie, tomo XI.
1931. RUBIO y MILÁNS DEL BOSCH.—Memoria explicativa de la hoja de Carmona.—«Inst. Geol. y Min. de España».
1933. MILÁNS DEL BOSCH.—Memoria explicativa de la hoja de Dos Hermanas.—«Inst. Geol. y Min. de España».
1933. GARCÍA Y BELLIDO.—El problema de Tartessos y la cuestión etrusca.—«An. de la Univ. de Madrid», tomo II, fasc. I.

ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR EN LA ÉPOCA DILUVIAL

Escala 1: 800,000



II

EL ESTUARIO DILUVIAL ⁽¹⁾

Forma de la ensenada.—En la época diluvial, los estuarios labrados por el Odiel, el Tinto, el Guadalquivir y el Guadalete se confundían en una sola y única ensenada que abarcaba desde la frontera portuguesa hasta las inmediaciones de Conil, al Sur de Cádiz.

La lámina II muestra la forma de esta ensenada, tal y como podemos replantearla apoyándonos en los límites de la gran mancha del terreno arenoso que constituye su relleno y de algunas otras pequeñas, desgajadas por erosión de la anterior, que se conservan en las cercanías de sus bordes.

En esta época, el valle propiamente dicho del Guadalquivir ocupaba a la altura de Sevilla todo el espacio comprendido entre el Aljarafe (colinas de San Juan de Aznalfarache, Castilleja de la Cuesta, etcétera) y los alcóres de Alcalá de Guadaira, Mairena y Carmona: un espacio de 12 kilómetros aproximadamente. Por las cercanías de Palos (Huelva) se enlazaba esta ensenada con el estuario común de los ríos Odiel y Tinto, y por los llanos de Caulina, al Norte de Jerez de la Frontera, con el del Río Guadalete. Un espolón o cabo de rocas pliocenas avanzaba desde La Palma del Condado por Bonares y Moguer hacia Palos, donde se internaba en el mar; y una isla, compuesta de terrenos terciarios, antiguos y modernos, se alzaba en medio de las aguas entre Sanlúcar de Barrameda y el Puerto de Santa María.

En esta ensenada o abra, excavada en la masa de los depósitos pliocenos, la denudación fluvial barrió casi por entero las rocas de esta formación dejando al descubierto al Norte de Huelva, el Culm; entre Alcalá de Guadaira y Utrera, el Oligoceno; y entre Utrera y Lebrija, el Eoceno y el Triás.

Entre Sanlúcar de Barrameda y Conil, dónde el asiento de los de-

(1) La mayor parte de los datos consignados en esta Memoria están tomados de la obra del autor, actualmente en prensa, «El Sector gaditano de la Cordillera Penibética».

depósitos pliocenos se hallaba a mayor profundidad, fué más respetada esta formación, como lo demuestra la mancha hoy existente entre Sanlúcar, Chipiona y Rota, y la de las islas de Cádiz y San Fernando y los arrecifes costeros de Salmedida, el Diamante y las Puercas, ya casi arrasados por los temporales del mar.

Nivel de base de la formación diluvial.—La formación arenosa que llenó este gran estuario tiene su asiento a cotas diferentes según el punto de la ensenada que se considere. Al Norte de Huelva, donde las arenas descansan en terrenos antiguos de la meseta, el terreno diluvial tiene su base a cotas de cerca de 200 metros sobre el nivel actual del mar. Así se comprueba, por ejemplo, en el cerro de la Alcornocosa, como también más al Oeste, en Villalba del Alcor, donde la formación diluvial, que forma justamente al lado del pueblo la colina o alcor de donde toma el nombre, descansa en terreno plioceno. En cambio a lo largo de la línea costera entre la Rábida y la Torre de la Higuera, en la llamada Playa de Castilla, las aguas del Océano cubren las hiladas inferiores de estos depósitos, que dominan la orilla del mar con un acantilado de 15 a 20 metros de altura (véase la fotografía número 1).

Entre Aznalcázar y la Puebla, el asiento de la formación arenosa baja hasta el nivel del relleno del estuario aluvial (1,50 metros sobre el nivel medio del mar) y a poca mayor altura (3 a 6 metros) queda por la margen izquierda del estuario entre Dos Hermanas y los Palacios, entre Chipiona y el Puerto de Santa María, y, más a Levante aún, entre Puerto Real y Conil. La mancha diluvial de Caulina, al Norte de Jerez, asienta en terreno plioceno y tiene su base a unos 40 metros sobre el nivel del mar.

De la variación de cota del plano de asiento de la formación arenosa diluvial del Guadalquivir se deduce que la línea de mayores profundidades del estuario pasaba por Coria y El Asperillo, y es probable, por lo tanto, aun cuando ningún dato concreto permita afirmarlo, que el cauce del Guadalquivir en aquella época y durante el proceso del relleno se mantuviera en las proximidades de esa línea.

Espesor de los depósitos diluviales.—Las capas de sedimentos arenosos que rellenan el estuario diluvial del Guadalquivir están, dondequiera que se las puede observar, sensiblemente horizontales, y ha de admitirse, por lo tanto, que el espesor de la formación pasa de los 200 metros, que es el desnivel existente entre la cumbre del Cerro de la Alcornocosa, coronado por las arenas y gravas cuaternarias, y la línea del litoral en la Playa de Castilla, donde hemos dicho que las capas más inferiores conocidas de estas arenas quedan cubiertas por las aguas del mar.

Al Sudoeste de Dos Hermanas, el Cerro de la Cascajera, cuyo nom-

HOJA 1.017. ASPERILLO

(Instituto Geol.º y Min.º)



Foto 1. — Acantilado costero de arenas diluviales en la playa de Castilla, cerca de la Torre de la Higuera. En la parte alta, las arenas voladeras del médano del Asperillo.

bre se debe probablemente a la gran cantidad de guijos de cuarzo que allí contienen las arenas y que al ser arrastradas estas últimas por las aguas llovedizas se acumulan en la superficie, tiene 42 metros de altura, y el de la Corchuela 59, y ambos están formados desde la base hasta la cumbre por estos depósitos diluviales.

En concordancia con estos datos, y atestiguando el gran espesor de la formación de que se trata, y sobre todo la altura de su plano de coronación sobre el nivel actual de los mares, se hallan los extensos mantos diluviales de la Campana, al Norte de Carmona, y los de la falda de la Sierra del Valle, en el borde oriental de la cuenca del Guadalete; estos últimos a 100 metros sobre el mar. Ambos corresponden a ensanches de los valles situados bastante tierra adentro, e indican la gran altura del nivel del mar durante las etapas de relleno de los estuarios diluviales.

Como por fuerza se ha de admitir que un espesor considerable de la formación arenosa, la mayor parte de sus bancos superiores, ha desaparecido por denudación desde la época en que emergieron estos depósitos hasta nuestros días, la potencia de 200 metros que en números redondos le hemos asignado debe considerarse como límite inferior de su espesor, tanto más si se tiene en cuenta que en la parte más profunda de la ensenada, la que corresponde a la Playa de Castilla, el plano de base no es desconocido. No sería, por lo tanto, aventurado suponer que la formación diluvial de que se trata tuviese en su origen un espesor mínimo de 300 o más metros.

Composición de los depósitos. Restos fósiles.—Los depósitos diluviales del estuario del Guadalquivir y de los ríos adyacentes varían poco, como ya se ha dicho, de unos puntos a otros y se caracterizan principalmente por la naturaleza silícea de sus elementos componentes, sean gravas o arenas. Aguas arriba de la desembocadura en el estuario, en los ensanches de los valles, es donde únicamente se encuentran capas de conglomerados poligénicos.

La arena, elemento principal de la formación diluvial del estuario, suele ser de grano fino, silícea, y por la interposición de un cemento arcilloso o arcillo-ferruginoso adquiere coherencia para formar en ciertos puntos areniscas, aunque de escasa tenacidad. La coloración de estas rocas es amarillenta, blanquecina y aun rojiza, y a veces por la combinación de las tres tonalidades resultan de aspecto abigarrado. El tamaño de los elementos, que suele ser de medio milímetro y aún de menos, alcanza a veces el de pequeñas almendras en las cercanías de los bordes de la formación: esto, por lo que se refiere al estuario propiamente dicho, porque en la desembocadura de los valles principales en la ensenada común, el tamaño de los cantos cuarzosos entremezclados con las arenas alcanzan cuatro y seis centímetros de dimensión máxima.

Como ocurre con todas las formaciones de estuario, depositadas en

el seno de una masa de agua dulce o salada según la importancia de las crecidas del río y la amplitud de la onda de marea, este manto arenoso diluvial del Guadalquivir, aunque de carácter más bien continental, contiene restos de organismos marinos, y en los acantilados costeros se encuentran, aunque con dificultad, fragmentos de conchas del *Chlamys opercularis*, Lin., *Lutraria elliptica*, Lam., *Panopea Glycymeris*, Born. y *Solecurtus strigilatus*, Lin., moluscos que viven en las playas actuales y a no mucha profundidad, sobre todo los tres últimos, por lo que es frecuente encontrar en las orillas valvas sueltas de estas especies arrojadas por las olas durante los temporales. Más al interior no se encuentran en esta formación fósiles marinos, ni tampoco terrestres, lo cual no es extraño dadas las malas condiciones que para la fosilización reúnen los depósitos arenosos, en los que las aguas de infiltración circulan con rapidez y disuelven y arrastran con facilidad cualquier cuerpo calizo interpuesto en su masa.

No es de extrañar tampoco que ni aun en la parte de la costa, que coincide con la zona más profunda del estuario conservada en nuestros días, abunden los fósiles marinos, pues estos depósitos arenosos se deben haber formado con bastante rapidez, y en un fondo que recibe constantemente nuevas masas de acarreo no pueden vivir organismos que, como la mayor parte de los moluscos, son sedentarios y se mueven con extremada lentitud.

Las fotografías 1 y 2, que publicamos en esta Memoria, dan idea bastante clara de cómo se presenta la formación arenosa diluvial del estuario del Guadalquivir en los acantilados marinos de la Playa de Castilla, entre Palos y la Torre de la Higuera. A veces, delgados lechos de toba ferruginosa señalan la separación de los bancos sucesivos y marcan claramente la horizontalidad de las capas.

Un carácter distintivo de estas arenas diluviales es la proporción, si no importante, al menos muy apreciable de partículas u hojuelas de magnetita y de ilmenita que contienen; ello se advierte al pie de los acantilados costeros, pues el mar, al batir sus arenas y disgregarlas, hace en la playa una clasificación mecánica de sus elementos y acumula en puntos determinados los más pesados, que se concentran en capitas de 15 a 20 centímetros de espesor, y destacan por su coloración negruzca del resto de las arenas marinas en los puntos donde las olas producen algún escalón en el talud de la orilla (fot. 3).

Edad geológica.—En su «Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva», tomo I, parte 2.^a, hace referencia repetidas veces el Sr. Gonzalo y Tarín a este manto de arenas diluviales, cuya clasificación en cuanto a edad le ofrece dudas porque su separación de las rocas del sistema Plioceno no estima posible de modo claro y preciso. No obstante, señala la diferencia de composición mi-

(Instituto Geol.^o y Min.^o)

Hoja 1.017. ASPERILLO



Foto 2. — Acantilado costero de arenas diluviales blanquecinas entre Palos y el Asperillo. En el centro del asomo la coloración de las arenas pasa al amarillo y al rojo (parte más sombreada de la fotografía).



Foto 3. — La costa de Almonte entre Palos y el Asperillo. Escalón producido por la ola en la playa actual, en el que aflora una capa de 20 centímetros de espesor de arenas negras muy cargadas de magnetita y de ilmenita.

neralógica entre las arenas pliocenas, muy cargadas de elementos calcáreos y con cemento francamente calizo, y las diluviales, exclusivamente silíceas y con cemento ferruginoso exento de cal, y en este hecho funda la separación geológica de los dos terrenos. Otro dato incontrovertible en que puede fundarse la separación de estas dos series de depósitos es su discordancia estratigráfica, pues si bien es verdad que en algunos puntos donde el Plioceno está horizontal existe concordancia entre uno y otro terreno, estos casos son los menos y la diferenciación puede establecerse también basándose en datos estratigráficos.

Además, entre el depósito del Plioceno y el de las arenas diluviales medió un largo período de denudación (el necesario para la excavación del estuario diluvial) durante el cual fué arrasada gran parte de la formación pliocena, como se ha indicado anteriormente, y por ello el Diluvial descansa indistintamente en los bordes del estuario sobre el Plioceno, el Oligoceno, el Triás y el Culm.

Extensión de los depósitos diluviales.—La formación de arenas diluviales que describimos continúa a Poniente de la desembocadura del Odiel hasta las inmediaciones de Ayamonte, y en la Sierra del Cebollar, a 16 kilómetros de la costa, coronan sus bancos un cerro de 183 metros de cota. Según el Sr. Gonzalo y Tarín en toda esta zona, correspondiente al estuario diluvial del Odiel, la posición horizontal de las capas está determinada por delgadas hojas de toba ferruginosa. Las arenas aparecen allí cubiertas por un manto de conglomerados cuarzosos, deleznales unas veces, y formando otras una pudinga en la que el guijo de cuarzo está cimentado por arcilla ferruginosa.

En varias ocasiones hace alusión el Sr. Gonzalo y Tarín a este banco de conglomerados cuarzosos que supone de edad posterior a las arenas y como depósito francamente diluvial, en tanto que a las arenas les asigna una posición intermedia entre este terreno y el Plioceno. A nuestro juicio, tal manto de conglomerados o pudingas no es privativo de la parte superior del sistema, ya que a diversas alturas se intercalan estas rocas, y natural es que la labor de arrastre se haya detenido casi siempre en una de estas capas, más coherentes, y aparezcan en nuestros días coronando la formación sin que en realidad constituyan su horizonte más elevado.

En el acantilado costero, a Levante de la desembocadura del río Piedras, y en las proximidades del cabezo de Matamoros, las distintas hiladas de la formación, de arenas finas unas y de gravilla menuda otras, con coloraciones blanca, gris, amarillenta y abigarrada, se muestran al descubierto y atestiguan su identidad de composición con las que más al Este se extienden por el amplio estuario del Guadalquivir.

De los itinerarios que pueden seguirse para estudiar esta forma

ción diluvial, ninguno tan interesante como el de la Palma del Condado-Almonte-Casas del Sacristán, en el arroyo de la Rocina-Torre del Asperillo. Entre Bollullos y Almonte se observan ya diversas manchas de las arenas diluviales, que descansan sobre la formación pliocena y donde la diferencia de coloración del terreno es suficiente para distinguir unos depósitos de otros, pues mientras el Plioceno tiene tinte amarillento blanquecino, a veces ligeramente verdoso, el terreno diluvial es amarillento-rojizo. Además delata la existencia de este último la gravilla silíceica que se encuentra regada por la superficie dondequiera que forma el subsuelo la arena diluvial.

De Almonte al Arroyo de la Rocina, y desde allí a El Asperillo, el camino se desarrolla constantemente por la formación de que se trata, y según la cota del terreno afloran las pudingas de menudos elementos, las arenas amarillentas de grano grueso o las arenas de grano fino ligerísimamente arcillosas. En estas últimas, las más inferiores, es donde la coloración cambia algo, pasando del amarillo claro al gris blanquecino.

A medida que se avanza desde Almonte hacia la Rocina, los campos, primeramente poblados de viñedos y olivares, van perdiendo su lozanía y a mitad del camino entre ambos puntos cesan los cultivos y sólo crecen matas de monte bajo y algunos rodales de pino (*Pinus pinea*). El esfuerzo del hombre a través de muchas generaciones ha influido indudablemente y en gran medida en el mejoramiento de los terrenos más cercanos a Almonte, cuyas características mineralógicas son muy similares, por no decir idénticas, a las del amplio valle de la Rocina, pero acaso haya acentuado la improductividad de esta extensa formación arenosa en toda la faja costera la acción de los vientos del mar, que han formado en no pocos sitios un grueso manto de arenas voladeras exentas de todo otro elemento que no sea la sílice, y por tanto, más estériles aún que la propia formación de donde proceden. De estas acumulaciones, a modo de dunas continentales, se observan grandes manchones en ambas vertientes de la Rocina, pero especialmente en los llamados cotos de Urzaiz, Ibarra y Doña Ana, planicies enormes donde sólo crecen raquíticos arbustos correspondientes a los géneros *Cistus*, *Ulex*, *Myrtus*, *Rosmarinus*, *Lavandula* y *Thymus* y contados ejemplares de acebuches y alcornoques. Donde las arenas de las dunas actuales se mezclan a las arenas diluviales, la proporción de cal del suelo aumenta, y la vegetación adquiere mayor frondosidad. Tal ocurre en las proximidades del Palacio de Doña Ana y entre éste y la aldea de El Rocío.

En estos últimos años se han hecho en el valle de la Rocina importantísimas implantaciones de *Eucalyptus globulus* con vistas a la fabricación de pasta de papel.

Desde El Rocío hacia Coria del Río, las lomas que bordean la marisma, relleno arcilloso del estuario diluvial, están formadas igualmente por las arenas y gravas diluviales, de coloración amarillenta o

ferruginosa, y el tamaño de los cantos rodados de cuarzo se acentúa más y más a medida que nos acercamos al cauce del Guadalquivir. La mayor parte de estas lomas están pobladas de pinos.

Por la margen izquierda del Guadalquivir, entre el cauce del río y la carretera de Sevilla a Los Palacios, descansa sobre la formación pliocena de los Alcores de Alcalá el manto de arenas y gravas diluviales y da origen a colinas de alguna importancia como las del Hornillo y la Cascajera. Al pie de estos cerros, y unas veces descansando sobre el Plioceno y otras intercalado en la base de la mencionada formación diluvial, se encuentra un manto de travertinos y tierras rojas. Uno y otro terreno está cubierto en las proximidades de la marisma por capas de poco espesor de arenas sueltas, restos de dunas litorales formadas en las orillas del estuario actual. Toda esta zona diluvial de Dos Hermanas, que se extiende por el N. hasta Sevilla y por el S. hasta Los Palacios, está poblada de soberbios olivares donde se producen las variedades de aceitunas denominadas manzanilla y gordal, objeto de una importantísima industria y comercio de exportación y que al decir de los naturales del país sólo se producen en un área muy limitada de los alrededores de Sevilla, hasta el punto de haberse generalizado el dicho un tanto andaluz de que el olivo gordal no se cría más que donde se oyen las campanas de la Giralda.

Desde Los Palacios hasta Jerez de la Frontera sólo se observan restos muy limitados de la formación diluvial con su típico carácter; acaso sea el más importante la manchita situada en las proximidades de Las Cabezas de San Juan, no lejos de la carretera de Sevilla a Cádiz. Más al Sur encontramos la formación diluvial con algún mayor desarrollo en los llanos de Caulina, en las proximidades de la estación de la Parra. El manto de arena silíceica con la gravilla de cuarzo descansa allí sobre el terreno plioceno, y lo mismo que al Oeste de Sevilla crecen en esta mancha bastantes rodales de pinos.

Por último, en Sanlúcar de Barrameda, desde Bonanza hasta la Jara, forman un acantilado de 15 a 20 metros sobre el valle del río y la costa las arenas amarillento-rojizas del Diluvial correspondientes a un pequeño manchón que se extiende escasamente un kilómetro tierra adentro. Restos desgajados de esta mancha son los pequeños mogotes que entre Chipiona y Rota se hallan a lo largo de la costa y que se extienden por el interior hasta el llamado Coto del Infante. Entre Rota y el Puerto de Santa María también afloran en la costa estos depósitos diluviales.

Por la margen izquierda del Guadalete, desde Puerto Real hasta Chiclana, y de allí a Conil, pasando por la Barrosa y Campano, cubren grandes extensiones las arenas ferruginosas y las gravas del Diluvial aunque con reducido espesor porque con frecuencia asoma en esa parte el Plioceno o el Oligoceno subyacentes.

Semejanza de estos depósitos con la arenisca del Algibe.— Existe en la provincia de Cádiz y en el Norte de Marruecos una formación de areniscas oligocenas designadas con el nombre de Arenisca del Algibe que en muestras aisladas es imposible diferenciar de las areniscas diluviales que acabamos de describir y aun algunos afloramientos y cortes naturales de uno y otro terreno se llegarían a confundir si fuese posible aislarlos del paisaje circundante. Tiene importancia esta semejanza porque como no cabe duda de cuál sea el origen y el modo de formación del manto de arenas y de las areniscas diluviales se pueden deducir consecuencias de alto interés para la historia geológica del Mediterráneo occidental del origen y modo de formación de la Arenisca del Algibe, que debe haberse depositado obedeciendo a causas semejantes, aun cuando la importancia de los dos depósitos sea bien distinta. En la arenisca del Algibe no se encuentran restos fósiles de ninguna clase y es de suponer que se depositó también en una ensenada marina invadida por aguas fluviales y en la cual el espesor de los sedimentos aumentaba con rapidez, condiciones análogas a las que hemos indicado como probables para el depósito de las arenas diluviales, cuya conexión con los macizos montañosos de donde proceden y con los ríos que arrastraron sus elementos no deja lugar a dudas.

Por los datos consignados en las páginas que anteceden, el relleno del estuario actual debió quedar enrasado por encima de la cota 200, a un nivel que sería aproximadamente el del mar en aquella época. Por la planicie formada por los propios acarreos y situada a esa altura circularían los brazos del río entre Sevilla y el Océano, y en estas condiciones fácil es comprender, como ya indicamos en otro lugar, que no hay modo de encontrar restos de esos cauces, abiertos en un terreno que ha perdido parte de su espesor primitivo. Lo que de él se conserva en las proximidades de la costa no pasa de la cota 80 y, por lo tanto, los vestigios de cauces y lagunas que en él se advierten corresponden a diversos estados de excavación de la red actual y no a la antigua hidrografía diluvial. De ésta no nos es dado conocer más que la situación de los valles antes de su desembocadura en el estuario común (Odiel, Guadalquivir y Guadalete).

Para terminar esta ligera reseña geológica del estuario diluvial del Guadalquivir haremos constar que de los depósitos formados en esta época por los arrastres del río no conocemos sino los más inmediatos a la desembocadura del valle. En efecto, al mismo tiempo que se depositaban en esa zona los elementos gruesos del acarreo, gravas y arenas, se depositarían a mayores distancias del vértice del estuario, en la parte del Golfo de Cádiz hoy invadida por el Océano, los elementos arcillosos arrastrados por las corrientes terrígenas y que el mar ha debido arrasar después de emergidos o que acaso dispersara arrastrándoles a zonas más profundas del mar a medida que iban llegando al alcance de las olas. De la gran formación detrítica de la

arenisca del Algibe parece ser sincrónica una formación arcillosa más distante del Estrecho y no menos importante: las margas de diatomeas; mas de la formación arenosa diluvial del Guadalquivir no conocemos la formación arcillosa correspondiente, ni siquiera sedimentos que establezcan el paso o tránsito de una a otra.

ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR EN LA ÉPOCA ALUVIAL

Escala 1:800,000



III

EL ESTUARIO ALUVIAL

Si nos imaginamos la gran ensenada que se dibuja en la lámina II rellena de arenas y gravas silíceas, y que el mar desciende de nivel 200 metros o lo que es lo mismo que la costa se eleva aproximadamente 200 metros sobre el nivel actual de los mares, tendremos una idea aproximada del país costero en que el Guadalquivir y los ríos limítrofes hubieron de profundizar sus nuevos valles y excavar sus estuarios actuales. El proceso de formación de éstos, principalmente por lo que respecta al Guadalquivir, podemos seguirle ya, si no paso a paso, al menos en sus líneas generales, basándonos en los datos que nos suministra la red hidrográfica actual.

Las figuras números 1 a 10 tratan de representar las diversas fases por que ha pasado el actual estuario del Guadalquivir hasta llegar al estado en que hoy lo contemplamos.

Al iniciar el río su desembocadura en el mar produciría una brecha en la formación arenosa del Diluvial, en el relleno de su viejo estuario, y una solución de continuidad en la línea de la costa (figura 1). Su régimen sería, como el de sus afluentes, torrencial en un principio, y el cauce relativamente estrecho se apartaría poco de la dirección rectilínea dada la homogeneidad del terreno en que se iba formando. Describiría a lo sumo curvas poco pronunciadas allí donde la corriente principal desviada por las secundarias o afluentes se precipitase preferentemente sobre una de las orillas.

Como el caudal del río, dada su enorme cuenca y el régimen lluvioso imperante en la época de la excavación del estuario, sería copiosísimo y el terreno por donde discurrían las aguas era de rocas homogéneas y poco coherentes, la brecha de la desembocadura inicial se ensancharía con rapidez, profundizándose y adentrándose en

tierra firme (figura 2). El cauce principal iría después perdiendo pendiente y ensanchándose, y lo mismo ocurriría, aunque en menor escala, con los cauces afluentes.

Una vez que la denudación fluvial hubo alcanzado el nivel del mar, la onda de marea se propagaría por el cauce invadiéndolo en las horas de creciente y represando dos veces por día las aguas dulces, cuyo caudal se encontraría considerablemente aumentado en las horas de vaciante.

De este modo, con lluvias torrenciales y persistentes en la cuenca y una marea siquiera de mediana amplitud en la desembocadura, no tardaría el Guadalquivir en excavar una gran ensenada como la que se dibuja en la figura 3, cuyo dominio compartirían las aguas dulces y las marinas en proporción a las aportaciones del río y a las oscilaciones de la marea. En una palabra, se habría formado el estuario.

Si se compara el estuario hipotético que la figura representa, de correcta forma triangular, con el que se dibuja en la lámina III se observará una gran diferencia en cuanto a la línea de contorno, que en el caso concreto que estudiamos se debe al escaso relieve del país surcado por el río en las proximidades de la desembocadura, es decir, de la planicie resultante del relleno del estuario diluvial.

No podía conservar el estuario aluvial del Guadalquivir la forma triangular clásica, porque a medida que el vértice del mismo, o sea el punto de desembocadura del valle, retrocediera hacia tierra, los afluentes del río principal se irían convirtiendo sucesivamente en afluentes de la ensenada fluvio-marina, que es tanto como convertirse en afluentes directos del mar, y es natural que tendieran separadamente a formar estuarios secundarios, deformando así las orillas del estuario principal. Las dimensiones de estos estuarios de segundo orden están en relación con el caudal del afluente, pero como la acción de la marea fué para ellos más importante que el trabajo erosivo de las aguas dulces, han resultado poco alargados en el sentido de la corriente y en cambio de base muy ancha.

Dos cursos de agua (figura 4) son los que principalmente han deformado del modo que queda dicho el estuario del Guadalquivir: por la margen derecha, el Arroyo de la Rocina; por la margen izquierda, el Río Salado de Morón. Si se traza una recta desde Puebla del Río a la Torre de la Higuera, en la costa atlántica, esa línea coincide aproximadamente con el borde del estuario del Guadalquivir, y el triángulo que tiene esta línea por base y por vértice El Rocío debemos suponer que es el estuario excavado de la Rocina.

En la margen izquierda puede decirse que corresponde al estuario del Salado de Morón el triángulo que tiene como base la línea Coria-Lebrija y por vértice el Puente de las Peñuelas sobre dicho río en la carretera de Utrera a Cádiz.

Pero en el caso del Guadalquivir han contribuido también en gran medida a la deformación del contorno del estuario los temporales del



Figura 1ª



Figura 2ª

Proceso de excavación del estuario del Guadalquivir



Foto 4. — Asomo de areniscas diluviales entre las dunas de la costa, a 100 metros de la playa y a cinco kilómetros al SE. de la Torre de la Higuera. Jalonan estos asomos el borde o margen derecha del estuario aluvial del Guadalquivir.

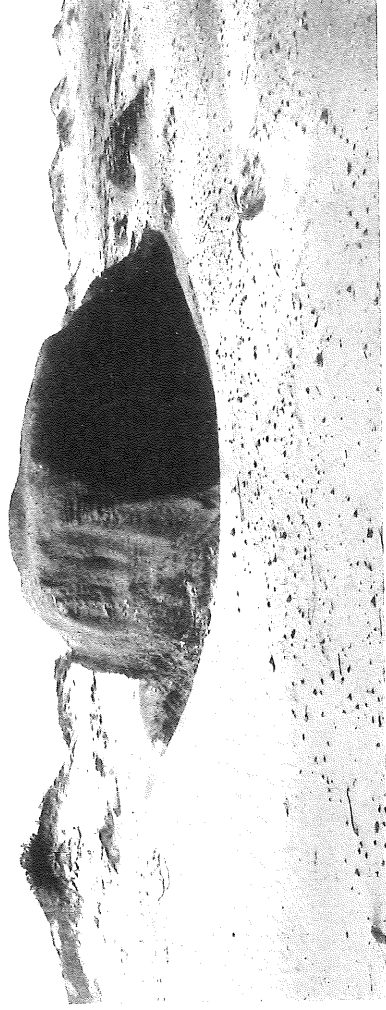


Foto 5. — Detalle de la fotografía 4. Vista de uno de los asomos de las arenas diluviales tomada en dirección NO. y en el que se aprecia el acantilado correspondiente al borde del estuario.

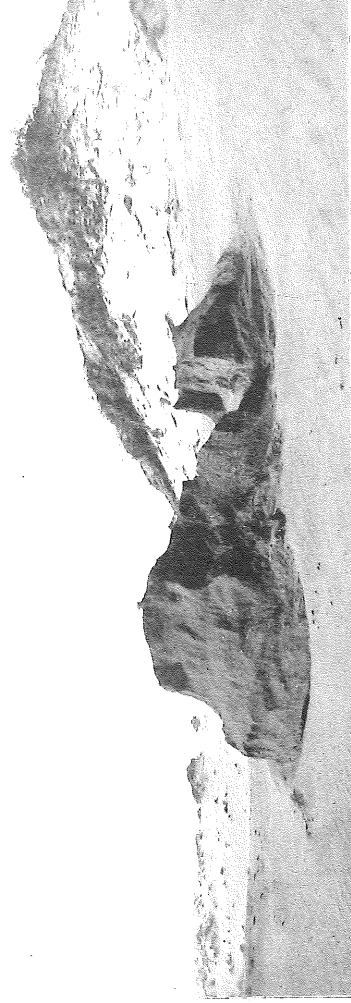


Foto 6. — Detalle de la fotografía 4. Asomo análogo al representado en la figura 5 y con las mismas características.

mar, que en estas costas andaluzas soplan generalmente del SO. y del Poniente. Así se advierte que la orilla del estuario expuesta a los temporales dominantes, la izquierda, presenta más irregularidades y ensenadas que la opuesta, algunas fiordiformes y profundas, aun cuando corresponden a arroyos de pequeña cuenca, y es que la acción del mar es siempre preponderante en esta clase de fenómenos de erosión. Ya hizo observar Duponchel en su «Hidrografía y geología agrícolas» que las mismas dimensiones tiene el estuario de un río de tan escasa corriente como el Somme que desemboca en un mar donde la onda de marea tiene 6,90 metros de amplitud, que el del caudaloso Gironde, que vierte sus aguas en un punto de la costa donde la oscilación de la marea no pasa de 3,70 metros.

Reducido a sus líneas esquemáticas tal ha sido el proceso de excavación del estuario moderno del Guadalquivir y tales las causas que han determinado la forma resultante de la ensenada fluvio-marina. Pero debemos llamar la atención sobre dos extremos interesantes: uno, el perfil peculiar que ostentan tanto las colinas de Lebrija como las de Trebujena, pues a pesar de tratarse de alturas formadas por roca tan deleznable como la marga diatomífera del Oligoceno, aún conservan por la parte que mira al estuario un talud rapidísimo, vestigio de antiguos acantilados costeros, hoy derruidos. Otro, la determinación que nos ha sido posible hacer del punto en que el borde occidental del estuario o margen derecha del mismo corta a la costa atlántica. Hállase situado este interesante punto a cinco kilómetros al SE. de la Torre de la Higuera y a 1.700 metros al NO. del lugar donde se establece la colonia veraniega de Matalascañas, y queda fijado por el afloramiento, entre las arenas de las dunas actuales, de unos cuantos mogotes de las arenas diluviales rojizas que ostentan por la cara que mira al SE., es decir, al estuario, el perfil que corresponde a un antiguo acantilado (véanse las fotografías 4, 5 y 6). La boca del estuario tiene, pues, unos 24 kilómetros de anchura en su intersección con la línea de la costa, y está limitado tanto en la margen derecha (Matalascañas) como a la izquierda (Sanlúcar de Barrameda) por acantilados de las arenas diluviales pertenecientes al relleno del estuario antiguo. El terreno comprendido entre esos dos puntos es, pues, todo él de formación aluvial y actual: relleno del estuario aluvial y dunas actuales.

Relleno del estuario.—Tratemos ahora de explicar las distintas fases del proceso de relleno.

Es evidente que la excavación de un estuario no puede prolongarse indefinidamente (el del Guadalquivir no había de constituir una excepción), pues aun en el supuesto de que no variase el régimen de aportaciones del río, fatalmente llegaría el momento en que la sección transversal de la ensenada habría de resultar excesiva para los caudales de avenida, con lo cual la velocidad de la corriente dismi-

nuiría y los arrastres sólidos comenzarían a depositarse en el dominio del estuario sin rebasar la primitiva línea costera.

Pero la actividad del proceso de excavación cesa con mucho mayor motivo si, por disminuir las lluvias en la cuenca, los caudales de las crecidas se acortan y las aguas dulces no pueden conservar, en consecuencia, a su paso por el estuario la velocidad mínima indispensable para transportar en suspensión los materiales sólidos. Porque el mar actúa como elemento demolidor de un estuario mientras se mantienen limpios de acarreo los que pudiéramos llamar frentes de ataque, pero desde el momento en que el río no puede llevar a cabo esta labor de limpieza que a él sólo incumbe, la obra destructora del mar se convierte en constructiva y los efectos de la marea se unen a la acción del río para reparar la obra anterior de destrucción.

Indiscutible es la disminución que en la época actual han experimentado las precipitaciones atmosféricas en la mayor parte de las regiones europeas y muy marcadamente en nuestro país, pues así lo demuestra, entre otros datos incontrovertibles, la aminoración de la masa total y del volumen de los elementos de los materiales acarreados por los ríos. Debemos, pues, admitir que a partir de una época dada, la corriente del Guadalquivir fué perdiendo importancia, con lo cual los materiales más gruesos comenzarían a depositarse apenas desembocaran las aguas dulces en el estuario. Las arenas finas y los légamos arcillosos se extenderían por todo él y en parte llegarían al mar libre; pero en las paradas de las mareas, en las estoas de pleamar y de bajamar, una gran parte de estos materiales finos se depositarían por decantación a lo largo de la línea costera y darían origen a una barra (figura 5). Sobre esta barra no tardaría en cimentarse el cordón litoral, esa masa movediza de arenas y gravas con que el mar tiende a arropar los zócalos costeros y a reparar los desgarres que causan los ríos en sus orillas. Este cordón litoral dificultaría progresivamente la comunicación entre el estuario y el mar y no tardaría en establecerse entre ambos una barrera que dejaría a aquél convertido en un lago donde el depósito de los limos de las arriadas quedara asegurado para siempre (figura 6).

Antes de que llegaran los depósitos a alcanzar el nivel de bajamar comenzarían a dibujarse unos islotes fangosos submarinos entre los cuales se abrirían paso las aguas del río principal y de sus afluentes, y al interferir unas corrientes con otras se originarían remolinos y áreas de poca agitación, que es donde principalmente se producen los depósitos de limos. Estas áreas de aguas tranquilas se terminarían por curvas caprichosas y encuadrarían los hileros de corriente.

Continuando el proceso de relleno y llegado el momento en que los depósitos de limos emergieran a bajamar, comenzaría a formarse en el estuario del Guadalquivir, y en el seno de esa masa movediza e inestable de fango, la complicada red de canales tortuosos que se dibuja en la figura 9 y con los que, andando el tiempo, habrían de coin-



Figura 3ª



Figura 4ª

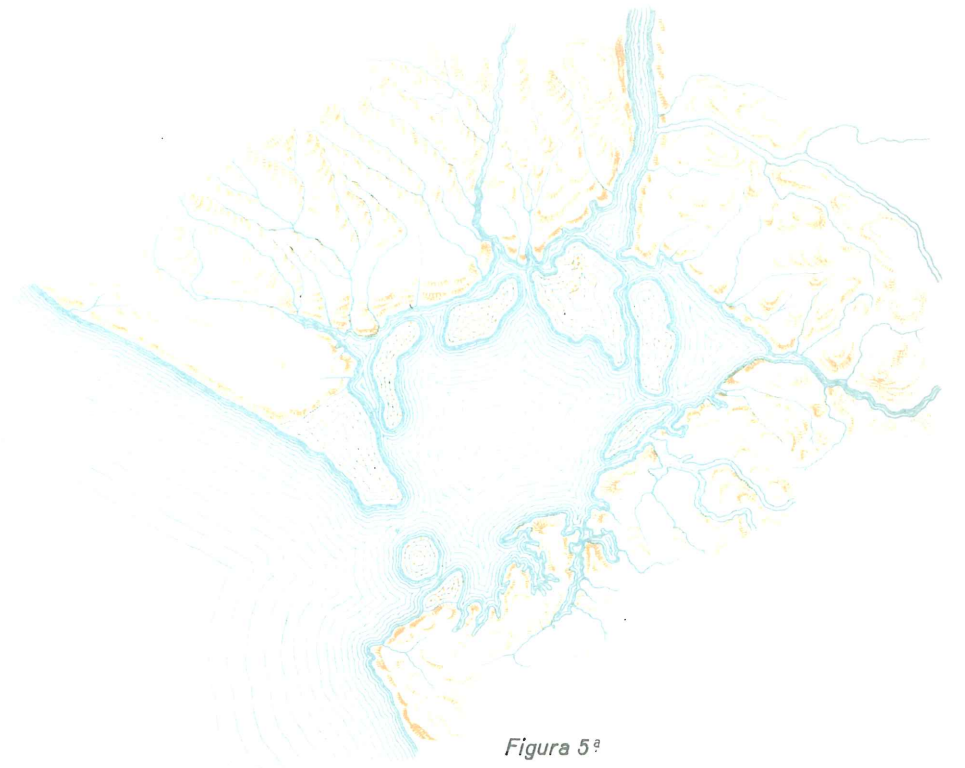


Figura 5ª

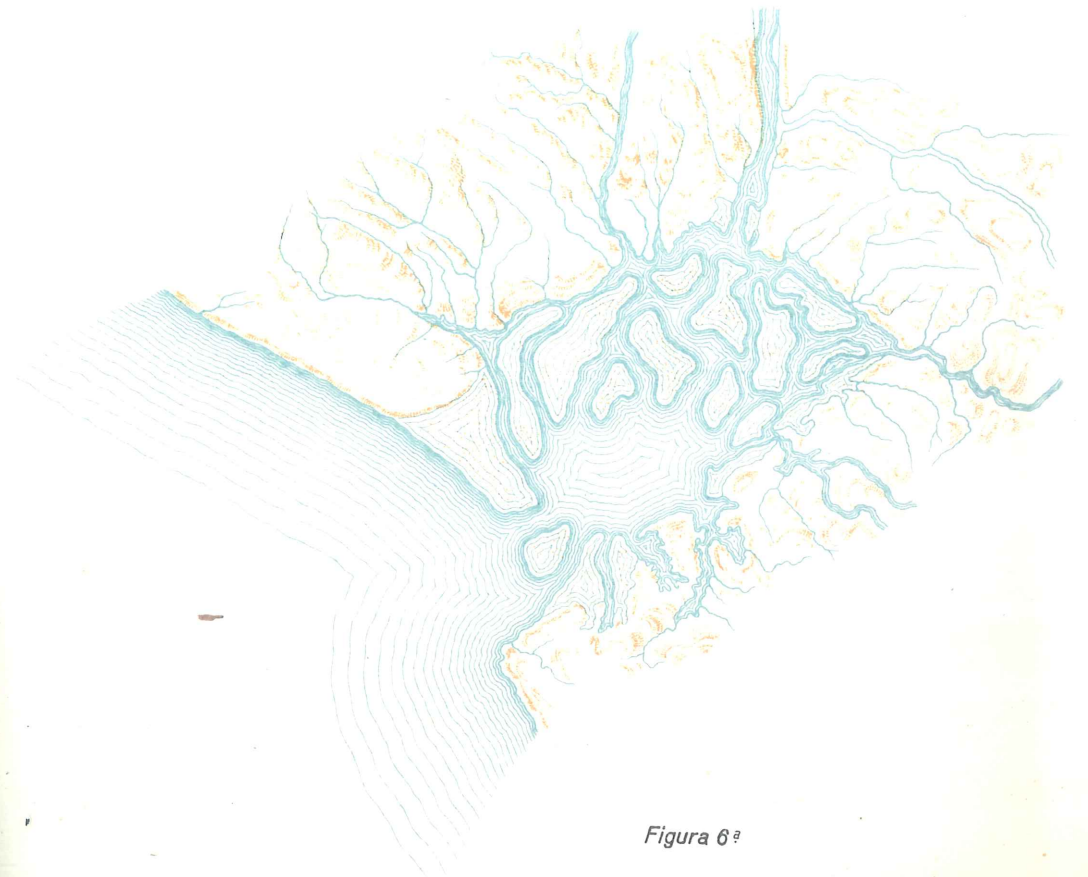


Figura 6ª

Proceso de relleno del estuario del Guadalquivir

cidir los lechos y madres viejas que hoy surcan la llanura marismena. Entre tanto, las aguas fluviales concentradas en esos cauces mantendrían por más tiempo su velocidad y arrastrarían los materiales gruesos a mayor distancia cada vez del vértice del estuario.

El período de relleno debe haber sido de enorme duración, consecuencia de un proceso de sedimentación extraordinariamente lento, por cuanto hay señales evidentes de que las arriadas que ocasionaban los depósitos de limos eran cosa accidental y pasajera en el régimen normal del río y de que el estuario del Guadalquivir estuvo casi constantemente ocupado por una masa de agua salitrosa y aun salada, clara, que permitía la vida de una fauna variadísima de moluscos que, si bien se caracteriza por su adaptabilidad a aguas con distinto grado de salazón, no puede prolongar mucho tiempo su vida ni en aguas dulces ni en aguas turbias. Y a la profundidad de cinco a seis metros se encuentran por doquier, en los dominios del estuario actual, una capa potente de arcilla azul con *Scrobicularia plana*, Dacosta, en que las conchas, unidas, ocupan la posición vertical que adopta este bivalvo al enterarse en el fango, y su profesión demuestra la existencia de un vivero casi continuo de un extremo a otro del estuario.

Este molusco se encuentra en nuestros días, y en grandes cantidades también, en el cauce del Guadalete, al nivel de las bajamares equinocciales enterrado cerca de medio metro en el fango, desde la desembocadura hasta cinco kilómetros aguas arriba, y como el caudal del Guadalete es muy escaso, salvo los días de crecidas invernales, esta región del cauce habitada por la *Scrobicularia plana* está ocupada generalmente por agua muy cargada de sal marina, y en verano por agua tan salada como la del mar.

A niveles superiores (dos a tres metros de profundidad) existe en el estuario otra capa bastante general, reconocida desde Puebla del Río hasta la altura de las Cabezas, con *Cardium edule*, Lin., *Nassa reticulata*, Lin. y *Ostrea cristata*, Born. De estos moluscos, el *Cardium edule* indica la posibilidad de grandes variaciones del grado de salazón de las aguas; pero, por el contrario, la *Nassa reticulata* y la *Ostrea cristata* demuestran el carácter francamente salino de las aguas que cubrían el estuario durante las últimas etapas del relleno.

De Lebrija hacia Sanlúcar, y como a un metro de profundidad, la fauna enterrada en los fangos aluviales indica un régimen francamente marino y la proximidad de zonas de bastante calado, pues el *Chlamys flexuosus*, Poli, la *Tellina cumana*, Dacosta, el *Dentalium novencostatum*, Lamarck, y otros gastrópodos que allí se encuentran, habitan en nuestros días a profundidades de cuatro a seis brazas. Estas conchas se hallan por regla general deshermanadas y amontonadas, como es frecuente encontrarlas en las playas del litoral gaditano después de los temporales.

En resumen, puede decirse que la gran masa de limos arcillosos

que con espesores variables entre seis y doce y más metros rellena el estuario moderno del Guadalquivir, se ha sedimentado en el seno de aguas saladas de composición muy similar a la del mar y, por lo tanto, en época en que las aportaciones líquidas del río en régimen normal eran más bien escasas.

Sobre estos limos arcillosos se han amontonado localmente y en distintas épocas arenas voladeras, que impulsadas por los vientos forreños han avanzado bastante tierra adentro a partir de la línea actual de la costa, y que coincidiendo con épocas de poca actividad del río han debido contribuir poderosamente a obstruir, o al menos a estrechar, la boca del estuario.

Los cauces mantenidos por las aguas divagantes del Guadalquivir y de sus afluentes no han cesado después de reducirse más y más con el depósito de los limos de las crecidas, reducción que trajo como consecuencia inmediata el desbordamiento cada vez más frecuente de las aguas en épocas de avenida con el consiguiente depósito de materiales sólidos, que fueron elevando el nivel del estuario (fig. 7). Ahora bien, como las aguas al desbordar los cauces pierden casi instantáneamente la velocidad, los acarreos se depositaban cerca de las orillas, las cuales progresivamente se iban elevando, en tanto que las partes centrales de las islas intermedias quedaban convertidas en lagunas sin desagüe. Si en una avenida se rompía el borde de alguna margen, cosa frecuente dada su poca consistencia, las aguas irrumpían por la brecha en busca de otro cauce cercano formando un nuevo lecho que, aunque poco profundo, estaba destinado como los anteriores a elevar sus orillas, dividiendo en dos la laguna que atravesaba. Así es como ha quedado convertido el estuario en una serie de islas, integrada cada una de ellas por varias lagunas, separadas por fajas irregulares de terreno más alto. Esta es la característica de la gran planicie marismeña que hoy surca el Guadalquivir entre La Puebla y Sanlúcar de Barrameda, y que corresponde a la última etapa del proceso de relleno del estuario; y una vez alcanzado este estado de equilibrio, con la superficie general del relleno a la cota de las pleamares ordinarias, las modificaciones que ha experimentado el estuario son tan pequeñas, y sobre todo tan lentas, que en el transcurso de una generación no es posible apreciar cambio alguno (figura 8).

Deltas lacustres.—En el estado que representa la figura 9, con los cauces reducidos a lo estrictamente necesario para la circulación de las avenidas ordinarias, el terreno no se volvía a cubrir de agua sino en caso de avenidas extraordinarias, o durante los pleamares equinocciales. Las avenidas extraordinarias desbordaron desde entonces el cauce fluvial antes de llegar al vértice del estuario y desembocaban en él como lámina de inundación, que se extendía a uno y otro lado y depositaba sobre la formación fluvio-marina una capa de sedimen-

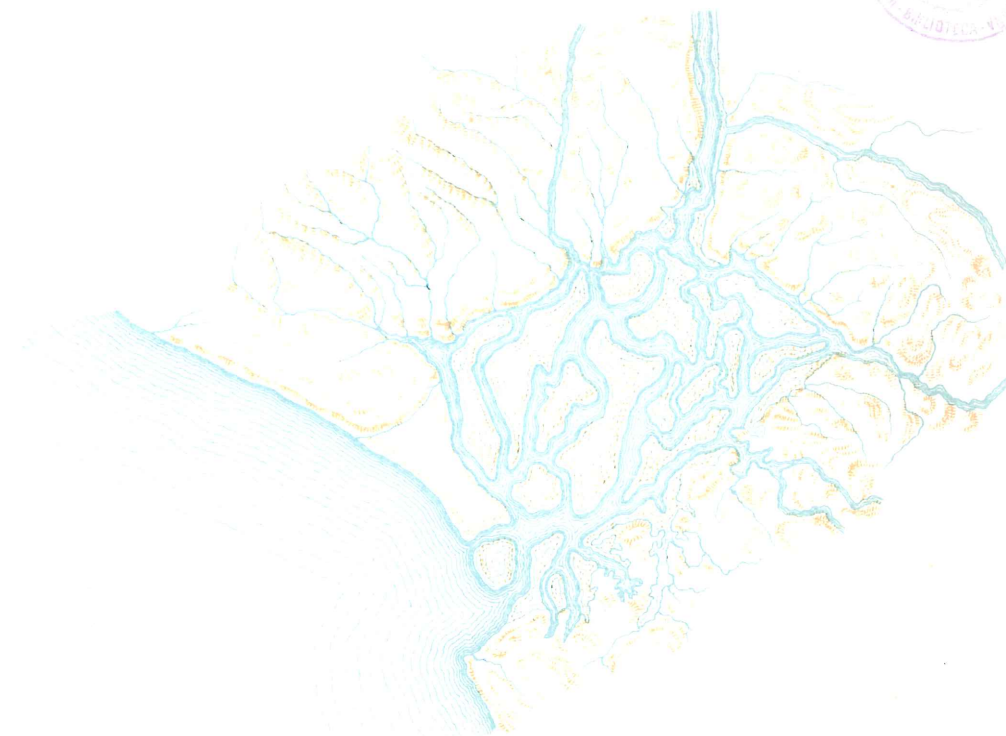


Figura 7ª

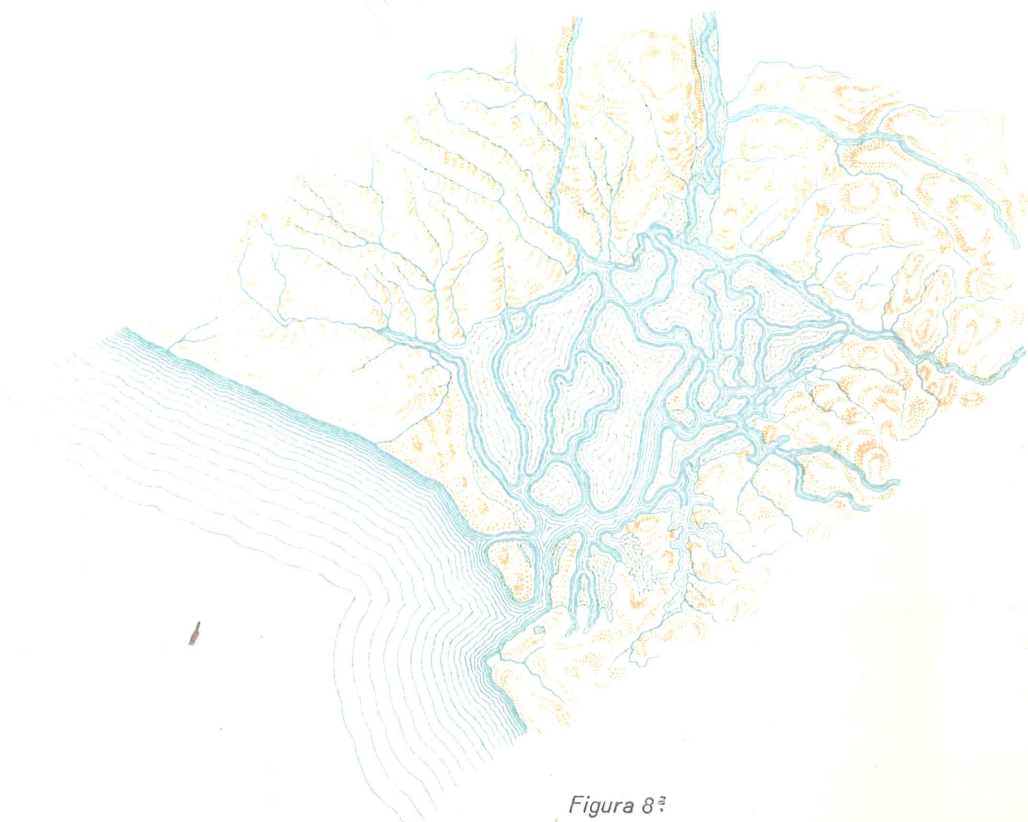


Figura 8ª

Proceso de relleno del estuario del Guadalquivir

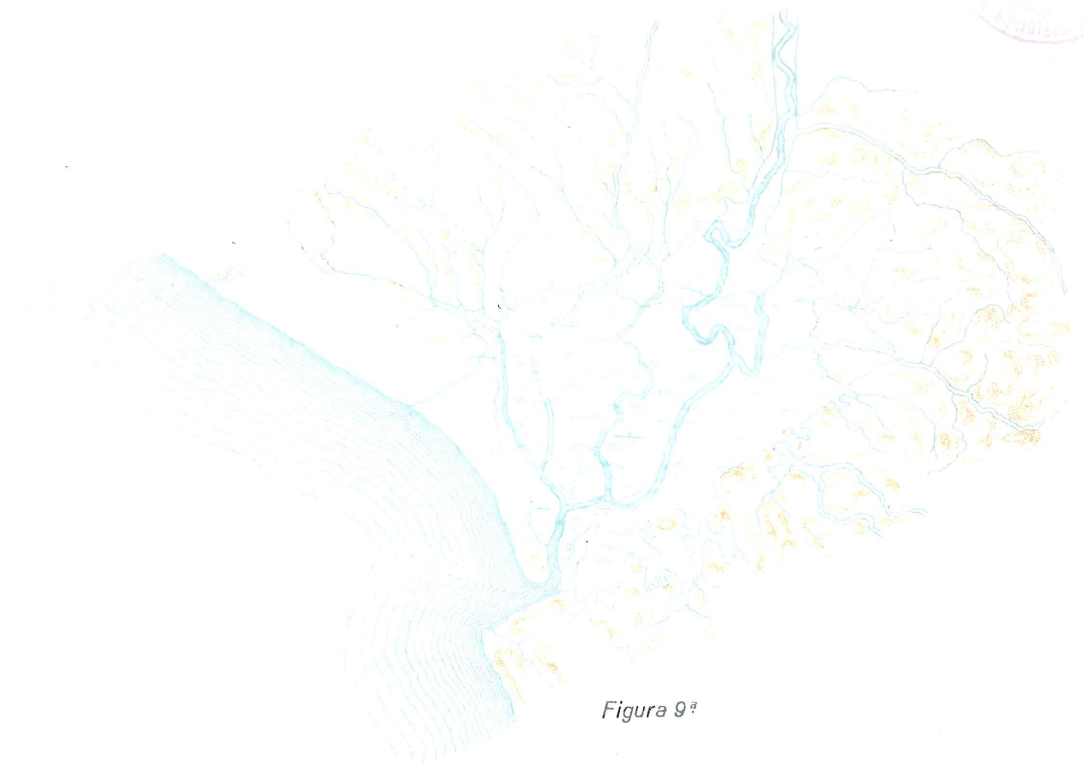


Figura 9ª

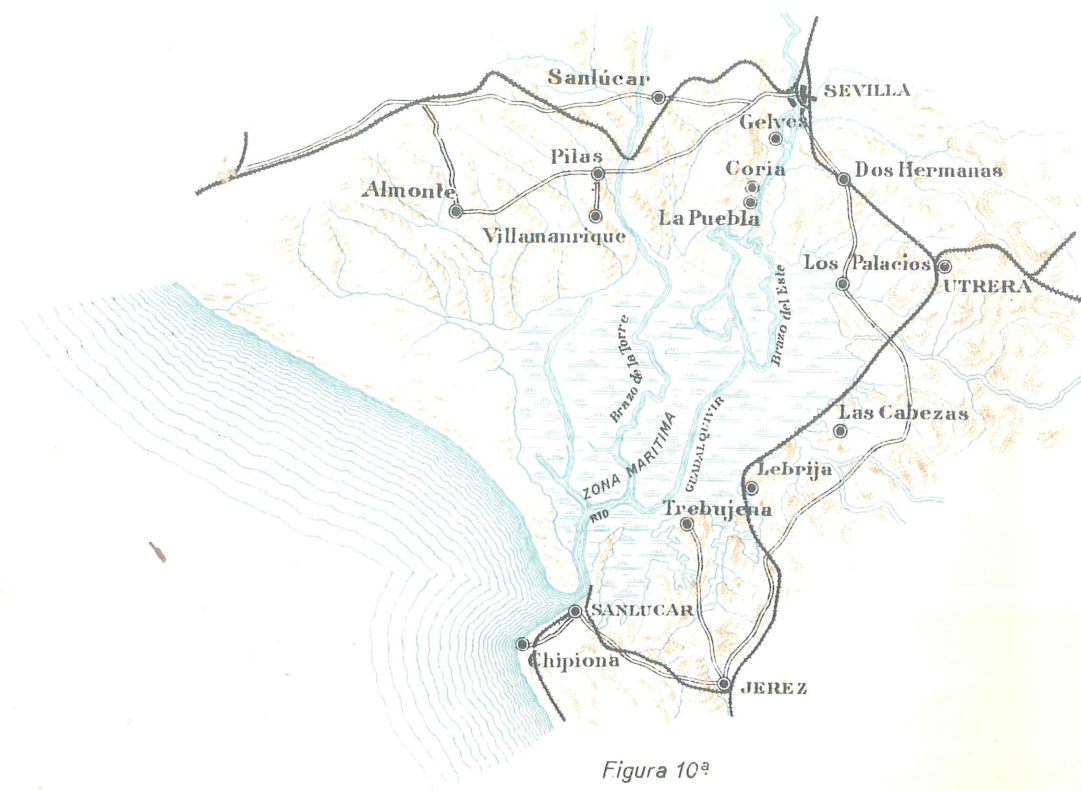


Figura 10ª

Proceso de relleno del estuario del Guadalquivir

tos arcillo-arenosos, que avanzando como el cono de dejección de un torrente, rellenó las antiguas depresiones, cauces y lagunas, y fué borrando las desigualdades del terreno. Estas capas de acarreos depositadas por el Guadalquivir y sus afluentes en el seno de una masa de agua dulce y que quedaban emergidas tan pronto como pasaban las puntas de las crecidas, constituyen el delta lacustre del río que avanza con lentitud extremada sobre la formación fluvio-marina del estuario. Algo análogo ocurre con los afluentes periféricos, que también han ido formando deltas y con mayor rapidez si cabe que el río principal, pues la falta de cauces profundos, que las avenidas del Guadalquivir han ido obstruyendo de antemano, contribuye a que la totalidad de los aportes sólidos se emplee en elevar el nivel del suelo.

El influjo de las pleamares de aguas vivas se manifiesta en el estuario del Guadalquivir por la invasión y el consiguiente ensalitrado de aquellas partes más bajas que están en comunicación con la zona inferior del río, constantemente ocupada por aguas saladas. Estas depresiones, al impregnarse de agua del mar cada vez que se produce una fuerte marea reciben, sobre todo en verano, un abundante depósito salino. Así pues, la formación fluvio-marina del estuario va perdiendo el carácter del terreno salitroso en las zonas interiores que invaden los deltas y lo va acentuando en las próximas al mar, donde lo continúan invadiendo las pleamares equinocciales.

Por un proceso muy semejante, si no idéntico al descrito, el estuario del Guadalquivir ha llegado al estado actual que es el que representa la figura 10, porque en la obra de la Naturaleza el hombre no ha introducido más modificaciones que las cortas de los Jerónimos, Fernandina y de Tablada, hechas para evitar tornos violentos del río y facilitar el acceso de los buques al puerto de Sevilla.

Actualmente surcan la superficie del estuario, además del brazo navegable o ría propiamente dicha, el Brazo de la Torre y el del Este, que formaron con el primero las islas Mayor y Menor; pero azolvados hoy por los depósitos del delta sólo comunican por sus bocas inferiores con el brazo navegable. La Corta de los Jerónimos produjo la Isla Mínima.

El estuario aluvial del Guadalquivir, cuya forma exacta en la época de mayor denudación se dibuja en la lámina III, mide 1.780 kilómetros cuadrados, de los cuales 1.114 quedan en la margen derecha del brazo navegable y 666 en la izquierda. Todo ese extenso territorio está relleno con los fangos de la formación fluvio-marina hasta el nivel de las pleamares ordinarias. Sobre ella y en la margen derecha, descansan depósitos lacustres o de agua dulce correspondientes a los deltas unidos del Guadalquivir y del Guadiamar, que ocupan una extensión de 51 kilómetros cuadrados, y las dunas litorales del Coto de Doña Ana, que cubren 177. Sobre la formación marismosa de la margen izquierda se apoyan los depósitos del delta del Salado de Morón en

extensión de 28 kilómetros cuadrados, y las dunas de la Algaida, al Norte de Sanlúcar, que cubren 15 kilómetros cuadrados. Los 886 kilómetros cuadrados restantes de la margen derecha y los 623 de la izquierda pertenecen aún a la formación fluvio-marina y son, por lo tanto, terrenos marismeños sujetos a inundaciones periódicas, encharcados la mayor parte del año, y en los que sólo se desarrolla una vegetación halófila de escaso aprovechamiento para pasto. Así se explica que la gran llanura del Guadalquivir haya sido hasta hace poco, en que se han acometido obras importantes de desecación, un terreno inhospitalario y desértico.

Fenómenos de erosión marina. —Las formaciones de estuario que bordean la costa atlántica entre el puerto de la Rábida y Sanlúcar de Barrameda son objeto de un violento ataque por parte de las aguas del mar que hace retroceder incesantemente la línea costera y con velocidad bien apreciable. Todo el litoral del Golfo de Cádiz, desde la desembocadura del Guadiana hasta punta de Tarifa, expuesto a los temporales del Sudoeste, presenta señales manifiestas de este retroceso, y ya dijimos en otra ocasión que restos desgajados de ese litoral son los bajos de Salmedina y las Puercas, islotes de rocas pliocenas que apenas sobresalen del nivel de pleamar, pero como las formaciones diluvial y aluvial del estuario son más deleznales, de menor cohesión, en ellas ha hecho progresos más manifiestos el ataque de la ola marina, como bien claramente se aprecia por el escalón de la costa a la altura de Chipiona. Pero el avance del mar se hace más ostensible en la parte de la costa formada por las arenas diluviales por la especial situación en que aparece hoy el cordón litoral de dunas. Comienzan éstas en el faro de la barra de Huelva y sin solución de continuidad llegan hasta la desembocadura del Guadalquivir, alcanzando su máxima altura, 113 metros, en El Asperillo. Desde la Torre de la Higuera hacia el Guadalquivir, la posición de la faja de dunas es la normal en esta clase de formaciones costeras; las arenas lanzadas por el mar avanzan largo trayecto sin adquirir grandes alturas (fot. núm. 7) y como a un kilómetro del borde de pleamar empieza a dibujarse la primera línea de médanos que avanzan después en oleadas sucesivas, cada vez con mayor elevación, hasta unos seis u ocho kilómetros del mar; pero en El Asperillo las dunas comienzan en la parte alta del acantilado costero, que por término medio tiene de 15 a 20 metros de elevación y, por consiguiente, no pueden ser hoy alimentadas por las arenas que el mar lanza a la orilla, y como en estas condiciones no habría habido posibilidad de que tales dunas se hubiesen formado, por fuerza se ha de admitir que el borde o pie de la duna se hallaba en otro tiempo en lo que hoy es mar, y que el ataque de la ola no sólo ha destruido al pie del médano sino una parte importante del mismo, hasta dejarlo, por decirlo así, colgado, y sin posibilidades de ulterior alimentación (véase fot. núm. 1).



Foto 7. — Matalascañas. Primera etapa del avance de las arenas voladeras sobre los terrenos del estuario aluvial del Guadalquivir. Manto continuo de 10 a 12 metros de espesor, sin grandes elevaciones. En el fondo comienzan a dibujarse algunos médanos.



Foto 8. — Coto de Doña Ana. Camino de El Palacio al Cerro del Trigo. Avance de las dunas sobre un pinar; las ramas secas que aparecen en primer término son de la copa de un pino enterrado. En el fondo, el médano más interior, que avanza sobre la marisma de Almonte.



Foto 9. — Pinar del Coto de Doña Ana, en las cercanías del Cerro del Trigo, que va quedando sepultado por un médano, que avanza hacia la derecha del espectador, a dos kilómetros de la costa.

(Instituto Geol.^o y Min.^o)

HOJA 1.017. ASPERILLO

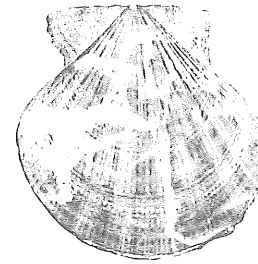


Foto 10. — Detalle de la fotografía 9.

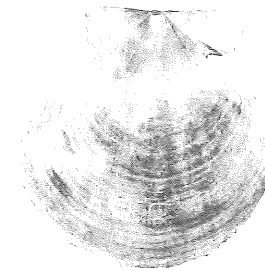
Otra prueba del avance de la línea de la costa en estos parajes es la situación en que aparece la Torre de la Higuera, construída en lo alto del acantilado y hoy volcada en la playa y batida por las olas.

El cordón de dunas de la costa onubense se divide, pues, en dos partes: la septentrional o de El Asperillo, incomunicada con la playa y sin poder recibir nuevas aportaciones de arenas voladeras, y la meridional o del coto de Doña Ana, donde los médanos se forman, se desarrollan y avanzan con completa normalidad, como puede verse en las fotografías 8 a 11, en alguna de las cuales (la 9) se aprecia además cómo las arenas en su avance hacia el interior van sepultando los frondosos bosques de pinos que crecen en los valles o depresiones que separan dos líneas consecutivas de médanos.

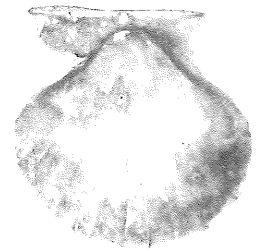
En la primera zona, las dunas descansan en la formación diluvial; en la segunda, en los fangos del estuario moderno. Estas líneas de dunas, tanto por su altura como por la profundidad de la invasión de las arenas, son las más importantes de España, y el médano de El Asperillo el más alto de Europa. Las arenas que las forman proceden en gran parte de la formación arenosa diluvial, y en el rizado que el viento produce en la superficie de los cerros desprovistos de vegetación se advierten líneas ondulosas negruzcas dibujadas por partículas de magnetita y de ilmenita.



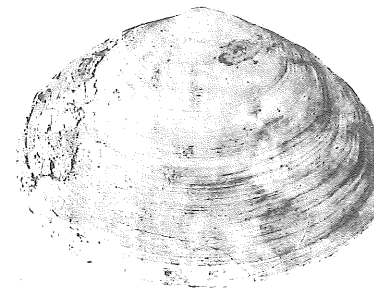
1



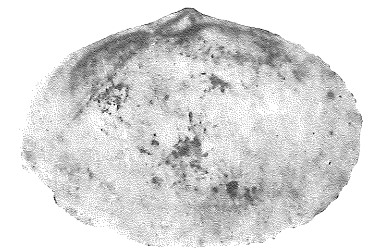
2



3



4



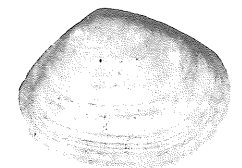
5



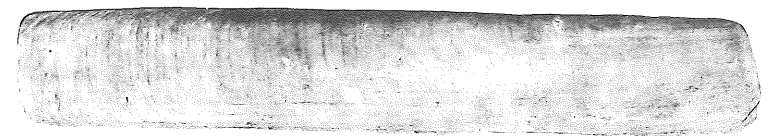
6



7



8



9

1-3 *Chlamys flexuosa*, Poli. 4-5. *Scrobicularia plana*, Da Costa. 6-7: *Barnea candida*, Lin.
8. *Tellina Cumana*, Da Costa. 9. *Solen marginatus*, Pennant.

IV

LOS ESTUARIOS DEL GUADALQUIVIR Y DEL GUADALETE EN RELACION CON LAS CIVILI- ZACIONES ANTIGUAS

El lago Ligur.—Según algunos investigadores modernos, el estuario del Guadalquivir, antes, claro es, de llegar a su actual estado de relleno, correspondía a lo que los navegantes anteriores a la era cristiana, de tiempos del Gadir fenicio, designaban con el nombre de Lago Ligur. El periplo marsellés, glosado en *Ora maritima* de Avieno, habla de un río Tartessos que desembocaba en el mar por tres bocas a la salida del Lago Ligur.

Dado el gran espesor que alcanzan los depósitos del estuario moderno, o, lo que es lo mismo, la considerable profundidad que éste alcanzó, al menos en la parte central, el proceso de relleno debe haber durado miles de años y es, por lo tanto, más que posible probable, que hasta épocas relativamente recientes ocupara un lago gran parte de su superficie, lo que justificaría los relatos de los antiguos navegantes. Datos directos lo confirman, por otra parte. Al construir el dique de defensa de la marisma de Lebrija, al Norte de Trebujena, en el verano de 1931, se encontró a muy poca profundidad, y bajo la capa de limos arcillosos, un banco de conchas marinas de cerca de un metro de espesor, al que ya nos hemos referido anteriormente, y que, como también dijimos, por su hacinamiento denotan un depósito de playa. Entre las conchas marinas de ese yacimiento abundan los ejemplares del *Chlamys flexuosa*, Poli, que conservan, aunque atenuado, el colorido propio de la especie, y las demás conchas, aunque han perdido el paño marino, apenas presentan señales de fosilización (véase la lámina IV). Todo ello indica que se trata de una formación muy reciente, pero a cuya edad no hubiera habido modo de fijar un límite sin la circunstancia afortunada de haber encontrado

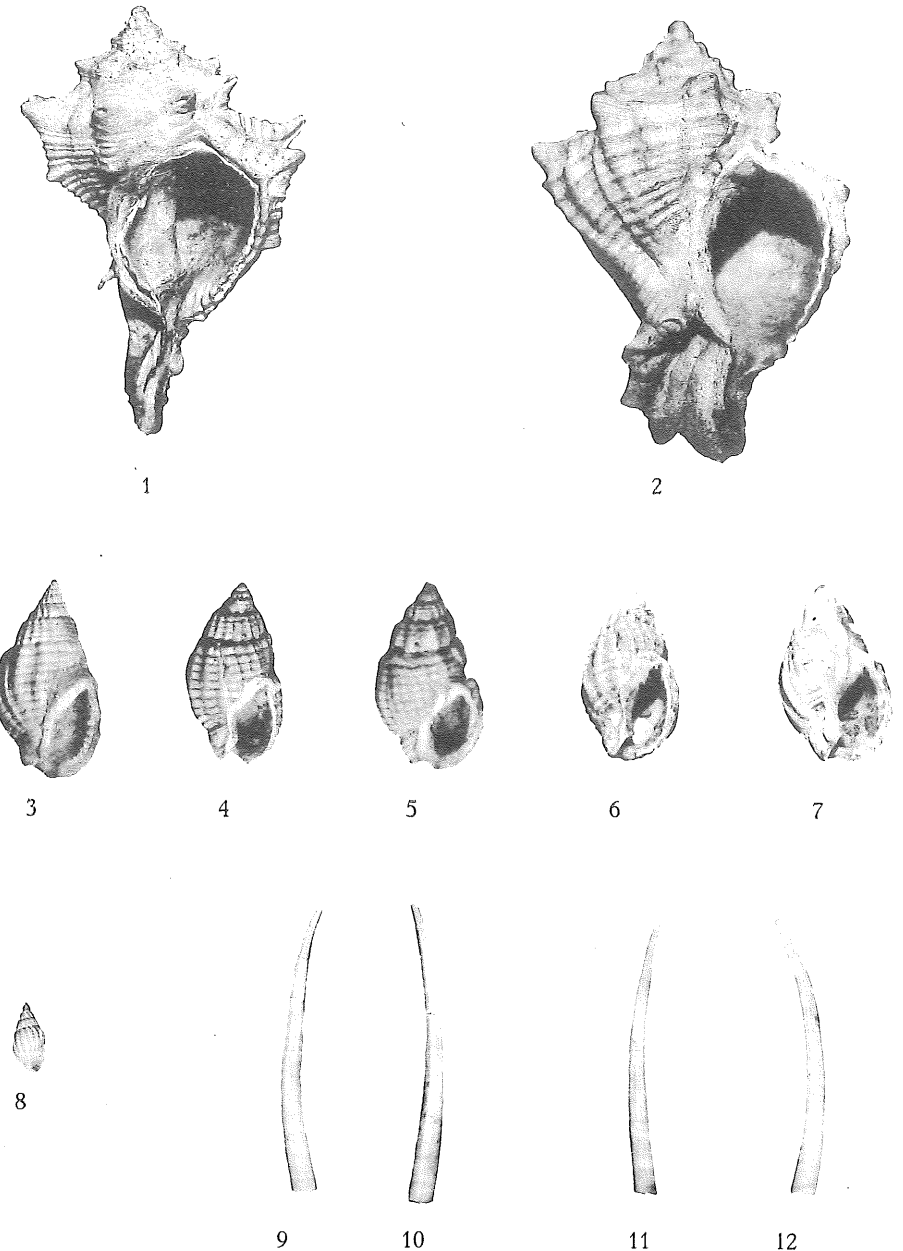
a un metro por debajo de la capa de conchas, y a unos tres de profundidad total, dos ánforas romanas, una de ellas perfectamente conservada (figura 24). Es, pues, incuestionable que cuando menos los tres últimos metros del relleno del estuario se han formado de dos mil años acá, y como si al relleno del estuario se le suprimen los tres últimos metros, quedaría su superficie al nivel de bajamar; claro es que muy bien pudo ocurrir que 530 años antes de J. C., fecha en la cual se supone escrito el periplo masaliota, presentase el estuario del Guadalquivir, aun a bajamar, el aspecto de un gran lago. Otro tanto ha debido ocurrir con el estuario del Guadalete, y hay motivos para suponer que a los ojos de los antiguos navegantes aparecían los dos lagos como si formasen uno solo (por comunicar aparentemente entre sí por los llanos de Jerez de la Frontera) y hasta que considerasen las rías actuales del Guadalquivir y el Guadalete como emisarios del mismo lago.

El punto donde se han encontrado las ánforas romanas es de los más profundos del estuario del Guadalquivir, pero en todo él se reproduce todavía en las grandes avenidas del río, aunque de modo pasajero, el panorama del Lago Ligur, pues basta una lámina de inundación de 50 centímetros de altura para cubrir los dominios del estuario de este río en los 72 kilómetros que median desde Sevilla hasta Bonanza, y los del estuario del Guadalete en los 17 que dista Cádiz del extremo oriental de la Sierra de San Cristóbal, pequeña divisoria de aguas situada a mitad del camino entre el Puerto de Santa María y Jerez de la Frontera.

Tartessos.—Con el proceso de formación y relleno del estuario aluvial del Guadalquivir que hemos expuesto en las páginas anteriores se relacionan varios estudios geológicos y arqueológicos hechos en estos últimos años para fijar la situación de Tartessos, y aun cuando esta clase de investigaciones se sale del cuadro de la geología propiamente dicha, creemos conveniente referirnos a ellas para puntualizar ciertos datos de los que no deben prescindir los arqueólogos en evitación de que sus estudios y búsquedas carezcan de base real.

El más documentado de esos estudios es el contenido en el libro del profesor alemán Adolfo Schulten titulado «Tartessos. Contribución a la historia antigua de Occidente». La vasta erudición del autor está puesta constantemente a prueba en las páginas de este libro, dedicado especialmente a fijar la situación de Tartessos, antiquísimo emporio de civilización citado ya 730 a. de J. C. por el profeta Isaias, 2-16: «porque día de Jehová de los ejércitos vendrá sobre todo soberbio y altivo y sobre todo ensalzado; y será abatido....., y sobre todos los cedros del Líbano, altos y sublimes, y sobre los alcornoques de Basán....., y sobre todas las naves de Tarsis y sobre todas cosas preciadas».

Igualmente aparece el nombre de *Tarsis* en el libro primero de los



1. *Murex brandaris*, Linné. 2. *Murex trunculus*, Linné. 3 - 7. *Nassa reticulata*, Linné.
8. *Nassa incrassata*, Müller. 9 - 12. *Dentalium dentalis*, Linné.

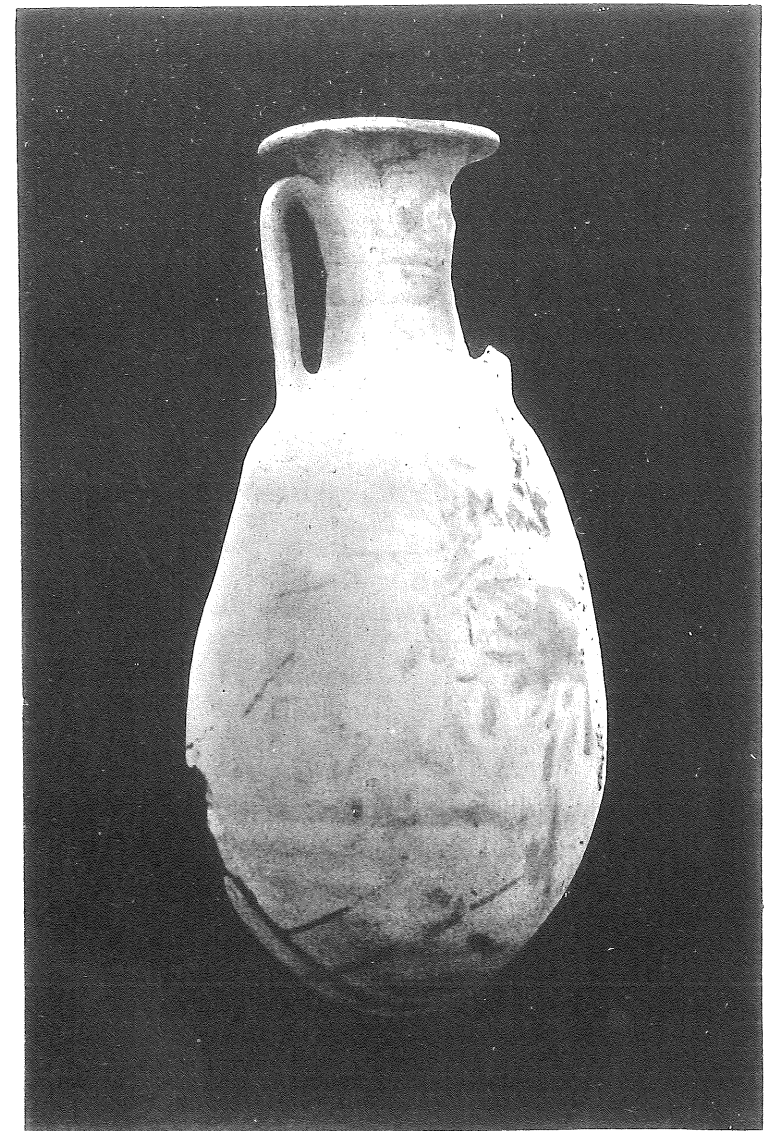


Fig. 24.

Anfora romana encontrada a tres metros de profundidad en la marisma de Lebrija, a dos Kilometros del Guadalquivir.

Reyes (586 años a. de J. C.), 22-49: «Había Josaphat hecho *navíos de Tarsis*, los cuales habían de ir a Ophir por oro»; y en este otro pasaje del mismo texto sagrado, 10-22: «Porque el Rey (Salomón) tenía *naves de Tarsis* en el mar con las naves de Hiram; una vez cada tres años venían las *naves de Tarsis* y traían oro, plata, marfil, monos y pavos». Y en los Salmos (hacia 650 años a. de J. C.), 72-10, se dice: «Los Reyes de *Tarsis* y de las islas traerán presentes; los Reyes de Saba y Seba ofrecerán dones» (1), (2).

Según Schulten, el nombre indígena de la ciudad era, al parecer, Tart-is, como su río, pero los fenicios la llamaron Tartschisch (תַּרְשִׁישׁ) y los focenses Tartessos (Ταρτησσός). El erudito jesuita español Pineda en *De rebus Salomonis*, fue el primero que identificó la Tarschisch bíblica y la Tartessos griega. Polibio sustituye la terminación semítica *isch* por *is*, lo cual podría indicar que la forma terminal indígena era *-is*, pues, por una parte, el nombre del río en el cual estuvo Tarsis era *Tart-is* y el sufijo ibérico *-is* es muy frecuente en Turdetania (Hispal-is, Bæt-is, Astig-is). En opinión de Schulten, Tartessos quedó oscurecida por un error de Lutero, quien en su versión de la Biblia tradujo Tarschisch por «mar», eliminando así un nombre que el libro sagrado hubiera podido popularizar. Las citas bíblicas, según el mismo autor, autorizan a pensar que antes del año 1000 a. de J. C. los tirios habían navegado ya a Tarschisch, mas el comercio con Tiro, y, por lo tanto, la ciudad de Tarschisch misma, debía remontarse a fecha todavía más antigua.

Gades, la factoría fenicia, fué fundada por los tirios hacia el año 1100 a. de J. C. Utica y Gades son de la misma época según Velleio. Utica, según la referencia de Timeo, fué fundada 287 años antes que Carthago, y como la fundación de Carthago es del año 814, la de Cádiz debe datar del año 1101 a. de Jesucristo.

Pretende Schulten que los fenicios fundaron a Gades para que les sirviera de intermedia en su comercio con Tartessos, y partiendo de este supuesto, que no justifica, admite como cosa cierta que la ciudad de Tartessos era mucho más antigua que Gades.

En cuanto a la localización de la ciudad de Tartessos, que es el punto que directamente nos interesa por relacionarse con el estudio que estamos desarrollando, se expresa así Schulten en la página 15 de su obra: «El gran tamaño de las naves demuestra que *Tarsis* se hallaba en remota región. Confírmalo el Libro 1.º de los Reyes, 10-22, al decir que las naves de Tarsis pertenecientes a Hiram y a Salomón volvían a los tres años cargadas de oro, plata, marfil, monos y pavos. Estas mercancías demuestran que Tarschisch se hallaba en el camino del

(1) Schulten. Loc. cit. págs. 14 y 15.

(2) La última referencia no es del salmo 72 de David, sino del 71.

Africa Occidental, pues el marfil y los monos son productos africanos, que venían, según todas las apariencias, de las costas occidentales de Africa, como el oro venía de la Costa de Oro, de Ufa (hoy Ife). El texto de los Salmos, 72-10, demuestra que Tarschisch dependía de Tiro y le pagaba tributo; y también que estaba situada en «las islas, es decir, en el Mediterráneo, o más allá todavía». Y en la página 79: «El más valioso documento que ha llegado hasta nosotros sobre los viajes focenses es el periplo de un navegante masaliota del siglo VI antes de J. C. Este viejo periplo, principal testimonio que sobre Tartessos poseemos, ha corrido la misma suerte que la antigua capital del Guadalquivir: como ésta, ha permanecido oscuro y mal entendido. Por lo general, fechábase en el siglo V-VI, y este error de fecha impidió reconocer su importancia, sobre todo para los últimos tiempos de Tartessos.

«El periplo se ha conservado en la obra de un escritor latino posterior, en las *Ora maritima* del patricio y poeta Avieno, el cual, hacia el año 400 d. de J. C., dominado por la afición entonces reinante a los viejos y remotos textos, compuso una descripción del Mediterráneo, empezando por el viejo periplo. Pero Avieno no utilizó directamente el original, sino un libro escolar griego del siglo I a. de J. C., una versificación de la geografía y descripción de las costas hecha por Eforos, y él, por su parte, copió el viejo periplo, no sin intercalarle trozos de los autores de los siglos VI-V, desde Hecateo hasta Tucídides. El maestro de escuela griego y el mismo Avieno no han podido resistir a la tentación de hacer a veces por su cuenta algunas adiciones bastante necias. Además Avieno se complace en rodear de una atmósfera de romanticismo las ciudades nombradas en el periplo, haciendo patéticas declamaciones sobre la prosperidad de antaño y la desolación de hogaño. Así, por ejemplo, dice de Tartessos:

».....multa et opulens civitas
»cevo vetusta, nunc egena, nunc brevis,
»nunc destituta, nun ruinarum ager est.

(.....grande y opulenta ciudad en los tiempos antiguos, ahora pobre, pequeña, abandonada, convertida en campo de ruinas).

En este viejo documento se cita, en efecto, la ciudad de Tartessos, y en cuanto a su situación veamos lo que dice y la interpretación que al texto da Schulten. Volvemos a transcribir de su obra, página 177: «El más antiguo testimonio literario acerca del río (Tartessos) es el viejo periplo, cuya descripción debemos considerar atentamente. Sigamos, pues, al viejo navegante. Vamos acercándonos a la ciudad por Occidente; venimos del Guadiana. En el v. 241 cita el periplo un *jugum* (promontorio) con un templo en una cueva dedicado a la *dea inferna* (diosa infernal). El *jugum* es la colina de La Rábida, de 40 metros de elevación, con el monasterio en donde Colón vivió antes de

(Instituto Geol.º y Min.º)

HOJA 1.017. ASPERILLO



Foto 11. — Coto de Doña Ana. Dunas entre el Cerro del Trigo y la Torre del Zalabar. Montículo que ha quedado en retraso al avanzar un médano y que ocupa hoy el centro de un corral. Un entramado de raíces ha contenido las arenas.



Foto 12. — Coto de Doña Ana. Casa del Cerro del Trigo, y a la izquierda, excavaciones hechas en busca de Tartessos.



Foto 13. — Dunas del Coto de Doña Ana en el Cerro del Trigo. Cimientos puestos al descubierta en las excavaciones hechas en busca de Tartessos.

emprender su viaje. La *palus erebea* (laguna erebea), así llamada por la ciudad de Erbi, es el ancho estuario del Río Tinto, que Estrabón describe también y califica de *λίμνη* (laguna).

»El Río Hiberus (Río Tinto) era el límite occidental del territorio tartesio. Después, es decir, al Oriente del Río Tinto, cita el periplo (Avieno, 255), en su camino de Occidente a Oriente, la isla *Cartare*, que parece ser la isla formada por los dos brazos que antaño tenía el Río Tartessos (1), y de la que dice Avieno (283):

».....sed insulam

»*Tartessus amnis, ex Ligustino lacu*

»*per aperta fusus, undique adlapsu ligat.*

(.....mas el Río Tartessos, al salir del lago Ligustino, y corriendo por la llanura, envuelve en su curso por todas partes la isla).

»Después de la isla *Cartare* el navegante nombra el *Mons Cassius*, que no puede ser otro que la elevación máxima de las «Arenas gordas» o cadena de dunas que sigue la costa del Delta; esa elevación, llamada hoy cerro Asperillo, tiene 101 metros de cota, altura tanto más impresionante por elevarse sobre el mar (2).

»Después del *Mons Cassius*, el periplo nombra en seguida la desembocadura oriental con Tartessos. Pasa, pues, por alto la desembocadura occidental. Ello se explica por su desaparición, a causa de los depósitos aluviales y las dunas (3).

»A continuación del *Mons Cassius* viene el *fani prominens*, es decir, el promontorio del templo (Avieno, 261-263); y luego el *Arx Gerontis*, castillo de nuestro antiguo conocido el rey tartessio Geryón. Entre estas dos señales de la costa hallábase el *sinus tartessius*, que es la actual desembocadura, ría de dos kilómetros de ancho. De igual modo, a la ría del Tago le llama el periplo *sinus* (Avieno, 174). La relación topográfica en que se hallaban el *fani prominens*, el *Arx Gerontis* y el *sinus tartessius* queda perfectamente precisada en dos lugares del periplo:

(1) Es casi imposible, como se verá por lo que decimos más adelante, que con el nombre de Isla *Cartare* se haya querido designar el terreno bajo y pantanoso limitado por dos cauces del Guadalquivir. A mi juicio, la isla *Cartare* es la propia isla de Cádiz, o a lo sumo la parte de costa comprendida entre el Guadalquivir y el Guadalete. Es lo más probable, además, que el Río Tartessos del periplo sea el Guadalete y no el Guadalquivir, y el lago Ligustino el estuario interior del primero de estos ríos.

(2) Como después de la isla *Cartare* menciona el periplo el *Mons Cassius* si este monte fuese la duna de El Asperillo, las citas no estarían hechas por su orden, pues El Asperillo, viniendo de Huelva, se encuentra antes que el estuario del Guadalquivir.

(3) El periplo no menciona la desembocadura oriental; habla sólo de los brazos que rodean la isla *Cartare* y del *Sinus tartessius*.

V. 271. *Inde fani est prominens
et quæ velustum Græciæ nomen tenet
Gerontis arx est eminus.....
hic ora late sunt sinus Tartessii:*

(Viene después un promontorio con un templo y a lo lejos el Castillo de Geryon, que lleva un viejo nombre griego..... ahí se extienden anchamente las riberas del Golfo Tartessio).

V. 304. *Gerontis arcem et prominens fani, ut supra
sumus elocuti, distinct medium salum
interque celsa cautium cedit sinus.
Jugum ad secundum flumen amplum evolvitur.*

(El castillo de Geryón y el promontorio del templo, como antes hemos dicho, están separados por el mar, y el golfo penetra entre alturas de peñas. Junto a la segunda altura discurre el ancho río).

»Lo primero era, pues, el templo en la orilla septentrional de la desembocadura que hay entre Zalabar (1) y La Marismilla, de igual suerte, el castillo de Geryón debe buscarse al Sur del río. No cabe duda de que estuvo en el banco de Salmedina, entonces península, hoy aislado y sumergido, pero que a marea baja sobresale del agua (2).

»Una vez descrito el *sinus tartessius*, o sea el golfo formado por la desembocadura oriental (3) y flanqueado por el *fani prominens* y el *arx Gerontis* el periplo pasa a nombrar la ciudad de Tartessos:

V. 266. *dictoque ab amni (Anas) in hæc locorum puppibus
via est diei, Gadir hic est oppidum
(nam Punicorum lingua conscriptum locum
gadir vocabat) ipsa Tartessus prius
cognominata est.*

(desde dicho río, el Guadiana, hasta estos lugares hay para las naves un día de camino; aquí está la ciudad de Gadir —pues la lengua de los fenicios llamaba gadir a todo lugar cerrado— que antaño era denominada Tartessos).

»De la enumeración y del adverbio *hic* se infiere que Tartessos es-

(1) El Sr. Schulten escribe por error Salazar.

(2) Más adelante explico por qué el *fani prominens* no puede ser ningún punto de la costa entre Torre Higuera y Sanlúcar. En cuanto al arrecife de Salmedina, su separación de la costa data de época bastante anterior al período histórico.

(3) El golfo Tartessio del periplo no puede ser otro que la Bahía de Cádiz, como más adelante demostramos.



Foto 14. — Coto de Doña Ana. Cerro del Trigo. Otro detalle de las excavaciones hechas en busca de Tartessos.

taba situada en el brazo oriental. El refundidor del periplo confunde a Tartessos con Gadir; error entonces general, pero en este caso necesidad insigne, porque el periplo describe el Betis y el interpolador debiera saber que Gades no está en este río (1).

»Tras una digresión acerca del culto de Hércules en Gades, Avieno describe los distintos brazos del río. El río sale del *lacus Ligastinus* y rodea la isla (Cartare) por todas partes; al salir del lago tiene tres brazos, y luego por cuatro brazos baña la parte sur de la ciudad (283-290).

....sed insulam
Tartessus amnis, ex Ligustino lacu
per aperta fusus, undique adlapsu ligat.
Neque iste tractu simplici provolvitur
unusve sulcat subiacentem cœspitem,
tria ora quippe parte eoi luminis
infert in agros, ore bis gemino quoque
meridiana civitatis adluit.

(....mas el Río Tartessos, saliendo del lago Ligustino y corriendo por la llanura envuelve en su curso por todas partes la Isla. Pero no sale por un solo brazo, ni surge por un sólo cauce el césped del suelo, sino que entra en los campos por tres bocas de la parte de Oriente y baña el Sur de la ciudad por cuatro cauces) (2).

»El periplo dice que la división del río en tres cauces está situada al «Oriente» de la ciudad. No debemos tomar al pie de la letra este dato, pues el Lago Ligur no estaba al Oriente, sino al Nordeste de la ciudad, situada más abajo, al Sudoeste del Lago».

La mayor dificultad es la que plantea el pasaje: *ore bis gemino quoque meridiana civitatis adluit* (y baña el Sur de la ciudad por cuatro cauces).

«Habiendo salido del lago por tres brazos, el río formaba, pues, más abajo, al Sur de la ciudad de Tartessos, cuatro brazos. ¿Dónde debemos buscarlos? Tartessos estaba situado en la isla de terreno aluvial en la orilla occidental de la desembocadura, esto es, en el borde Sur de la isla. Los cuatro brazos debían, pues, hallarse al Sur

(1) Es muy posible que en la antigüedad los navegantes consideraran al Guadalete como brazo del Betis y aplicaran indistintamente el nombre de Tartessos a uno y otro río, y el de Lago Ligur al estuario que suponían común.

De lo que no cabe duda es de que la ciudad a que se refiere el periplo es Cádiz, llamárase o no Tartessos primitivamente. ¿Es posible, de lo contrario, que el periplo no citara a Cádiz? Y que no habla de dos ciudades distintas es evidente.

(2) El referirse el periplo al Río Tartessos y al Lago Ligustino después de hablar de Gades demuestra que el río en cuestión es el Guadalete, y lo más probable en este caso es que la isla *Cartare* (la que rodean los brazos del río) sea la isla gaditana.

de la isla. La solución ha sido encontrada por el general Lämmerer, según el cual en la época de Tartessos había empezado ya a depositarse el aluvión reciente, pero no había terminado de llenar todo el golfo, de manera que se habían formado tres islas. Esta solución es evidente. Así, en realidad el río formaba en aquella época cuatro brazos al Sur de Tartessos.

»Después del Lago Ligur, el periplo menciona la *montaña de Plata*. En los alrededores del río, que son todos de tierra baja, no existe ni existía tal montaña; ésta se hallaba junto a las fuentes del río. La montaña aludida es la sierra argentífera de Cástulo, nacimiento del río. El error del periplo sobre la posición de la *montaña de Plata* demuestra, pues, que el navegante, su autor, no estuvo en el Lago Ligur, y además que Tartessos, en donde sí estuvo, se hallaba lejos del Lago Ligur.

»Así pues, de Avieno se deduce que la posición de Tartessos era a orillas del *Brazo Oriental y lejos del Lago Ligur*, esto es, en las proximidades de la costa».

Apoyándose en esta interesante descripción trata Schulten de demostrar, como se ve, que la ciudad de Tartessos estuvo situada en la orilla derecha u occidental de la desembocadura del Guadalquivir que, en aquella época, supone él llegaría hasta la Torre del Zalabar. Y para poder designar a esta desembocadura con el nombre de oriental da por hecho que existía entonces otra, occidental, al Sur de la Torre de la Higuera.

Aventuradas son las dos suposiciones por carecer de todo fundamento, pero, aunque pudieran admitirse, habríamos de negar una tercera afirmación que hace y sin la cual caen por su base cuantos razonamientos aduce Schulten para explicar la posible situación de Tartessos en esos parajes, a saber: que el terreno comprendido entre la Torre de la Higuera y la del Zalabar es de aluvión antiguo, en tanto que el comprendido entre la Torre del Zalabar y la desembocadura de Sanlúcar es de aluvión reciente. Este es un gran error: desde cinco kilómetros al SE. de la Torre de la Higuera hasta la ría actual *todo* el terreno lo forman los aluviones recientes y las dunas, y si ese terreno es hoy totalmente inadecuado para el establecimiento de una ciudad siquiera modesta, mucho más había de serlo hace dos o tres mil años. Es más, probablemente no existía aún tierra firme por esa época en el lugar que Schulten señala; pero aunque hubiese existido, la falta de tierras laborables, la movilidad de las dunas y la imposibilidad de comunicarse con el interior del país por la naturaleza pantanosa del terreno situado a la espalda, hubiera hecho de ese paraje y de todos sus alrededores en muchos kilómetros a la redonda un país inhabitable. Si con los adelantos de la civilización moderna no se ha podido poblar todavía esa comarca, ¿con cuántas dificultades no se hubiera tropezado en la antigüedad remota, cuando el estuario era tan sólo un fangal, periódicamente cubierto por las

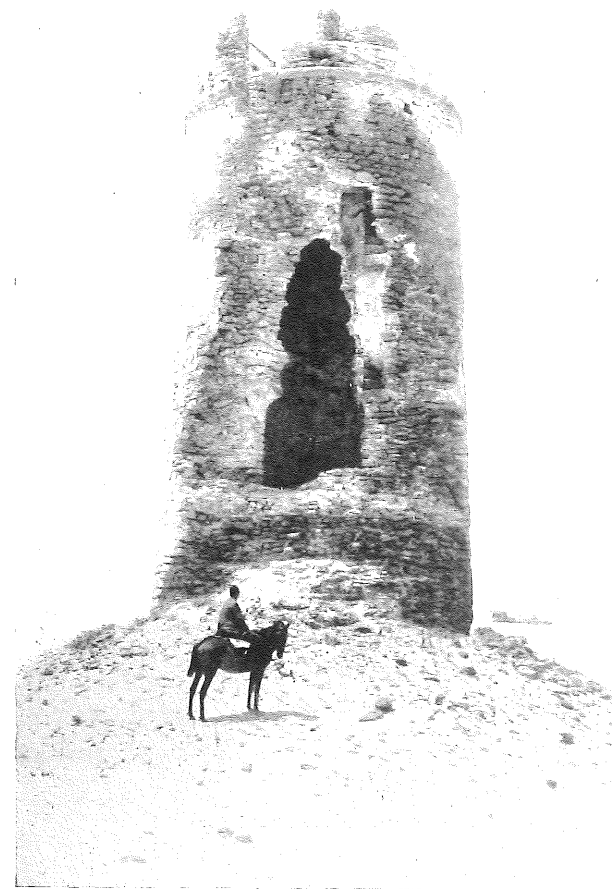


Foto 15. — La Torre del Zalabar, en el Coto de Doña Ana, a 400 metros de la orilla del mar. En el interior se ve la escalera de caracol, en piedra labrada, para el acceso a la plataforma superior.

mareas? Es, sin duda, absurdo buscar a Tartessos por tan inestable región.

Aunque una vez dilucidado este punto, primordial para nosotros, porque tiene evidente relación con el proceso de relleno del estuario moderno del Guadalquivir que hemos descrito en páginas anteriores, y cuyas conclusiones están en completo desacuerdo con las hipótesis geológicas, a todas luces erróneas, que aduce Schulten en apoyo de su tesis, podríamos dar por terminada esta digresión como hemos dado un resumen del interesante extracto hecho por este arqueólogo del periplo masaliota, nos parece útil hacer algunas observaciones al modo como lo interpreta el autor citado.

En primer término, no creemos que sea ningún error de Avieno, ni menos necedad insigne, como dice Schulten, el llamar Gades a la ciudad que dice situada a orillas del Golfo tartesio; el error acaso consista en decir que esta ciudad se llamaba antiguamente Tartessos. No nos pronunciamos ni en favor ni en contra de esa identidad, pero sí creemos que los parajes de las costas del Golfo de Cádiz que menciona Avieno, no corresponden con los que cita Schulten, influido por la idea preconcebida de buscar el emplazamiento de la antigua ciudad en la margen derecha del Guadalquivir. Así, a la isla *Carlare* no hoy manera de identificarla con el espacio de terreno bajo y fangoso que puede quedar entre los brazos de un río, en la boca de su estuario. Tal porción de terreno no puede aparecer como isla, ni a la vista del navegante que se acerca a tierra, ni a la del que pasa de largo a cierta distancia de la costa. La isla *Carlare* podrá ser en tal caso la zona costera que se extiende entre Sanlúcar de Barrameda, Chipiona, Rota y Puerto de Santa María, limitada por Poniente por el Guadalquivir y por Oriente por el Guadalete, y que estos dos cursos de agua con sus estuarios respectivos envuelven casi por completo. Observada desde el mar aparece desde luego ese sector de la costa como una isla, porque la divisoria entre el Guadalquivir y el Guadalete es bajísima, y si no se conoce la topografía del interior hace el efecto de que el estuario del Guadalete se da la mano con el del Guadalquivir. Las dos desembocaduras del Betis a que se hace alusión en textos antiguos son, o por lo menos es lo más probable que sean: una, la occidental, el río de Sevilla; otra, la oriental, el Guadalete. Téngase en cuenta que las marismas del Guadalete se internan bastante tierra adentro en dirección a Jerez de la Frontera y hace dos mil años estarían convertidas probablemente en un extenso lago. Aún hoy que dan sumergidas totalmente por las grandes crecidas del río.

El *Mons Cassius* del periplo sería entonces la Sierra de Gibalbín, que cierra el horizonte de la que suponemos isla *Carlare*, cuando se la mira desde el mar, y acaso más probablemente la Sierra del Pinar de Grazalema, que es la montaña más elevada que se divisa desde el mar gaditano.

Añade el periplo, según ha quedado consignado más atrás, que el

Sinus Tartessius es un golfo que penetra entre alturas de peñas, y que en uno de sus bordes está el *fani prominens* (promontorio del Templo) y en otro el *Arx Gerontis* (Castillo de Geryón). Entre uno y otro punto no dice el periplo que pase un río, sino que ambos están separados por el mar, pero, por otra parte, alturas de peñas sólo las hay entre Rota y Puerto de Santa María y en las islas y arrecifes de Cádiz. Aun admitiendo que el cauce del Guadalquivir abarcara en la época de Tartessos desde la Torre del Zalabar hasta Sanlúcar, no le hubiera sido posible al navegante marsellés descubrir ninguna altura de peñas en la margen derecha, así es que el *Sinus Tartessius* no puede corresponder en modo alguno a la desembocadura del Guadalquivir.

Por idéntica razón, el promontorio del Templo no podía estar tampoco en la margen derecha de dicho río, hacia la Torre del Zalabar, donde no ha habido nunca, ni hay, alturas de peñas ni promontorios; ni tampoco pudo estar el Castillo de Geryón en Salmedina, islote situado a cuatro kilómetros de la costa y sin relación con la orilla del río desde época muy anterior al período histórico.

El promontorio del Templo, primer punto que cita el navegante al acercarse al golfo tartessio, debía hallarse en la isla de León, a cuyo pie discurría entonces, y discurre aún, la ría de Sancti-Petri, viejo brazo del Guadalete, pues lo probable es que de estar en la costa opuesta, hacia Rota o en el mismo Cádiz, lo relacionara el periplo con la isla *Cartare*. Y en cuanto al *Arx Gerontis*, que se ve a lo lejos, y que *vetustum Græcice nomen lenet*, debía hallarse en el fondo del golfo, al pie de la Sierra de San Cristóbal, donde estuvo en tiempos el *Portus Menesthei*, y donde se rindió culto al dios griego Menestheo; un nombre podría ser el *vetustum Græcice nomen*. Además, como dicho lugar no se descubre viniendo del mar desde el Oeste hasta que se entra en la Bahía, no puede extrañar que el periplo lo cite después del *fani prominens* que, repetimos, debe ser la colina de San Fernando, único promontorio cercano al Golfo Tartessio.

Después del *Sinus Tartessius* menciona el periplo la ciudad de Gades, lo cual concuerda admirablemente con la topografía de la costa.

A continuación dice Avieno que el río sale del Lago Ligustino por tres brazos, que son, a nuestro juicio, el Guadalete, el San Pedro y el Sancti Petri, y añade por último:

.....*Ore bis gemino quoque
meridiana civitatis adluit*

(.....que baña el Sur de la ciudad por dos parejas de brazos).

Estas dos parejas de cauces serían brazos antiguos de río Arillo y de Sancti-Petri, separados por la isla de León, pero, además, como la lengua de tierra que une a la isla de Cádiz con la de San Fernando

(Instituto Geol.º y Min.º)

HOJA 1.017. ASPERILLO



Foto 16. — Playa del Coto de Doña Ana, entre Matalascañas y la Torre de las Carboneras.
Terraza de pleamar, comienzo de las dunas.

está en gran parte formada por los terrenos fangosos del estuario moderno del Guadalete, lo mismo que el moderno río Arillo, pudieron existir en la antigüedad múltiples caños que comunicaran la Bahía con el mar libre, y referirse a ellos el autor del periplo. La boca de río Arillo está cegada por las arenas del cordón litoral, pero este taponamiento es de época tan reciente que todavía en los planos de la región se dibuja como si realmente existiera.

Vemos, en consecuencia, que la descripción de Avieno concuerda bastante bien con la topografía actual de las costas gaditanas, con el estuario del Guadalete y con la ciudad de Cádiz, y en cambio no hay manera de compaginarla con la topografía del tramo de la costa atlántica comprendido entre la Torre de la Higuera y el Guadalquivir, como pretende Schulten. El Tartessos del periplo es, pues, según todas las apariencias Gades, y no una ciudad situada en las dunas del coto de Doña Ana, donde jamás hubiera podido existir en la época en que se le supone en pleno apogeo por faltarle todo medio propio de vida, e incluso muy probablemente el terreno que hubiera podido sustentarla.

Dirigidas por el Sr. Schulten, se hicieron en 1923 unas excavaciones junto a la casa del Cerro del Trigo (véanse las fotografías 12, 13 y 14) en plena arena de dunas, cerca del borde de la marisma, con el resultado negativo que se podía esperar. Sólo se han descubierto cimientos de unas casuchas mal construídas y unos depósitos revestidos con hormigón de cal. Estas escasas ruinas eran conocidas de antiguo. El Sr. Schulten pretende que los cimientos descubiertos corresponden a una aldea romana de pescadores construída con despojos de Tartessos, pues las piedras de dicha aldea—dice—proceden en gran parte de lejos, de la Sierra Morena, y es imposible que los pobres pescadores se tomaran el trabajo de ir tan lejos en su busca, cuando tenían enfrente, en Bonanza, excelentes materiales pétreos. A esto podemos objetar que los pueblos que bordean el estuario del Guadalquivir: Lebrija, Trebujena, Sanlúcar, han empleado en la construcción de sus caseríos piedras de Sierra Morena transportadas por el río, y en muchas casas y chozas de las marismas se encuentran lajas de micacitas semejantes a las halladas en las ruinas del Cerro del Trigo. Y también debemos consignar, aunque parezca sorprendente, que todos los pueblos de la Bahía gaditana, Puerto de Santa María, Puerto Real, San Fernando y hasta Jerez de la Frontera, y por supuesto Cádiz, tienen la mayoría de sus calles empedradas con bolos de rocas hipogénicas procedentes de Inglaterra, transportadas como lastre por los barcos que venían de las Islas británicas a Cádiz a cargar sal.

Desde el punto de vista geográfico y geológico, los capítulos del libro de Schulten dedicados a tratar de las dos desembocaduras del río que tan necesarias le son al autor para situar entre ambas a Tartessos, contienen grandes inexactitudes. Ahí es donde dice, por ejem-

plo, que en la Torre de la Higuera estuvo la desembocadura occidental del Guadalquivir y que la Torre del Zalabar estaba situada en la orilla derecha de la desembocadura del Guadalquivir, nada de lo cual se ajusta a la realidad. El borde derecho del estuario aluvial se hallaba a cinco kilómetros al SE. de la Torre de la Higuera, y ni en la Torre del Zalabar ni en ningún punto del interior situado frente a esta Torre hay indicios de que haya sido aquel paraje alguna vez orilla o margen de un cauce del río. Tampoco dato alguno permite afirmar, como dijimos también en otra ocasión, que el terreno comprendido entre la Torre de la Higuera y la del Zalabar sea de aluvión antiguo, y que el comprendido entre este último punto y Sanlúcar sea, en cambio, de aluvión moderno. No desde la Torre de la Higuera, pero sí desde un poco al Norte de Matalascañas hasta Sanlúcar, todo el terreno es de aluvión moderno. Otras muchas afirmaciones que hace el autor para acomodar la topografía del estuario a antiguos relatos que cita son igualmente gratuitos, y la mayor parte de las veces, valiéndose de los datos que aporta, se pueden sacar conclusiones diametralmente opuestas a las suyas (1).

En resumidas cuentas, no hay modo de saber a ciencia cierta si el periplo masaliota se refiere al hablar de islas y ríos al Guadalquivir y al Guadalete conjuntamente o al Guadalete sólo, ni si las dos des-

(1) El trabajo de investigación del Sr. Schulten relativo a Tartessos adolece de falta de precisión en los datos locales que aporta en apoyo de sus afirmaciones, y del grave defecto de aceptar en un párrafo como hecho indiscutible lo que en el párrafo anterior sólo ha mencionado de pasada, como posible supuesto, o como consecuencia trabajosamente deducida de datos erróneos. Así, por ejemplo, en la página 45 copia lo que sigue de una tradición conservada por Servio en su escolio a la *Eneida* de Virgilio: «Geryón fué un rey de España que se representa con tres cuerpos porque mandó sobre tres islas que se hallan junto a España: Mallorca, Menorca e Ibiza.....», y añade Schulten textualmente: «Las tres islas de que habla este texto eran naturalmente las que forma el Betis (isla mayor, isla menor y la isla pequeña que hay entre la mayor y la menor). La confusión con las Baléares es producto de la ignorancia posterior». Ahora preguntamos nosotros: ¿es posible que ignore Schulten que esta isla pequeña que hay entre la mayor y la menor es sólo un pedazo de la última separado por el canal o corta de los Jerónimos, hecha el año 1860?

El profesor de la Universidad de Berlín, Albert Herrmann, en un trabajo titulado *Tartessos und die Etruskerfrage*, que ha sido reasumido y comentado en otro muy interesante del Sr. García Bellido, publicado en los anales de la Universidad de Madrid, afirma que el estado actual de la Arqueología prehistórica no permite seguir sosteniendo la hipótesis de que Tartessos se hallase en las márgenes del estuario del Guadalquivir, y traslada la posible situación de esta ciudad al Sur de la región de Túnez, basándose entre otros argumentos en que antes del siglo IV antes de J. C. era conocido como tierra argentífera el «interland» al Sur de Túnez, donde según los escritores clásicos existía una *montaña de plata* que en varios textos antiguos se señala como lugar donde brotaban las fuentes del río Tartessos. Pero según el Sr. García Bellido, las pruebas que aduce Herrmann en apoyo de sus teorías, aunque muy ingeniosas y verdaderamente interesantes, no son ni con mucho suficientes para destruir la tesis tradicional, que ya desde los escritores clásicos colocaba a Tartessos por la desembocadura del Guadalquivir.

embocaduras que mencionan Posidonio, Artemídoro, Estrabón y Ptolomeo, son las bocas del Guadalete, o bien: una la ría del Guadalquivir y otra la Bahía de Cádiz. Sólo una conclusión puede sentarse: que no se refieren en modo alguno a dos distintos cauces o bocas del Guadalquivir.

LA TOPOGRAFIA Y LA HIDROGRAFIA CONTEMPORANEA DE LAS FORMACIONES DE ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR

Las formaciones cuaternarias del Guadalquivir (la diluvial y la aluvial o moderna) cuya distribución se dibuja en el mapa de conjunto de la lámina I, se diferencian: 1.º Por la distinta altitud que ocupan. 2.º Por la naturaleza de los sedimentos. La formación diluvial está enrasada a la cota 200 aproximadamente y la aluvial a 1,5 metros sobre el nivel medio del mar. La más antigua se compone casi exclusivamente de arenas y gravas *silíceas*; la más moderna de fangos y limos *arcillosos*. Sin la destructora intervención del hombre, la formación diluvial estaría poblada de pinos, alcornoques y acebuches, como lo estuvo en tiempos remotos y lo atestiguan los rodales y ejemplares aislados de esas especies arbóreas que encontramos hoy diseminados por los ardientes arenales de Almonte. La formación aluvial, en cambio, terreno pantanoso y salino, sólo produce raquífticas variedades de gramíneas y leguminosas, y pequeños arbustos esteparios.

El Guadalquivir, como en tiempos bien remotos, sigue siendo el desagüe natural de toda la mancha de terrenos cuaternarios: cruza trabajosamente, por la falta de pendiente, los depósitos aluviales, y a la caldera que éstos forman afluyen las aguas de lluvia que recoge la formación diluvial. El cauce del río ocupa una posición excéntrica con relación al estuario antiguo, porque el Guadalete ha captado recientemente cursos de agua que en los comienzos de la era cuaternaria eran afluentes del Guadalquivir, y así vemos ahora que mientras por la margen derecha los tributarios del Guadalquivir arrancan de los bordes de la gran mancha arenosa, en la margen izquierda, la divisoria con el Guadalete, de cota generalmente inferior a la de coro-

nación de los depósitos diluviales, limita a corta distancia del río los cursos de sus afluentes directos.

Esa divisoria con el Guadalete, que en muchos puntos fué rebasada por el nivel de las aguas durante el depósito de las arenas diluviales, hasta poner en franca comunicación los estuarios antiguos de ambos ríos, ha perdido, por efecto de su poca anchura y por el ataque de los afluentes opuestos de dos distintas redes hidrográficas, la cobertura general de arenas y gravas que, como dijimos en otra ocasión, sólo se conserva en los Llanos de Caulina, al Norte de Jerez.

Debido a esta circunstancia, se nos presentan con caracteres muy distintos los dos bordes, occidental y oriental, del estuario moderno. El borde occidental lo constituye una dilatada planicie arenosa que en su comienzo sólo se eleva de dos a tres metros sobre la marisma y paulatinamente va ganando altura en dirección a Moguer, pero que escasamente alcanza una altitud de 100 metros.

Esta región de arenas diluviales está surcada por varios arroyos, de los cuales el más importante es el de La Rocina, llamado en su parte inferior La Canaleja, que desemboca en el estuario aluvial o marisma al pie de la aldea de El Rocío.

Este arroyo de La Rocina tiene su ladera septentrional algo pendiente, pues desde las Casas del Sacristán, por ejemplo, hacia Almonte, se sube en seis kilómetros unos 90 metros. En cambio, su vertiente Sur es una altiplanicie más que una ladera, pues a poco de separarse de las referidas casas en dirección normal a la costa sube el terreno a la cota 40, y para alcanzar la de 60 metros hay que llegar al pie de las dunas de El Asperillo, distantes 11 kilómetros.

Por efecto de esa falta de pendiente son innumerables las lagunas que se encuentran por toda esta zona, como puede verse consultando el mapa de la provincia de Huelva publicado por el Instituto Geográfico en escala 1:200.000 y la misma hoja a 1:50.000 de El Asperillo. Las lagunas corresponden a remansos profundos, charcas u *ojos* de antiguos cauces que surcaron este territorio. Muchas veces se distingue la traza del viejo arroyo de que formaban parte y con detenimiento se podrían replantar los antiguos cauces y determinar a cuál de ellos corresponde cada una de las lagunas. Algo de esto hemos hecho en la hoja de El Asperillo con las que más claramente manifiestan su natural enlace.

Ese fenómeno de los tollos, charcas, u *ojos* como en Almonte se les llama, que caracteriza al arroyo de la Rocina, donde se observan infinidad de ellos, y que por lo visto caracterizaba también a los otros cauces que surcaban la altiplanicie entre la Canaleja y el mar, cuando han quedado señales evidentes de los mismos en las lagunas de que acabamos de hablar, tiene su origen en mantos profundos de agua subterránea que por efecto de la presión interna han roto las capas superiores del terreno que las retenían y han podido brotar al exterior. Se trata, por lo tanto, de un fenómeno artesiano cuyo por-

ceso puede explicarse así: las aguas de lluvia que se infiltran en la gran mancha de arenas diluviales caminan por el subsuelo siguiendo las capas de arena menos arcillosas y más gruesas, por ser las más permeables, y se acumulan en uno o varios mantos profundos cuya altura hidrostática es superior a la cota del fondo del arroyo, y si, por efecto de la presión, el agua consigue abrirse paso hasta la superficie, queda la capa acuifera desde ese momento en comunicación con el agua que discurre por el cauce. El arroyo se alimenta entonces de dos modos: por las aguas de escorrentía de las laderas y por el agua subterránea de las capas profundas que brota por los *ojos*; y la presión del agua que sube por los conductos de comunicación con el exterior impide el depósito de acarreo fino en el embudo del *ojo* y mantiene la profundidad del charco.

Es evidente que una vez que se establece esa comunicación entre el cauce del arroyo y la capa subterránea hay ocasiones en que ésta se alimenta con el agua que discurre por el cauce (cuando la altura que toman las crecidas es mayor que la presión hidrostática de la capa), y otras, cuando el nivel de las crecidas desciende, en que la capa subterránea se descarga de nuevo en el cauce por los *ojos*.

Este fenómeno se manifiesta como reminiscencias de una actividad pasada en las lagunas de que está salpicada la vertiente derecha de La Rocina, y que son, según se ha expuesto, trozos de viejos cauces, y precisamente los más profundos, como es lógico. Muchas de ellas manan agua por el fondo, y la corriente ascendente, aunque débil, impide que se consoliden los arrastres que tienden a rellenarla y los mantiene en tal estado de disgregación que resulta peligroso cruzar su fondo sea a pie, sea a caballo.

Como a un kilómetro del mar, el plano suavemente inclinado que constituye la vertiente meridional de La Rocina alcanza su línea culminante próximamente a la cota 80 y de allí comienza a descender de nuevo hacia el mar, lo que indica que la mencionada línea es una antigua divisoria de aguas, pero a poco de comenzar la contrapendiente el terreno se va cubriendo con la arena de las dunas de la cadena costera y de nuevo vuelve a subir, ahora rápidamente y por un talud muy pronunciado hasta la arista culminante de dichas dunas. Pero la inclinación hacia el mar del terreno diluvial que soporta al médano continúa evidentemente bajo las arenas voladeras, pues, como ya hemos dicho en otra ocasión, el plano de separación de las arenas diluviales y las arenas de las dunas se halla en el acantilado costero tan sólo a 15 ó 20 metros sobre el mar. Ese plano de separación se marca en muchos sitios, y a veces durante trayectos bastante largos, por un lecho de turba de 20 a 30 centímetros de espesor.

Por el borde izquierdo del estuario, el tránsito de la formación diluvial a la aluvial es también bastante insensible desde el punto de vista topográfico, sobre todo desde el cauce del Guadalquivir hasta la estación de Las Alcantarillas. Allí se dibuja un entrante o ensenada

que corresponde al estuario del Arroyo Salado de Merón, que se encuentra bordeado por colinas eocenas y triásicas. La ensenada en cuestión está ligeramente elevada sobre la superficie general del estuario del Guadalquivir a causa de los depósitos del delta lacustre de dicho arroyo.

Desde Las Cabezas de San Juan hasta Sanlúcar de Barrameda, los bordes del estuario aluvial lo forman altas colinas de margas triásicas y eocenas, y de albarizas oligocenas, cortadas en talud bastante fuerte, como corresponde a acantilados marinos que fueron. Entre estas colinas afluyen algunos arroyos de importancia como el Salado de Lebrija, entre esta población y Las Cabezas, y otros de pequeña cuenca pero que cebaron la excavación de estrechas y profundas rías o ensenadas fiordiformes, como las marismas del Cuervo y de Tabajete.

Dunas.—Echando una ojeada al mapa de conjunto de la lámina I se ve que las arenas del mar han invadido desde la aldea de Palos hasta Sanlúcar de Barrameda la zona costera, tanto la parte formada por las arenas diluviales como la más moderna de fangos aluviales, y han avanzado tierra adentro en proporción a las posibilidades que encontraron para su marcha progresiva. Desde La Rábida hasta la Torre de la Higuera, la costa, con pendiente acentuada (ya hemos visto que desde la orilla hasta un kilómetro próximamente tierra adentro sube el terreno unos 80 metros), contrajo algo el avance de las arenas marinas, pero en cambio obligó a las dunas a tomar mayor altura; en esa parte se ha formado el alto médano de El Asperillo con su punto culminante a 113 metros sobre el mar. Entre la Torre de la Higuera y Sanlúcar, los médanos han avanzado del modo normal en esta clase de formaciones litorales, es decir, en ondas u oleadas sucesivas separadas por valles de bastante amplitud. Las arenas por esta parte no han tomado en ningún punto tanta altura como en el médano único de El Asperillo, y la cadena más elevada, que es la interior, o sea la que avanza sobre la marisma, tiene unos 60 metros de cota (véase la fot. 8).

Las fotografías 9, 10 y 11, tomadas entre la Torre del Zalabar (fotografía 15) y el Cerro del Trigo, en cuyo trayecto se cuentan hasta tres crestas distintas, muestran cómo tiene lugar el avance de las arenas y cómo esas crestas se desplazan lentamente hacia los valles intermedios o *corrales*, y van sepultando los espléndidos pinares que crecen en algunos de ellos. En los valles o corrales más cercanos al mar se halla a veces el suelo materialmente cubierto de conchas de moluscos: *Murex brandaris*, Lin., *Cymbium papillatum*, Schumacher, *Macra stultorum*, Lin., *Lutraria elliptica*, Lam., y sobre todo *Pectunculus gaditanus*, Gmelin., lo que indica que la superficie del terreno en estos corrales ha coincidido con la plataforma litoral de plamar, cuyo borde actual se observa en la fotografía número 16.

Por la margen izquierda del Guadalquivir, las dunas han penetrado también tierra adentro, pues desde Bonanza llegan hasta casi al torno del Puntal, y a la lucha con el cordón litoral de dunas se debe el gran recodo que el río describe cerca de su confluencia con el Brazo del Noroeste. La duna de la Algaida, que así se llama la formada al Norte de Bonanza, impidió al Guadalquivir seguir la dirección rectilínea entre Tarfía y Sanlúcar, y le obligó a rodearla por Poniente. A su vez, en la margen derecha, las dunas de la Punta de Malandar forzaron a la corriente fluvial a ceñirse a la costa opuesta y de ahí resulta la S que describe la ría antes de desembocar en el mar (1).

(1) Datos acerca de la invasión de las dunas en el estuario del Guadalete pueden verse en el trabajo del autor: «Cádiz y su bahía en el transcurso de los tiempos geológicos». Boletín de Instituto Geológico y Minero de España, tomo XLIX. 1927.

REGIMEN DEL GUADALQUIVIR EN LA EPOCA
ACTUAL. SUS CRECIDAS E INUNDACIONES. LAS
MAREAS EN LA RIA

No terminaremos esta reseña del estuario aluvial del Guadalquivir sin consignar algunos datos referentes al régimen de este río en la época actual, al efecto de sus crecidas sobre el estuario y a la propagación de la onda de la marea por el cauce hasta Sevilla.

La cuenca del Guadalquivir mide 58.538 kilómetros cuadrados. En estiajes rigurosos el caudal del río baja en Sevilla a diez metros cúbicos por segundo, y en cambio se han registrado crecidas que han acumulado en el vértice del estuario un caudal de 10.500 metros cúbicos por segundo. La relación del mínimo al máximo es, pues, de 1 a 1.050.

Esta desproporción entre el caudal de estiaje y aun el de régimen y el de las grandes avenidas es causa de que el río haya ido reduciendo su cauce principal más y más en el transcurso de los últimos siglos, y de que con relativa frecuencia se inunde ahora todo el estuario moderno. Es sumamente difícil calcular de manera segura a partir de qué caudal comienza el río a desbordar sus márgenes aguas abajo de Coria porque, además de la inseguridad inherente a la apreciación de los caudales de crecida, aun en aquellos lugares donde observaciones continuadas permiten formar idea, si no exacta, al menos aproximada del régimen de un río, en el Guadalquivir, aguas abajo de la Puebla esa apreciación se hace difícilísima, por no decir imposible. Ya en el puerto de Sevilla, la altura que alcanzan las aguas sobre el nivel de bajamar, que es lo que sirve de norma para fijar la característica de la arriada, no guarda relación constante con el caudal que arrastra el río: la mayor o menos intensidad que en un momento dado adquieren las crecidas del Guadaira y del Guadamar que se unen al Guadalquivir aguas abajo de Sevilla, y la retención

que a partir de la Puebla pueden ocasionar en los días de crecida los vendavales del SO. que con tanta insistencia como intensidad soplan en el valle inferior del Guadalquivir durante los temporales de invierno, influyen en la altura alcanzada por las aguas en la parte estrecha del cauce de avenidas (Sevilla a Coria) tanto o más que el caudal aportado por el río.

La última estación de aforos que la División hidráulica del Guadalquivir tiene instalada en este río es la de Cantillana, a 41.750 metros aguas arriba de Sevilla. Los gastos de avenidas no están calculados para alturas de escala superiores a 5,60 metros, a la cual corresponde el de 1.243 metros cúbicos por segundo. Para alturas mayores, que han llegado hasta 10,80 metros, no se tiene seguridad del caudal del río, y sólo de manera aproximada se pueden calcular los gastos de las crecidas. Así, el 11 de febrero de 1912, con altura de escala de 10,80 metros, parece haber arrastrado el río un caudal de 7.000 metros cúbicos por segundo. El 2 de abril de 1915 con 8,67 metros de escala, 4.500 metros cúbicos por segundo. El 22 de marzo de 1916, con 9,35 metros de altura en la escala, 5.200, y el 7 de marzo de 1917, con 10,00 metros en la escala, 6.000 metros cúbicos por segundo.

Las grandes crecidas del Guadalquivir en nuestros días son, pues, del orden de los 5.000 a los 7.000 metros cúbicos por segundo en *Cantillana*, caudales harto insignificantes si se les compara con los que debía arrastrar en la época ya lejana en que excavaba el estuario.

Aguas abajo de Cantillana recoge el Guadalquivir varios afluentes de importancia, tales como las riveras del Viar y Huelva, que pueden sumar su caudal máximo al del Guadalquivir en Cantillana en un momento dado y aumentar considerablemente el total del río. Así, el año 1892, en la arriada que tuvo lugar en los primeros días de febrero, coincidiendo con un fuerte temporal que dejó triste recuerdo en la comarca, se calcula que desde Cantillana a Sevilla el río aumentó su caudal de 7.000 a 9.000 metros cúbicos por segundo; después de haber regulado algo su gasto al inundar las vegas de Alcalá, la Rinconada y la Algaba.

En Sevilla alcanzaron las aguas en esa avenida la enorme altura de 10,31 metros sobre el nivel de bajamar viva, o sea 3,65 metros sobre la arista del muro del muelle.

Para obtener el gasto del río en el origen o vértice del estuario en la crecida del año 92 habría que añadir a los 9.000 metros cúbicos que se le supuso a su paso por Sevilla, los gastos del Guadaira y del Guadiamar, y dadas las grandes superficies de las cuencas de estos ríos, 1.770 y 1.530 kilómetros cuadrados respectivamente, no es aventurado decir que el caudal aportado por ambos debió aproximarse en los alrededores del máximo a 1.500 metros cúbicos por segundo; con ello, el del Guadalquivir, en el origen del estuario, debió ascender a 10.500 metros cúbicos en la unidad de tiempo.

Esta crecida del Guadalquivir es, sin duda alguna, la mayor de que se conserva recuerdo, pues si bien con anterioridad al año 1892 se registraron alturas sobre el muelle de Sevilla algo mayores que la correspondiente a la arriada de este año, aún no estaba terminada la apertura de la corta de los Jerónimos, que facilita el desagüe del río en los tramos anteriores y determina en consecuencia un descenso considerable en el nivel de la crecida en Sevilla.

En la crecida de 1892, las aguas se mantuvieron por encima del muelle durante 10 días, desde el 7 de febrero hasta el 17, con una pequeña interrupción el día 13. La avenida llegó al máximo en la mañana del día 15, manteniéndose en las proximidades de este máximo por espacio de 24 horas. Pero la duración del período de permanencia de las arriadas, aun de aquellas que revisten carácter de extraordinarias, es decir, que alcanzan altura suficiente para rebasar el muelle, no excede corrientemente de dos a tres días; la arriada del 92 fué, por lo tanto, excepcional, no sólo por el valor del gasto máximo, sino por la excesiva duración del mismo.

Como se acaba de decir, las avenidas del Guadalquivir se consideran en Sevilla *extraordinarias* si las aguas alcanzan alturas próximas a la arista del muelle, esto es, 5,40 metros sobre el nivel de bajamar; 6,34 metros sobre el cero del Instituto Geográfico, u 8,44 metros sobre el del Mareógrafo de Bonanza, que coincide con el nivel de la bajamar equinoccial. Cuando el nivel de las aguas se mantiene entre 3,00 y 5,40 metros sobre la bajamar, la avenida se considera *ordinaria*, y, por último, se llaman pequeñas avenidas a *bujarretes* aquellas en las que las aguas mantienen su nivel a menos de tres metros sobre la bajamar. En realidad, estas últimas no afectan al carácter propio de crecidas y representan más bien el estado de las altas aguas de invierno.

De un estudio comparativo de diversas crecidas se deduce que la invasión del estuario por las aguas desbordadas del cauce depende, tanto o más que del caudal propio del río, de la amplitud de la marea el día en que sobreviene la crecida. Con mareas vivas (cota de pleamar en Bonanza 3,40) desborda el río todo a lo largo del cauce en la región inferior, es decir, desde la Horcada (punto de confluencia con el brazo del Este) hasta el Puntal (punto de confluencia con el brazo del Noroeste), en cuanto las aguas alcanzan en Sevilla 5,45 metros sobre la bajamar. Con mareas de amplitud media (cota de pleamar en Bonanza 2,60), crecidas que suben en Sevilla a 7,10 metros sobre el nivel de bajamar, no desbordan sino ligeramente en la Horcada; por último, con mareas muertas (cota de pleamar en Bonanza 1,90) una crecida de 4,40 metros en Sevilla no hizo subir las aguas en la Horcada por encima de la cota 2,65. En resumen, y con la reserva que siempre se impone al generalizar, y más tratándose de materia tan compleja como el régimen de un río en estado de crecida, se puede decir que la altura del mar en Bonanza influye más en los

desbordamientos del Guadalquivir sobre el estuario que el caudal de la avenida, y que por regla general, mientras el nivel de pleamar en Bonanza no pasa de la cota 3,00 y la altura de la crecida en Sevilla de 5,40 metros el desbordamiento no se produce. Esto equivale a decir que el Guadalquivir sólo desborda su lecho menor en la región inferior de la ría cuando la avenida tiene carácter de extraordinaria y coincide con una marea viva.

La dependencia o relación que existe entre los desbordamientos del río, la altura de la crecida en Sevilla y el nivel de la pleamar que se pone de manifiesto por las cifras que quedan transcritas, complica sobremanera el estudio de dichos desbordamientos. Por el mero hecho de existir esa dependencia, no cabe hacer con probabilidades de acierto suposiciones respecto a la cuantía del caudal mínimo que origina la inundación del estuario, y sí sólo esta afirmación: que son de temer las arriadas desde el momento en que el río alcanza en Cantilana altura superior a seis metros sobre el nivel ordinario, o sea desde que el gasto en dicho punto llega a 1.800 metros cúbicos por segundo, gasto que en condiciones normales puede elevarse en Sevilla a 2.200 metros cúbicos y a 2.500 en el vértice del estuario.

Inundaciones.—En la región superior de la ría (de Sevilla a la Horcada) y especialmente a partir de la corta de los Jerónimos, la oscilación en el nivel de las aguas por la marea se hace imperceptible en las grandes avenidas por la poca capacidad del cauce en relación con el caudal que arrastra el río. Mientras menor es la sección del cauce en un tramo de la ría, menor es también la cantidad de agua que sucesivamente lo ocupa y lo desaloja en cada marea por virtud del movimiento de traslación de la onda, y más pequeño el valor de la relación entre ese volumen y el caudal propio del río; y cuando el valor de esta relación baja de cierto límite se comprende que la oscilación de la marea apenas sea apreciable. Son varias las secciones de la ría en que la amplitud de la marea durante las crecidas es menor que en los tramos que la preceden y la siguen, y estas diferencias se notan aun en el estado de aguas ordinarias en los días de mareas vivas, pues cuando en la vaciante se suma al caudal propio del río el gran volumen de agua que remontó el cauce en las horas de creciente se produce un aumento de caudal, comparable hasta cierto punto con una crecida, y entonces el nivel de las aguas no puede alcanzar durante la estoa de baja el nivel que corresponde a una marea viva, dándose el caso curioso de que en estas secciones o tramos del cauce las bajamares de mareas muertas escoren más que las de mareas vivas.

En las grandes avenidas extraordinarias el río desborda su cauce menor antes de llegar a Sevilla, y al desembocar en el estuario, en Puebla del Río, se extiende rápidamente por la llanura, llevando sus

aguas hasta el pie de las colinas que bordean el estuario (1); entonces la superficie inundada mide unos 150 kilómetros cuadrados y la lámina de inundación, que tiene su punto culminante en el vértice del estuario, va descendiendo hasta el Puntal.

La llanura marismeña, una vez inundada, desagua en el mar con extremada dificultad, parte por el cauce principal de la ría, parte por el Brazo del NO. o de la Torre, emisarios principales a los que a su vez afluyen varios cauces antiguos, ya tan cegados que sólo se señalan en el terreno como insignificantes depresiones.

La distribución del desagüe entre esos dos emisarios principales que se unen en el Puntal, a 16 kilómetros de Bonanza, depende de la cuantía de la crecida del Guadalquivir propiamente dicho y del caudal que aporta el Guadiamar, cuyas aguas siguen preferentemente la dirección del Brazo del NO.; por este motivo, y por la posición excéntrica del cauce principal del Guadalquivir con relación al eje del estuario, dicho brazo da paso en las arriadas a un caudal de agua mucho mayor del que por su sección cabría esperar. En efecto, las aguas que se extienden por el estuario experimentan tanta mayor dificultad para llegar a los cauces cuanto más se alejan de ellos y cuanto menor es la altura de la lámina de inundación, porque entonces es menor también el desnivel entre la superficie de la lámina y la orilla del río, siempre algo más elevada que el terreno que queda a su espalda; por este motivo una parte importante de las aguas que cubren en arriada los 100 kilómetros cuadrados de la zona occidental del estuario se vierten al mar siguiendo la ría del Guadiamar, que las cruza aproximadamente por el centro.

Por lo que queda consignado acerca de las crecidas del río y de sus desbordamientos sobre los terrenos del estuario, se ve que no sería preciso una gran modificación en el régimen meteorológico de la cuenca para que las aguas del Guadalquivir volvieran a ocupar de un modo más o menos permanente el ámbito total del mismo. Una avenida de 2.000 metros cúbicos por segundo haría recobrar al estuario, si se prolongara unos días, el aspecto que debía tener cuando el relleno se encontraba a 50 centímetros por debajo del nivel actual, con la diferencia de que en estas condiciones el estuario quedaría convertido en un lago de agua dulce y en aquella época toda la región inferior era una bahía de agua salada.

Ya hemos indicado que la cuenca del Guadalquivir mide 58.538 kilómetros cuadrados. Las máximas crecidas del río registradas en

(1) A estos estados del río se hace alusión en los siguientes versos, atribuidos por algunos al poeta sevillano Rioja:

«Dejémosla para pasar como a la fiera
corriente del gran Betis, cuando airado,
dilata hasta los montes su rivera».

nuestros días hemos visto que pueden calcularse en 10.500 metros cúbicos por segundo y se producen cuando lluvias pertinaces saturan las capas superficiales del terreno, haciéndolas prácticamente impermeables, y a continuación descargan fuertes aguaceros que suman 60 a 70 milímetros en las 24 horas. Estas lluvias torrenciales dan con frecuencia una lluvia elemental de 0,036 milímetros, pero aun suponiendo la lluvia de 70 milímetros uniformemente repartida en el tiempo, o sea una lluvia elemental de 0,00081 milímetros, multiplicada por la superficie de la cuenca equivale a 47.415 metros cúbicos por segundo, y aunque el caudal de la punta de la crecida regulada por la capacidad de los cauces fuese sólo el 25 % de la lluvia elemental, llegaríamos a un volumen de 11.854 metros cúbicos por segundo. Pero hay zonas de la cuenca donde se producen lluvias de 200 milímetros por día, y si estas lluvias se generalizaran el caudal de las crecidas llegaría con facilidad, adoptando los mismos coeficientes, a más de 33.800 metros cúbicos por segundo. Y todos sabemos que la escorrentía crece rápidamente con la lluvia elemental, de modo que en vez de ese coeficiente de 0,25 adoptado para una punta de crecida con lluvia de 70 milímetros, habría que tomar al menos uno de 0,50 con lluvia de 200 milímetros. Esto hace ver que a poco que variaran las condiciones meteorológicas en la cuenca, las crecidas del río serían cinco a seis veces mayores que las actuales, es decir, del orden de los 60 ó 70 mil metros cúbicos por segundo. Muy lejos está sin duda esta cifra todavía de las que debieron representar los caudales de avenida del Guadalquivir en la época en que este curso de agua excavó su estuario aluvial, pero si se llega a ella operando con alturas de lluvia que se comprueban en nuestros días, si bien en áreas localizadas de la cuenca, no puede parecer excesivo que en una época que se caracterizó por sus abundantes precipitaciones las crecidas del río alcanzaran caudales extraordinariamente mayores que los actuales.

La velocidad de las aguas en las avenidas es muy superior, a poco que crece el caudal del río, a la que adquieren las contenidas en el cauce por efecto de la corriente de la marea. En la sección superior de la ría, la velocidad del agua de avenida es hasta cierto punto independiente de la marea, pero en la región inferior, desde la Horcada hasta Bonanza, es la corriente de marea la que predomina, si bien sufre grandes modificaciones, exagerándose los valores máximos y disminuyendo los mínimos casi hasta cero, según que la corriente propia del río se sume o no con la de la marea, y según la amplitud de ésta.

En la crecida extraordinaria del año 92 se midieron en el puerto de Sevilla velocidades hasta de 2,33 metros por segundo, equivalente a 4,38 millas por hora, y en la corta de Los Jerónimos llegó a 5,50 millas, siendo éste sin duda el punto de la ría donde corren más las aguas en tales casos por la gran estrechez que presenta el cauce.

Desde la Horcada hasta Bonanza son mayores, en general, las velocidades de avenida que en la región alta, aunque menores que las observadas en la corta de Los Jerónimos, y crecen a medida que el lugar de la observación se acerca a la desembocadura.

Cuando el río está a bajamar en Bonanza, y las aguas de avenida se mantienen en las proximidades de la Horcada a la cota 4,50, se producen velocidades de un metro por segundo sólo por el desnivel en la superficie de las aguas entre esos puntos extremos, es decir, sin contar con la influencia exterior de la onda de marea que les imprime a su vez velocidades hasta de 1,57 metros por segundo, resultando en consecuencia a marea vaciante las velocidades superiores a dos metros por segundo, que la práctica comprueba.

Capacidad de desagüe del cauce de la ría.—En las páginas anteriores nos hemos referido varias veces a la acción que las mareas ejercen en la corriente propia del río, pero sin precisar cuál sea la influencia. De este interesante punto nos ocuparemos ahora, y para ello comenzaremos por dar una ligera idea de cómo se desarrolla este fenómeno a lo largo del cauce de la ría.

Si bien los efectos de la atracción lunar no se notan en las aguas contenidas en la ría del Guadalquivir (prueba de ello es que en las avenidas el nivel de las aguas en la región superior es independiente de las oscilaciones de la marea), ésta se propaga por el cauce como onda solitaria y ejerce su influencia, aun durante las grandes avenidas, allí donde las masas de agua afectadas por el movimiento oscilatorio son comparables al caudal propio del río. Las consideraciones que siguen nos permiten formar juicio de este fenómeno, algo complicado.

La cantidad de agua que entra del mar a la ría en una marea para volver a salir con la vaciante, es difícil de calcular con exactitud, porque como la onda de la marea avanza hasta Sevilla sin deformarse apenas, en un momento determinado puede haber, y hay en efecto, corriente de hinchante en un tramo de la ría y corriente de vaciante en otro. Este caso se presenta tan pronto como la cresta de la onda, esto es, la estoa de pleamar, pasa por Bonanza, y lo mismo ocurre cuando penetra en la ría, seis horas más tarde, la estoa de baja.

Suponiendo que la estoa de pleamar se halle en la Horcada, por ejemplo, la corriente de marea es creciente hacia Sevilla y vaciante hacia Bonanza; si, por el contrario, se encuentra en la Horcada la estoa de bajamar, reina corriente de hinchante entre Bonanza y la Horcada, y de vaciante entre la Horcada y Sevilla.

Cuando la estoa de pleamar se encuentra en Sevilla reina en toda la ría corriente de vaciante, pero dos horas más tarde el agua comienza a crecer en Bonanza quedando aún cuatro horas de vaciante en Sevilla, por lo cual el agua que corre hacia el mar en la región superior de la ría se encuentra con la que desde Bonanza corre hacia

Sevilla y conjuntamente tienden a llenar el vacío que presenta el cauce en las proximidades de la estoa de bajar. Hay, por lo tanto, un volumen de agua difícil de calcular que desciende por el cauce con la vaciante y vuelve a remontarlo con la creciente que impide apreciar el volumen lanzado al mar en cada marea si nos apoyamos únicamente en las posiciones relativas que ocupa la superficie del agua en la ría cuando las estoas de pleamar y de bajar pasan por Bonanza.

Pero esa dificultad desaparece si nos contentamos con averiguar la cantidad de agua que entra y sale diariamente en la región inferior de la ría, es decir, entre la Horcada y Bonanza, en virtud del juego de las mareas. En efecto, si consideramos primeramente el momento en que pasa de la Horcada la cresta de la onda de marea, momento a partir del cual sólo reina vaciante desde allí hasta la desembocadura, y después el momento en que la corriente de hinchante se inicia en Bonanza, es evidente que el volumen limitado por estas dos posiciones de la onda de marea y los taludes del cajero se ha vaciado íntegro en el mar. Además de este volumen se ha evacuado en el mismo transcurso de tiempo: a) El agua que ha pasado por la Horcada procedente de la región superior desde que la estoa de pleamar pasó por dicho punto. b) Un volumen igual a la diferencia entre lo que cubica el cauce cuando la pleamar está en la Horcada y cuando está en Bonanza, diferencia positiva por el ensanchamiento progresivo del cajero.

La diferencia de nivel entre la superficie del agua en uno y otro caso (pleamar en la Horcada y bajar en Bonanza) es de 2,50 metros para aquella parte donde las ramas de la onda de marea se conservan paralelas y 2,25 metros para las zonas del cauce (proximidades de Bonanza y de la Horcada) donde se corresponden las estoas con las ramas descendentes de la onda. Si despreciamos los volúmenes que hemos designado por a) y b), admitiendo en cambio que las superficies del agua en las dos posiciones consideradas distan según la vertical 2,50 metros, la cifra que obtendremos será inferior a la real. Entre la Horcada y el Puntal el cauce de la ría a la cota 1,50, equidistante de los niveles de pleamar y bajar, tiene 600 metros de anchura media; entre el Puntal y la desembocadura la anchura es mayor, pero la supondremos también igual a 600 metros para prescindir de la ría de Guadamar, cuyas aguas en la vaciante ocupan parte del cauce de la ría entre el Puntal y Bonanza. En estas condiciones, el volumen que tratamos de determinar es:

$46.000 \times 600 \times 2,50 = 69.900.000$ metros cúbicos
que equivalen, dada la duración media de la vaciante, a
 $69.900.000 : 22.350 = 3.137$ metros cúbicos por segundo.

Si queremos ahora calcular la potencia de desagüe del cauce de la ría en la región inferior del estuario, habremos de considerar por separado el período de marea creciente y el de marea vaciante.

Durante la marea creciente, la capacidad de desagüe del lecho menor depende únicamente de la diferencia de nivel que existe entre la Horcada y Bonanza en cada momento y de la sección del cauce; en la marea vaciante, el gasto se encuentra aumentado en una media de 3.137 metros cúbicos por segundo.

Esto, que a primera vista parece extraño, toda vez que en definitiva es una diferencia de nivel lo que determina el gasto en cada momento, se comprende sin trabajo al analizar la manera como se produce el desagüe en cada caso: en marea creciente, el desnivel útil va en disminución constante; el río vierte en el mar el caudal que corresponde a su sección y a su pendiente y al mismo tiempo almacena en el cauce un volumen igual al que debía penetrar del mar con la marea pero que no penetra en caso de crecida porque la corriente propia del río llena el vacío del cauce más rápidamente que puede hacerlo la corriente de hinchante, y ésta no llega a producirse. En marea vaciante, el gasto propio del río pasa por los mismos estados que en la marea creciente, y además desaloja el agua que se almacenó en el cauce, que cubica muy cerca de 70 millones de metros cúbicos. Esto explica que la velocidad de las aguas dulces en días de crecida y mientras reina la vaciante pase de dos metros por segundo en la región inferior de la ría, pues se suma la velocidad propia de dichas aguas con la que imprime la marea a las contenidas en el cauce.

La capacidad de desagüe de la ría prescindiendo de la marea es como sigue:

Nivel de las aguas en la Horcada a la cota 4,50 y río a pleamar en Bonanza, 3.272 metros cúbicos por segundo.

Nivel de las aguas en la Horcada a la cota 4,50 y río a bajar en Bonanza, 5.433 metros cúbicos por segundo.

La capacidad de desagüe efectiva sumando la acción de la marea será la siguiente:

Durante la marea creciente $\frac{3.274 + 5.433}{2} = 4.354$ m.³ por segundo
y durante la variante $4.354 + 3.137 = 7.491$ m. cúbicos por segundo.

Estas cifras explican por qué las aguas del Guadalquivir desbordan el cauce con tanta facilidad durante las crecidas del río. Una cota de 4,50 para la lámina de inundación de la Horcada supone ya haber rebasado las aguas en 0,80 metros los márgenes del río, y aún así el gasto medio en el día no es más que de 5.922 metros cúbicos por segundo, inferior a las grandes crecidas.

Onda de marea.—Entre Bonanza y la Horcada, es decir, en la región inferior de la ría, la amplitud de las mareas es de 3,25 metros en las vivas y de 1,00 en las muertas. Cuando soplan fuertes vientos de Sudoeste, las aguas alcanzan a pleamar la cota de 3,60 metros en Bonanza y 3,40 en el resto de la región inferior, pero exceptuando estos casos extraordinarios, la cota máxima de pleamar en Bonanza

za, el Puntal y la Mata, varía de 3,30 a 3,35 y llega a 3,42 en la Horecada.

En las mareas vivas ordinarias, las aguas llegan en Bonanza durante las pleamares a la cota 2,95 y en la Mata y en la Horecada, respectivamente, a 3,00 y 3,10. En las mareas muertas los niveles de pleamar no pasan en esos tres puntos de las cotas 2,00, 2,05 y 2,10 y en las mareas de amplitud media, la cota máxima que alcanzan las aguas es la de 2,50 en la parte del cauce a que nos referimos.

En las bajamares equinocciales, las aguas bajan en Bonanza hasta la cota que hemos tomado como plano de comparación, es decir, hasta la cota cero. En el Puntal bajan también a la misma cota, pero en la Mata se mantienen ya 40 centímetros más altas, y 60 en la Horecada. En las bajamares de mareas vivas ordinarias llegan las aguas en Bonanza a la cota 0,10; en la Mata a 0,30 y en la Horecada a 0,35. En mareas muertas a 0,90, 1,05 y 1,05; y en las mareas de amplitud media a 0,20, 0,30 y 0,30; de modo que en estas mareas es cuando bajan más las aguas en la Mata y en la Horecada.

Si se dibujan las curvas representativas de un ciclo completo de mareas en Bonanza, la Horecada y Sevilla y se colocan por este orden unas debajo de otras, de modo que todas ellas arranquen de un mismo día y una misma hora, queda de manifiesto la velocidad de propagación de la onda y se ve que la cresta de la curva, o sea la estoa de pleamar tarda 4 horas y 25 minutos en llegar de Bonanza a Sevilla. Y como la distancia que separa estos dos puntos siguiendo el cauce es de 80 kilómetros, resulta que esa velocidad de propagación es de 5,44 metros por segundo, y la longitud de la onda 243 kilómetros.

El establecimiento de puerto de Bonanza es 2 horas 35 minutos.

La corriente propia del río ocasiona un retraso en el momento de la producción de la bajamar que se traduce en una falta de simetría en las ramas ascendentes y descendentes de la curva del mareógrafo. La distancia media, en tiempo, de cada pleamar a la bajamar siguiente, es de 6 horas 30 minutos en vez de 6 horas 13 minutos que sería si la curva fuese simétrica, en Bonanza, la Mata y la Horecada, y de 7 horas 15 minutos en Sevilla. El retraso, constante en un principio como se ve, se acentúa a partir del estrechamiento del cauce en la Horecada.

La distancia media, en tiempo, de pleamar a pleamar, que es de 12 horas 25 minutos 42 segundos, varía entre ciertos límites en los días que preceden y siguen a las mareas vivas, pero estas variaciones, siempre pequeñas, no tienen interés.

El examen de las curvas de los mareógrafos pone de manifiesto, que la onda de la marea conserva íntegramente su amplitud hasta la Horecada, en donde, por término medio, suben las aguas al mismo nivel que en Bonanza. Este fenómeno se debe a que la onda de la marea avanza por el río como tal movimiento ondulatorio y ejerce su

influencia sobre las aguas contenidas en el cauce, pues si las variaciones de nivel fueran consecuencia únicamente de la obstrucción mayor o menor que en cada momento produce el agua del mar en la desembocadura, en la Horecada el nivel de pleamar estaría limitado por el que toman las aguas en Bonanza 2 horas 40 minutos después de la pleamar; y del mismo modo, el nivel de bajamar por el que el mar tiene 2 horas 40 minutos después de la estoa de baja (2 horas 40 minutos que es el tiempo que tarda la onda de la marea en recorrer el trayecto de Bonanza a la Horecada) y la inspección de las curvas hace ver que en la práctica ocurren las cosas de muy distinto modo. Así, en una marea de equinoccio, por ejemplo, 2 horas 40 minutos después de la pleamar están las aguas de la ría en Bonanza a la cota 2,00 y 2 horas 40 minutos después de la bajamar a 1,48 de cota; en caso de verificarse la hipótesis antes dicha, estas cifras, 2,00 y 1,48, serían las ordenadas límites de la curva de la marea en la Horecada y, por lo tanto, 0,52 metros la amplitud de la carrera, mientras que en realidad las alturas límites son 3,42 y 0,50 metros, y 2,42 metros la oscilación de la marea.

Los hechos expuestos están, además, de acuerdo con la manera de producirse los desbordamientos del río en las crecidas. Al establecerse la pleamar en Bonanza, el nivel de las aguas sube con rapidez porque el vacío que lleva delante de sí la onda de la marea se llena con las aguas de tierra, pero el desbordamiento del lecho menor sólo tiene lugar en cada punto de la ría durante la estoa de pleamar, esto es, al pasar por él la cresta de la onda; y la duración del desbordamiento aumenta a medida que se remonta el cauce porque aquel vacío se va reduciendo progresivamente por la menor anchura del caño, hasta anularse prácticamente en la Horecada. Así, en el Puntal, rara vez dura el desbordamiento más de media hora; en la Mata suele durar tres cuartos de hora, y una hora y cuarto en la Horecada. Los desbordamientos comienzan casi simultáneamente desde el Puntal hasta la Horecada todo a lo largo de las márgenes, pero van cesando en cada punto tan pronto como pasa por él la cresta de la onda.

Consecuencia de la transmisión del movimiento ondulatorio de la marea son las corrientes de hinchante y de vaciante que reinan continuamente a lo largo del cauce de la ría. En mareas vivas, la corriente de hinchante entre Sevilla y Bonanza alcanza velocidades de 2,55 a 2,90 millas por hora, y la vaciante de 2,70 a 3,10. En mareas muertas, las mismas cifras son respectivamente 1,10 a 1,40 y 1,70 a 1,90 millas. La velocidad máxima indicada corresponde a 1,57 metros por segundo y la mínima a 0,56 metros.

Zonas de aguas dulces, salobres y saladas. Por efecto de la corriente de hinchante entra en la ría, en estado de aguas ordinarias, el agua salada del mar mezclándose con las dulces contenidas en el

cauce, haciéndolas impotables en una zona más o menos extensa, según el caudal propio del río.

Las aguas dulces que descienden por Sevilla a la región inferior de la ría cuando reina vaciante en la región superior, no llegan seguidamente al mar porque la corriente de marea se invierte antes de que alcancen la desembocadura y se ven forzadas a remontar de nuevo el cauce. Debido a este movimiento de vaivén existe en la ría una zona comprendida entre la Horcada y el Puntal en la que las aguas dulces están mezcladas con las saladas; esta es la zona de las aguas salobres. Por último, entre el Puntal y Bonanza, donde las aguas, sobre todo a pleamar, apenas se diferencian de las del mar, se sitúa la zona de las aguas saladas.

El límite entre las zonas de aguas dulces y de aguas salobres desciende más o menos en el cauce según el caudal propio del río. En otoño, invierno y primavera, y en general cuando el gasto se mantiene alrededor de 50 metros cúbicos por segundo, las aguas se conservan potables aún en pleamar hasta la punta de la Mata; en los meses de mayo y junio, exceptuando las estoas de mareas vivas, también se conservan las aguas dulces hasta la Mata; pero en julio, y algunos años en la segunda quincena de junio, el agua para la bebida ha de recogerse en las estoas de bajamar. En pleno estiaje, hasta unos cinco kilómetros aguas arriba de Bonanza, las aguas del Guadalquivir apenas se diferencian en su composición de las del mar hasta el punto de que puedan emplearse en la obtención de la sal común, y sólo su aspecto fangoso, su coloración amarillenta, las hace diferenciar de las del mar libre.

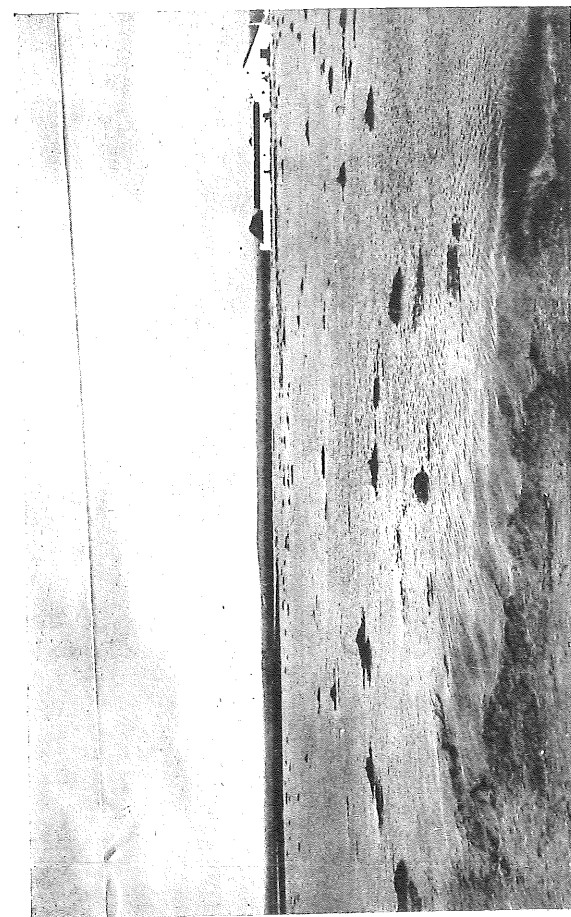


Foto 17. — Avenida del río Salado, de Morón, que, después de cruzar la vía férrea por la estación de las Alcantarillas, irrumpe en la llanura de Los Palacios, su delta lacustre. Sobre la superficie de la lámina de inundación flotan haces de cebada arrastrados por las aguas.



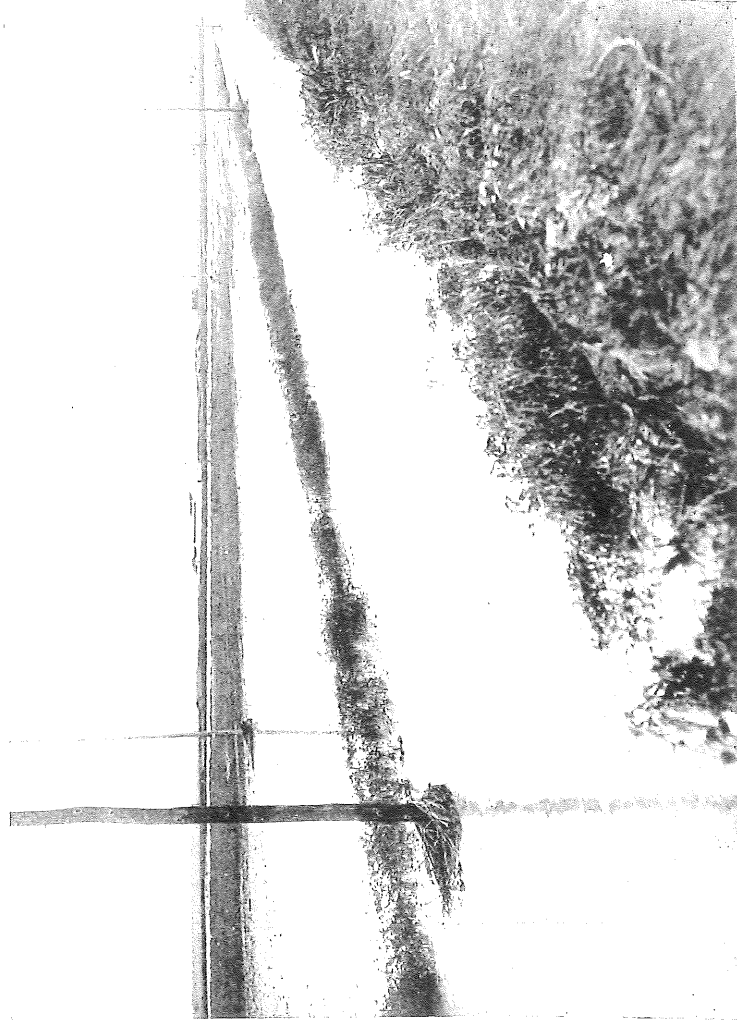


Foto 18. — Efectos de una arriada del Salado de Morón, en la campiña de Los Palacios. Obsérvese la broza detenida en los postes de telégrafos, que indica la velocidad de la ola de inundación.

VII

REGIMEN DE LOS AFLUENTES DEL ESTUARIO ALUVIAL. SUS CAUCES ANTIGUOS.

El Guadalquivir, como todos los ríos de llanura, ha ido elevando progresivamente las márgenes de su lecho menor con el depósito de los limos de las crecidas y dificultando de paso el desagüe de los terrenos situados entre el cauce y los bordes del estuario. Hoy día ni uno solo de los afluentes del estuario desemboca directamente en el lecho del Guadalquivir; todos ellos vierten sus aguas en depresiones interiores, reminiscencias de antiguos cauces, las cuales a su vez sólo comunican con el río principal por algún que otro pequeño desgarre de la margen.

Los arroyos de La Rocina y de Almonte reúnen sus aguas en un viejo cauce casi totalmente cegado que se llama Madre de las Marismas del Rocío o simplemente La Madre, que comunica con el Caño de Brenes a la altura del Puntal. Los arroyos de Hinojos y Villamanrique continúan a través de la marisma por el llamado Caño de Guadamar, que afluye igualmente al Caño de Brenes. Ese nombre de Caño de Guadamar indica que en alguna época ha comunicado por la depresión que corre al pie de las colinas de Villamanrique con el río Guadamar que, al parecer, una vez que desembocaba en el estuario se dividía en tres brazos: este que acabamos de mencionar y el Guadamar propiamente dicho, que luego se bifurca en Caño Travieso y Brazo del Noroeste, y por último otro que siguiendo al pie de las colinas de Puebla del Río iba a desembocar en el Guadalquivir frente al extremo de aguas arriba de la Isla Menor. Estos caños componen la red hidrográfica de la llanura marismeña situada al Oeste

del río, y todos ellos por su anchura considerable y por hallarse bordeados por fajas de terreno algo más alto debieron ser en tiempos no muy remotos cauces tan importantes como el actual río navegable. Hoy están totalmente cegados, y por tal motivo las aguas de esos afluentes del estuario no pueden llegar al Guadalquivir y se extienden en forma de lámina de inundación por la llanura.

En la zona oriental o de la margen izquierda ocurre algo semejante. El arroyo de Utrera continúa a partir de Los Palacios por la depresión del terreno llamado Caño de la Vera, que ciñéndose al pie de las colinas de Dos Hermanas primero se bifurca más tarde en dos brazos: uno que continúa bordeando dichas colinas y que, con el nombre de Caño Navarro, desemboca en el Brazo del Este; otro, llamado Caño Gordo de Utrera, que corre en dirección SO. paralelamente a dicho brazo y desemboca en otro antiguo cauce de más de un kilómetro de anchura, cegado también por supuesto, que se llama Albina de Lebrija. El último tramo de Caño Gordo y la propia Albina forman el viejo cauce del río Salado de Morón y su confluencia con el Guadalquivir tenía lugar frente al Puntal, al Norte de la duna de la Algaida; entre la Albina y el borde de las colinas aún corre otra depresión: el Caño Gordo de Lebrija, que es el viejo cauce natural del Salado de Merlina que, a su vez, desemboca en la Albina.

Todos estos viejos cauces conservan, como se ve, el nombre de *caños* con que en el país se designan a los cauces por donde pueden navegar embarcaciones menores y en los cuales se deja sentir el juego de las mareas; esto es, cauces en que el movimiento de las aguas es alternativo y no en un solo y mismo sentido, como ocurre en los ríos y arroyos. Esa denominación demuestra que su azolvamiento data de la época histórica y que la generación moderna ha conservado nombres que le transmitieron las generaciones pasadas pero que ella no hubiera aplicado jamás a accidentes topográficos tan insignificantes y a los que tan mal cuadra hoy el nombre genérico con que se les designa.

En nuestros días los cursos de aguas que son causa principal de la inundación permanente del estuario en otoño, invierno y primavera son, por lo que respecta a la margen derecha o mitad occidental del estuario, el río Guadamar y La Rocina, pero como la cuenca de este arroyo es toda ella, según se sabe, de terrenos arenosos y entrellanos, el que verdaderamente produce las inundaciones es el río Guadamar, de 1.700 kilómetros cuadrados de cuenca, y que arrastra crecidas de más de 1.000 metros cúbicos por segundo. En la margen izquierda, los principales afluentes del estuario son el Salado de Morón y el Salado de Merlina. Ambos ríos arrastran fuertes crecidas, pues sus cuencas están formadas casi exclusivamente por terrenos impermeables: arcillas salíferas, margas y yesos del Trías y arcillas y margas del Terciario inferior; hay en ellas poco terreno cultivado y en cambio abundan los cerros y colinas de laderas muy pendientes. El

(Instituto Geol.º y Min.º)

Hoja 1.017. ASPERILLO

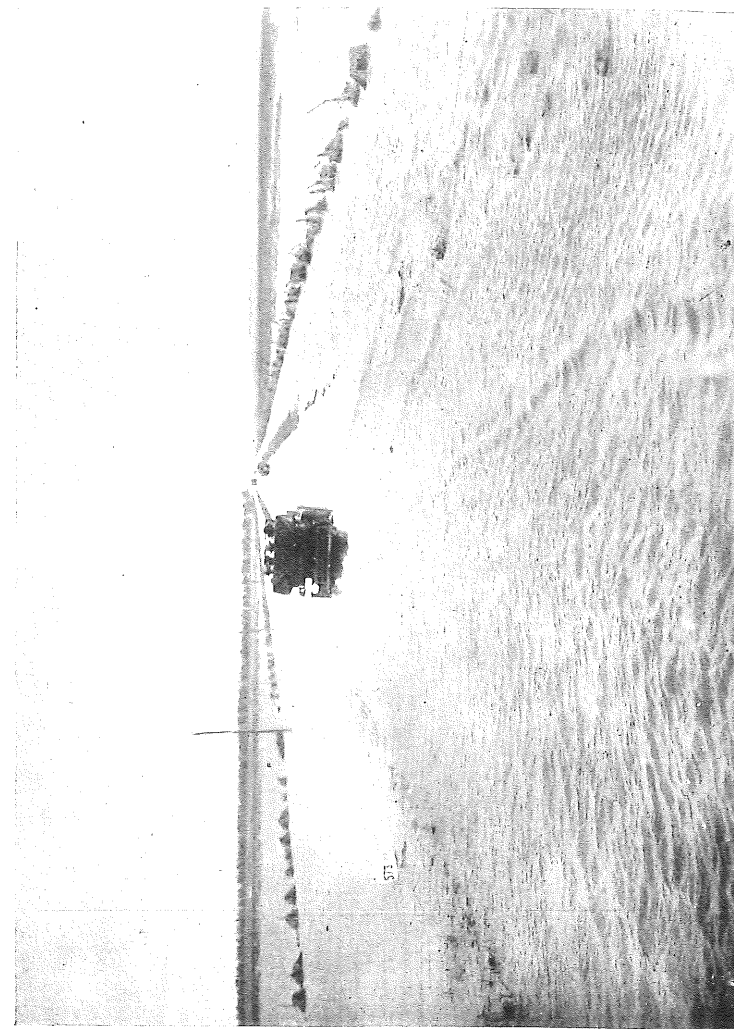


Foto 19. — La carretera de Madrid a Cádiz, cerca de Los Palacios, después de una arriada del Salado, de Morón. Por las brozas enganchadas en las alambradas de uno y otro lado se puede ver la altura que alcanzó la lámina de inundación.





Foto 20. — Los Palacios en día de gran crecida del Salado de Morón.



Foto 21. — Vista parcial del estuario del Guadalquivir después de una avenida del río.



Foto 22. — La llanura marismeña frente a las Cabezas de San Juan. Al fondo, los terrenos altos que bordean el estuario.

Salado de Morón tiene 630 kilómetros cuadrados de cuenca; el de Merlina 301, pero unidos a otros arroyos de menos importancia dan para la cuenca que vierte directamente a la región oriental del estuario una superficie de 1.700 kilómetros cuadrados, lo que hace que también se registren en esta parte puntas de crecidas del orden de los 1.000 metros cúbicos por segundo. Las aguas de avenidas de los afluentes laterales del estuario invaden la llanura marismeña antes de que se produzcan los desbordamientos del Guadalquivir, y por tal motivo el río no utiliza íntegramente el estuario como desagüe interior que regule sus avenidas. Hay arriadas de los afluentes de la margen izquierda en que éstos lanzan a la llanura 75 millones de metros cúbicos, lo que supone una lámina de inundación de 15 centímetros de altura para las 50.000 hectáreas de marismas de dicha margen.

Pero el Guadalquivir, entre la Horcada y el Puntal, cuando vierte sobre la margen derecha durante las estoas de pleamar, deja en un par de días la marisma rasa de agua, esto es, de nivel con la margen sobreelevada del cauce menor, estrecha faja de terreno que se levanta 40 ó 50 centímetros sobre la superficie general del estuario, pero que en este país de desniveles mínimos se designa pomposamente con el nombre de «Montaña del Río». Tal desbordamiento significa por término medio un volumen de 150 millones de metros cúbicos, que con los 75 millones procedentes de los afluentes laterales suman los 225 millones de metros cúbicos que embalsa la margen izquierda en las grandes avenidas.

Las fotografías números 17 a 20 muestran cómo irrumpen en la llanura las avenidas de los afluentes del estuario y cómo queda la marisma después que pasa la riada cuando ya han bajado un poco las aguas merced a la evacuación por algunos caños que cortan la montaña del río entre la Horcada y el Puntal.

*
* *

Lo expuesto permite formarse una idea del modo de formación de los estuarios diluvial y aluvial del Guadalquivir, de su proceso de excavación y relleno, de la naturaleza de los terrenos que de este modo se han originado y de aquellos en que los rellenos cuaternarios descansan; del régimen actual del Guadalquivir y de sus afluentes inferiores, de las causas de inundación del estuario y de los efectos que en él producen las arriadas. Hemos hecho, además, una ligera descripción de la red hidrográfica que hasta fecha relativamente reciente, dentro desde luego del período histórico, surcaba los dominios del estuario y cuyos cauces, cegados ahora, se manifiestan sin embargo en la superficie por depresiones bordeadas de estrechas fajas de terreno más alto, constituyendo unas y otras los reducidísimos

accidentes que componen la monótona topografía de estas llanuras.

Una explicación del fenómeno en su conjunto nos ha parecido mucho más interesante y útil que la descripción fraccionada del terreno que abarca cada una de las hojas del mapa que comprenden los estuarios del Guadalquivir. Por tal motivo, la reseña que antecede se repetirá en las memorias de las hojas 1.000 a 1.002, 1.017 a 1.019, 1.033 a 1.034 y 1.047, sin perjuicio de completarlas con estudios de detalle correspondientes a la zona que abarca cada una de ellas.

(Instituto Geol.^o y Min.^o)

HOJA 1.017. ASPERILLO



Foto 23. — La Albina de Lebrija, en el estuario del Guadalquivir, después de una arriada.