

Antes de ocuparnos de las recientes exploraciones de las temperaturas submarinas, efectuadas con los aparatos perfeccionados descritos en el artículo anterior, hagamos mención de las importantes investigaciones practicadas por Aimé en 1844 en el Mediterráneo, las cuales demostraron que la temperatura media anual de la capa superficial es casi igual á la del aire. La variación diurna se hace sentir en este mar hasta los 16 y 18 metros, y la anual hasta los 300 ó 400 de profundidad. La radiación nocturna enfría de un modo perceptible la superficie, y si la noche ha sido tranquila y serena, por la mañana está la temperatura en ella más baja que á algunos metros de profundidad. También se nota la influencia de la proximidad de las costas; la temperatura de la superficie es allí más elevada que en alta mar, y á veces más baja de noche, obrando en sentido contrario á la de las costas del Océano en donde la temperatura superficial es más baja que mar adentro. Por último, según el mismo observador, la mínima de las capas profundas del Mediterráneo es igual al promedio de las temperaturas del invierno en la superficie.

Puede indicarse como ley general, tan aplicable á los océanos y á los grandes mares como á las cuencas limitadas de los mares interiores, que en alta mar y á suficiente distancia de las costas, la temperatura disminuye á partir de la superficie á medida que la profundidad aumenta. Pero la ley y la cantidad de esta disminución varían de una región á otra, con arreglo á la latitud y también según la configuración del fondo de los mares, elemento este último que entra por mucho en la distribución del calor en el seno de las capas profundas.

Hemos visto ya que en las altas latitudes septentrionales, la temperatura, algo superior á 0° en las capas superficiales, baja de esta cifra á poca profundidad; las observaciones recientes de Payer y de Weyprecht confirman las de John Ross, de Bravais y de Martins, que demuestran que esta temperatura decrece progresivamente hasta el fondo, en el cual llega, según la profundidad, á -3°,6, -1°,75 y -1°,3. Cerca del ecuador, se encuentra en la superficie y hasta 200 ó 300 metros de profundidad, una capa superficial caldeada por la acción directa de la radiación solar. Debajo de esta capa, cuya temperatura disminuye rápidamente á partir de la superficie (de + 29° á + 11° próximamente), hay otra cuya disminución es menos rápida; baja de 11° á 7°,2. "Pero, según Carpenter, la profundidad de ésta varía notablemente, pues baja de 500 brazas junto á los escollos de las Feroe, á unas 700 á lo largo de las costas de Portugal y á 1.000 ó 2.000 más cerca del ecuador (de 1.000 á 2.400 metros si se trata de la braza inglesa y de 900 á 2.200 si de la francesa), (1). Debajo de esta capa hay otra que se podría llamar capa de mezcla, en la cual baja el termómetro rápidamente, á veces en la enorme proporción de 4°,5 por cada 200 brazas. Debajo de esta última capa la temperatura vuelve á ser más uniforme, porque desciende muy gradualmente de 3°,1 ó 2°,7 á 1°,8 ó 1°,3 con respecto á profundidades de 2.000 brazas, cerca de la costa oriental de la América del Norte. Es probable que haya temperaturas todavía más bajas en las grandes profundidades del Océano Atlántico central, pues los recientes sondeos efectuados por el capitán Chimmo en los mares orientales con termómetros resguardados, han demostrado en absoluto que, aún en el ecuador, la temperatura del fondo en las grandes profundidades del Océano puede llegar á 0°.

En resumen, según el físico inglés, una columna de agua del Océano Atlántico se

(1) La braza inglesa equivale á 2^m,05 próximamente; la francesa, á 1^m,83; 168 brazas inglesas valen tanto como 189 francesas.

compone de cuatro capas de temperaturas y profundidades desiguales: 1.°, una capa superficial de 200 brazas caldeada por la radiación solar, en la cual la temperatura pasa de 29° á 11°; 2.°, una capa *caliente superior* de unas 100 brazas de profundidad, cuya temperatura decrece de 11° á 7°,2; 3.°, una capa media de 200 brazas, en la cual baja el termómetro de 7°,2 á 4° próximamente; 4.°, una capa *fría inferior*, que á partir de 1.400 brazas, ocupa todo el resto de la parte profunda de las cuencas oceánicas y cuya temperatura baja hasta 0°. Carpenter estima en + 7° la temperatura media de la columna entera. Más adelante veremos qué consecuencia deduce de este hecho comparado con el de la temperatura media de una columna de agua polar inferior á 0°.

Las bajas temperaturas de las grandes profundidades que acabamos de mencionar, no son exclusivamente propias del Océano Atlántico. En el Pacífico y debajo de 1.500 brazas se encuentra una temperatura casi invariable de menos de 2 grados sobre cero (+ 1°,7). En el Océano Indico el capitán Chimmo ha encontrado 1° á 2.500 brazas y 0° á 2.656. La temperatura del fondo va además bajando á medida que es mayor la distancia al ecuador. Según Mohn, á los 52° de latitud está helada el agua del fondo del Océano Indico austral, y en el mar Glacial antártico lo está también desde la superficie hasta el fondo.

Las observaciones de que vamos á hablar ahora nos demostrarán que la ley del descenso de la temperatura con la profundidad varía á veces bruscamente de una región del Océano á otra región contigua á ella, pero de la cual está separada por las desigualdades del suelo submarino. La parte del Océano Atlántico septentrional, entre Escocia y las islas Feroe, y entre éstas y la de Islandia, es notable por tal concepto.

De la primera exploración de estos parajes, hecha á bordo del *Lightning* en agosto de 1868 bajo la dirección del doctor Carpenter, Wyville Thomson y Gwing Jeffreys, resultó una anomalía singular en la temperatura del mar y en puntos muy inmediatos entre sí. En el canal de 200 millas de anchura que se extiende entre la punta Norte de Escocia y los bajos de que las islas Feroe son el punto culminante, encontraron á 500 brazas de profundidad una temperatura de -1°, al paso que á la misma profundidad, en la parte del Atlántico situada al Oeste y al Norte de la abertura del canal, aquélla era de + 6. Al año siguiente, los mismos exploradores embarcados en el *Porcupine* multiplicaron sus sondeos, con objeto de averiguar los límites de estos espacios fríos y calientes, cuya temperatura superficial es casi idéntica y que estando tan próximos y aun en libre comunicación entre sí, difieren totalmente en las condiciones térmicas de sus capas inferiores. Mencionemos algunos de los sondeos en serie merced á los cuales han podido los sabios exploradores del *Porcupine* hacer del todo patente dicha oposición.

El primer sondeo efectuado por el capitán Calver, da la temperatura desde la superficie al fondo para cada 50 brazas de profundidad. El punto explorado estaba en el extremo límite Oeste de la región fría. He aquí los resultados:

Profundidades	Temperatura	Profundidades	Temperatura
Superficie.	11°,8	200 brazas.	7°,5
50 brazas.	9°,2	250 "	3°,5
100 "	8°,4	300 "	0°,8
150 "	8°,0	350 " (fondo).	0°,6

El minimum de temperatura está aquí en el fondo; lo propio ha sucedido en toda la región explorada, cualquiera que fuese la temperatura del fondo. La disminución de

ésta, bastante regular durante las 200 primeras brazas, se hace de pronto muy rápida (cerca de 7°), de 200 á 300 brazas. Ninguno de los demás sondeos practicados en la parte occidental de la región fría, entre las 360 y 630 brazas, ha dado en el fondo temperaturas menores que cero, excepto una (—1°,3).

Otro sondeo en serie, en el centro de la parte Norte de la región fría y á 640 brazas de profundidad, dió los resultados siguientes:

Profundidades	Temperatura	Profundidades	Temperatura
Superficie.	9°,8	350 brazas.	—0°,3
50 brazas.	7°,5	400 —	—0°,5
100 —	7°,2	450 —	—0°,8
150 —	6°,3	500 —	—1°,0
200 —	4°,1	550 —	—1°,0
250 —	1°,3	600 —	—1°,1
300 —	0°,2	640 —	—1°,2

Véase ahora otro sondeo efectuado al Sudoeste de la región fría, y que presenta un marcado contraste con los anteriores:

Profundidades	Temperatura	Profundidades	Temperatura
Superficie.	11°,4	300 brazas.	8°,1
50 brazas.	9°,0	450 —	7°,8
100 —	8°,5	500 —	7°,3
150 —	8°,3	600 —	6°,1
200 —	8°,2	767 — (fondo).	5°,2

Comparando estos números se ve al punto la diferencia que existe entre las regiones fría y cálida: en las primeras 50 brazas se nota un rápido descenso á partir de la superficie, que es casi igual en las tres estaciones. “La temperatura de la superficie, dice M. Wiville Thomson, la produce sin duda el calor directo del Sol, y el primer y brusco descenso, la pronta disminución de esta causa inmediata. De 50 á 150 ó 200 brazas, la temperatura baja muy poco; mas á partir de esta última profundidad, la divergencia entre la región fría y la cálida es muy marcada. Para explicar semejante diferencia entre dos climas submarinos tan próximos, opina el citado físico, de acuerdo con el doctor Carpenter, que no hay más que una explicación admisible, y es la yuxtaposición ó encuentro de dos corrientes opuestas, una de las cuales lleva las aguas cálidas del Océano Atlántico ecuatorial y la otra las frías de los mares polares. “Una corriente ártica de agua helada, procedente del Nordeste, penetra en el canal de Feroe y corre por su parte más profunda á causa de su mayor densidad, al paso que una masa de agua calentada á un grado superior al de la temperatura normal de esta latitud, y por lo tanto procedente de algún manantial meridional, se encamina al Norte atravesando su extremo occidental, y llenando desde la superficie hasta el fondo toda esta parte relativamente poco profunda del Atlántico. El encuentro de ambas corrientes, opuestas á la vez en dirección, en temperatura y en densidad, ocurre en el banco que reúne el Norte de Escocia y las islas Shetland con las Feroe y la Islandia. Aunque las aguas frías se elevan más que este límite, no pueden franquearlo; pero enfrían en gran manera las aguas de la corriente cálida y la reducen á una tenue capa casi superficial.

Vamos á presentar otro ejemplo del contraste térmico que pueden ofrecer dos regiones submarinas continuas, cuando se opone algún obstáculo á la penetración y á la

mezcla de sus aguas profundas. También ha sido el doctor Carpenter el que ha hecho las investigaciones que ha patentizado tan importante circunstancia.

Hemos visto anteriormente que, desde el punto de vista de la temperatura, las aguas del Atlántico se pueden dividir á partir de 100 brazas en tres capas principales, la superior caliente, la inferior fría, y la tercera intermedia entre ambas. Las observaciones hechas en el Mediterráneo han dado resultados muy diferentes; desde las 100 brazas hasta el fondo, la temperatura es casi invariable é igual á la media invernial. Véase, por ejemplo, cómo se distribuye la temperatura con la profundidad en dos columnas de 2.000 brazas, tomadas una al Oeste del estrecho de Gibraltar, en el Atlántico, y otra al Este, en el Mediterráneo. Las cifras se refieren á la estación de verano.

MEDITERRÁNEO		ATLÁNTICO		
Profundidades	TEMPERATURA		Profundidades	Temperatura
	Cuenca occidental	oriental		
Superficie.	21° á 27°	—	50 brazas.	12°
30 brazas.	10° á 15°,6	—	700 —	11°,5
50 —	12°,8 á 13°,3	—	800 —	7°,4
100 —	11°,2	—	900 —	5°
200 —	—	13°,3	1000 —	3°,6
2000 —	12°,2	13°,3	2000 —	2°,4

¿Qué explicación puede darse para semejante anomalía? He aquí la que propone el doctor Carpenter. El estrecho de Gibraltar, que es el único canal de comunicación entre el Mediterráneo y el Atlántico, tiene próximamente 500 brazas de profundidad entre Gibraltar y Ceuta; profundidad que disminuye gradualmente hacia la desembocadura occidental para quedar reducida á unas 120 brazas y en algunos sitios á 200. Por la parte de Oriente de este angosto canal se abre la profundísima cuenca del Mediterráneo que á su vez se subdivide en dos partes: la primera, comprendida entre el estrecho y los bancos que separan la isla de Sicilia de Túnez, tiene una profundidad que varía entre 1.000 y 2.000 brazas, y una temperatura de 12° próximamente á partir de las 100; la segunda, que se extiende desde las islas de Malta y de Sicilia hasta Levante, es más profunda aún y su temperatura más elevada también, lo cual consiste sin duda en su situación más meridional, en la influencia de los vientos cálidos del continente africano y en el caudal que allí llevan las aguas del Nilo. Al Oeste del estrecho están las profundidades del Atlántico que, según hemos visto, son más frías que las del mar interior, lo mismo en la superficie que en el fondo. Sin embargo, se ha observado que en invierno hay casi igualdad entre las temperaturas de las aguas superficiales de ambos mares.

Sea de ello lo que quiera, lo cierto es que la observación demuestra que las aguas del estrecho de Gibraltar tienen dos distintos movimientos: el uno, inferior, hace salir las aguas de la cuenca mediterránea; el otro, superior, lleva las del Atlántico á aquel mar. El segundo movimiento es el predominante, de suerte que en el Mediterráneo penetra más agua que la que sale de él. El doctor Carpenter admite la explicación de este hecho, dada hace ya doscientos años por Halley y que es la siguiente: La evaporación es muy activa en la superficie del Mediterráneo; arrebatada anualmente á la superficie una cantidad de agua mucho mayor que la que le llevan los ríos y las lluvias, resultando de aquí dos tendencias, una de descenso del nivel de las aguas y otra de aumento de salsedumbre y de densidad. Gracias á la doble circulación que se efectúa á

través del estrecho, se restablece el equilibrio: por una parte, el agua más densa del Mediterráneo pasa al Atlántico por la corriente inferior, y por otra la reemplaza con cierto exceso la corriente superior predominante.

Resta saber cómo se explica el doctor Carpenter la uniformidad de temperatura de las capas mediterráneas más allá de las 100 brazas de profundidad (1), y la diferencia que por tal concepto media entre la columna de agua considerada en este mar al Este del estrecho y la que se toma al Oeste y á la misma latitud en el Atlántico. Hemos visto ya que las bajas temperaturas de la capa inferior del Océano proceden de la corriente polar. Pues bien; la barrera que opone el suelo elevado del estrecho á la invasión de dicha corriente es muy bastante para impedir que se enfríen las aguas del Mediterráneo. El agua que lleva la corriente superior reemplaza á la que corre en sentido inverso sin alterar casi nada su temperatura. Si sucede que la capa superficial se enfría en invierno, entonces se torna más densa, se hunde, y poco á poco va adquiriendo toda la masa esa temperatura media uniforme, que es la de invierno de la región.

El doctor Carpenter deduce de estas consideraciones las condiciones térmicas generales que deben regir en los mares interiores, y cuya exactitud ha comprobado discutiendo las observaciones de temperatura del mar Negro, del Rojo y del de Joló, comprendido entre el mar de la China y el de las Célebes. Véase cómo formula él mismo estas condiciones:

“La temperatura del fondo en un mar interior profundo depende de una de estas dos condiciones: 1.º, la temperatura media en invierno ó temperatura *isoquimal* de la superficie; 2.º, la temperatura del agua más fría que desde el Océano inmediato puede penetrar en este mar. Si las comunicaciones del mar interior con el Océano son bastante poco profundas para que el agua recibida no tenga jamás una temperatura inferior á la isoquimal que le es propia, esta última será entonces la temperatura uniforme de toda la masa situada debajo de la capa superior variable; pero si las comunicaciones son lo suficientemente profundas para dar paso á una capa más fría del Océano, el agua del fondo del mar interior adquirirá la temperatura de esta capa de agua oceánica.”

Terminaremos aquí lo referente á la temperatura de los mares. Las observaciones precisas son relativamente poco numerosas, lo cual se explica fácilmente por las dificultades de toda clase con que tropiezan las exploraciones que tienen un objeto puramente científico, como son imperfección de los aparatos é incertidumbre de sus indicaciones, duración de los sondeos en serie, etc.; sin embargo, por las que hemos descrito y por las consecuencias que de ellas pueden deducirse para la circulación oceánica y el estudio de las corrientes marinas, superficiales ó profundas, se ha podido ver desde luego lo interesantes que son las exploraciones encaminadas á obtener la medida exacta de estas temperaturas. Además, muy pronto tendremos ocasión de ver la influencia que las corrientes oceánicas ejercen en la temperatura del aire y por consiguiente en los climas.

Este encadenamiento tan complejo de las condiciones meteorológicas de todo género es lo que constituye el principal atractivo de la ciencia á la vez que su mayor dificultad.

(1) En una Memoria publicada en 1870, el doctor citado cree poder atribuir esta uniformidad á la influencia subyacente de la costra cálida de la Tierra cuya temperatura en la región mediterránea parece ser también de unos 12 grados.

CAPITULO II

LOS VOLCANES

I

CARACTERES GENERALES DE LOS FENÓMENOS VOLCÁNICOS

Las manifestaciones más grandiosas, á la vez que más terribles del calor subterráneo del globo terráqueo, son indudablemente las que nos restan por describir: las erupciones de los volcanes, las sacudidas de los terremotos.

Estos fenómenos, considerados en otro tiempo como sucesos raros, como excepciones en el orden físico de las cosas, y que por lo mismo, dada la natural propensión de los pueblos ignorantes y supersticiosos, se juzgaban cual señales de la cólera de los dioses (1), son mucho más frecuentes de lo que se podía imaginar allá en las épocas en que la exploración de los continentes y de los mares sólo abarcaba una pequeña parte de la periferia del planeta. En los tiempos á que nos referimos, no se conocía más que un corto número de volcanes y únicamente llamaban la atención sus erupciones más violentas. Hoy se cuentan por millares y por centenares los que han dado indicios de actividad reciente, actividad que se da á conocer en multitud de formas en otro tiempo ignoradas ó apenas sospechadas; y si ciertas regiones de la Tierra son más especialmente asiento de esta actividad, se la nota sin embargo en todas las latitudes, en todas las zonas, desde el ecuador, cortado por las líneas de los volcanes de los Andes y de las islas de la Sonda, que son los más soberbios de todos, hasta Islandia, donde en el mismo horizonte descuellan los campos de hielo, las lavas incandescentes y el agua hirviente de los géiseres, y hasta los confines de las tierras, columbradas apenas, que rodean el polo Sur. Allí hay volcanes, como los que han recibido los nombres de Erebo y Terror, que iluminan con el fuego de sus erupciones las largas noches polares.

Por lo que respecta á los temblores de tierra, son, por decirlo así, tan numerosos como los días del año; si bien es verdad, conforme muy luego veremos, que en el número de estas agitaciones de la corteza del globo, tan pronto reducidas á estremecimientos ó á vibraciones apenas perceptibles, como á formidables sacudidas que arruinan comarcas enteras, hay algunas que no deben ser consideradas como efectos de las fuerzas subterráneas engendradas por el calor interno del globo.

Fácilmente se comprenderá que consagrando únicamente dos ó tres capítulos á la descripción de tan variados fenómenos, no abrigamos la pretensión de trazar siquiera una sucinta historia de ellos. Solamente nos proponemos demostrar, mediante el análisis de los principales rasgos que los caracterizan, cómo parece enlazado su efecto con

(1) “De todos los fenómenos naturales, dice Renán en el *Antecristo*, los terremotos son los que inducen al hombre á humillarse ante las fuerzas desconocidas; en los países en que son frecuentes, como Nápoles y la América central, se halla la superstición en estado endémico, pudiendo decirse otro tanto de los siglos en que asolaban los países con violencia particular.”