

los granizos empieza en el mes de Junio y concluye en el mes de Septiembre. La lluvia casi nunca cae antes del granizo; pero muchas veces al mismo tiempo, y ordinariamente cae después. Un poco antes de caer el granizo y también mientras cae, se oye en el aire un gran ruido causado por el choque de las piedras que el viento empuja con impetuosidad unas contra otras. Después que el granizo ha llegado á tierra, se resuelve en agua en muy poco tiempo.

Aay una especie de granizo menudo, que se conoce (en francés) bajo el nombre de *gresil*, cuya blancura iguala la de la nieve. Sus granos están compuestos de filamentos muy delgados, rollados y conglutinados entre sí. Este granizo menudo cae en diferentes estaciones del año, pero principalmente en los primeros días de la primavera, y entonces se le da (en francés) el nombre de *giboulée* (aguacero impetuoso y breve con piedra): llámase en español *grupada*.

*La escarcha (Gelée blanche).*

La *escarcha* (en francés *helada blanca*) es un rocío congelado. En ciertas mañanas de otoño, de invierno y algunas veces en las de primavera, se la ve sobre las hojas de los vegetales, sobre los tejados de los edificios y sobre otros

cuerpos, donde forma una muy ligera capa como si fuese de nieve, de la que no se diferencia en realidad sino en que ésta se forma en el aire y aquélla no se condensa sino en la superficie misma de los cuerpos terrestres. En tanto que las partículas de agua que componen el rocío permanecen en la atmósfera en el estado de vapor, son invisibles y no se hielan; pero desde el momento en que las gotitas de rocío hallan un frío bastante considerable sobre las superficies de los cuerpos sólidos que las sostienen, entonces pierden su liquidez y se convierten en otros tantos tempanitos de hielo. Las primeras gotas que caen son las primeras que se hielan, y las que vienen después caen sobre las primeras y se hielan también unas después de otras. Luego que el sol empieza á hacer sentir su calor, la escarcha no deja de derretirse, infiltrándose una parte de ella en la tierra, al paso que la otra se reduce á vapor y se eleva por los aires.

*Otra especie de escarcha (Gives ó frimas).*

El *Gibre* ó *frimas* es una especie de helada blanca (*escarcha*) que en invierno, cuando el aire es frío y húmedo al mismo tiempo, se pega con bastante fuerza á diferentes cuerpos. El *gi-*

*vre* y la escarcha ó helada blanca se forman de la misma manera y se parecen perfectamente. Sin embargo, quiere el uso que se distingán. Se da el nombre de *escarcha ó helada blanca* al rocío de la mañana congelado, cuando el *givre* debe su origen no al solo rocío de la mañana, sino á todos los vapores acuosos que caen y se congelan sobre tierra en cualquiera hora del día ó de la noche.

Cuando una grande niebla difundida por el aire moja considerablemente todo lo que á él está expuesto, y la temperatura se halla en el grado de congelación ó bien más baja aún, las partículas acuosas que difunde la niebla se colocan sobre ciertos cuerpos en moléculas sensibles, distintas, muy finas y se hielan en el momento que en aquéllos se paran. Sobre estos primeros tempanitos caen sucesivamente nuevas moléculas acuosas que se hielan igualmente y aumentan su espesor. El *givre* se pega en cantidad muy notable á los árboles, y á menudo forma en ellos témpanos colgantes que vejan mucho las ramas con su peso y hacen romper algunas. El *givre* se pega también con mucha frecuencia á los cabellos, á la barba y á los vestidos de los viajeros, á las crines de los caballos, etc.

*Cantidad de agua que producen los meteoros acuosos.*

La cantidad de agua que producen anualmente todos los meteoros acuosos, varía más de lo simple al doble de un año á otro y de uno á otro lugar. Las principales causas de la diferencia que se halla de un lugar á otro, son: la proximidad y la distancia del mar, de los lagos ó de los ríos; la situación de los lugares, esto es, si están más elevados ó más bajos; la cercanía ó la disposición de ciertas montañas; la temperatura, y por esto en los climas calientes las lluvias son más abundantes que en los países fríos, etc.

Para saber la cantidad de agua que cae anualmente, los físicos se sirven de un aparato llamado *udómetro ó hidrómetro*, que se compone de un embudo, de un recipiente y de un cañuto, todo de metal. El embudo es un vaso cilíndrico de 20 á 40 centímetros de diámetro y medio metro á lo menos de profundidad, á fin de que las gotas de lluvia que él recibe no pueden saltar fuera. El recipiente es otro vaso cilíndrico de 1 metro y 30 centímetros de alto, el que tiene exactamente el mismo diámetro que el embudo, y está cerrado por arriba y por abajo. El embudo

se pone al aire libre sobre el tejado de un edificio, y el recipiente en un aposento colocado debajo del tejado. El fondo del embudo y la parte superior del recipiente tiene cada uno una pequeña abertura á la cual se adapta un cañuto que atraviesa el techo y conduce el agua pluvial del embudo al recipiente á medida que va cayendo. El cañuto debe tener á lo menos un centímetro de diámetro, y el aposento estar expuesto al menor calor posible, á fin de que la evaporación no se lleve el agua del recipiente. Concluído el año se mide la altura del agua que se halla en el recipiente, se toma nota y se le vacía.

Este experimento, lo mismo que el del aparato evaporatorio de que se hablado ya, debe repetirse durante cierto número de años, porque no bastan ni uno ni dos para saber la cantidad de agua que se evapora ni la que cae en un lugar, por la razón de que no hay dos años que produzcan exactamente las mismas cantidades; por esto se reiteran comunmente estos experimentos durante un período de diez ó de veinte años. Súmanse las cantidades de agua elevadas ó caídas cada año, y dividiendo el total por el número de años que se han empleado en hacer los experimentos, se halla en el cuociente el es-

pesor medio de la capa de agua que se eleva ó que cae anualmente en el país.

He aquí el resultado de algunas observaciones que se han hecho sobre este particular en diferentes tiempos y lugares.

Perrault fué el primero que se sirvió del udómetro para averiguar la cantidad de agua que los meteoros acuosos vierten anualmente sobre la tierra, y halló que la cantidad media de la que había caído en Paris durante los años 1668, 1669 y 1670, era de 19 pulgadas  $2\frac{1}{2}$  líneas. Según observaciones hechas con cuidado en Padua por Poleni durante diez años, la cantidad media fué en aquella ciudad de 45 pulgadas, y en Pisa de 43 pulgadas. En Lyon (Francia) se halló, por término medio, 37 pulgadas; en Londres, 37; en Roma 28; en Argel, 27; en Upsal, 15; en Ginebra, 24; en el convento del Gran San Bernardo, 59; en Figeac (Lot), 19; en Paris cayeron en 1711 26 pulgadas de agua, y en 1723  $7\frac{1}{2}$  pulgadas; en Tolosa (Francia), en años lluviosos, ha habido 32 pulgadas de agua, y en años secos 15 pulgadas. M. Cotte, habiendo recogido ciento cuarenta y siete observaciones sobre la cantidad de lluvia que cae anualmente en nuestro clima, ha concluído ser, por término medio, 35 pulgadas, cantidad casi igual á la que se evapora cada año.

Pero se me dirá: si se admite la exactitud de estas observaciones, ¿será posible probar que cae cada año agua suficiente para hacer correr los manantiales, los arroyos y los ríos caudalosos y no caudalosos que llevan al mar cantidades tan peligrosas?

Perrault y Mariotte, miembro de la Academia de Ciencias en el reinado de Luis XIV, hallaron que el agua que pasa por el canal del Sena no es sino una pequeña parte de la que las lluvias vierten sobre su hoya; hé aquí los datos en que se fundaron:

Perrault examinó y midió la hoya del Sena desde su origen hasta Aignay-le-Duc, en Borgoña, y halló que tenía unas tres leguas de largo y dos de ancho, lo que da una superficie de seis leguas cuadradas, que componen 31.245,140 toesas cuadradas. Suponiendo que durante un año todas las aguas pluviales que caen sobre esta hoya se acumulen en ella, queden permanentes y no pierdan una gota siquiera ni por evaporación ni de manera alguna, al último día del año esta superficie estará cubierta de una capa de agua del espesor de 19 pulgadas  $2\frac{1}{2}$  líneas, lo que formará 224.899,942 moyos<sup>1</sup> de agua.

1. Un moyo es (en Francia) una medida de 8 pies cúbicos, por manera que un vaso de 2 pies de alto, de largo y de ancho contiene un moyo.

La sexta parte de esta cantidad sería suficiente para suministrar en todo el año siguiente una cantidad de agua igual á la que pasa ordinariamente por el Sena en Aignay-le-Duc, aun cuando se hiciera la suposición de que la hoya no recibiese una nueva gota de agua, porque en este paraje el río tiene, por término medio, como unas 1,200 pulgadas de agua corriente, que dan 99,600 moyos de agua en 24 horas y 36.453,600 en un año. Así, pues, como la cantidad de agua contenida dentro de esta hoya supuesta es de 224.899,942 moyos, y la cantidad que ha pasado en un año no es más que de 36.453,600 moyos, se sigue de aquí que el agua que pasa durante un año en el canal del Sena en Aignay-le-Duc, no es, con poca diferencia, sino la sexta parte de la que cae sobre su hoya durante el mismo tiempo.

A imitación de Perrault, Mariotte midió toda la parte de la hoya del Sena que se halla en Paris, y hecha la reducción de las muchas curvas que forman su perímetro, evaluó su superficie en 60 leguas de largo con 50 de ancho, que hacen 3,000 leguas cuadradas. Despreciando las cantidades ventajosas que le suministraban las observaciones ya hechas, se contentó con suponer que caían sobre esta hoya 15 pulgadas de

agua cada año, lo que hace 45 pies cúbicos de agua por toesa cuadrada. Teniendo la legua 2,300 toesas de largo, una legua cuadrada contiene 5.290,000 toesas superficiales, que multiplicadas por 45, dan, 238.050,000 pies cúbicos de agua por año, y las 3,000 leguas de superficie producen, por año, 714,150.000,000 de pies cúbicos de agua.

Después, á fin de averiguar qué cantidad de agua pasa en Paris todos los años por el canal del Sena, y compararla con la que cae sobre su hoya, Mariotte verificó que cuando el agua de este río se halla en su elevación media tiene entonces 400 pies de ancho con 5 de profundidad. Echando dentro del agua un cuerpo bastante ligero para poder flotar, como por ejemplo, un pedacito de corcho, de madera seca, de cera, etc., halló, después de repetidas experiencias, que el cuerpo flotante, y por consiguiente el agua del río corría por término medio, 100 pies por minuto, que hacen 6,000 pies por hora. Multiplicando los 400 pies de ancho por los 5 pies de profundidad se tiene un caudal de agua corriente de 2,000 pies, los cuales, multiplicados por los 100 pies que corre en cada minuto, dan 200,000 pies cúbicos por minuto, 12.000,000 por hora, 288.000,000 cada 24 horas y.....

105,120,000,000 por año; lo que no forma, dice él, la sexta parte del agua que cae en un año sobre las tierras que suministran el agua del Sena en Paris. Si en vez de 15 pulgadas que se han tomado en este cálculo se toman 18, se tendrá, por todo el año, 856,980.000,000 de pies cúbicos, lo que da ocho veces más agua de la que el río conduce á Paris.

Quedando así establecido por estos dos académicos el método de conocer aproximadamente la cantidad de agua que cae anualmente sobre la hoya de un río y la que durante el mismo tiempo pasa por su canal, otros observadores franceses y extranjeros han operado, á imitación suya, de la misma manera sobre otros ríos, grandes y pequeños. Los resultados que algunos de nuestros ingenieros han obtenido recientemente, son diferentes de los que acabamos de ver y hasta poco concordantes entre sí. Así es que M. de Gasparin<sup>1</sup> valúa en una séptima parte la relación media que guardan entre sí la cantidad de agua que pasa por los ríos y la cantidad que cae sobre sus hoyas. M. Minard<sup>2</sup> halló que el agua que pasa por el álveo del Ródano, comparada con la que los meteoros acuosos vier-

1. «Curso de Agricultura,» t. I, pág. 485.

2. «Curso de construcción,» pág. 317.

ten sobre su hoya, es de 25 por ciento. M. Baumgarten<sup>1</sup> es de parecer que el agua que baja por el canal del Garona es de 34 por ciento, y M. Dausse<sup>2</sup> lleva á 45 por ciento el agua que corre por el lecho del Saona.

Resultados tan diferentes nada tienen de sorprendente cuando es sabido que la fuerza de absorción de los terrenos varía al infinito, puesto que los unos absorben absolutamente toda el agua pluvial que cae sobre ellos, y que los otros no absorben casi nada; que la actividad de la evaporación y la cantidad de agua pluvial que cae cada año varían de un año al otro y de un lugar á otro más que de lo sencillo al doble. Así, pues, todas las operaciones que se han hecho para verificar la cantidad de agua que cae sobre las hoyas de diferentes ríos y la que corre por sus canales, deben producir casi otros tantos resultados diferentes como operaciones se han hecho, ya sea sobre el mismo río, ya sobre ríos diferentes. Aunque estos resultados sean muy poco concordantes, sin embargo todos establecen este hecho capital: que *los meteoros acuosos vierten sobre cada hoya mucha más agua de la que pasa dentro del canal de la corriente que se halla*

1. «Anales de puentes y calzadas,» 2ª serie, t. XII.

2. «Anales de puentes y calzadas,» 1842, t. III, pág. 201.

*en dicha hoya*, porque tomando el término medio de los resultados obtenidos por los cuatro últimos observadores, se halla que la cantidad de agua que pasa por los ríos es cerca de la cuarta parte de la cantidad que los meteoros acuosos derraman sobre sus hoyas; y si se admite el término medio de los resultados obtenidos por los ocho observadores ya citados, el agua que pasa por los ríos no es más que la quinta parte de la que cae sobre sus hoyas. En el capítulo siguiente se dará cuenta de estos tres cuartos ó cuatro quintos de agua pluvial que se detiene dentro de las tierras y de la parte que sirve para mantener los manantiales.

Para apoyar mi opinión sobre el origen de los manantiales, podría citar autores que sostuvieron la verdadera causa de su origen, tales como Vitrubio, *Arquitectura*; Gassendi, *Comentario sobre Diógenes de Laercio*; Palissy, *De la naturaleza de las aguas y de las fuentes*; el P. Francisco, *La Ciencia de las aguas*; Pluche, *Entretiens XX y XXI*; Vallisneri, *Annot*; Buffon, artículo, *Genesis de los minerales*; *La Enciclopedia*, artículo *Fontaine*; Nollet, *Física experimental*, lección XXII; Bordeu, *Aguas minerales del Bearne*; Brisson, *Física*, núm. 1044; Héricart de Thury, § 191; Degousée, *Guía del sondador*, capí-

tulo I, y un gran número de otros físicos y naturalistas posteriores. Pero como las citas textuales prolongarían desmesuradamente una discusión ya demasiado larga, me contento con indicar unos cuantos para las personas que tengan á bien leerlos. Lo que acabo de decir y lo que diré en el decurso de este tratado, me parece ser suficiente para probar hasta la evidencia que *los manantiales no provienen del mar por medio de conductos subterráneos, sino que las lluvias, las neblinas frías, las nieblas, los rocíos, las nieves, los granizos y las escarchas, son los que suministran á la tierra todas las aguas que ella devuelve al mar y que ella saca de su propio seno bajo la forma de manantiales.*

#### CAPITULO XIV:

##### *Formación de los manantiales.*

Cuando caen fuertes lluvias, pero de corta duración; cuando se derriten grandes capas de nieve, ó bien el terreno es impermeable, se forman sobre la tierra corrientes de agua que duran muy poco tiempo. No pudiendo la tierra en ninguno de estos tres casos absorber instantáneamente toda el agua que cae en su superficie, la parte que no puede ser absorbida corre por el terreno;

baja á los arroyos y á los ríos, los hace desbordar, y vuelve al mar sin haber contribuido en nada á humedecer la tierra.

La cantidad de agua que de esta manera va al mar sin haber penetrado la tierra en ninguna parte, es siempre insignificante si se compara toda aquella que no va sino después de haberla penetrado, porque el derretimiento de las nieves y las fuertes lluvias no duran ordinariamente sino unos pocos días. Suponiendo que un río haya decuplicado durante dos ó tres días su volumen de agua ordinario, estos días de crecida no equivalen sino á veinte ó treinta días de su volumen ordinario, y no producen la duodécima parte del agua que el río lleva al mar en los restante del año. Por lo tanto, las once duodécimas partes de esta agua se las han suministrado las lluvias ordinarias ó los innumerables manantiales que se hallan diseminados en su hoya.

Las grandes tempestades, que transforman en un momento todos los pliegues del terreno en arroyos y todos los arroyos en ríos, como no son sino locales y momentáneas, nada ó casi nada de sus aguas llevan hasta el mar. Casi toda la parte de esta agua que no es absorbida en el lugar mismo en que cae, se derrama sobre las tie-