

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-

rras más bajas que se han hallado fuera de la tempestad y allí es sucesivamente absorbida.

Aquella que puede llegar al canal del arroyo cercano, si éste está seco, se queda allí absorbida poco á poco; y si una parte de ella llega hasta el río, las más de las veces no produce en él sino una crecida apenas sensible y de muy corta duración.

Excepto en los casos que se acaban de citar, todas las aguas que las lluvias,¹ las neblinas frías, las nieblas, los rocíos, las nieves, los pedriscos, los granizos y las escarchas, vierten sobre la tierra, la penetran más ó menos profundamente, y salen otra vez de ella bajo tres formas diferentes: una parte de ellas se eleva en vapores, otra alimenta las plantas, y la tercera, forma y mantiene los manantiales.

1º La tierra pierde una parte considerable del agua que absorbe, de una manera en la que pocos fijan la atención, y esta parte es la que se eleva por exhalación. Las aguas que se hallan detenidas junto á la superficie del suelo, y son

1. Para no verme obligado á repetir continuamente la nomenclatura de todos los meteoros acuosos que vierten el agua sobre la tierra, cuya descripción se ha visto en el capítulo precedente, no nombraré las más de las veces sino la lluvia, puesto que ella es la que suministra mayor cantidad, y todos los otros meteoros, cuando se han disuelto en agua, empapan y penetran la tierra de la misma manera que la lluvia.

ordinariamente las últimas que han caído, se exhalan, se elevan á la atmósfera con una actividad proporcionada á la porosidad de la tierra y al ardor del sol, y van á aumentar las nubes. En los hermosos días de verano, si uno dirige la vista hacia un cuerpo negruzco ú obscuro colocado en el horizonte, ve continuamente salir de tierra moléculas de agua ó exhalaciones que se elevan con rapidez y vuelo precipitado. Es imposible saber, ni aun estimar aproximadamente, la cantidad de agua que se exhala de la tierra en un tiempo dado. Sólo se observa que disminuye diariamente desde una lluvia á la otra.

2º Otra parte del agua que la tierra absorbe sirve además para el crecimiento y nutrición de los vegetales. Muy pocos se forman una idea de la cantidad de agua que chupan las raíces, y que por transpiración exhalan el tronco, las ramas, y sobre todo las hojas de las plantas y de los árboles. Halès, después de reiterados experimentos, hechos con todo el cuidado de que podía ser capaz este sabio investigador de la naturaleza, halló que en doce horas continuas de un día muy seco y muy caliente, la transpiración media de un tornasol era de 20 onzas (1½ libra), y de 3 onzas durante una noche caliente, seca y

sin rocío; y un manzano enano exhaló en diez horas de día 15 libras de agua, y un pie de lúpulo 4 onzas en un día. M. Monestier-Savignat,¹ dice que un metro cuadrado de hojas puede evaporar, durante seis meses de la vegetación, hasta 27 kilogramos de agua, etc. Si estos experimentos, y muchísimos otros que se han hecho para conocer el *máximum* de agua que secretan los poros de ciertos vegetales en un tiempo dado, no pueden servirnos para conocer la que exhalan en el curso ordinario de la vegetación, á lo menos nos dan una idea de la gran cantidad de agua que la tierra debe de perder por esta vía; cantidad que es tan difícil de apreciar, como lo es contar todos los vegetales y medir todas sus superficies.

Aunque no pueda saberse cuál es la cantidad de agua que se exhala de las tierras, ni la que se destina á la nutrición de los vegetales, no obstante, se conoce la parte total que á los dos corresponde; porque habiendo llegado á fuerza de experimentos Dalton, Dickinson y Charnock, á fijar á 35 por ciento la cantidad media de agua pluvial que absorben los terrenos, se sigue de ahí, que los dos tercios á poca diferencia de las aguas pluviales que se detienen dentro de los

1. *Tratado de las inundaciones*, pág. 42.

terrenos, vuelven á salir por exhalación, ó son destinados á la nutrición de los vegetales.

3º Después de haber hablado en estos términos de las aguas pluviales que no hacen más que deslizarse sobre la tierra, y de las que la penetran sin contribuir á la formación de los manantiales, nos falta hablar de la parte de estas aguas que, después de haber penetrado la tierra, sirve para formar y mantener los manantiales.

La profundidad en que la tierra queda mojada en cada lluvia que cae es muy variable; y esta variación depende de la cantidad de lluvia, de su duración, de la porosidad del terreno y de su inclinación. Se ha observado generalmente que en igual espacio de tiempo, una lluvia fuerte penetra la tierra más profundamente que una lluvia ligera; pero una lluvia ligera que cae, por ejemplo, durante diez horas, penetra la tierra muchísimo más que una lluvia fuerte que no dura sino una hora, suponiendo que durante estos dos tiempos las dos lluvias hayan vertido tanta agua la una como la otra. Los diferentes grados de porosidad del terreno contribuyen mucho á dejar bajar las aguas pluviales á más ó menos profundidad. Así es que todas las observaciones y experimentos que se han hecho

sobre este particular no han servido sino para hacer ver la imposibilidad de determinar á qué profundidad de agua pluvial descende en un principio dentro de la tierra. Después de fuertes lluvias, unos han hallado la tierra mojada, no más que algunos centímetros de profundidad, mientras que otros la han hallado mojada hasta muchos metros.¹ El desacuerdo de estos autores sobre la mayor ó menor profundidad á que han llegado las aguas pluviales, proviene del

1. *Ego vinearum diligens fossor, dice Séneca, affirmo nullam pluviam esse tam magnam, quae terram ultra decem pedes madefaciat.* Quæst. nat., libro III. Yo, cuidadoso cultivador de viñas, afirmo que no hay lluvia grande, que moje la tierra á más de diez pies.—*Pluvia non ultra decem pedum profunditatem humectat terram.* Varenius. *Geog.*, lib. I, cap. XVI. La lluvia no humedece la tierra á más de diez pies de profundidad. (*El traductor*).—«Yo he hecho abrir la tierra «sobre las montañas, en la pendiente de las colinas, en los «llanos bajos, en huertos cultivados, después de fuertes y no cortas lluvias, y jamás he hallado la tierra mojada más de un pie y «medio ó dos pies.» (Perrault, pág. 167.)—«Después de una «lluvia de las más fuertes, que duró cerca de una hora, hallé «en ciertas partes la tierra mojada á más de medio pie, y «casi en todas las demás lo estaba menos.» (Pluche, *Espect. de la nat.* Entr. XX.)

Mariotte admite que las tierras labradas no se dejan penetrar por las fuertes lluvias de verano sino unas 6 pulgadas. Lahire observó que, á través de la tierra cubierta de algunas hierbas, la penetración nunca llega hasta dos pies.

«Examinando gruesos montones de tierra de huerto de «ocho ó diez pies de espesor que no se los había meneado «muchos años hacía, y cuya cima se hallaba casi á nivel, ob- «servé que el agua de las lluvias no penetró nunca más allá «de tres ó cuatro pies de profundidad.» (Buffon, *Teoría de la tierra, discurso 2º*)

grado de porosidad de la tierra sobre la que cae uno de ellos ha hecho sus experimentos, ó del tiempo que se pasó entre la lluvia y el experimento. Debe advertirse que estos observadores y otros muchos no hablan sino de la profundidad, en la cual han hallado el agua inmediatamente ó poco después de las lluvias; pero no nos dicen que con el tiempo bajan dentro de la tierra grandes cantidades de aguas pluviales á toda clase de profundidad.¹ y que algunas se hallan en el fondo de ciertas minas y grutas, las cuales no han podido llegar allá, sino atravesando masas de terreno de un espesor de muchos centenares de pies. «Es una observación constante de los minadores, en especial de los de Cornualles, que en las minas situadas en

1. Pluche, por uno de esos desvíos de que no pueden siempre preservarse los buenos autores, afirma sin ninguna restricción, que *las aguas de la lluvia que penetran dentro de la tierra van al mar aunque se hallen mucho más abajo que su nivel.*—Poco después repite la misma aserción por dos veces distintas, bien que en términos diferentes, y cita algunas corrientes subterráneas de agua que efectivamente conducen sus aguas al mar por conductos más bajos que su nivel. (*Espectáculo de la naturaleza Conversación XXI*.) Si ese naturalista hubiese observado las cosas de cerca, hubiera visto, como yo, que las aguas de la lluvia que caen en el interior de los continentes y empapan la tierra, no van á salir más allá de los arroyos que hay cerca de ella, ó de los ríos más cercanos, y sólo van al mar por debajo de tierra aquellas que caen sobre terrenos poco distantes del mar.

medio de ciertos terrenos calizos, el agua aumenta en las galerías más profundas, pocas horas después que ha empezado á llover en la superficie de la tierra. La fuerza de los manantiales que salen de tierra al pie de las escarpas verticales de terrenos calizos gredosos, aumenta mucho inmediatamente después de la lluvia.» (Arago, *Noticia sobre los pozos artesianos.*)

Todo lo que puede decirse en general sobre esta materia, es que todas las veces que los meteoros acuosos han derramado sus aguas sobre la tierra, estas aguas durante las primeras horas no bajan sino á una profundidad muy insignificante. La primera capa es la que está más empapada, la segunda lo está un poco menos, y menos todavía la tercera; de modo que las capas de tierra se hallan tanto menos humedecidas cuanto están más profundas.

La cantidad de agua que puede recibir en su interior una masa determinada de terreno, varía también mucho, y no puede compararse á la que puede contener otra masa de iguales dimensiones, pero que es más ó menos porosa. Por ejemplo, un metro cúbico de terreno muy esponjoso, puede absorber cien veces, mil veces más agua, que otro metro cúbico muy compacto: así se ve á menudo que, de dos montañas que tie-

nen á poca diferencia la misma altura y la misma extensión, la una da veinte veces, cien veces, y mil veces más agua de fuente que la otra.

Hay todavía otra causa, pero exterior, de la desigualdad entre los manantiales que producen dos terrenos de la misma naturaleza y de igual extensión; tal es cuando el uno está cubierto de árboles y el otro no. Así, la superficie, la constitución, la configuración del terreno y la cantidad de agua pluvial que cae sobre los dos terrenos pueden ser á poca diferencia iguales, y ser diferente el volumen de los manantiales que ellos producen: porque todo terreno cubierto de árboles produce manantiales más abundantes ó más numerosos que aquel que no los tiene.¹ Es-

1. «La proximidad de los bosques ejerce una influencia muy grande sobre el estado de la atmósfera, así como la ejerce también muy grande sobre los manantiales que se hallan dentro de su terreno. La destrucción de los bosques, facilitando la eveporación de las aguas, suspende su infiltración, y hace por lo mismo que se sequen los manantiales.» (Héricart de Thury, § 199.)

«Se observa en los lugares en que se han hecho desmontes de alguna extensión, que los arroyos disminuyen de volumen, porque después que se arrancaron los céspedes, las tierras movedizas, arrastradas á los terrenos bajos, han dejado en descubierto las hiladas de rocas de que están formadas las montañas. Así es que la lluvia no hace más que pasar rápidamente por ellas para ir á engrosar de un golpe los ríos; cuando antes, recibida por las tierras cubiertas de céspedes que había en la superficie de las cordilleras, sólo salía de sus flancos poco á poco y lentamente para formar manantiales que, desparramándose gradualmente, mantenían los arroyos

ta causa es muy real, pero no es más que secundaria, y por lo general se exageran sus efectos, de manera que no debe creerse que un terreno está desprovisto de manantiales, porque no está cubierto de árboles. No hay duda que la falta de árboles hace munguar los manantiales, pero no los destruye, ó no destruye sino aquellos que tienen poquísima agua.

Cuando las lluvias y los otros meteoros acuosos caen sobre la tierra, encuentran en ciertos puntos terrenos impermeables, y en otros puntos terrenos permeables.

Los *terrenos impermeables* son aquellos que el agua no puede penetrar, y sobre los cuales se ve forzada á escurrirse ó detenerse en los huecos que encuentra. Los principales terrenos de esta clase son las rocas macizas, ciertas rocas de agregación, las arcillas y las gredas. Estas dos últimas especies, mezcladas en cierta cantidad con terrenos naturalmente permeables, los vuelven impermeables.

Todas las rocas macizas, estratificadas ó no, de mucha extensión, sin fisuras verticales ni

«todo el año. Lo que parece más cierto es que los manantiales se agotan más pronto que antes en los distritos en que «las montañas están al descubierto á consecuencia de los desmontes.» (*Estadística del departamento del Lot*, por Delpon, tom. I, págs. 117 y 121.)

oblicuas, ó que las tienen tan estrechas que el agua no las puede penetrar, son rocas impermeables. De este número son los granitos, los pórfidos, los gneis, los micasquitos, los cuarzos, las sienitas, los asperones, los protógines, etc. El conocimiento profundo de este corto número de rocas puede poner á cualquiera en estado de discernir las otras rocas impermeables. Siendo estos terrenos impenetrables por las aguas pluviales, no pueden jamás producir manantiales por sí mismos; sin embargo, cuando están cubiertos ó entremezclados con capas permeables, que pueden sólo ellas, recibir, filtrar y hacer salir otra vez las aguas pluviales, en este caso las capas impermeables concurren poderosamente á la formación de los manantiales por cuanto impiden á las aguas el que bajen á grandes profundidades, las reúnen, las llevan sobre sí, y las transmiten fuera de tierra.

Llámanse *terrenos permeables* aquellos que las aguas pluviales pueden penetrar más ó menos profundamente. Estos terrenos son de tres clases. Los unos se componen de rocas no estratificadas, divididas en pedruscos y fragmentos de todas formas, separados los unos de los otros por hendeduras ó rajadas que tienen toda especie de direcciones; otros se componen de ro-

cas de estratificación casi horizontal, divididas por fisuras verticales en pedruscos prismáticos y de poca extensión; y otros, por fin, son terrenos desagregados ó detríticos. Las aguas pluviales penetran estas tres especies de terrenos de diferente manera.

1º Los principales terrenos que se componen de rocas no estratificadas, hendidas en todas direcciones, y bastante desunidas para dar paso al agua, son: ciertos bancos de gneis, las esquistas mezcladas de mica, los filados, las serpentininas, los trapps, ciertas gredas, los espejuelos, etc. Como las aguas pluviales que caen sobre estas rocas no pueden penetrar en el interior de los pedruscos ó fragmentos sólidos que las componen, mojan solamente las superficies y los ámbitos de los pedruscos, se introducen poco á poco en todas las hendeduras verticales y oblicuas que encuentran, por extrañas que sean sus direcciones, y bajan constantemente y con lentitud hasta la capa impermeable que se halla siempre más abajo en profundidades muy variables.

2º Las aguas pluviales que caen sobre rocas de estratificación casi horizontal, y divididas por fisuras verticales en pedruscos de poca extensión, tampoco pueden humedecer el interior

de estos pedruscos, y no pueden mojar más que la superficie y los costados. Como no se halla casi ninguna hilada que esté perfectamente á nivel, y todas las de una misma estratificación concuerdan ordinariamente entre sí, las aguas corren sobre los pedruscos, y siguen su declive hasta que encuentran una fisura vertical que les permita bajar sobre la hilada inferior. Como cada fisura vertical de la hilada superior cae de ordinario sobre el centro de un pedrusco de la hilada inferior, las aguas siguen la inclinación de los nuevos pedruscos hasta su extremidad inferior, en donde encuentran una nueva fisura vertical que les permite bajar sobre la hilada inferior, y así consecutivamente de hilada en hilada hasta la capa impermeable que sostiene toda la masa estratificada. Las principales rocas estratificadas permeables son: los asperones, las calizas, las gredas sólidas, etc.

Es muy común la persuasión de que los manantiales ocultos se hallan en profundidades extraordinarias, y este error se ha acreditado en muchos lugares con motivo de la profundidad que ha tenido que darse á ciertos pozos que se han abierto á la ventura. No obstante, escogiendo el lugar de una excavación con discerni-