

rigir las galerías de tal manera que no encontrarán ninguno de ellos. Podrán á lo más interceptar algunos hiletos de agua insignificantes que van á reunirse con los manantiales, ó bien algún manantial cuya corriente se halla desviada; pero este último caso es extremadamente raro. Cuando ellos deban hacer excavaciones para sacar piedras, sal gemma, yeso, etc., este mismo estudio les hará conocer que no deben abrir las canteras ni las galerías sobre corrientes de aguas subterráneas, á fin de preservar aquéllas de la invasión de las aguas.

CAPÍTULO XVI.

PUNTOS EN QUE DEBEN HACERSE LAS EXCAVACIONES.

No todos los puntos de la línea por donde pasa un manantial debajo de tierra son igualmente ventajosos para ponerlo de manifiesto. En ciertos puntos de su curso se halla muy cerca de la superficie del suelo, en otros se halla muy profundo; y tal es muchas veces su pro-

Cuando una montaña se termina en una meseta espaciosa, muy poco inclinada, y cubierta de algunos metros de terreno permeable colocado sobre una capa impermeable, es raro el que no haya allí un manantial que vaya á salir hacia el medio de la meseta ó en el punto más bajo de ella. Las lluvias que caen con mucha más frecuencia sobre las montañas que sobre las llanuras bajas, la grande extensión de las mesetas y la constitución ordinariamente favorable del terreno de la superficie, producen allí algunas veces manantiales de no poca consideración, que en realidad no tienen sino algunos metros de terreno sobre el punto de su desembocadero. Hasta se ven allí lagos, que recogen de la parte de arriba y de los dos lados no pocos manantiales, cuyas aguas vierten aquellos en arroyos permanentes. Como los desembocaderos de estos manantiales y estos lagos no tienen sobre sí más que algunos metros de terreno, esto ha hecho que muchísimas personas, más ansiosas de lo maravilloso que aptas para hacer observaciones exactas, supusieran que estos manantiales están enteramente colocados en la cima de las montañas, y que por lo mismo no pueden proceder sino de montañas más elevadas mediante un sifón encorvado.

Si las mesetas que tienen un espacio suficiente, por ejemplo, 500 ó 600 metros, y, además, un terreno favorable, pueden producir manantiales proporcionados á su extensión, no sucede lo mismo con aquellas que son estrechas y no tienen sino unos 50 metros de extensión; en éstas no se ve manantial alguno, aun cuando fuesen favorables la constitución y la disposición del terreno, porque la falta de espacio es la causa de que no puedan formarse.

Las montañas cónicas y aisladas, cuya base tiene menos de 400 ó 500 metros de diámetro, cualquiera que sea su altura y su constitución, no pueden producir en su circunferencia sino manantiales de muy poco volumen, y las más de las veces no producen ninguno. Lo mismo debe decirse de las colinas prolongadas que no tienen, por ejemplo, más que 400 ó 500 metros de espesor en su base. Si la estratificación y al mismo tiempo las aguas se dividen por mitad en el eje de la colina, no puede ésta, por elevada que sea, producir sino manantiales pequeños y pocos; y muchas veces, si el terreno no es favorable, puede no producir ninguno; pero si la estratificación de la colina lleva todas las aguas á un lado, este espacio puede ser suficiente para formarlos de bastante volumen.

Manantiales en las vertientes.

En las vertientes de las montañas y de las colinas que tienen muchos kilómetros de grueso pueden hallarse manantiales de consideración. Antes de indicar los puntos más favorables que pueden hallarse en ellas, debe hacerse una observación que ha de preceder y aun dominar todas las otras, y es la inclinación de las hiladas que aquellas encierran.

Cuando una montaña ó colina prolongada tiene en la parte superior una meseta y está colocada entre dos vallecitos, la meseta está ordinariamente más inclinada hacia el uno que hacia el otro; y sus hiladas, cuando las tiene, están paralelas á la superficie de la meseta. Cuando la cresta de división se halla hacia la mitad de la meseta, las dos vertientes tienen cada una sus hiladas diferentemente inclinadas, sus pendientes son casi iguales, y cada vertiente lleva á su vallecito la misma cantidad de agua; y si la cresta se halla sobre ó hacia una extremidad, la ladera que hay debajo de ella es la más rápida, y algunas veces es escarpada. Las hiladas tienen en esta ladera sus extremidades dispuestas en forma de gradas. Unas veces aparecen aquellas al descubierto, y otras están cubiertas por el te-

rreno detrítico. Todas las aguas pluviales que caen sobre la meseta, siguen la vertiente que tiene la pendiente más suave, y van al vallecito que está más distante de la cresta. Así, pues, nunca deben buscarse manantiales en la ladera más rápida, porque sus hiladas, en vez de conducir las aguas del interior al exterior de la colina, no sólo recogen las que caen sobre la meseta, sino también las que caen sobre las gradas que salen á la cara de la tierra, y las conducen todas á través del espesor de la montaña hasta el pie de la ladera que tiene la pendiente suave. Sabiendo, pues, que las aguas que caen sobre una meseta bajan entre las estratas y siguen su pendiente, por grande que sea la distancia desde la cual se divisa la meseta, puede cualquiera indicar el lado hacia el cual están inclinadas las hiladas de que está compuesta la montaña, en qué lado hay manantiales, y en qué lado no los hay.¹

¹ Después de haber observado con atención durante muchos años esta disposición de las capas, y de haber profundizado esta otra observación, que se halla en el capítulo I: *Cada cima de una cresta de montaña es el punto de partida de dos ramales que toman direcciones opuestas, y cada garganta lo es también de dos valles opuestos*; todas las veces que me he hallado delante de una vertiente de una montaña, he podido, mediante el costado que veía, describir con bastante exactitud la vertiente opuesta que nunca había visto é indicar lo siguiente: «De lo alto de tal cima parte un ramal ó una colina que

No hay duda que puede suceder (y yo he visto ejemplos de ello) que las hiladas de las rocas, que regularmente deberían conducir las aguas hacia un valle, se hallan fracturadas verticalmente hasta la capa impermeable que las sostiene, y que ésta tiene una pendiente opuesta á la de las hiladas: entonces las corrientes de agua, en vez de continuar su curso del mismo lado de las hiladas, caen dentro de las hendeduras, bajan hasta la capa impermeable que les presenta una pendiente diferente, y retroceden para ir á salir al pie de la ladera más rápida; pero esto no es más que raras excepciones que no deben tomarse por regla.

«toma la dirección hacia la pendiente que nosotros no vemos; de tal garganta parte un vallecito que tiene á poca diferencia tal pendiente, y sigue tal dirección en la parte opuesta de la montaña;» y cuando el terreno es favorable á los manantiales, hasta he llegado á decir: «Partiendo de aquella garganta, y siguiendo el fondo del vallecito que hay en la otra parte de la montaña, después de haber andado á poca diferencia tantos metros, debe hallarse un manantial que tiene poco más ó menos tal volumen, y desde este manantial la pendiente cambia y se hace más suave.» En todos los departamentos que he recorrido, millares de personas testificarían estos hechos. Ahora que el lector está enterado de los datos sobre los que se apoyaban estas indicaciones, debe ver que eran muy fáciles de hacer: sin embargo, los espectadores las consideraban muy extraordinarias.

Hé aquí cómo dan cuenta de estas indicaciones los redactores de diarios que se habían hallado presentes:

La *Gaceta del Périgord*, de 16 de Noviembre de 1853. «Ordinariamente, al ver la vertiente de una colina, describe (M.

Cuando las laderas de pendientes rápidas son muy elevadas, teniendo, por ejemplo, 200 ó 300 metros de alto, y el terreno permeable que las cubre no tiene sino algunos metros de espesor, componiéndose todo lo restante de la ladera de terrenos propios para los manantiales, pueden en este caso formarse en ellas corrientes de agua que bajan hacia la base de esas laderas, pero no son ni abundantes ni numerosas.

Las montañas y colinas compuestas enteramente de arcilla, que tienen en la parte superior

«Paramelle), como si lo hubiera visto, los movimientos del terreno que hay en la vertiente opuesta.»

La *Gaceta del Berri*, de 27 de Setiembre de 1834: «Todos aquellos que se ocupan de agricultura han oído hablar de los buenos éxitos que obtiene el abate Paramelle buscando aguas vivas.... Sus conocimientos han adquirido tal grado de certeza y de precisión que, colocado en la parte de acá de una cuesta, puede, sin equivocarse, describir las ondulaciones y los accidentes del terreno de la vertiente opuesta, é indicar los manantiales que en ella se encierran. En los lugares que de son desconocidos, el Sr. Paramelle viaja siempre solo, porque la corriente de los ríos y la disposición de las tierras le sirven de indicios, con los cuales puede saber el lugar en que se halla, y encontrar otra vez su camino.»

El *Novelista de Pontarlier*, del 17 de Noviembre de 1844: «Al llegar el Sr. Paramelle á la aldea de los *Sarrazins*, del vecindario de Montlebon, declaró que era inútil pasar á la otra parte de la montaña para visitar los cortijos situados en la ladera opuesta á la en que él se hallaba, porque dijo que allí no había manantiales, sino que los había mucho más lejos, y muy abundantes. En efecto, se hallan á siete kilómetros del lugar desde el cual los anunciaba; y son tan abundantes, que suministran agua para hacer andar las máquinas de un establecimiento de aserrar.»

una meseta de caliza jurásica de bastante extensión, y de 8 á 15 metros de espesor, producen ordinariamente muchos manantiales al pie de la escarpa que forma el borde inferior de la meseta. Esto se verifica en especial cuando entre la capa caliza y la arcilla hay una capa de caliza margosa. Algunos de estos manantiales son visibles, pero la mayor parte están ocultos. La existencia de aquellos que están ocultos se conoce por el reducto que presenta la escarpa y por una ligera depresión ó pliegue que forma la arcilla enfrente de este reducto. Este pliegue de terreno está lleno muchas veces de trozos de roca que se han desprendido del reducto, y cubierto en algunas partes de plantas ó arbustos acuáticos. No se debe olvidar nunca de subir á la meseta calcárea para enterarse de su extensión y ver si es llana ó tiene pliegues. Cuando hay pliegues en la superficie, llegando cada pliegue al reducto en línea recta, indica el manantial que él allí conduce. Estos manantiales, que son siempre de buena calidad, son de poca entidad la mayor parte de ellos, y no son abundantes sino cuando la parte de la meseta que los produce tiene mucha extensión. Así, pues, se hallan manantiales en lo alto de las cuestas, cuando se hallan en ellas las condiciones de te-

rreno que acabamos de mencionar; pero esto no sucede con mucha frecuencia.

En un sinnúmero de lugares se ven brotar manantiales muy abundantes al pie de cuestras rápidas, elevadas y compuestas de terrenos desagregados. Los más de los propietarios que tienen sus casas hacia lo alto de estas cuestras, creen que se puede llegar á estos manantiales sin hacerse excavaciones muy profundas, y en esto se equivocan. Para que así fuese sería preciso que cada manantial corriese por debajo de la meseta paralelamente á su superficie y á poca profundidad, y que al llegar á la cornisa se precipitase en cascada hacia el pie de la cuestra, y esto es lo que no sucede, porque yo he comprobado muchas veces que las corrientes de agua subterráneas no tienen sino la pendiente ordinaria de las corrientes de agua visibles, y que las cascadas son tan raras en las unas como en las otras. De aquí se sigue que aquel que quisiese excavar hacia la cornisa de una cuestra para interceptar allí un manantial que sale á tierra en su base, escogería precisamente el punto más desfavorable de todo su tránsito, y se vería obligado á dar á la excavación casi tanta profundidad como altura tiene la cuestra.

Empezando ya en la cornisa, la pendiente de

la cuestra unas veces es lisa y sin ningún pliegue sensible, y otras veces compuesta de un solo pliegue de terreno; en otras partes está surcada de muchas depresiones y relieves más ó menos marcados. De estos surcos los unos van desde arriba hasta abajo, otros desaparecen al medio de la pendiente y otros toman allí principio y continúan hasta el pie de ella.

Cuando la pendiente de una cuestra es absolutamente lisa y sin ningún pliegue, lo que sucede rarísimas veces, no hay otro motivo para hacer la excavación en este punto más bien que en otro, sino el de la distancia de la cresta de división, porque es sabido que, cuanto más uno se aleja de este punto de división, tanto más considerable es la corriente de agua que se obtiene. Por lo mismo, si el punto en donde se quiere hacer la excavación se halla distante de la cresta, por ejemplo, 2 ó 300 metros; si la estratificación de las rocas conduce el agua hacia la superficie, y las hiladas que traen el agua son poco profundas, entonces será posible hallar allí una multitud de hiletos de agua que bajan de la cuestra y van muy cerca los unos de los otros; pero como no hay ningún vallecito ó pliegue de terreno para concentrarlos, no se halla ninguno que sea de alguna importancia. Cuando no hay

otro medio de procurarse agua, se hace al través de la cuesta una zanja horizontal y de una longitud proporcionada á la cantidad de agua que se quiere obtener. (Más abajo, en el capítulo XXVII, se hallará la forma que debe darse á esta zanja y al acueducto que allí debe construirse.) Estos hiletos de agua, así interceptados y bien recogidos, forman al fin, muchas veces, una corriente de agua bastante considerable, y en mis exploraciones me han suministrado no pocas veces medios de proveer de agua saludable y permanente á muchísimas villas populosas que sin esta zanja prolongada nunca la habrían tenido.

Si la cuesta forma una grupa estrecha y redondeada desde arriba hasta abajo, por poco convexa que sea, no se debe buscar agua en ella, porque no se hallaría sino muy poca ó quizá ninguna; pero si la grupa es muy ancha y tiene, por ejemplo, más de 500 metros de ancho, entonces forma una verdadera cuesta, y se puede hallar manantiales en ella, como luego se verá.

Si comparando los dos bordes laterales de la cuesta con el centro de la misma se advierte que este centro es un tantito más bajo que los lados, no se debe buscar el agua hacia los bordes, sino que debe hacerse la zanja en el centro, donde

hay una especie de *thalweg* bastante ancho, debiendo la zanja comprender toda su anchura.

Cuando en una cuesta se ven muchos pliegues de terreno que van de arriba abajo, la excavación que quiere hacerse debe verificarse en el *thalweg* de uno de ellos; y si el *thalweg* forma en la parte de arriba una pendiente más rápida que en la parte de abajo, la excavación debe hacerse precisamente al pie de la pendiente rápida y en el punto en que comienza la pendiente más suave.

Si un pliegue de terreno parte de la cornisa de la cuesta y desaparece enteramente antes de llegar abajo, debe hacerse la excavación al pie de la cornisa ó á lo menos tan cerca de ella como sea posible, porque esta desaparición del pliegue indica que la corriente de agua se va al interior de la cuesta á medida que va bajando.

Una de las señales más favorables que pueda haber de la existencia de un manantial en una cuesta, es cuando empieza en ella un pliegue de terreno y continúa hasta abajo. En efecto, todas las veces que hay un manantial visible en una cuesta, sale éste en medio de un pequeño circo que forma el principio del pliegue de terreno, y continúa corriendo exteriormente hasta el pie. Por lo tanto, el manantial oculto que se desea

hallar debe buscarse en el fondo de un hueco semejante y en un punto análogo.

Los puntos de una vertiente en donde los manantiales ocultos son más numerosos, más abundantes, menos profundos, y en los que su presencia está mejor caracterizada, se hallan en la línea costanera. Esto no quiere decir que se puedan hacer excavaciones indistintamente en todos los puntos de esta línea; muy al contrario, los puntos favorables no se hallan sino de trecho en trecho y en intervalos unas veces muy cortos y otras veces muy largos: es preciso, pues, tener mucho cuidado en saber conocer bien estos puntos.

En primer lugar debe evitarse el hacer la excavación en ninguno de los puntos en que la costanera da la vuelta á un ángulo saliente, porque las grupas de las montañas, de las colinas, de los estribos y de los espolones están destituidos de todo manantial. Debe evitarse también cuanto sea posible hacer la excavación en los trechos en que esta línea sigue el pie de una cuesta lisa ó muy corta, porque con una excavación ordinaria no podrían hallarse sino hiletos de agua de poca importancia, y las más de las veces no se encontraría ni uno, á menos de hacer una zanja prolongada. Aunque todas las

otras circunstancias del terreno sean favorables, debe, además, evitarse el hacer en esta línea excavación alguna en los parajes cubiertos de tierras desplomadas,¹ porque el grueso de esta capa haría que el manantial fuese tanto más profundo, cuanto más espesa fuese esta capa. Así es que debe hacerse la excavación en la línea costanera y en uno de los puntos siguientes, que cada uno verá serle más cómodo: 1º En la punta de un ángulo entrante, ó, por mejor decir, en su extremidad más remota; 2º, en la extremidad más remota de un lugar reducido que esté al nivel de la llanura y al pie de una escarpa; 3º; en la parte baja de un pliegue de terreno, ó bien de una barranca, y en el punto en que se cruzan su *thalweg* y la costanera; 4º, deben escogerse con preferencia los puntos en que se ven salir corrientes de agua en tiempo de fuertes lluvias, y aquellas también en que se ven cruzar arbustos ó plantas acuáticas.

Como á veces se hallan cuestras que están compuestas enteramente de rocas, cuando se escoge el punto de la línea costanera en que se quiere hacer la excavación, debe tenerse cuidado en no hacerla demasiado cerca de la base visible de la

¹ Véase lo que se ha dicho sobre las tierras desplomadas en el capítulo VII.

roca, porque su pendiente superficial continúa ordinariamente debajo del terreno de transporte. Si después de haber comenzado la excavación se ve que ésta ha caído sobre la base de la roca, debe, en tal caso, hacerse más atrás, repitiendo muchas veces esta operación, si necesario fuere, hasta que se vea que se halla precisamente al pie de la pendiente subterránea de la roca, y está colocada sobre capas de roca ó de tierra casi horizontales.

Errores de óptica que deben evitarse.

Nosotros tenemos, dice Brisson (*Físic.*, número 1,211), una infinidad de ilusiones de óptica, ó errores de la vista, de que no podemos preservarnos. Por el efecto de uno de estos errores, un hombre que se halla en un barquichuelo en medio de un estanque, en lugar de ver la superficie del agua horizontal, como efectivamente lo es, se imagina siempre que se eleva alrededor de él; y si este hombre se coloca á la orilla del estanque, le parecerá que la superficie del agua forma un vallecito, cuyo eje llega hasta tocar sus pies, y este vallecito aparente andará y se detendrá á medida que él ande ó se detenga.

Del mismo error es víctima el hidróscopo cuando hace sus operaciones en medio de una

llanura aplanada ó lisa, y enteramente descubierta. Así, pues, debe tener muy presente este error de óptica que siempre le hace ver como más bajo el punto donde él se encuentra, y que se eleva por todos lados el terreno que le rodea; por manera que podría creer que se halla en el centro de un grande embudo de boca muy ancha, pero lo que le desengaña es el ver que este centro se mueve al mismo tiempo que él. Cuando hace sus operaciones en un pliegue de terreno extremadamente poco deprimido, que tiene una llanura de algunas decenas de metros de ancho, y en la cual las aguas pluviales no han dejado ninguna señal de *thalweg*, si mira sucesivamente las dos pequeñas vertientes, le parecen más rápidas de lo que realmente son, y que los dos planos van á unirse bajo sus pies. Si echa la vista sobre el pliegue de terreno; tanto á la parte de arriba como á la de abajo, éste le parece más deprimido de lo que lo es en realidad, y cree ver un vallecito prolongado, cuyo *thalweg* pasa siempre por debajo de sus pies. Cuando por fin atraviesa esta pequeña llanura, le parece que el *thalweg* camina y se detiene al mismo tiempo que él, y le es imposible librarse de estas ilusiones.

Por lo tanto, á fin de preservarse de los erro-

res á que pudiera ser inducido por estas falsas apariencias, debe el hidróscopo en este caso, para hallar el verdadero *thalweg*, ir hacia la parte de arriba del pliegue de terreno hasta que vea un punto en donde el *thalweg* ha sido marcado por las aguas pluviales, plantar allí un piquete, dirigirse en seguida hacia la parte de abajo para hallar allí también los rastros del *thalweg* y plantar allí otro piquete. Es muy raro el que esos rastros del *thalweg* no se hallen á una corta distancia. Entonces se conoce que la línea que indican los dos piquetes es la que sigue la corriente de agua subterránea, y que, por lo mismo debe hacerse en ella la excavación.

Examen de los manantiales que por sí mismos salen de tierra.

Después del estudio de la teoría, el mejor medio de conocer los puntos más favorables para poner á descubierto los manantiales, es visitar durante algunos meses un número muy considerable de manantiales, que naturalmente salen de tierra. En cada uno de los manantiales que encontrará el joven hidróscopo, examinará el volumen de agua que tiene, las capas permeables que hay sobre él y la capa impermeable que

lo conduce fuera de tierra, la naturaleza de dichas capas y la inclinación que tienen. Después recorrerá con detención toda la parte superior del vallecito ó del pliegue de terreno que produce el manantial, examinará su perímetro, su *thalweg*, el terreno de transporte, su constitución, su estratificación, las pendientes de las cuestas; y, en una palabra, procurará hacerse cargo de todas las circunstancias del terreno en las que cada manantial se forma, anda y sale de tierra. Después de haber examinado la parte superior, cuando baje seguirá el *thalweg* para ver si el agua del manantial, después de haber andado sobre la tierra cierto trecho, vuelve á entrar debajo de tierra por infiltración ó por alguna abertura, y va á salir otra vez más abajo para formar allí una nueva fuente. Observará, en fin, cuando el caso se presente, cuántas veces la misma agua aparece y desaparece antes de llegar á la corriente de agua superficial y permanente dentro de la cual va ella á echarse.

Cuando el joven hidróscopo haya examinado de esta manera algunos millares de manantiales, sacará esta conclusión general: *Que éstos se forman, corren y se producen de diferente modo según los diferentes terrenos; y que en cada especie de terreno guardan cierta uniformidad. Verá,*