

Estudio de la circulación superficial del Mediterráneo occidental: Resultados suministrados por la primera serie de flotadores

POR C. GAIBAR-PUERTAS

RESUMEN

Se exponen los resultados suministrados por 586 flotadores que, integrados en 12 lotes, fueron lanzados durante agosto de 1958 en 6 puntos próximos entre sí y respecto al centro del Estrecho de Gibraltar. Esencialmente, aquellos resultados se refieren a la dirección y sentido probables así como a la velocidad mínima atribuible a la corriente superficial de aguas atlánticas que, atravesando el Estrecho, irrumpen en el Mediterráneo occidental.

INTRODUCCIÓN

Perseverando en una de las líneas de nuestras investigaciones (1, 2, 3, 4), la presente nota inicia una serie donde nos proponemos exponer los resultados obtenidos a lo largo de una prolongada serie de lanzamientos de flotadores, efectuados frente a las costas meridional y oriental de la Península Ibérica.

Teóricamente ilimitado y prácticamente imprevisible es el período de tiempo que puede transcurrir entre el instante del lanzamiento de un flotador y el momento de su recuperación, ora por pescadores cuando proseguía en flotación, o bien al ser hallado en la línea de costa luego de haber sido arrojado por el oleaje. En la bibliografía sobre investigaciones de esta índole suele hablarse, y con demasiado frecuencia, de "recupe-

raciones tardías" de algunos flotadores; carente de sentido, es evidente que tal denominación únicamente refleja una excesiva precipitación, totalmente soslayable, en dar publicidad de los resultados suministrados por los lanzamientos de flotadores. Por esta razón ha sido nuestro propósito diferir el inicio de esta serie de publicaciones hasta el momento de poder presentar resultados definitivos que, ciertamente y en su inmensa mayoría, ya teníamos recopilados desde hace 6 o 7 años.

Confiamos en que esta serie de notas contribuirán al conocimiento de uno de los principales rasgos de la Geografía Física y de la Geofísica (Oceanografía) peninsulares cuya investigación, no obstante su indiscutible importancia teórica e interés práctico (5) todavía no había sido abordada — al menos, con carácter sistemático — por los investigadores españoles.

LA PRIMERA SERIE DE LANZAMIENTOS

Aprovechando una campaña de rutina organizada por nuestro Instituto Oceanográfico a bordo del buque "Xauen", entre el 9 y 23 de agosto de 1958 fueron realizados 12 lanzamientos, de unos 50 flotadores cada uno, en 6 puntos próximos entre sí y respecto al centro geográfico del Estrecho de Gibraltar (Tabla I), totalizando 586 flotadores.

TABLA I

Primera serie de lanzamientos (Campaña X-58:8 = Estrecho de Gibraltar)					
Lanzamientos N.º	E p o c a		Situación geográfica		Flotadores lanzados (números)
	Fecha	Hora	φ N	λ Gr.	
I	9/VIII/58	13 ^h 20'	35° 56' 7	— 5° 36' 0	402 al 450
II	"	14 ^h 25'	35° 56' 6	"	453 al 496
III	"	15 ^h 40'	35° 56' 7	— 5° 36' 5	101 al 150
IV	"	16 ^h 30'	35° 56' 8	— 5° 36' 6	151 al 200
V	"	17 ^h 30'	35° 57' 4	— 5° 36' 1	51 al 100
VI	"	17 ^h 31'	"	"	2 y 9 al 50
VII	21/VIII/58	08 ^h 00'	35° 55' 6	— 5° 36' 6	501 al 550
VIII	"	10 ^h 00'	"	"	551 al 600
IX	23/VIII/58	08 ^h 45'	"	"	301 al 350
X	"	10 ^h 45'	"	"	351 al 400
XI	"	12 ^h 47'	"	"	201 al 250
XII	"	14 ^h 45'	"	"	251 al 300

RECUPERACIONES OBTENIDAS

A partir de estos doce primeros lanzamientos fueron obtenidas recuperaciones entre el 15 de agosto de 1958 y el 29 de junio de 1959, durante cuyo período fueron habidos 29 flotadores; es decir, el 4,9 % de los lanzados, resultado que implica un rendimiento aceptable. Los pormenores relativos a épocas y lugares geográficos en que fueron obtenidas estas recuperaciones han sido condensados en la Tabla II.

en que fueron lanzados y recuperados, también nos permitirá deducir los periodos de flotabilidad. Ambas referencias nos suministrarán las velocidades medias asignables a las derivas correspondientes. Consecuentemente, estaremos en condiciones de evidenciar los caracteres (dirección, sentido y velocidad) atribuibles a las corrientes superficiales responsables de los desplazamientos experimentados por los flotadores recuperados.

Con todo, cual expusimos precedentemente (2), de-

TABLA II

Recuperaciones obtenidas a partir de la primera serie de lanzamientos (Campaña X-58:8 = Estrecho de Gibraltar)						
Lanzamientos N.º	Flotadores recuperados (números)	Epoca de la recuperación		Lugar geográfico del hallazgo		
		Fecha	Hora	φ N	λ Gr.	Localidades
I		No ha sido obtenida		recuperación alguna		
II	458	15/VIII/58	?	35° 14' 5	— 3° 55' 5	Puerto de Alhucemas
III	126	15/VIII/58	?	35° 15'	— 3° 45'	Bahía de Alhucemas
IV		No ha sido obtenida		recuperación alguna		
V	59	17/VIII/58	12 ^h	35° 48'	— 5° 20' 5	Desemboc. río Negrón
	70	8/IX/58	18 ^h	35° 45'	— 0° 47'	21 km al O. de Orán
VI	25	24/IX/58	?	35° 40' 8	— 5° 19' 2	Playa del Rincón
VII		No ha sido obtenida		recuperación alguna		
VIII	598	26/VIII/58	10 ^h	35° 15'	— 3° 57' 5	Alhucemas
IX	316	26/VIII/58	11 ^h 15'	35° 53' 5	— 5° 19' 8	Playa Benítez (Ceuta)
	327	"	?	"	"	Playa Benítez (Ceuta)
	312	23/VIII/58	?	"	— 5° 19'	Ceuta
	342	"	?	"	"	Ceuta
	343	26/X/58	?	35° 51'	— 5° 18'	Faro de Ceuta
	320	5/XI/58	?	"	"	Faro de Ceuta
	339	24/VIII/58	09 ^h 00'	35° 54' 5	— 5° 17' 5	Hileros de Punta Almina
	331	"	17 ^h 30'	35° 53' 2	— 5° 17'	S. del mte. Hacho (Ceuta)
	334	23/VIII/58	?	35° 54'	— 5° 16' 5	Punta Almina (Ceuta)
	336	"	?	"	"	Punta Almina (Ceuta)
	314	"	?	35° 54' 1	— 5° 15' 6	Punta de Sta. Catalina
	347	5/IX/58	?	35° 12' 5	— 3° 18'	Nador (Marruecos)
	340	19/IX/58	?	35° 45'	— 0° 50'	Orán (Argelia)
X	353	29/VI/59	?	35° 53' 5	— 5° 19' 8	Playa Benítez (Ceuta)
	357	25/VIII/58	17 ^h 00'	35° 54' 5	— 5° 17' 5	Hileros de Punta Almina
	355	23/VIII/58	?	35° 54'	— 5° 16' 5	Punta Almina (Ceuta)
	359	5/IX/58	?	"	"	Punta Almina (Ceuta)
	395	14/IX/58	?	36° 29'	— 4° 44'	Marbella (Málaga)
	362	"	11 ^h 00'	36° 44'	— 3° 41'	Almuñécar (Granada)
	360	2/IX/58	08 ^h 00'	"	— 3° 30'	Motril (Granada)
	377	5/IX/58	04 ^h 00'	36° 50' 5	— 2° 23'	Perdigal (Almería)
XI	231	5/IX/58	04 ^h 00'	35° 45'	— 0° 50'	Orán (Argelia)
XII	282	25/VIII/58	03 ^h 00'	35° 54'	— 5° 16' 5	Punta Almina (Ceuta)

INTERPRETACIÓN DE LAS DERIVAS COLEGIDAS PARA LOS FLOTADORES RECUPERADOS

Considerando los puntos en que fueron lanzados y recuperados aquellos 29 flotadores, es posible colegir las trayectorias o recorridos asignables a sus derivas. Análogamente, la consideración de los momentos

ben ser retenidas las reservas inherentes al propio método afectando a las derivas y a los periodos de flotación.

Por lo que respecta a las derivas, es evidente la extraordinaria pluralidad de trayectorias posibles entre el punto de lanzamiento hasta el punto donde fue hallado cada flotador. Con todo, aquella diversidad de

posibles trayectorias se verá muy reducida cuando, como en nuestro caso, se persevera en la utilización del método hasta reunir un arsenal de referencias suficiente para que, amén de permitirnos perfilar o confirmar nuestras previsiones preliminares, nos vaya conduciendo a una progresiva eliminación estadística de posibles errores implicados en nuestras interpretaciones iniciales, en las que tenderemos a considerar como más probables las trayectorias que impliquen *longitudes mínimas*.

Por lo que atañe a los tiempos, las dificultades estribarán en la imposibilidad de conocer el preciso momento en que los flotadores hayan alcanzado la línea de costa; en efecto, es evidente que luego de incidir sobre un punto de la costa, los flotadores pueden permanecer durante varias horas, o días enteros, a merced de los vaivenes implicados por el oleaje y las ondas de marea; por otra parte, no es menos evidente que el hallazgo de un flotador puede acaecer horas, días, semanas o meses después de quedar definitivamente varado en la costa. Sin embargo, no cabe duda de que la repetición de lanzamientos irá permitiéndonos perfilar, con suficiente exactitud, los períodos de tiempo asignables a sus derivas. Mientras tanto, es evidente que nos veremos forzados a considerar unos períodos de flotación *siempre excesivos* pues quedarán definidos por el momento del lanzamiento y aquel en que fue hallado cada flotador; es decir que obtendremos unos *períodos máximos*.

Finalmente, por lo que concierne a las velocidades obtenidas, las reservas dimanarán tanto de las discrepancias existentes entre nuestras longitudes mínimas y las longitudes reales de las trayectorias seguidas por los flotadores, como de las discrepancias existentes entre nuestros períodos máximos y los tiempos reales invertidos por los flotadores en recorrer las derivas verdaderas. Ciertamente que las precedentes consideraciones evidencian la posibilidad de llegar a conocer, con precisión suficiente, los períodos de flotación y las longitudes de las derivas que nos permitirán calcular velocidades bastante precisas; mientras tanto, nuestras *longitudes mínimas* y *períodos máximos* suministrarán *velocidades mínimas* para el desplazamiento de los flotadores.

Junto a los números de los lanzamientos que suministraron recuperaciones y a los números correspondientes a los flotadores recuperados, en la Tabla III especificamos los caracteres (períodos máximos, recorridos mínimos, y mínimas velocidades medias) inherentes a las respectivas derivas, así como el estado de conservación presentado por los flotadores en el momento de su hallazgo.

Reservamos para otra publicación (6) los detalles de la exposición e interpretación de las derivas individuales coledas a partir de cada lanzamiento sin que, por ello, dejemos de resumir en esta nota los rasgos

TABLA III

Estado de conservación en que fueron recogidos y derivas experimentadas por los flotadores recuperados a partir de la primera serie de lanzamientos efectuados (Campaña X-58:8 = Estrecho de Gibraltar)

Lanzamientos N.º	Flotadores recuperados (núms.)	Estado de los flotadores	Derivas experimentadas		
			Duración máxima (días)	Recorrido mínimo (millas)	Velocidad mínima (millas/día)
II	458	Bueno	6	106	17,7
III	126	Mediano	6	102	17,0
V	59	Mediano	7 y 3/4	32	4,1
	70	"	29	240	10,5
VI	25	Malo	46	34	0,7
VIII	598	Bueno	5	104	20,8
IX	316	Bueno	3 y 1/10	18	5,8
	327	"	3	18	6,0
	312	"	1/2	19	38,0
	342	"	1/2	19	38,0
	343	"	64	20	0,3
	320	"	74	20	0,3
	339	"	1	21	21,0
	331	"	1 y 1/3	21	15,4
	334	"	1/2	21	42,0
	336	"	1/2	21	42,0
	314	"	1/2	21	42,0
	347	"	11	125	11,4
	340	Malo	25	250	10,0
X	353	Bueno	310	18	0,06
	357	"	2 y 1/4	20	8,8
	355	"	1/2	21	42,0
	359	"	13	21	1,6
	395	Malo	22	380	17,3
	362	Bueno	22	330	15,0
	360	Mediano	10	310	31,4
	377	Bueno	13	276	21,2
XI	231	Bueno	12 y 1/2	234	18,5
XII	282	Bueno	1 y 1/2	18	11,9

evidenciados por el conjunto de las 29 derivas interpretadas.

Cual puede observarse en la Tabla II, la totalidad de los flotadores recuperados fueron hallados en las costas mediterráneas, corroborando la existencia de la corriente superficial de aguas atlánticas que irrumpe en el Mediterráneo occidental a través de nuestro Estrecho.

La mayor parte de las recuperaciones (16 de ellas) fueron obtenidas en los alledaños de la península ceutí y, por el contrario, ningún flotador fue avistado en la Bahía de Algeciras ni en la costa gibraltareña. Este resultado parece evidenciar que la corriente superficial de aguas atlánticas penetra esencialmente ceñida al borde meridional del Estrecho, en su nexa con el Mar de Alborán.

De los trece flotadores restantes, 9 fueron hallados

en la costa nordafricana: 2 en el segmento costero entre Ceuta y Alhucemas, 3 en la Bahía de Alhucemas, 1 en Nador y 3 en los aledaños de Orán. Estos 9 flotadores evidencian que, a partir de la Península de Ceuta, la corriente superficial de aguas atlánticas se adentra en el Mediterráneo paralela y próxima a la costa nordafricana hasta, cuando menos, el sector oranés.

Por último, los 4 restantes flotadores recuperados aparecieron sumamente dispersos en la costa meridional de la península pues, uno de ellos fue hallado en la costa almeriense, dos en la costa granadina, y el cuarto en la costa malagueña. Ciertamente, podría interpretarse que estos 4 flotadores penetraron en el Mar de Alborán por el borde septentrional del Estrecho recorriendo, de W a E, nuestra costa andaluza; sin embargo, esta interpretación parece repugnada tanto por el hecho de no haber sido hallado flotador alguno en la Bahía de Algeciras y costa gibraltareña, como por la propia dispersión geográfica — sensiblemente creciente de E a W — mostrada por los períodos de flotación o tiempos de recorrido asignables a estos 4 flotadores. Consecuentemente, siquiera de modo provisional, nos vemos forzados a interpretar que la precipitada corriente nordafricana emite — en las proximidades del meridiano del Cabo de Gata — una virgación dirigida hacia el N que, atravesando totalmente el Mar de Alborán, alcanzaría la costa almeriense donde quedaría implicada en una corriente que, dirigiéndose

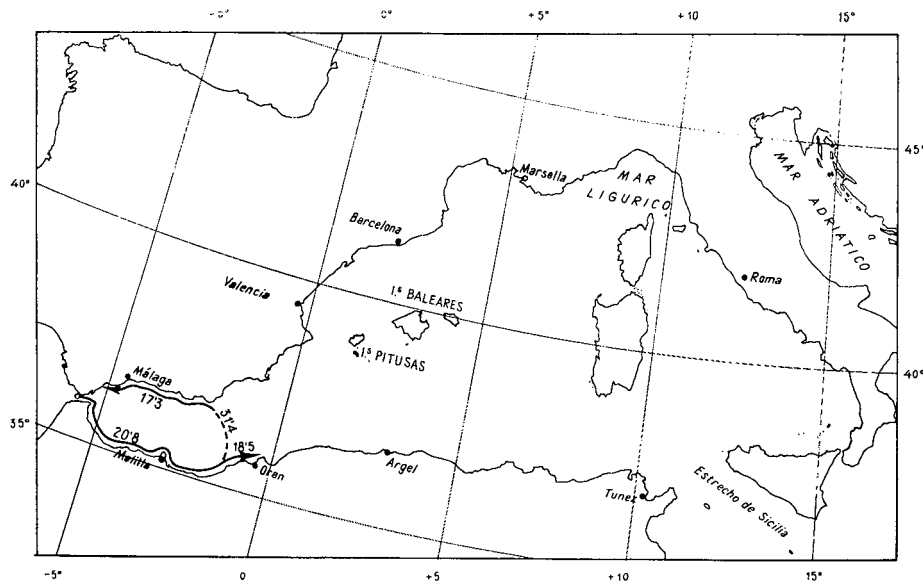
denciadas por los flotadores localizados en los distintos sectores costeros.

Como es sabido, la circulación oceánica superficial — y, particularmente, la de los sectores tan críticos cual es la región de nuestro Estrecho de Gibraltar — resulta fundamentalmente condicionada y modificada por diversos factores sumamente variables. Uno de ellos, cual las corrientes de marea, son de carácter periódico (diurno, estacional, etc.), mientras que otros (cuales los implicados por la distribución de las presiones atmosféricas, los temporales oceánicos, etc.) son de carácter aperiódico.

Consecuentemente, debemos terminar esta nota subrayando que nuestras interpretaciones y conclusiones se refieren, concretamente, a los caracteres mostrados por la circulación oceánica superficial durante el verano-otoño de 1958 y, naturalmente, quedan supeditadas a las confirmaciones o modificaciones — más o menos sustanciales — dimanadas del perfilado que nos permita atisbar el estudio de los restantes lanzamientos de flotadores que hemos efectuado e iremos analizando en notas sucesivas (7).

BIBLIOGRAFÍA

1. GAIBAR-PUERTAS (C.). — “*Risultati di alcune ricerche geomagnetiche, sismiche ed oceanografiche effettuate in Spagna*”, Geofísica e Meteorología, vol. VIII, número 3-4, págs. 48-52, Génova, 1960.
2. GAIBAR-PUERTAS (C.). — “*La utilización de flotadores en la investigación de las corrientes oceánicas superficia-*



se de E a W, circularía paralela y próxima a nuestro litoral andaluz.

Resumiendo, las interpretaciones sugeridas han sido plasmadas en la figura donde, junto a la traza colegida para las corrientes y en sus diversos segmentos, hemos anotado los valores máximos (que son los más probables) de las mínimas velocidades medias evi-

les”, Publ. de la Real Soc. Geográfica, serie B, n.º 439, con 103 págs., 12 figs. y 5 cuadros, Madrid, 1964.

3. GAIBAR-PUERTAS (C.). — “*Investigación sistemática de las corrientes oceánicas superficiales en el litoral español: características y comportamiento del tipo de flotador adoptado y utilizado*”, Rev. de Ciencia Aplicada, número 103, págs. 105-122; n.º 104, págs. 226-241, y número 105, págs. 324-339, con 24 figs. y XXXVIII Tablas, Madrid, 1965.

4. GAIBAR-PUERTAS (C.).—“*Estudio de la circulación superficial del Mediterráneo occidental: Modelos y comportamiento de los flotadores utilizados*”, Acta Geológica Hispánica, año I, n.º 1, págs. 19-21, Barcelona, 1966.
5. GAIBAR-PUERTAS (C.).—“*Algunos aspectos prácticos de la investigación de las corrientes oceánicas superficiales*”, Acta Geológica Hispánica. Año I, n.º 3, pp. 19-21, Barcelona, 1966.
6. GAIBAR-PUERTAS (C.).—“*Investigación sistemática de las corrientes oceánicas superficiales en el litoral mediterráneo español: Resultados suministrados por la primera serie de lanzamientos de flotadores*”, Revista de Ciencia Aplicada. Año XX, n.º 109, fasc. 2, pp. 97-106, con IV tablas y 7 figs. Madrid, 1966.
7. GAIBAR-PUERTAS (C.).—“*Investigación sistemática de las corrientes oceánicas superficiales en el litoral mediterráneo español: Resultados suministrados por la segunda serie de lanzamientos de flotadores*”, Revista de Ciencia Aplicada. Año XX, n.º 110, fasc. 3, pp. 211-221, con IV tablas y 6 figs. Madrid, 1966.