

Influencia del dique de abrigo sobre la evolución de la playa de San Felipe

Fernando VIÑUELA ÁLVAREZ *

Introducción



El fin principal que he intentado conseguir al realizar el presente trabajo ha sido el de poder determinar la influencia que tiene el dique de abrigo sobre la evolución normal de la playa de San Felipe.

El dique fue terminado en los primeros meses de 1983 y ha sido construido siguiendo una dirección general O-E, siendo la dirección de la playa NO-SE.

Para la realización del trabajo he contado con la colaboración de los alumnos de geología de COU que se han encargado de recoger datos de direcciones de olas, batimetrías y recopilación de antecedentes bibliográficos.

Objetivos

Con el presente trabajo he tratado de conseguir los siguientes objetivos:

— Servir de experiencia práctica para la formación del alumnado de COU, complemento obligado de las explicaciones teóricas de geología, sirviéndoles como modelo de metodología en trabajos de investigación.

— Resaltar la influencia que la construcción del dique de abrigo tiene sobre el ciclo de erosión-sedimentación de la playa de San Felipe.

— Servir de base para estudios posteriores de orientación similar.

Descripción

a) *Geografía:* La zona considerada en el presente trabajo se encuentra situada al NE de la bahía de Algeciras, adopta una forma sensiblemente triangular, delimitada por el pantalán de San Felipe, dique de abrigo y playa de San Felipe.

La bahía de Algeciras, situada al sur de la península Ibérica, posee forma semicircular, estando sus puntos extremos delimitados por Punta Carnero al oeste y Punta Europa (Gibraltar) al este. Interiormente tiene dos ríos de caudal medio que evacúan sus aguas en el extremo norte y poseen alimentación pluvial exclusivamente.

Las aguas de la bahía se encuentran sometidas directamente a la influencia de las corrientes del estrecho y presentan dos direcciones dominantes: del Mediterráneo hacia el Atlántico y del Atlántico hacia el Mediterráneo. Según se trate de una u otra, en el interior de la bahía presentarán direcciones cambiantes (figs. 1 y 2) sensiblemente paralelas a la costa con inversión de la dirección en la parte central; los movimientos de aguas por corrientes se ven influenciados por los vientos dominantes que puedan soplar.

La presencia de las corrientes facilita el proceso de renovación de las aguas de la bahía y el movi-

* Profesor de ciencias naturales en el I.B. mixto n.º 2 de La Línea de la Concepción (Cádiz).



Mapa general de la bahía y dirección y sentido de las corrientes marinas en su interior cuando la corriente general en el estrecho es del Mediterráneo hacia el Atlántico.



Dirección y sentido de las corrientes en la bahía con corriente general en el estrecho del Atlántico hacia el Mediterráneo.

Fig. 1 y 2

miento de partículas finas o muy finas, siendo interferido por la presencia de obstáculos naturales o artificiales.

El factor más importante que condiciona el modelado de la playa son las olas. La bahía está afectada por dos direcciones dominantes de vientos: el poniente que rola de NO a SO y el levante con dirección del E casi constante. El primero facilita la formación de olas en el interior de la bahía y la acción de éstas sobre las playas; el segundo desarrolla poco oleaje, pero realiza una intensa acción de retoque de las arenas depositadas en la playa por el efecto de succión que suele originarse.

Se ha observado que las olas en San Felipe presentan direcciones dominantes del SO al comienzo del pantalán, del O en su tramo medio y del ONO al comienzo del dique, con independencia de la dirección del viento cuando éste es de poniente. El viento de levante no es propicio a desarrollar olas. También se ha comprobado que existe una corriente general de deriva provocada por las olas hacia el vértice formado por la playa y el comienzo del dique. Las mayores batimetrías corresponden a los extremos del dique y del pantalán, con seis metros, y presentan perfiles batimétricos decrecientes hacia la playa, pero de trazado irregular.

b) *Geología*: Litológicamente la bahía está formada por calizas en Gibraltar; *flysch* margoarcilloso en Punta Carnero, Algeciras, Punta San García y afloramientos rocosos al norte de la bahía, estando constituido por arenas cuarzosas el tómbolo que une Gibraltar a Sierra Carbonera y sobre el que se sitúa La Línea de la Concepción.

En sondeos de reconocimiento con recuperación de testigo continuo realizado en las proximidades de la playa de San Felipe se ha podido determinar que la marga no aparece hasta los 12-15 metros, estando constituidos los materiales más superficiales por alternancia de arena cuarzosa y limo.

Estratigráficamente los materiales son de edad jurásica las calizas, plegadas y falladas; cretácicas las clacarenitas y en posición casi vertical; del oligoceno-mioceno los materiales de *flysch* muy replegado y fallado que facilita la formación de ensenadas en la bahía, y del cuaternario horizontal las arenas cuarzosas.

La bahía es una formación de modelado reciente, habiendo sido afectada por los procesos transgresivos y regresivos cuaternarios. Está limitada por acantilados al este y oeste, con desarrollo de ensenadas en algunos casos bien desarrolladas (ensenada de Getares) y en otros en franco proceso evolutivo (ensenada del Saladillo, Camp Bay y Little Bay en Gibraltar). En su tramo norte existen playas de arena que presentan delimitaciones cons-



Fotografía 1.—Panorámica del tramo medio de la playa de San Felipe. En ella se aprecia la poca pendiente que posee.



Fotografía 2.—Aspecto del cordón playero depositado en SF-4 durante el último año. Se aprecian las distintas alturas marcadas por la marea en retroceso.



Fotografía 3.—Detalle del cordón y canal playero en SF-4 con formaciones *ripple-marks* en primer término.



Fotografía 4.—Detalle de los *ripple-marks* del cordón playero de SF-4.

tituidas por afloramientos rocosos (al norte de Algeciras, CEPESA y este de Puente Mayorga) o desembocaduras de ríos (Palmones y Guadarranque), con notable influencia en la evolución de las zonas próximas.

La playa más evolucionada es la del Rinconcillo, delimitada por el río Palmones al este, con desembocadura tipo marisma, y al oeste los afloramientos rocosos situados al norte de Algeciras; como formas más notables presenta marisma en su interior, cordón de dunas litorales, berma bien desarrollada y playa arenosa de pendiente fuerte con formas en abanico. Generalmente es una zona bastante batida por las olas.

El siguiente tramo es el comprendido entre el río Palmones y Crinavis, con la desembocadura del río Guadarranque y numerosas interferencias evolutivas debido a la presencia de construcciones localizadas en distintos puntos.

El último tramo lo constituye la playa de San Felipe, desde Crinavis hasta la frontera con Gibraltar, cuyo rasgo más notable es el tómbolo que une Gibraltar con Sierra Carbonera. El tramo de playa desde el pantalán de San Felipe hasta la frontera (donde se ha construido el dique), se caracteriza por el poco desarrollo superficial en el primer tramo (hasta el Club Náutico) y bastante desarrollo desde su parte media hasta el dique, con ausencia casi total de dunas y de berma, presentando una pendiente muy escasa (fotografía 1).

Un rasgo muy notable son las formaciones tipo *ripple-marks* que se forman en la playa del pantalán en la bajamar (fotografías 3 y 4), formaciones que no se han observado en el resto de San Felipe.

Metodología

El método de trabajo ha consistido en:

- Recopilación de antecedentes bibliográficos relacionados con el tema.
- Antecedentes batimétricos de la zona.
- Medición de dirección de olas, batimetrías y recogida de muestras de arena para su análisis granulométrico y observación microscópica.

A las muestras de arena les he asignado las letras SF seguidas de dos números, el primero indica la posición y el segundo el año de recogida (fig. 3).

SF-1: Dique de abrigo hacia el sur.

SF-2: Dique de abrigo al norte.

SF-3: Club Náutico.

SF-4: Pantalán de San Felipe.

Dichas muestras se han recogido en la zona media de mareas, haciendo coincidir los criterios de recogida en los dos períodos en los cuales se ha realizado: abril de 1983 y abril de 1984 (fotografía 5).

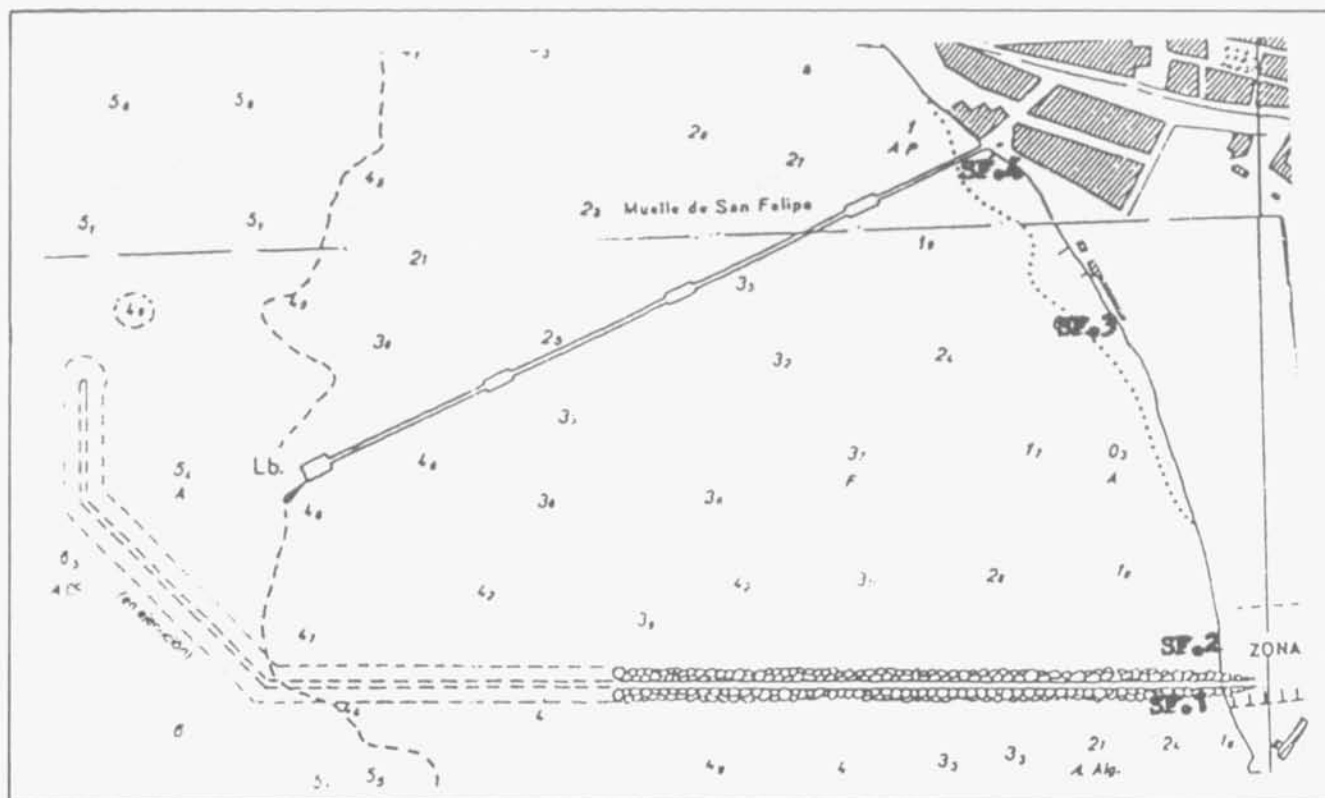


Fig. 3.—Mapa de detalle del muelle-pantalán de San Felipe, playa de San Felipe y dique, con los puntos de recogida de las muestras de arena y batimetrías correspondientes al año 1981. E: 1/8.200.

Para el tamizado se han utilizado tamices con luz de malla de 2,5, 1,25, 0,63, 0,32, 0,16 y 0,08 mm. (fotografía 6).

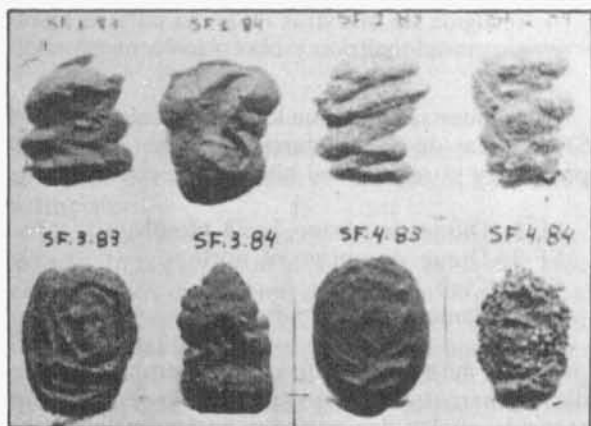
Los datos porcentuales se han obtenido de las gráficas logarítmicas y a partir de éstas los parámetros de cada uno de ellos (fig. 4).

Para el cálculo de la media, sesgo, asimetría y curtosis se han utilizado las fórmulas propuestas

por Folk y Ward (1957) por considerarlas más fiables y determinantes de las conclusiones que pueden obtenerse.

Los valores de parámetros e índices se han agrupado (cuadro 1) para poder comparar las mismas muestras de períodos distintos y han permitido determinar las variaciones producidas durante un año y sobre todo la tendencia de cada zona.

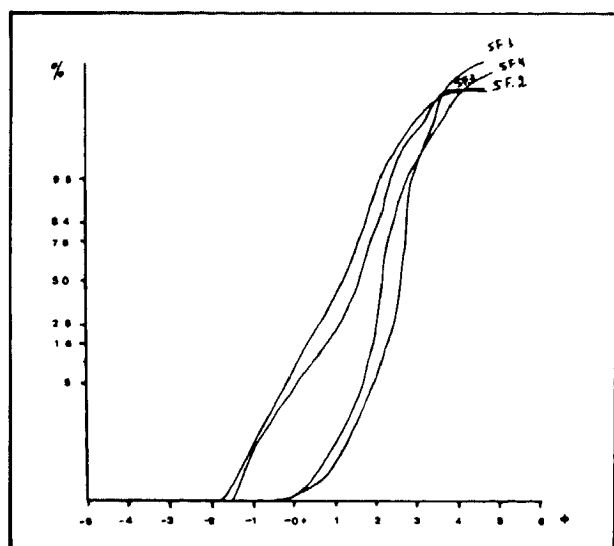
La medición de la dirección de las olas se ha realizado en los puntos de recogida de las muestras de arena y la dirección medida ha sido la perpendicular de las olas en ese punto a la playa. Se han realizado mediciones de direcciones de viento en los



Fotografía 5.—Series 83 y 84 de muestras sometidas a análisis granulométricos.



Fotografía 6.—Batería de tamices y tamizadora utilizados para las determinaciones granulométricas.



Representación logarítmica de las granulometrías de la serie SF.83.

puntos anteriores. Para observar la variación de dirección que experimentan las olas se realizó una medición de direcciones de olas y viento en el extremo del dique.

Los puntos de recogida de datos batimétricos se ha procurado que coincidan con los realizados en épocas anteriores (fig. 3) y que constan en las cartas náuticas.

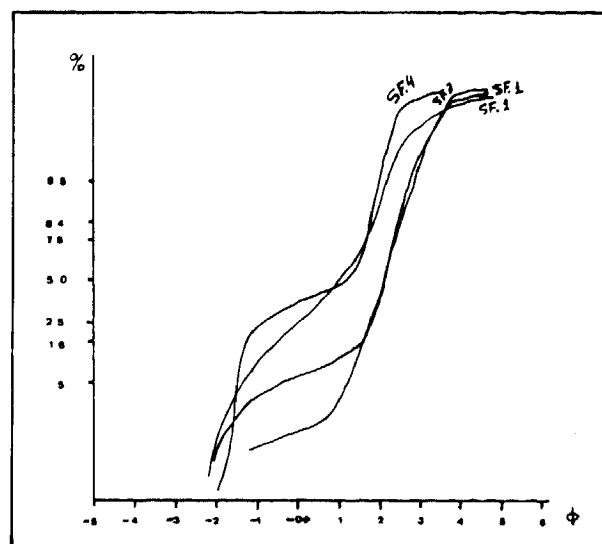
Análisis de los resultados obtenidos

1. *Observación microscópica:* En las muestras recogidas se pueden separar tres fracciones de composición y características distintas.

Los tamaños superiores a 0,63 mm. están constituidos mayoritariamente de restos orgánicos desgastados (trozos de gasterópodos y pecicópodos). Los tamaños comprendidos entre 0,63 y 0,16 mm. tienen un claro dominio de granos de cuarzo, observándose en el tamaño superior restos de organismos constituidos por espículas de equinodermos, algún foraminífero y algún grano calizo; los granos, por lo general, están bien rodados y presentan superficies semimates o con poco brillo. En los tamaños inferiores a 0,16 mm. se concentran granos de minerales ferruginosos y cuarzosos con características de redonde similar al grupo anterior. En los tamaños inferiores a 0,08 mm. no se ha observado material distinto al cuarzoso.

2. Análisis granulométrico (cuadro 1):

a) *Parámetros:* Estudiando las tendencias paramétricas de las muestras recogidas en el mismo punto pero de distinto período, se ha observado que en SF-1 la tendencia es a depositar materiales ligeramente más gruesos en la actualidad, pero con



Representación logarítmica de las granulometrías de la serie SF.84.

una distribución más equilibrada que las anteriores. En SF-2 existe una tendencia actual al mantenimiento de tamaños con respecto al año anterior. En SF-3 se aprecia un incremento general de materiales finos depositados en la actualidad. En SF-4 existe una marcada tendencia en la actualidad a depositar tamaños más gruesos.

b) *Índices:* Se trata de arenas que presentan una selección dispar según la zona considerada. Existen desde las muy bien seleccionadas con tendencia a bien seleccionadas en SF-1 e índices de Folk y Ward de 0,24 y 0,44, respectivamente; moderadamente seleccionada a pobremente seleccionada en SF-2 e índices 0,70 y 1,10; mantienen el grado moderado de selección en SF-3 con índices 0,65 y 0,68, y cambian bruscamente en SF-4 de muy bien seleccionadas a pobremente seleccionadas con índices de 0,24 y 1,25.

Los valores de la mediana son variables según los puntos de recogida y experimentan cambios de un año a otro, excepto en SF-2, que se mantiene los valores; en SF-4 la tendencia actual es a depositar materiales más gruesos, en SF-1 ligeramente más gruesos y en SF-3 tendencia a depositar más finos. Estando comprendidos los términos entre arenas finas y límite con fase media arenosa.

Según el índice de asimetría se observan dos zonas con tendencias distintas, una al sur del dique, con incremento de distribución más equitativa de los materiales en la actualidad, y otra en el pantalán, con marcada tendencia a depositar materiales más gruesos.

Por la curtosis se aprecia que la zona más afectada es la del pantalán, en la que se aprecia que en la actualidad existe un cambio muy notable en las condiciones deposicionales.

c) *Subpoblaciones:* Del análisis de subpoblaciones se aprecia que existe un dominio de transporte

CUADRO 1

Parámetros e índices granulométricos								
Muestras	SF.1.83	SF.1.84	SF.2.83	SF.2.84	SF.3.83	SF.3.84	SF.4.83	SF.4.84
Parámetros								
Φ_5	1,90	1,20	- 0,20	- 1,30	0,10	- 0,40	1,65	- 1,20
Φ_{16}	2,25	1,45	0,10	- 0,85	0,50	1,05	1,80	- 1,20
Φ_{25}	2,35	1,80	0,55	0,15	1,10	1,75	1,95	- 0,80
Φ_{40}	2,50	2,10	1,10	1,10	1,55	2,05	2,10	1,20
Φ_{75}	2,60	2,30	1,60	1,70	1,85	2,30	2,30	1,75
Φ_{84}	2,70	2,45	1,75	1,90	2,05	2,45	2,40	1,85
Φ_{95}	2,80	2,75	2,10	2,25	2,35	2,75	2,75	2,05
Índices								
MODA (Mo)	2,15	2,15	1,60	1,60	1,60	2,15	2,15	2,15
MEDIANA (Md)	2,50	2,10	1,10	1,10	1,55	2,05	2,10	1,20
MEDIA (M)	2,48	2,05	1,05	0,91	1,46	2,03	2,11	0,61
SELECCIÓN σ	0,24	0,44	0,70	1,10	0,65	0,68	0,29	1,25
ASIMETRÍA (Ski)	- 0,21	- 0,06	- 0,11	- 0,32	- 0,24	- 0,33	0,13	- 0,51
CURTOSIS (Kgi)	1,47	1,27	0,89	0,93	1,22	2,35	1,12	0,52

por saltación sobre tracción en SF-1, tracción sobre saltación en SF-2, tracción saltación equilibrada en SF-3 con ligera tendencia de tracción en la actualidad, neto dominio de saltación sobre tracción en SF-4 en los materiales más antiguos depositados, habiendo cambiado en la actualidad dicha tendencia con dominio de tracción sobre saltación e incluso presentando evolución degradada con transporte incompleto y procesos de decantación.

3. *Oleaje*: Del estudio de las direcciones de oleaje y viento se deduce que las olas presentan ángulos de incidencia en la playa casi constante, independientemente de la dirección del viento. En SF-4 la dirección dominante de incidencia es del SO, en SF-3 del O y en SF-2 del ONO, observándose una corriente de deriva por el oleaje del NNO-SSE.

Por la dirección de las olas medidas en el extremo del dique se observa que las olas al acercarse a la playa cambian la dirección y adoptan la descrita anteriormente.

4. *Batimetrías*: A partir de los datos obtenidos en las cartas náuticas publicadas por el Instituto Hidrográfico de la Marina en los años 1951, 1957, 1963, 1970, 1978 y 1981, se ha podido observar que del año 1951 al 1978 las batimetrías se mantienen

sensiblemente iguales; a partir de 1978 se aprecian cambios ligeros, siendo éstos más acusados cuanto más próximos a la playa y más hacia el tramo central de la zona (fotografía 1), obteniéndose una batimetría más superficial. Por las mediciones realizadas en la actualidad se observa que se mantiene la tendencia en el tramo central.

Consideraciones finales

El presente trabajo, realizado sobre una zona muy concreta de la bahía de Algeciras, se considera como un inicio para sucesivos trabajos de la misma naturaleza en otras zonas de la bahía y con toma de muestras y datos recogidos en periodos distintos; por lo tanto, he preferido plantear consideraciones de carácter general con vistas a una continuidad de esta línea de investigación.

Se ha tratado de resaltar la influencia que en el proceso de erosión-sedimentación de la playa de San Felipe ha tenido la construcción del dique. Se ha determinado que existen dos tramos concretos, pantalán de San Felipe y zona sur del dique, en los cuales dicha incidencia se ha puesto de manifiesto de manera más patente por acumulación excesiva

de materiales (fotografía 2) con incremento en la granulometría de las arenas depositadas en el primero y fuerte incremento de la pendiente en la zona intermareal en el segundo. Esto permite deducir que se ha producido un incremento de la energía cinética del medio respecto a años anteriores en el primer tramo, con disminución de la energía cinética en el segundo. En el tramo medio la influencia se ha dejado sentir fundamentalmente en la disminución de las batimetrías por excesiva sedimentación de materiales, perdiendo progresivamente energía cinética desde el pantalán hacia el dique.

El grado de redondez de los granos que constituyen las acumulaciones en la playa de San Felipe, la superficie que presentan y su naturaleza cuarzosa hacen pensar en un aporte eólico de las mismas, sin descartar totalmente el aporte fluvial, pero de mucha menor importancia.

Bibliografía

- CORRALES ZARAUZA, I., et al.: *Estratigrafía*. Edit. Rueda. Madrid, 1977.
- CHALINE, Jean: *El cuaternario*. Edit. Akal, serie textos. Madrid, 1982.
- DERRUAU, Max: *Geomorfología*. Edit. Ariel. Barcelona, 1978.
- GUILCHER, Andrés: *Morfología litoral y submarina*. Edit. Omega. Barcelona, 1957.
- MIRGARRO MARTÍN, F., y ORDÓÑEZ DELGADO, S.: *Petrología exógena I*. Hipergénesis y sedimentogénesis alóctona. Edit. Rueda. Madrid, 1982.
- ROMANOVSKY, V., et al.: *El mar*. Edit. Labor. Madrid, 1968.
- SCIENTIFIC AMERICAN. Selección de: *Oceanografía*. Edit. Blume. Barcelona, 19 .
- SHEPARD, Francis: *La tierra bajo el mar*. Edit. Omega. Barcelona, 1968.
- STRAHLER, Arthur N.: *Geografía física*. Edit. Omega. Barcelona, 1979.

Campos con ordenador



En el n.º 3 de las *Publicaciones de la Nueva Revista de Enseñanzas Medias* apareció un artículo firmado por D. Tomás Díez Ramajos titulado *Campos con ordenador* pensado para el ZX81 y de gran interés para los que impartimos Física de COU.

Puesto que el tema es novedoso y de gran interés, hemos transcrito el programa para aquéllos que disponemos de un VIC-20, con Superexpander, módulo sin el cual la representación de las trayectorias no sería posible, al menos a un nivel elemental.

Comentarios al programa

El programa ha sido pensado para que sea desmenuzado y analizado por los grupos de alumnos de nuestro instituto que han elegido la informática como E.A.T.P., por lo que de una manera expresa se han utilizado sentencias que podrían ser suprimidas en aras de una mayor sencillez del programa, como dos bucles encajados (líneas 90-260) y las sentencias DIM, READ y DATA.

Para el caso de trayectorias elípticas de energía tiene que estar comprendida entre 0 y -800 de-

José F. GUTIÉRREZ MELERO *

pendiendo su excentricidad del valor de E, es decir la elipse tiende más a la forma de circunferencia cuanto más negativa es E. Si se alcanza o se hace menor que -800 la partícula es «atrapada» por el cuerpo central, lo que va acompañado por un efecto sonoro de choque (líneas 570-630), muy celebrado, por cierto, por los alumnos.

Para las trayectorias parabólicas ($E=0$) e hiperbólicas (E mayor que 0) el programa dibuja aleatoriamente 2 curvas siempre (línea 170). Finalmente, dos aclaraciones:

1. Para dibujar la hipérbola hemos utilizado la misma función que para la parábola, aunque cambiando los parámetros que la definen (líneas 170-190) para que sea más abierta y se asemeje más a una verdadera; por ello, que nos disculpen los matemáticos.

2. Aunque el programa, en la sentencia DATA de la línea 60 tiene ya unos valores para E, el experimentador debe dar los valores que desee según se advierte en las sentencias REM del principio. (líneas 5-40).

* Catedrático de física y química del I.B. «Ramón de Cabanillas» de Cambados (Pontevedra).