

fera. De aqui se sigue que, bajo los trópicos en que el abatimiento de la temperatura es muy regular en montañas de una considerable altura, 500 toesas de elevacion vertical corresponden á una mudanza de latitud de  $9^{\circ} 45'$ . Este resultado, harto conforme con los que han obtenido otros físicos antes que yo <sup>1</sup>, es muy importante para la geografía de las plantas; puesque, aun que en los países septentrionales la distribución de los vegetales en las montañas y llanuras dependa, como la altura de las perpetuas nieves, mas de la temperatura media de los meses del Estío, que de la de todo el año, esta última no determina menos, en las regiones meridionales, los límites que no han podido prevalecer en sus remotas

<sup>1</sup> «Cada cien metros de altura, hacen bajar la temperatura cerca de medio grado de la division comun de nuestros termómetros; y tomando por término de la frialdad la que excluye la presencia de la vegetacion, los yelos eternos que existen sobre las cimas de las montañas, representarán los yelos eternos del polo, y cada centena de metros de elevacion vertical, corresponderá á un grado de la distancia de la montaña al polo.» Ramond, de la vegetacion sobre las montañas. (*Annales du Muséum*, t. IV, p. 396.)

emigraciones. La observacion hecha por Tournefort en la cumbre de la montaña de Ararat, ha sido repetida por un gran numero de viajeros. Cuando se baja de una cadena de montañas y se avanza hácia los polos, se encuentra desde luego en las coronas de otras menos elevadas y en la regiones inmediatas á las costas, las mismas plantas arborescentes, que, por bajas latitudes, no cubren sino la superficie de las nieves eternas.

Al comparar y evaluar la rapidez con que la temperatura media de la atmósfera disminuye á medida que se dirige del ecuador á los polos, ó de la superficie de la tierra á las altas regiones del Océano aéreo, he considerado la disminucion del calor como siguiendo una progression aritmética; y esta suposicion que no es del todo exacta en cuanto al aire, lo es aun menos acerca del agua, cuyas camas sobre puestas parecen disminuir de temperatura segun las leyes diferentes, á diversos grados de latitud. Puede admitirse en general que la temperatura disminuye seis veces mas de priesa en el mar que en el Océano aéreo, y es á causa de esta distribución del calórico que, las plantas y animales

análogos á las de las regiones polares encuentran en la falda de las montañas y en la profundidad del Océano, el clima que conviene á su organizacion.

Las mismas causas que deben atribuirse a los moderados calores que se experimentan cuando se navega entre los trópicos, producen tambien una igualdad singular en la temperatura del dia y de la noche; igualdad que es aun mayor en el mar que en el interior de los continentes. En la provincia de Cumaná, al centro de vastas llanuras poco elevadas sobre el nivel del Océano, el termómetro se sostiene generalmente hácia el amanecer de 4 á 5 grados mas bajo que á las dos de la tarde. En el Océano atlántico al contrario, entre los 11 y 17 grados de latitud, las mas grandes variaciones del calor raramente exceden 1°, 5 á 2 grados, y he observado que desde las diez de la mañana hasta las cinco de la tarde el termómetro solo variaba de 0°, 8. Recorriendo mil y cuatrocientas observaciones termométricas hechas de hora en hora durante la expedicion del caballero de Krusenstern, en la region ecuatorial del mar

del sur, se ve que la temperatura del aire no mudaba del dia á la noche, sino de 1 á 1, 3 grados centesimales.

TEMPERATURA DEL MAR.

Mis observaciones sobre la temperatura de las aguas del mar han tenido por objeto cuatro fines muy distintos unos de otros; á saber, la indicacion de los altos fondos por el termómetro; la temperatura de los mares en su superficie; y enfin la temperatura de las corrientes que, dirijidas del ecuador á los polos y de estos al ecuador, forman rios calientes<sup>1</sup> ó frios<sup>2</sup> en medio de las aguas inmoviles del Océano. Solo trataré aquí del calor del mar en su superficie, fenómeno el mas importante para la historia fisica del globo, porque la capa superior del Océano es la sola que influye inmediatamente sobre el estado de nuestra atmósfera,

El siguiente plan está extraido de las nume-

<sup>1</sup> El Gulf-Stream.

<sup>2</sup> La corriente de Chile, que como he probado en otra parte, arrastra las aguas de las altas latitudes hácia el ecuador.

rosas experiencias que contiene nuestro diario desde el 9 de junio hasta 15 de julio.

LONGITUD Boreal.	LONGITUD Occidental.	TEMPERATURA del Océano-Atlánt. en su superficie.
39° 10'	16° 18'	15° ,0
34° 30'	16° 55'	16° ,3
32° 16'	17° 4'	17° ,7
30° 16'	16° 54'	18° ,6
29° 18'	16° 40'	19° ,3
26° 51'	19° 13'	20° ,0
20° 8'	28° 51'	21° ,2
17° 57'	33° 14'	22° ,4
14° 57'	44° 40'	23° ,7
13° 51'	49° 43'	24° ,7
10° 46'	60° 54'	25° ,8

Desde la Coruña hasta la embocadura del Tajo, el agua del mar ha variado poco de temperatura; pero desde los 59 hasta los 10 grados de latitud, el aumento ha sido muy sensible y muy constante, aunque no siempre uniforme. Desde el paralelo del cabo Mondego al del Salvage, la marcha del termómetro ha sido casi tan rápida,

como desde los 20° 8' á los 10° 46', pero se ha hallado extremadamente aflojado en los límites de la zona tórrida desde 29° 18' á 20° 8'. Esta desigualdad es sin duda causada por las corrientes que mezclan las aguas de diferentes paralelos, y que, segun se acercan á las islas Canarias, ó á las costas de la Guyana, se dirijen al sudoeste y al oeste nordeste. El caballero Churruca, en su expedicion al estrecho de Magallanes, cortando el ecuador por los 25° de longitud occidental, halló el maximum de la temperatura del Océano Atlántico, en su superficie, por los 6° de latitud norte. En estos parages y en paralelos igualmente distantes del ecuador, el agua del mar era mas fria en el sud que en el norte. Bien pronto veremos que este fenómeno varía segun las estaciones y que depende en gran parte del impetu con que corren las aguas hácia el norte y el nordeste por el canal formado entre el Brasil y las costas del Africa. Si el movimiento de estas aguas no modificase la temperatura del Océano, el aumento del calor bajo la zona tórrida deberia ser enorme,

<sup>1</sup> En el mes de octubre de 1788.

porque la superficie del agua envia infinitamente menos rayos que aproximan á la perpendicular que los que caen en una direccion oblicua.

Tanto en el Océano Atlántico, como en el mar del Sud, he observado que cuando se muda de latitud y longitud á la vez, no mudan las aguas de un grado de temperatura en extensiones de muchos millares de leguas cuadras; y que en el espacio comprendido entre el 27<sup>mo</sup> grado norte y el 27<sup>mo</sup> grado sud, esta temperatura de los mares es casi enteramente independiente de las variaciones que prueba la atmósfera<sup>1</sup>. Una calma mansa muy dilatada, una mudanza momentánea en la direccion de las corrientes, una tempestad que mezcla las capas inferiores del agua con las superiores, pueden durante algun tiempo producir una diferencia

<sup>1</sup> Para demostrar cuan poco influye el aire sobre la temperatura de la inmensidad de los mares, he añadido en los itinerarios la indicacion del calor de la atmósfera al del Océano. Este ultimo puede variar por causas muy remotas, tal como el deshielo mas ó menos rápido en el norte, ó los vientos que soplan bajo otras latitudes y que producen varios corrientes.

de dos y aun de tres grados, pero tan luego como estas causas accidentales cesan de obrar, la temperatura del Océano vuelve á tomar su antigua estabilidad. En adelante tendré ocasion de volver á hablar de este fenómeno, uno de los mas invariables que presenta la naturaleza.

Como una masa considerable de agua no se enfria sino con mucha lentitud, basta meter el termómetro en un cubo de agua que acabe de llenarse en la superficie del Océano; y esta sencilla operacion ha sido descuidada hasta aquí. En la mayor parte de las relaciones de viages, no se habla sino muy accidentalmente de la temperatura del Océano, como por ejemplo, con el motivo de las observaciones hechas sobre el frío que reina en las grandes profundidades, ó en el rio de agua caliente que atraviesa el Atlántico.

Desde el ecuador hasta los 25 y 28 grados norte, la temperatura es de una constancia bien singular, no obstante la diferencia de los meridianos: es mas variable en las latitudes elevadas, ó cuando se derriten los yelos polares, porque las corrientes causadas por este desyelo y la

extrema obliquidad de los rayos del sol en invierno, disminuyen el calor del Océano.

Es muy notable que á pesar de la inmensidad del Océano y la rapidez de las corrientes, haya por todas partes una gran uniformidad en el *maximum* de calor que ofrecen los mares equinocciales. El caballero Churruca ha encontrado este *maximum*, en 1788 en el Océano Atlántico de  $28^{\circ} 7$ ; Merrins, en 1804, de  $28^{\circ}, 2$ ; M. Rodman, en su viage de Filadelfia á Batavia, de  $28^{\circ}, 8$ ; y el señor Quevedo, de  $28^{\circ}, 6$ . En el mar del Sur observé yo en el mismo año de  $29^{\circ}, 3$ . Por consecuencia apenas exceden las diferencias  $1^{\circ}$  grado del centigrado ó  $\frac{1}{28}$  del calor total. Es preciso acordarse que, bajo la zona tórrida, al norte del paralelo de  $45^{\circ}$ , las temperaturas medias de los diferentes años varían de mas de  $2^{\circ}$  ó de una quinta parte de la cantidad del calórico que recibe una porcion determinada del globo.

El *maximum* de la temperatura de los mares que es de 28 á 29 grados, prueba mas que cualquiera otra consideracion que el Océano es, en general, poco mas cálido que la atmósfera con

que esta inmediatamente en contacto, y cuya temperatura media, cerca del ecuador, es de 26 á 27 grados. El equilibrio entre los dos elementos no puede establecerse tanto por causa de los vientos, cuanto por causa de la absorpcion del calórico, que es el efecto de la evaporacion. Es tanto mas extraño ver la temperatura media elevarse, en una parte del Océano ecuatorial, hasta mas allá de  $29^{\circ}$  ( $23^{\circ}, 2$  R.) cuanto que aun sobre los continentes, en medio de las arenas mas cálidas, apenas se conoce un lugar, cuyo calor medio del año llega á  $31^{\circ}$ .

Una grande masa de agua no sigue sino con una lentitud extrema las mudanzas de la temperatura observadas en la atmósfera, y el *maximum* de las temperaturas medias de cada mes no corresponde á la misma época en el Océano y en el aire. El aumento del calor de los mares prueba necesariamente un retraso; y como el temperamento del aire comienza á disminuir antes que el del agua haya llegado á su *maximum*, resulta de esto que la *extension de las variaciones termométricas* es mas pequeña en la superficie del mar que en la atmósfera. Es-

tamos nosotros muy lejos de conocer las leyes de estos fenómenos que tienen una gran influencia en la economía de la naturaleza.

Estas observaciones ofrecen un grande interes para la historia física de nuestro planeta ¿La cantidad de calórico libre es siempre la misma durante millares de años? ¿Las temperaturas medias correspondientes á los diferentes paralelos han aumentado, ó disminuido desde la última revolucion que ha trastornado la superficie del globo? No podemos responder á estas preguntas en el estado actual de nuestros conocimientos; ignoramos todo lo que tiene relacion con una mudanza general de climas, y no sabemos si la presion barométrica de la atmósfera, si la cantidad de oxígeno, si la intension de las fuerzas magnéticas y un gran número de otros fenómenos han experimentado mudanzas desde el tiempo de Noé, Xisustris ó Menu. Asi como una variacion local en la temperatura del Océano en su superficie podría ser el efecto de un cambio progresivo en la direccion de las corrientes que ocasionan aguas mas cálidas ó mas frias, segun las latitudes mas ó menos bajas

de que vienen, asi tambien en una extension de mar muy limitada, un resfriamiento sensible podrá ser producido por el conflicto de las corrientes oblicuas y submarinas, que revuelven y mezclan las aguas del fondo con las superiores; pero no por esto pueden sacarse conclusiones generales de las mudanzas que han tenido lugar en algunos puntos del globo, sea en la superficie del mar ó sea en el continente. <sup>1</sup> Por la comparacion de un gran número de observaciones hechas bajo diferentes paralelos y en diferentes grados de longitud podrá resolverse el problema importante del aumento, ó disminucion del calor de la tierra.

#### ESTADO HIGROMÉTRICO DEL AIRE.

Durante nuestra travesía, *la humedad aparente* de la atmósfera, es decir, la que indica el hi-

<sup>1</sup> Las corrientes del Océano aéreo obran como las del mar. En Europa, por ejemplo, la temperatura media de un lugar puede aumentar, porque algunas causas muy diferentes y separadas hacen mudar las relaciones entre los vientos del Sudoeste y los del Nordeste; y aun puede admitirse una mudanza parcial en la altura barométrica media de un lugar, sin que este fenómeno indique una revolucion general en la constitucion de la atmósfera.

grómetro no corregido por la temperatura, ha aumentado sensiblemente, no obstante el aumento progresivo del calor. En el mes de julio, por los 13 y 14 grados de latitud, el higrómetro de Saussure ha marcado en el mar 88 á 92 grados en un tiempo perfectamente sereno, sosteniéndose el termómetro á 24 grados. En las riberas del lago de Genova, la humedad media del mismo mes es de 80°, siendo el calor medio de 19° luego reduciendo estas indicaciones higrométricas á una temperatura uniforme, se encuentra que *la humedad real* en el Océano Atlántico equinoccial, está en la humedad de los meses de verano, en Genova, en la relacion de 12 á 17. Esta enorme humedad de la atmósfera explica en gran parte, la fuerza de la vegetacion que se admira en las costas de la América Meridional, en donde apenas llueve durante muchos años.

Si la cantidad de vapor que el aire contiene ordinariamente en nuestras latitudes medias forma casi las tres cuartas partes de la cantidad necesaria á su saturacion, esta cantidad se eleva en la zona tórrida á los nueve décimos. La pro-

porcion exacta es de 0,78 á 0,88 y esta grande humedad del aire, bajo los trópicos, es la que hace que la evaporacion sea allí menos fuerte que lo que deberia suponerse, segun la elevacion de la temperatura.

COLOR AZULADO DEL CIELO Y COLOR DEL MAR EN  
SU SUPERFICIE.

Las medidas cianométricas que contiene esta obra son, á mi parecer, las primeras que se han intentado en el mar y en las regiones equinociales.

No expondré aquí la teoria del cianómetro y las precauciones necesarias para evitar los errores. Aunque este instrumento harto imperfecto no esté muy extendido todavía, los físicos no dejan por eso de conocer el ingenioso principio sobre que su funda la determinacion de las puntos extremos de la escala. Para asegurarme por una prueba directa si las observaciones cianométricas son comparables entre ellas, he probado muchas veces de colocar el instrumento entre las manos de personas que ninguna costumbre de este género de medida tenian aun, y

he visto que su juicio no diferia de mas de dos grados sobre las nubes de azul hácia el horizonte y el zenit.

Los cazadores de camellos y los pastores de la Suiza han admirado en todo tiempo la intensidad del color que ofrece la bóveda celeste sobre la cumbre de los Alpes. El caballero Deluc, desde 1765, fijó la atención de los sábios sobre este fenómeno, cuyas causas desenvolvió con tanta justicia como simplicidad. «En el bajo de la atmósfera, dice, el color de la atmósfera es siempre mas claro y débil por los vapores que dispersan al mismo tiempo mas claridad. El aire de las llanos es mas obscuro cuando es mas puro, pero jamas se acerca á la tintura viva y subida que se nota en las montañas.» Me ha parecido que, en la cordillera de los Andes, estas apariencias hacen menos impresion en el espíritu de los indígenos sin duda por qué los que, de entre ellos, suben á las cumbres de las Cordilleras para coger la nieve, no proceden de la region de los llanos, sino de alturas que se elevan á mil y doscientas, ó mil y quinientas toesas sobre el nivel de los mares.

Examinando las observaciones cianométricas consignadas en un diario, se ve que desde las costas de España y Africa hasta las de la América meridional, el color azulado de la bóveda celeste ha aumentado progresivamente de 13 á 23 grados. Del 8 al 10 de julio, por los  $12\frac{1}{2}$  y 14 grados de latitud, estuvo el cielo con una palidez extraordinaria sin que los vapores concretados ó versiculares fuesen visibles, y el cianómetro no indicó en el zenit, entre el mediodia y las dos de la tarde, sino de  $16^\circ$  á  $17^\circ$ , sin embargo de que los días precedentes estuvo á  $22^\circ$ . He notado, en general, el color del cielo mas subido bajo la zona tórrida que en las altas latitudes; pero he observado tambien que, en el mismo paralelo, este color es mas claro en lo ancho que en lo interior de las tierras.

Como el color de la bóveda celeste depende de la acumulacion y naturaleza de los vapores opácos suspendidos en el aire, no deberá extrañar si, durante las grandes sequedades, en los steppes de Venezuela y del Meta, se vé el cielo de un color mas subido que en el charco de Océano. Un aire muy cálido y casi satura-