

Para dar una idea de la intensidad de las lluvias tropicales, incluyamos algunos números que expresan en milímetros la cantidad media anual:

ASIA		AMÉRICA SEPTENTRIONAL	
Bombay (India)	2.370 ^{mm}	Vera-Cruz	4.650 ^{mm}
Maulmein	4.445	Tierra Baja (Guadalupe)	3.231
Aracán	5.080	Matuba	7.425
Akyab	5.570		
Cherapunji	1.2500	AMÉRICA MERIDIONAL	
		Cayena	3.513 ^{mm}
		Marañón	7.110
ÁFRICA		OCEANÍA	
Sierra Leona	4.800 ^{mm}	Cabo York (Australia)	2.210 ^{mm}
San Dionisio (Reunión)	1.700	Taiti	1.210
San Benito	4.124	Sandwich	1.400

La menor de todas estas cifras da todavía un promedio anual doble de la cantidad de agua que cae en París; la mayor marca una cantidad 22 veces superior. Tan sólo en la citada localidad de la India, en Cherapunji, ha caído en el mes de junio de 1851 una altura de 3.738 milímetros de lluvia, es decir, 6,67 veces la que cae en un año entero en el patio del Observatorio de París. En Bombay cayeron en un solo día (24 de julio de 1819) 160 milímetros de agua, casi el tercio de la lluvia anual de París.

Dividiéndose el año en los trópicos en estación seca y estación lluviosa, la distribución de las lluvias es bastante desigual allí en los diferentes meses. Citemos un ejemplo. En Ajarakandy, costa de Malabar, caen anualmente 2.850 milímetros de agua; de este número total, 2.780 corresponden á la estación de las lluvias que empieza en mayo y termina en octubre; perteneciendo á la estación seca los 70 milímetros restantes, ó sea próximamente la cuadragésima parte de la cantidad total. En otras partes esta proporción varía, pero la desigualdad no deja también de ser notable; por ejemplo, en Cayena, de seis años de observaciones ha resultado un promedio de 2.776 milímetros para la estación lluviosa y 737 ó sea la cuarta parte para el resto del año. La época del maximum varía también, aun en localidades situadas en la misma región: en Calcutta ocurre en junio y julio como en Ajarakandy; en Madrás en noviembre y en la Guadalupe en enero.

Con frecuencia tienen también las lluvias tropicales, según hemos visto antes, una gran regularidad cotidiana; la noche y la mañana están exentas de ellas; pero á partir de las doce ó de las dos de la tarde empiezan los chubascos, de suerte que la cantidad media de agua caída se distribuye también con desigualdad según las horas del día. "En muchos puntos del litoral del mar de las Antillas, en Colombia y en México, el cielo empieza á descargarse de lluvia á eso de las dos de la tarde; mas como ya se espera el aguacero, se toman de antemano todas las precauciones para resguardarse de él; al anochecer se puede ya salir sin temor de mojarse. Así también, en ciertas comarcas del Brasil tropical están tan prescritas las horas del chubasco diario, que se pueden fijar las citas para la terminación de la lluvia, como en otras partes se dan para el anochecer. Con todo, hay países tropicales en que las lluvias son más abundantes y en que los aguaceros diarios duran hasta una hora avanzada de la noche y aun hasta la madrugada." (E. Reclus.)

Lleguemos á las lluvias de la zona templada. El cuadro siguiente expresa, relativamente á cierto número de localidades que ocupan muy diferente situación geográfica, las cantidades medias de lluvia por año y su distribución por estaciones.

LOCALIDADES	ALTITUD	LATITUD	CANTIDADES MEDIAS DE LLUVIA				PROMEDIO DEL AÑO
			INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	
I.—FRANCIA							
	m.		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Lilla	25	50°40'N.	136	134	220	195	685
Rouen	39	49°26'N.	216	195	233	220	864
Metz	182	49° 7'N.	144	161	191	193	689
París	65	48°50'N.	116	141	172	135	564
Strasburgo	144	48°35'N.	109	152	246	174	681
Brest	40	48°24'N.	295	213	171	298	977
Dijón	246	47°19'N.	133	150	173	231	687
Nantes	40	47°13'N.	293	227	220	311	1051
Bourges	456	47° 5'N.	93	93	162	169	517
Bourg	118	46°35'N.	147	134	125	175	581
Lyon	194	45°46'N.	130	187	228	235	780
Burdeos	18	44°50'N.	200	170	180	225	775
Joyeuse (Ardeche)	147	44°30'N.	284	303	209	522	1318
Nîmes	47	43°51'N.	144	164	87	268	663
Toulouse	198	43°37'N.	115	177	143	147	582
Montpellier	30	43°37'N.	187	203	102	317	809
Marsella	29	43°18'N.	128	117	52	212	509
II.—ISLAS BRITÁNICAS							
Edimburgo	88	55°57'N.	148	126	169	179	622
Manchester	46	53°29'N.	221	179	250	269	918
Lancáster	"	54° 3'N.	264	162	285	296	1007
Liverpool	"	53°25'N.	188	157	242	289	876
Dublin	"	53°23'N.	161	127	144	183	615
Londres	8	51°31'N.	121	115	151	167	554
III.—HOLANDA Y BÉLGICA							
Utrecht	13	52° 5'N.	181	141	201	209	732
Nimega	"	51°51'N.	124	120	196	152	592
Gante	"	51° 3'N.	167	156	265	206	775
Bruselas	59	50°51'N.	166	150	207	192	715
IV.—DINAMARCA Y NORUEGA							
Copenhague	0	55°41'N.	89	72	176	131	468
Bergen	"	60°24'N.	597	400	472	781	2250
V.—ALEMANIA							
Coblenza	80	50°22'N.	91	135	197	130	553
Manheim	91	49°29'N.	104	138	185	145	572
Stuttgart	247	48°46'N.	129	127	215	171	642
VI.—SUIZA É ITALIA							
Ginebra	407	46°12'N.	154	160	219	225	758
Udina	109	46° 4'N.	344	378	482	501	1702
Trieste	87	45°39'N.	251	230	254	332	1067
Milán	147	45°28'N.	205	230	233	298	966
Florenzia	64	43°47'N.	245	225	135	310	915
Roma	29	41°54'N.	236	185	86	277	784
Nápoles	156	40°51'N.	227	184	75	267	753
Palermo	54	38° 7'N.	224	139	33	206	602

Por lo que respecta á la cantidad total anual de lluvia, las cifras de la última columna demuestran que es muy variable. De 509 y 517 milímetros (Marsella y Bourges), excede de un metro en seis localidades, para llegar á 2^m,25 en Bergen, cantidad comparable á la de las lluvias tropicales. Pero lo que da lugar á las observaciones más interesantes es la distribución de la lluvia según las estaciones. De las cuarenta ciudades del cuadro, hay 27 en que el máximo de lluvia se presenta en otoño, y solamente en 11 en verano. Dos de ellas, Toulouse y Palermo, presentan la particularidad de que el máximo ocurre en primavera en la primera y en invierno en la segunda. El mínimo de lluvia tiene lugar en primavera en 17 ciudades, en 12 en invierno y en 11 en verano. Pero si para formar la estación lluviosa se reúnen dos estaciones consecutivas, se ve que el verano y el otoño tienen este carácter en 27 ciudades y el otoño y el invierno en otras 12: una sola, Toulouse, tiene por estación lluviosa los meses de primavera y de verano.

Las causas de estas variaciones son bastantes: la dirección de los vientos, la orientación y altitud de las localidades; su mayor ó menor proximidad á las costas marítimas son las más influyentes, no siendo tan sólo en la zona templada, sino también en los trópicos y en las regiones polares donde se experimentan estas diferentes influencias bajo el punto de vista de la distribución y de la cantidad de las lluvias. Algunos ejemplos bastarán para demostrarlo.

En igualdad de circunstancias llueve más abundantemente en los países montañosos que en las llanuras. Teniendo en cuenta lo que hemos dicho acerca de las causas de la lluvia, se comprenderá fácilmente este hecho. "En todo el golfo Adriático, dice Aragó, la cantidad anual de lluvia es de unos 700 milímetros, al paso que en las montañas del Friul, en Feltro, en Toluzzo y en la Carfagnana pasa con mucho de 2,700 milímetros. En el Observatorio Macfarlane de Glasgow no caen anualmente más que 545 milímetros de agua, mientras que en Corbeth, á 20 kilómetros al Oeste de dicha ciudad y 125 metros más sobre el Clyde que el Observatorio de Macfarlane, caen 1,060 milímetros por término medio.", Hemos visto antes que en la Tierra Baja (Guadalupe), casi al nivel del mar, caen anualmente 3,231 milímetros de agua; en la misma isla, en Matuba, á una altitud bastante elevada y cerca de montes cubiertos de selvas vírgenes, la cantidad de lluvia (7,425 milímetros) es más del doble. En Joyeuse (Ardèche), el promedio anual, según las observaciones reunidas por espacio de veinticinco años por Tardy de la Brossy, es de 1,328 milímetros; en Viviers, situado 8 kilómetros al Este de Joyeuse, no llega á 400 milímetros; y es que al Norte de Joyeuse hay una montaña de 1,500 metros de altura que semeja un muro cortado á pico de Este á Oeste, detiene los vientos del Sur cargados de humedad y suscita tan abundante precipitación. Por último, lo que explica la enorme cantidad de lluvia que cae en Cherapunji, es la altitud de este punto (1,300 metros) sobre las vertientes del Himalaya; al pasar el monzón del Sudoeste por el golfo de Bengala, y luego desde la desembocadura del Ganges por encima de los grandes pantanos situados al Norte, descarga contra la barrera de la inmensa cadena de montañas los vapores condensados por el enfriamiento que resulta de la ascensión progresiva de las capas de aire.

Por lo común, cuanto más bruscamente se elevan las costas expuestas á los vientos de mar, mayor es la cantidad de lluvia que cae en ellas anualmente, de lo cual tenemos un ejemplo en Bergen (Noruega): "Al Este de esta ciudad, dice Mohn, se halla el glaciar de Jostedal, de 1,570 metros de altura, que condensa casi todos los vapores de agua que los vientos de la costa llevan á su base, vapores que son atraídos hacia arriba

hasta la cúspide del glaciar.", En Coimbra (Portugal) la cantidad de lluvia es de 3,000 milímetros, y es que dicha ciudad está dominada por las crestas escarpadas de la Sierra de la Estrella.

He aquí otros ejemplos notables de la influencia combinada de las montañas, de la dirección de los vientos y de la proximidad del mar. Al paso que apenas llueve en el interior del continente asiático y que la cantidad de agua caída anualmente es muy escasa, el verano de los países que bordean la costa oriental es muy húmedo; durante esta estación reinan los vientos del Sudeste cargados de los vapores del Grande Océano; pero como en invierno soplan los vientos de tierra ó del Noroeste, la lluvia es muy reducida en las mismas comarcas. Las costas occidentales de Irlanda, Escocia y Noruega son muy lluviosas, sobre todo en otoño, en cuya estación reinan los vientos del Sudeste que llevan consigo las capas de aire saturadas que han atravesado el Atlántico. Así también, toda la costa occidental de la América del Sur, allende el paralelo 30, es muy lluviosa, porque los vientos del Pacífico encuentran al llegar al continente la barrera que les opone la cordillera de los Andes: los vientos de que hablamos reinan en junio y julio, es decir, en la estación de invierno de aquellos países; así es que en Chile, por ejemplo, en que la cantidad anual de lluvia asciende de 2,400 á 3,350 milímetros, casi toda cae en estos dos meses. Sucede lo contrario en la parte de dicha costa comprendida entre la primera y la zona de las calmas. Allí reina una sequía casi absoluta; los alisios, que han soltado toda su humedad en las vertientes orientales de las cordilleras, no tienen ya la cantidad de vapor necesaria para formar nubes después de franquear sus cumbres (1). Las Montañas Pedregosas dividen el continente de la América del Norte en dos regiones que tienen muy distinto régimen pluvial; toda la costa occidental de la parte septentrional, orientada del mismo modo que el Noroeste de Europa, tiene como ésta su estación lluviosa en otoño. Al Este de las Montañas Pedregosas, que condensan y absorben toda el agua llevada por los vientos del Pacífico, hay por el contrario una región pobre en lluvias. Las dilatadas y secas regiones que atraviesan el antiguo continente desde la costa occidental del Norte de Africa hasta el centro de Asia, los desiertos del Sahara, del Alto Egipto y de la Arabia, las tierras del Irán, la meseta de Cobi, etc., deben su sequía excepcional á su distancia del mar y á la dirección de los vientos reinantes que soplan en aquellas áridas regiones después de haber dejado en su tránsito toda su humedad primitiva.

Terminemos este artículo haciendo mención de algunas lluvias excepcionalmente copiosas que, después de todos los ejemplos citados, acabarán de demostrar que la lluvia es un fenómeno sumamente variable, por lo menos en las zonas templadas. Aunque en raros casos, un aguacero de un día puede dar tanta agua como toda una estación. Así, por ejemplo, el 25 de octubre de 1822 cayeron en Génova 810 milímetros de agua, casi la lluvia de un año. El 20 de mayo de 1827 cayeron en Ginebra, durante un aguacero de tres horas, 162 milímetros de agua. El mismo año, en cuatro días del mes de septiembre, se recogieron en Montpellier 454 milímetros. "El 9 de octubre de 1827, dice Aragó, de quien tomamos la mención de estos chubascos excepcionales, cayeron en la ciudad de Joyeuse 792 milímetros (setecientos noventa y dos) de agua en el intervalo de veintidós horas: escribo el resultado con todas sus letras para que no

(1) "En las costas del Perú, dice Eliseo Reclus, el aire está con frecuencia brumoso; pero al través de este velo blanquecino, se divisa siempre el azul del cielo; la aparición de una nube es un verdadero acontecimiento, y toda la población se reúne para contemplar en el espacio este espectáculo inusitado." (*La Tierra*, II.)

se crea que es una errata de imprenta., Según Quetelet, la lluvia del 4 de junio de 1839, que causó la ruina casi completa de la aldea de Burght, cerca de Vilvorde, dió en Bruselas 113 milímetros de agua, ó sea casi la sexta parte de la que cae anualmente en esta ciudad. Es probable que la mayoría de los chubascos de este género procedan de tormentas ó de verdaderas trombas; por este concepto no se los puede asimilar enteramente á las abundantes lluvias tropicales que duran meses enteros.

VII

EL HIELO: ICEBERGS Y TÉMPANOS DE LAS REGIONES POLARES

La nieve, la nevisca y el granizo son formas particulares del agua meteórica condensada en la atmósfera y congelada. Esta congelación es efecto de las influencias que hemos estudiado, ya en este mismo capítulo ó ya en la parte del segundo tomo del MUNDO FÍSICO en que se ha tratado de la electricidad en las tormentas. Réstanos por decir una palabra acerca del hielo propiamente dicho, que se forma en la superficie de la tierra, ó mejor dicho, en la de las aguas terrestres, siempre que su temperatura baja suficiente número de grados bajo cero.

A cero se forma el hielo en las aguas superficiales ó poco profundas. Si el aire está tranquilo y el agua inmóvil, una delgada capa de hielo transparente empieza por cubrir toda la superficie á partir de los bordes; esta capa va adquiriendo espesor poco á poco por la solidificación de las secciones de agua subyacentes, hasta que se congela toda la masa de agua. Cuando durante la congelación sopla una brisa que agita levemente y arruga la superficie del agua, se ve cómo se forman y se cruzan pequeños cristales; una especie de papilla semilíquida y semisólida cubre toda esta superficie que tiene entonces el aspecto de nieve medio derretida. En este caso, la capa de hielo es ligeramente rugosa, y opaca cuando se solidifica enteramente.

Las aguas corrientes ó movibles necesitan para congelarse, por escasa que sea su profundidad, una temperatura inferior á cero; mas tan luego como ha empezado la congelación, el hielo aumenta progresivamente si el frío persiste. Así es como se forman esas estalactitas ó carámbanos de hielo que cuelgan de los tejados de las casas después de una fusión momentánea de la nieve si hiela de nuevo durante la noche. Este fenómeno sobreviene en mayor escala, durante los inviernos rigurosos, en las cascadas y saltos de agua. La figura 111, que representa los islotes helados que se forman así en medio de las cataratas del Niágara, da una idea de las gigantescas dimensiones que pueden adquirir los carámbanos, cuando el frío es bastante intenso para paralizar el agua en su caída.

En las aguas inmóviles y profundas, como las de los lagos, no puede tener efecto la congelación hasta que toda la masa ha pasado por la temperatura del máximum de densidad, $+4^{\circ}$. Sin embargo, á veces acontece que un frío intenso y repentino solidifica la superficie antes que se haya podido establecer el equilibrio de las capas. En otro lugar hemos dado la explicación de estos fenómenos, propios de los lagos de gran profundidad.

Para que los ríos se congelen en toda su masa, se requiere una temperatura mucho más baja que 0° ; por esto apenas se hiela el Sena en París sino á -14° . Pero mucho antes que la congelación invada toda la superficie de la corriente, se forman témpanos de hielo más ó menos voluminosos acarreados por el agua y que flotan en virtud de

su menor densidad. Cuanto más numerosos son los témpanos, más aumentan sus dimensiones en todos sentidos, á causa de la agregación de nuevas capas líquidas solidificadas, y más lenta se va haciendo su marcha por efecto de su contacto y de su choque, hasta que poco á poco llega el momento en que, á causa de la acción continua de un frío intenso y prolongado, se sueldan unos con otros, cubriendo en toda su anchura la corriente que los lleva: entonces el agua del río no corre sino por debajo de esta costra de hielo más ó menos gruesa: entonces es cuando el río queda congelado.

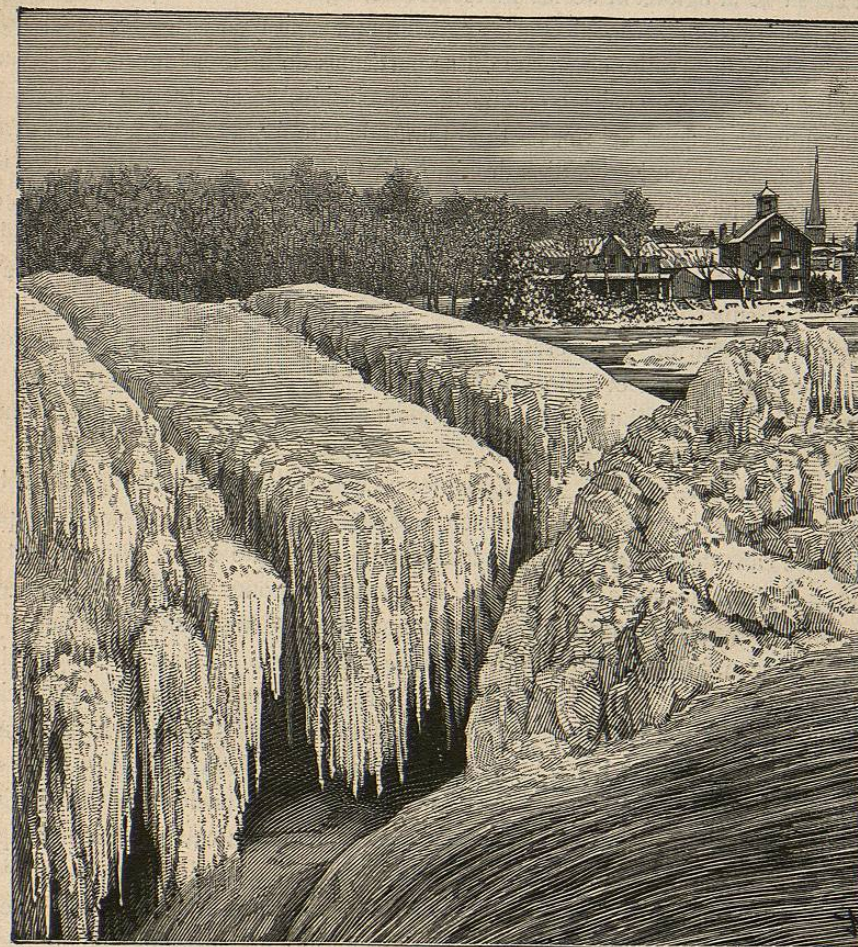


Fig. 111.—Estalactitas de hielo en las cataratas del Niágara

Pero ¿cómo se forman los témpanos que los ríos acarrearán? En otro tiempo se creía que la congelación empezaba por el agua de las orillas, en donde la rapidez de la corriente es menor, y al nivel de la superficie. Es cierto que una parte de los témpanos debe su origen á este modo de solidificación; pero las observaciones y los experimentos de Desmarests y de Brauns han demostrado que la mayor parte de los témpanos nacen en el fondo de los ríos. El primero de dichos físicos "vió cómo se formaban en un canal dependiente de la fábrica de papel de Montgolfier en Annonay, saliendo á flotar á la superficie después de haberse arrastrado algún tiempo por el fondo." Cuenta asimismo que un pontón sumergido en el fondo del Leck, del cual no se le había podido sacar, salió á la superficie al invierno siguiente, soportado por un enorme témpano.