

nantiales, se observan atentamente los puntos en que el agua llega en mayor cantidad, y se rodean estos puntos de toneles abiertos por sus dos extremos para proteger el manantial contra el fango y la grava.

Algunas veces el hervidero del agua no es bastante enérgico para indicar claramente el emplazamiento más conveniente de los toneles. En este caso los fontaneros milaneses abandonan la zanja asimismo durante un año, y después de este tiempo colocan los toneles en los puntos en que la abundancia de berros presenta la mejor vegetación.

Muchos grandes canales de Lombardía están, en parte, alimentados por manantiales artificiales obtenidos como acabamos de indicar. En muchos sitios sería susceptible de aplicación este procedimiento.

El drenaje vertical descrito (pág. 63), permite en ciertas circunstancias procurarse, casi sin gastos y saneando el suelo, bastante agua para el riego de un prado de cierta extensión. Se han hecho ya numerosas aplicaciones. La investigación de aguas por medio de galerías subterráneas, que no son otra cosa que drenajes muy profundos, son aún uno de los medios empleados para obtener aguas para los riegos.

Se podrían citar muchas investigaciones de agua ejecutadas de un modo análogo.

**PRESAS SUBTERRÁNEAS.** Debemos citar también, entre los medios de procurarse el agua, las presas subterráneas, obras basadas en un principio análogo á los anteriores, pero cuyas reglas de construcción son más uniformes y más fáciles de formular.

Para fijar las ideas, consideremos un caso muy sencillo y que se presenta con frecuencia. Muchas corrientes de agua torrencial corren por un gran cauce abierto en una roca compacta é impermeable. El fondo del cauce está lleno de guijos y pedazos de roca, cuya masa forma un conjunto perfectamente permeable. Durante las crecidas el agua llena el cauce por completo y corre á cielo abierto. Después de la crecida el volumen de agua que llega de las partes superiores se filtra lentamente á través de la masa permeable de rocas y guijo; no se ve agua en la superficie y se dice que el torrente está seco. En realidad el fondo del cauce contiene muy á menudo una pequeña corriente de agua subterránea que no se agota ni aún durante los más grandes calores: esto sucede en muchos ríos de España. Esto expuesto, si se abre una zanja á todo el ancho del cauce en la masa de guijos y piedras, y se llena esta zanja de una pared impermeable, apoyándose perfectamente sobre la roca compacta, se comprende que las aguas que se filtran lentamente bajo el suelo se detendrán y podrán ser conducidas á la superficie, ó derivadas por un canal convenientemente dirigido.

Lo que acabamos de decir de un cauce abierto en la roca y lleno de guijo, se aplica naturalmente á todas las aguas subterráneas que caminan en un suelo más ó menos permeable, reposando sobre un suelo suficientemente impermeable. Si el suelo impermeable presenta un pliegue bien caracterizado, bastará cerrarlo con una presa impermeable para detener las aguas y poder introducir las en un canal cuya pendiente se calcula de manera que venga á desembocar al aire libre en el punto más conveniente. Si la capa impermeable presenta una superficie plana, es preciso dar á la presa una forma curva, de manera que forme en cierto modo una especie de estanque subterráneo. Algunos sondajes permiten siempre reconocer bastante bien la forma de la superficie impermeable para trazar de la manera más conveniente la forma de la presa que se va á hacer.

La forma de ejecución de la presa depende de su importancia y del valor de los materiales de que se dispone.

Ciertas tribus árabes del pié del Atlas se limitan á llenar las zanjas hechas en el lecho

## CAPÍTULO XI

### Manantiales y pozos (1).

**PLAN.** Después de haber examinado la utilización del agua de los ríos ó de la lluvia, bien por canales, bien por pantanos ó balsas, nos corresponde entrar en el estudio de otros medios de buscar agua para el riego, si no tan importantes por la magnitud de las obras, al menos de gran interés por referirse á casos mucho más numerosos y que compensan de esta suerte la pequeñez relativa de cada uno de ellos.

Examinaremos sucesivamente, con este objeto, la inteligencia de los manantiales, la de los pozos, ya ordinarios, ya artesianos, describiendo su perforación con los detalles suficientes para que sean comprendidos. Al tratar de los pozos ordinarios citaremos el empleo de las regaderas como procedimiento sencillo, pero muy eficaz, de refrescar y fortalecer las plantas.

Entre los manantiales incluiremos el drenaje, é indicaremos la aplicación de las aguas de éste para el riego. Dejaremos para el capítulo inmediato todo lo referente á máquinas elevatorias de agua, pues si bien se aplican en muchos casos á los pozos, sirven también para subir el líquido directamente de los ríos ó para efectuar desecamientos.

Como quiera que el uso de la regadera, rociando las plantas, depende de depósitos que se hacen con manantiales ó pozos, describiremos aquí este medio. También trataremos del riego especial del arbolado y viveros, pues éste se efectúa por los medios auxiliares que se describen en este capítulo. Con estas cosas completamos lo que se dijo en el VII.

**AGUAS DE MANANTIALES.** El empleo de las aguas de fuentes naturales para los riegos no exige ninguna explicación particular, pero conviene mencionar algunos de los medios empleados para utilizar las aguas subterráneas, creando verdaderos manantiales artificiales.

En Italia se suele emplear para reunir las aguas subterráneas y emplearlas en los riegos, el procedimiento siguiente: Se abre una zanja que alcance al nivel que salen los ma-

(1) Para lo relativo á pozos artesianos, se ha consultado el *Dictionnaire des Arts et Manufactures* por Lavoisier.

de guijo del torrente con una especie de empalizada, separadas por capas de arena fina. Se concibe que semejantes obras necesitan un entretenimiento frecuente, pero á falta de materiales es muchas veces una fortuna poder recurrir á ellos.

Cuando el cauce es estrecho y es fácil proporcionarse cal hidráulica, lo mejor es hacer la presa de argamasa. El agua queda completamente estancada, y las obras, sostenidas por la masa que las rodea, puede resistir con muy pequeñas dimensiones. La mayor parte de nuestros torrentes montañosos darian lugar con ventaja á la ejecucion de trabajos de esta especie.

Cuando la presa subterránea debe tener una extension grande, sería demasiado costoso construirla de mampostería. Se hace entonces de tierra grasa, mezclada con guijo y apisonada con mucho cuidado. Si el terreno impermeable está á una gran profundidad, se abren pozos en la línea de la presa y se les reune por galerías cuyo fondo rompe algo la capa impermeable, los cuales se llenan despues con los materiales que deben formar la presa. Cuando es necesario recurrir á este sistema, bastante dispendioso, de ejecucion, lo mejor es muchas veces hacer de fábrica la galería, como un túnel, haciendo de piedra seca el pié derecho de la parte superior y de mampostería hidráulica el zampeado y el pié derecho de la parte inferior que forma verdaderamente la presa.

Las obras que acabamos de describir sumariamente son por desgracia bastante poco conocidas, porque podrian prestar grandes servicios conduciendo á la superficie volúmenes considerables de agua que corren improductivamente bajo nuestros piés y algunas veces á poca profundidad.

No nos cansaremos de llamar la atencion sobre ellas á los ribereños de torrentes y arroyos en España, que suspiran frecuentemente por agua para los riegos y no ven la que corre inútilmente bajo sus piés, pudiendo aprovecharla con poco gasto.

Hay quien pretende poder hallar los manantiales investigando la forma del terreno y las plantas que vegetan: estas últimas dan indicios de los sitios húmedos. En cuanto á la forma del terreno, se necesitan muchos conocimientos geológicos y gran práctica en el asunto. En Francia se hizo célebre el abate Paramelle en estas investigaciones, y ahora goza de gran fama el abate Richard.

**AGUAS DE DRENAJE.** Las aguas de drenaje son excelentes para los riegos; el ácido nítrico que contienen casi siempre en alguna proporcion, las hacen extremadamente fertilizantes. Conviene utilizarlas con el mayor cuidado para el riego de las praderas. Desgraciadamente los drenajes no proporcionan siempre el agua en las estaciones en que son más necesarias para los riegos. Conviene, por consiguiente, cuando las localidades lo permiten, recoger las aguas de drenaje en depósitos para utilizarlas en las épocas más favorables.

Segun la importancia del caudal dado por los tubos, se vierte constantemente el agua que proporcionan sobre la pradera, ó bien se procede por represadas, con ayuda de pequeños depósitos. Las explicaciones dadas en el capítulo X, dispensan de detenernos ahora en esta cuestion. Podríamos citar un ejemplo de este caso, pero lo omitimos en gracia á la brevedad y por exigir su aplicacion condiciones especiales.

**ELECCION DE SITIO PARA UN POZO.** Todos saben que se designa con esta palabra una excavacion más ó ménos profunda, de forma generalmente cilíndrica, en el fondo de la que se reunen las aguas subterráneas que se sacan diariamente para las necesidades de la vida. No tenemos intencion de entrar en detalles sobre la forma de excavacion y amurallado de los pozos, que son la especialidad de los obreros que se llaman *poceros* en algunas localidades;

queremos establecer solamente en qué principios naturales se funda la reunion de las aguas del suelo en el fondo de los pozos y las condiciones más ó ménos favorables á su establecimiento que un suelo dado puede ofrecer á sus habitantes, es decir, precisamente las consideraciones de que ménos se preocupa nadie antes de comenzar este trabajo, emprendido siempre algo aventuradamente.

Toda el agua que humedece el suelo y que corre por su superficie se debe á las lluvias anuales, más ó ménos abundantes, segun la latitud; estas aguas se infiltran en su espesor, y van á penetrar á mayor ó menor profundidad, segun la naturaleza de sus capas y sus disposiciones naturales, y allí se detienen hasta que encuentran una salida.

Diremos solamente que las capas terrestres, consideradas bajo el punto de vista exclusivo de la penetracion de las aguas en su espesor, pueden dividirse en capas permeables é impermeables. Las primeras son por excelencia las arenas más ó ménos puras y casi todas las calizas; las segundas son las rocas compactas, y principalmente aquellas en que domina la arcilla. En el número de estas rocas deben comprenderse los granitos, las margas arcillosas, las gredas, etc.

Se comprende que naturalezas tan diferentes de rocas no sean penetradas á la misma profundidad por las aguas pluviales, y que, por consiguiente, la profundidad que ha de darse á los pozos para encontrar el agua, no puede ser la misma en todos los terrenos.

Así pues, en un suelo arenoso ó de caliza pulverulenta, ó de caliza porosa, será preciso con frecuencia cavar hasta 40 ó 50 metros para conseguir un nivel permanente de agua, en tanto que se obtendrá este mismo resultado en un suelo compacto, margoso por ejemplo, á algunos metros solamente bajo la superficie del suelo, lo que hace por una parte que estas clases de suelos se saturan hasta el exceso de humedad, y por otra, que una vez empapados de agua no den tanta á la evaporacion como los suelos porosos.

Sin embargo, estas reglas generales están sujetas á una porcion de modificaciones que obedecen á dos causas principales. La primera de estas causas es la alternativa, la sucesion de capas permeables é impermeables en el espesor del suelo, si bien, por ejemplo, una superficie porosa puede tener por sub-suelo á una pequeña profundidad un asiento de greda ó de marga arcillosa, y por consiguiente el agua se concentra á una distancia relativamente pequeña de esta superficie, ó á la inversa, una superficie arcillosa recubrir una arena ó una caliza porosa profunda, que colocará al experimentador en condiciones diametralmente opuestas. De donde resulta que, para sentar los datos preliminares del trabajo, sería indispensable asegurarse primero de la naturaleza del suelo y del sub-suelo. En países llanos, el solo medio de conocerla es un sondaje directo; en un país de colinas y valles, es raro que no se puedan observar estas alternativas sobre las pendientes, donde las capas vienen habitualmente á terminar y denunciar sus diferencias mineralógicas por los rezumos, sobre todo en la estacion de las lluvias.

**ACCIDENTES DEL TERRENO.** La segunda causa que modifica tambien notablemente las reglas generales, es el sitio mismo de las várias capas que constituyen el suelo.

No debe creerse, en efecto, que estos asientos estén siempre regular y horizontalmente depuestos unos sobre otros; afectan, por el contrario, con mucha frecuencia posiciones inclinadas, á veces en ángulo demasiado pronunciado, á veces en un mismo sentido, y otras en sentidos divergentes. Se comprende en seguida qué influencia capital deben tener semejantes disposiciones en el camino subterráneo de las aguas infiltradas en el suelo y cómo producen probabilidades diferentes de éxito, segun el punto en que es necesario obrar.

Finalmente, una última consideracion bastante importante aún es la posibilidad de la existencia en los alrededores de pozos por abrir, de fallas ó rupturas verticales de las capas del suelo, de sifones naturales, etc., que pueden arrastrar rápidamente las aguas subterráneas hácia un nivel muy inferior, agotando así las capas en que se hubiera podido esperar hallar un depósito permanente.

De cualquiera manera que sea, un pozo profundo, y cuyo depósito inferior corresponderá por consecuencia á una masa más considerable de suelo, necesariamente empapado de una cantidad de agua relativamente mayor, tendrá, en igualdad de circunstancias, más probabilidades de darla más fresca en verano que los pozos menos profundamente cavados.

Haremos observar aquí que la necesidad de encontrar un manantial en el fondo de un pozo, es decir, una especie de filon de agua subterránea continua, es para muchos cultivadores una condicion absoluta de éxito para este pozo. Estos casos son, por el contrario, bastante raros, y no se acierta con los alumbramientos de esta naturaleza sino por casualidad y muy excepcionalmente, y no son del todo indispensables para mantener el agua permanente en el fondo de los pozos, puesto que afluyen en general de todos los puntos de su contorno á cierta profundidad.

Es tambien un error muy acreditado que los pozos abiertos en los valles no serian buenos si su fondo no estuviese elevado al nivel del lecho del rio próximo, cuyas aguas se supone de este modo que vienen á alimentar el depósito del pozo. Ahora bien, las aguas de los rios que corren sobre un terreno tapizado del limo arcilloso que arrastran constantemente, no humedecen el suelo de al rededor sino en muy pequeño espesor, y reciben más bien un tributo perpétuo de aguas filtradas en el suelo de sus orillas más elevadas que su lecho. Generalmente, pues, estas últimas, que vienen del llano ó de las pendientes vecinas, alimentan los pozos ribereños, salvo en un pequeño número de casos particulares que no merecen tenerse en cuenta.

Una de las consideraciones más importantes para el establecimiento de un pozo, es sin contradicción la calidad de las aguas que se sacarán de él. Pero bajo este punto de vista es necesario sufrir las condiciones impuestas por la naturaleza misma del suelo. Las mejores aguas de pozo provienen de los terrenos en que domina la arena arcillosa: los terrenos formados de rocas calizas, silíceas y porosas suministran igualmente buenas aguas, pero las cretas margosas y las margas les son ménos favorables y les dan generalmente un gusto fangoso sumamente desagradable.

No hablaremos de la eleccion del sitio de emplazamiento de los pozos con relacion á los edificios próximos: es muy importante á la verdad, pero debe bastar el más pequeño discernimiento para evitar colocarlos en un punto en que su brocal puede ser invadido por las aguas de las cuadras y de los basureros, cuyo líquido, cargado de miasmas infestos, se esparcen á menudo por la superficie del suelo.

COLOCACION Y FORMA DE LOS POZOS. Tenemos que distinguir en la construccion de un pozo dos períodos: la excavacion hasta encontrar el agua, y el revestimiento de las paredes; pero antes vamos á decir algunas generalidades y cuestiones preliminares sobre los pozos. Se elige para la colocacion de un pozo, en igualdad de circunstancias, lo más cerca que sea posible, y si es para usos domésticos en el centro de un patio, ó bien en el punto que exija más agua, cuidando si hay varios pisos sobre él que la han de utilizar, hacerlos de modo que puedan taladrarse. Se colocarán tambien, como ya hemos dicho, lejos de los conduc-

tos de aguas sucias. Son cilindricos, y generalmente de seccion circular que es la que para igual existencia necesita ménos fábrica para su revestimiento.

Se usan ventajosamente para profundidades hasta de 30 piés, pero no deben admitirse á no ser que no haya necesidad de ellos y carencia de otros medios de obtener agua para profundidades próximas á 80 piés. Cuando no se sabe el punto preciso que exija ménos profundidad para hallar la capa de agua, servirán de indicio los pozos inmediatos, si bien teniendo en cuenta la oblicuidad de las capas del terreno; si no hay pozos próximos sólo podrá guiarse el estudio de éste por su naturaleza y forma.

ENTIVACION. Consiste esta operacion en sujetar las paredes del terreno, cuando despues de hecho el replanteo se procede á la excavacion. Para los terrenos buenos se exigen á lo más unos tablones sujetos entre sí por medio de codales y maderos perpendiculares á éstos, dejando huecos para el paso de materiales, obreros y extraccion del agua. Cuando el terreno es malo, por ejemplo, de arcilla removida, de acarreo, etc., se colocan marcos que, suponiendo la seccion del pozo cuadrada, se componen de cuatro maderos ensamblados en sus extremos. Estos marcos distan entre sí de 4<sup>m.</sup> á 4<sup>m.</sup>5; contra ellos van los tablones que solapan para impedir la entrada del agua; su grueso suele ser de unos 0<sup>m.</sup>03 y el lado de los maderos unos 0<sup>m.</sup>30. Cuando el terreno es muy malo, por ejemplo, arena con filtraciones de agua, se colocan muy próximos estos cajones y á veces superpuestos; colocando entre los tablones y el terreno, para evitar las filtraciones una capa de arcilla, ó mejor de hormigon hidráulico. Algunos prefieren seguir en este caso el sistema de coronas, que no exige entivacion alguna y que ha dado origen al empleo de tubos en los cimientos; unos obreros van cavando el terreno al mismo tiempo que otros van añadiendo la fábrica en anillos. Se ha presentado un sistema con aplicacion inmediata á los pozos de minas, en cuyo entivado ó encobrado entran marcos análogos á los anteriores, pero de hierro y que por ajustes á propósito pueden servir para pozos de distinto ancho. Los tablones van colgados á ellos por medio de gárfios que llevan éstos, y los marcos se unen entre sí por medio de pernos. Este sistema es ventajoso cuando hay que abrir en una misma localidad varios pozos. Tanto en él como en el anterior de marcos de madera, se colocan listones para evitar el choque de los cubos de agua y materiales.

AGUAS COLGADAS, DE PASO Y VIVAS. Al cavar un pozo ó efectuando la entivacion, pueden encontrarse pequeñas filtraciones y á notable distancia del punto destinado para el fondo, á las que los prácticos llaman *aguas colgadas*. Conviene tapar su salida, lo cual se efectúa colocando arcilla entre ellas y las tapas del entivado. Suelen encontrarse tambien aguas que vienen con gran presion y que llaman *aguas de paso*; éstas inundan rápidamente el pozo dando á veces lugar apenas para salir los operarios, pero luégo que sale la cantidad depositada cesa de producirse, por lo cual no es estimada ni utilizable. Hay finalmente, otras aguas que salen en cantidad notable, llamadas *aguas vivas* y son las que se utilizan: al llegar á ellas se hace trabajar día y noche el mayor número de obreros posible para extraerlas conforme se producen, y permitir las construccion necesarias para establecer la *caldera*, que es la parte más baja del pozo.

REVESTIMIENTOS. Cuando, como acabamos de indicar al final del párrafo anterior, se llega á las aguas vivas, se van sacando á medida que se producen, y se coloca, si el terreno es malo, un emparrillado, sobre el cual, ó sobre el mismo terreno si es bueno, se apareja un casquete esférico cóncavo de mampostería con grandes juntas y en seco, de 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> á 2 piés de espesor, ó bien dos muros inclinados hácia el centro. Esto constituye la caldera y sobre