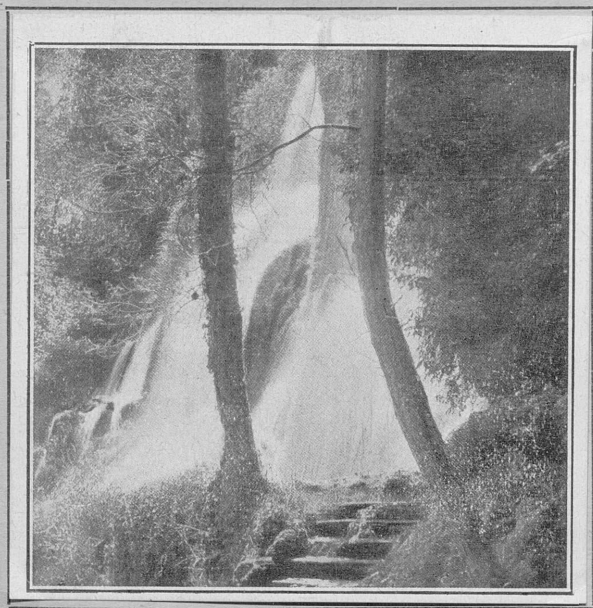


JESUS DE FEDERICO

Alumbramiento de aguas

(Cómo se descubre el agua subterránea
sin necesidad de aparatos.—Con 35 láminas.)

CUATRO PESETAS



SUMARIO

Nociones preliminares.—Hidrología.—Hidrogeología aplicada.—Artesianismo.—El agua.—Elevación de aguas.—Varillas y aparatos de investigación para reconocer las corrientes subterráneas.—Todos los procedimientos para alumbrar aguas.—Reconocimiento rápido y fácil de las capas hidrológicas ocultas.—Cómo se construyen las diversas clases de pozos.—Legislación de aguas.

BIBLIOTECA DE BOLSILLO

Colección selecta de obras literarias, críticas y filosóficas

- SHAKESPEARE: Tragedias. (Romeo y Julieta, Hamlet, El Rey Lear, Macbeth.) 12 pesetas.
- PLATON: Diálogos. (Hípias el Menor, Lisis, Lakes, Kármides. Apología de Sócrates, Critón, Eutífrón.) 10 pesetas.
- PLATON: Diálogos. (Protágoras, Gorgias y Fedro.) 10 pesetas.
- PLATON: Diálogos. (Ion, Menexeno, Filebo, Eutidemo, Cratilo.) 10 pesetas.
- LAS MIL MEJORES POESIAS DE LA LENGUA CASTELLANA (1151-1951). Ocho siglos de poesía española e hispanoamericana. 20 pesetas.
- BALMES: Filosofía elemental. 12 pesetas.
- BALMES: El Criterio. Historia de la Filosofía. (Las dos en un volumen.) 15 pesetas.
- HOMERO: La Iliada. 12 pesetas.
- HOMERO: La Odisea. La Batracomiomaquia, Himnos, Epigramas. 12 pesetas.
- REFRANERO ESPAÑOL. Colección de ocho mil refranes populares ordenados, concordados y explicados; precedida del Libro de los Proverbios Morales, de Alonso de Barros. 12 pesetas.
- POEMA DEL CID (Texto original y transcripción moderna. Con un mapa de las rutas cidianas.) 15 pesetas.
- SENECA: El libro de oro, seguido de los Pensamientos escogidos y del Tratado de los beneficios. 15 pesetas.
- DANTE: La Divina Comedia. 15 pesetas.
- LAS MEJORES PAGINAS DE LA LENGUA CASTELLANA.—Antología de prosistas. (Siglos X al XX. Mil años de literatura española.) 15 pesetas.
- LOS ESTOICOS.—Epicteto: Máximas.—Marco Aurelio: Pensamientos. Boecio: De la consolación de la filosofía. (Los tres en un volumen.) 12 pesetas.
- MILTON: El paraíso perdido. 12 pesetas.
- MAHOMA: El Korán. 12 pesetas.
- ERASMO: Elogio de la locura.—JUAN LUIS VIVES: Diálogos.—PEDRO MEXIA: Coloquios.—ISOCRATES: Parénesis. (Todo en un solo volumen) 12 pesetas.
- VIRGILIO: Obras completas. (Las Bucólicas. Las Geórgicas. La Eneida.) (Todas en un solo volumen.) 15 pesetas.
- FERNANDO DE ROJAS: La Celestina. (Tragicomedia de Calisto y Melibea.)—FELICIANO DE SILVA. (La segunda comedia de Celestina.) (Las dos en un solo volumen.) 12 pesetas.
- GOETHE: Fausto, Werther, Hermán y Dorotea. (Todos en un solo volumen) 15 pesetas.
- DARWIN: El origen de las especies por la selección natural. (Dos tomos que no se venden sueltos.) 20 pesetas.
- (Estos mismos volúmenes se venden elegantemente encuadernados en cartón y su precio aumenta en 5 pesetas cada uno.)
- CERVANTES: El Licenciado Vidriera. 15 pesetas. encuadernado.

JESUS DE FEDERICO
INGENIERO



Alumbramiento de Aguas

SEGUNDA EDICION

EDICIONES  IBÉRICAS

APARTADO 8085.- MADRID

Quedá registrado y hecho
el depósito que marca la ley.

IMPRESO EN ESPAÑA

MIÑON, S. A.—VALLADOLID

PRÓLOGO

¡Campos yermos de Castilla, pedregales aragoneses, abrasadas estepas manchegas..., faltos estáis del líquido vital, del agua divina, que, cual la sangre que enriquece y anima el organismo, podría convertiros en floridos vergeles y plétóricas vegas!

¡Páramos sois, desiertos abandonados por vuestra pobreza—que siempre la pobreza repele—, y, sin embargo, guardáis en vuestro seno, ocultos, veneros inagotables que podrían transformaros y convertiros en maravillosos jardines y en riquísimas huertas!

¿Quién os auxiliará?... ¿Quién hará circular por vosotros la savia de la vida?... ¿Quién será el mago prodigioso que consiga hacer trabajar a las aguas holgazanas, que por negarse a todo, hasta se niegan a apagar vuestra sed?...

* * *

España posee un sobrante de aguas inmenso, tan inmenso que bastaría para convertir en feraces las tierras más reacias al cultivo, en extensiones muchas veces superiores a la total de los territorios que posee, y para colmar de forma inigualada todas las necesidades públicas y privadas, agrícolas e industriales.

Sólo en el mar, y contando simplemente las que están a la vista, circulando por el cauce de nuestros ríos, perdemos diariamente más de 130.000.000 de metros cúbicos, o lo que es lo mismo unos 1.500 metros cúbicos, equivalentes a 1.500.000 litros por segundo.

¡Qué riqueza perdida!... y, sin embargo, ¡cuán inferior a la que va al mismo inmenso recipiente, o se pierde en las entrañas de la tierra, procedentes de depósitos o corrientes subterráneas! ¡Qué inmenso tesoro destruido por falta de utilización!

Claro es, que parte, una parte pequeña ciertamente de estas aguas, es aprovechada por canales y pantanos. Ciertamente también que las corrientes poco profundas alimentan muchos pozos comunes. ¿Pero qué es esto en comparación con el caudal total? ¿Cuánta mayor labor se podría obtener de ellas? ¿Cuántos prodigios podrían realizarse uti-

lizándose más intensamente para el abastecimiento de poblaciones e industrias, para el riego de nuestros campos, y para tantas y tantas necesidades hoy insatisfechas?

* * *

Las aguas superficiales, de aprovechamiento fácil en la mayoría de los casos, bien por derivaciones directas, bien por pequeñas elevaciones realizadas con auxilio de los diferentes sistemas de bombas, tienen, no obstante, el grave inconveniente de las dificultades de conducción a sitios apartados de los lechos por los que discurren; por lo que no siempre su utilización puede tener lugar en convenientes condiciones de economía, cuando no presentan ya, por cualquier otra causa, obstáculos que la dificultad extraordinariamente o la imposibilitan en absoluto.

Por la razón antedicha es conveniente siempre, y muchas veces necesario, recurrir a los veneros subterráneos, que debidos los más próximos a la superficie a filtraciones directas del agua de lluvia o de la procedente de cualquier otro origen, y los más profundos a la superposición geológica de extractos permeables e impermeables con afloramientos a la superficie, nos permiten disponer de grandes caudales de aguas, ascendentes o surtidoras, de mejores cualidades de potabilidad cuanto más profundas, y en mejores condiciones de aprovechamiento.

Todo trabajo que tienda a fomentar el desarrollo del alumbramiento y la extracción de las aguas profundas, realiza realmente una obra de engrandecimiento patrio.

A ayudar a esta interesante labor, verdadera cruzada en favor del agro, tan abandonado corrientemente, sin olvidar por ello el abastecimiento de las urbes, viene este tratadito, que intenta vulgarizar estas cuestiones, poniéndolas a la altura de todas las inteligencias, con el fin de que todos, al realizar actos que produzcan beneficios de carácter particular, mejorando en lo posible sus propiedades, sumen sus esfuerzos al fin común, que es el engrandecimiento de España.

* * *

"La Pequeña Enciclopedia Práctica", siguiendo sus esfuerzos constantes en bien de la cultura, no podía faltar en tan importante cruzada, y nosotros, al reconocerlo, no podemos menos de manifestarla nuestro agradecimiento por las facilidades que ha dado a nuestro trabajo.

PRIMERA PARTE

NOCIONES PRELIMINARES

CAPITULO PRIMERO

Cosmogonía

El origen de los cuerpos que constituyen el Universo, de los mundos de los cuales nuestra Tierra no es sino un humilde representante, es sin disputa el problema que desde más antiguo preocupa a la humana inteligencia.

Muchos sistemas religiosos y mitológicos y muchas hipótesis científicas han intentado investigarle, y así vemos que no hay pueblo alguno por rudimentaria que sea su cultura, que en mayor o menor grado no posea una Cosmogonía, unas veces fundada en la razón, y otras en meras idealidades, más o menos supersticiosas, desprovistas de toda base racional.

No nos ocupemos de todos ellos, que no tienen en esta obra su lugar adecuado, y menos dado su carácter elemental y vulgarizador, y concretémonos a los descubrimientos de la ciencia moderna.

Según la hipótesis de Laplace (confirmada hace pocos años por el ilustre físico Plakan, de forma experimental), en una época que pudiéramos llamar caótica, remotísima, existió, entre otras muchas, una nebulosa animada de un movimiento de rotación alrededor de un eje.

Todo lo que gira engendra con su movimiento dos fuerzas: una centripeta que tiende a lanzar toda la masa sobre el centro y otra centrífuga que por el contrario

pretende hacerla salir por la tangente. Cuando ambas fuerzas se contrarrestan y nivelan, es decir tienen la misma intensidad, la masa no sufre alteraciones; pero cuando una de ellas por cualquier causa interior o exterior llega a ser mayor que la otra, arrastra el conjunto tras de sí.

Estas alternativas de dominio, se sucedieron: Primero la fuerza centrípeta hizo caer toda la nebulosa sobre su centro. La fuerza centrífuga a su vez produjo desprendimientos parciales, dando lugar a masas menores, que por el que tenían originario se vieron forzadas a seguir un movimiento de traslación alrededor de la nebulosa principal al propio tiempo que giraban a su vez sobre su eje respectivo.

Habiendo caído cada una de las nebulosas así formadas sobre su propio centro, la materia cósmica se comprimió extraordinariamente, dando origen a una tan gran cantidad de calórico que los globos formados entraron en incandescencia.

Así quedó constituido nuestro sistema solar, cuya masa central está constituida por el sol, y las partes de ella desprendidas por los planetas (uno de los cuales es la Tierra), los que antes de comenzar a solidificarse sufrieron también desprendimientos que dieron origen a sus lunas.

Prescindiendo de los hipotéticos orígenes del Cosmos, o conjunto de mundos y concretándonos únicamente al planeta que habitamos, esto es a la Tierra, tenemos que ésta fué en su principio, según se desprende de lo anteriormente indicado, una masa gaseosa en estado de incandescencia.

Es evidente, y constantemente podemos comprobarlo, que todo lo que arde irradia a su alrededor parte de su calórico y por tanto tiende a enfriarse y a nivelar su temperatura con la de lo que lo rodea.

Esta ley general, alcanza como es natural a los cuerpos celestes, por cuya razón nuestro globo que no es sino uno de ellos, al esparcir irradiaciones calóricas en la inmensa frialdad de los espacios siderales, sintió disminuir el suyo propio, condensándose parte de sus gases y convirtiéndose en líquidos que rodeaban el núcleo incandescente.

Siguió su enfriamiento continuo y estos líquidos se vieron rodeados por una delgada capa sólida, especie de costra o de película que los recubría exteriormente, pero cuyo pequeño espesor al continuar el gradual descenso de la temperatura y comprimirse (pues como es sabido el frío comprime los cuerpos, esto es, los disminuye de volumen), comprimió a su vez a los líquidos y a los gases

que encerraba y se rompió con frecuencia, produciéndose en ella fracturas por las cuales las materias interiores se lanzaban al exterior, extendiéndose por encima de la superficie de la costra, aumentando de esta forma su espesor y dando lugar a los primeros relieves terrestres.

De estas explosiones, originadas por la salida de materias inflamadas, quedaron en estado de suspensión muchos elementos que formaban gases y vapores en la atmósfera. Parte de los primeros por el enfriamiento se condensó y cayó sobre la superficie, contribuyendo también a su formación. Los vapores se licuaron igualmente en parte, y descendieron sobre el terreno, dando origen a las aguas que buscaron su cauce para circular en las depresiones de la costra formada.

Millones y millones de años fueron precisos para estas transformaciones, hasta que al fin la Tierra tomó un aspecto muy semejante al actual.

CAPITULO II

Geología

La Tierra está formada. Consta de un núcleo central ígneo, en el cual todos los elementos por lo elevado de la temperatura están en ebullición. Sobre él una costra delgada forma la primer capa del terreno.

El fuego central constituye lo que se denomina la pirósfera. La película que le cubre es la que forma los terrenos primitivos.

Sobre ellos se van colocando nuevas capas, más modernas, debidas a la condensación de gases y a las materias arrojadas desde el interior. Las aguas, al circular, contribuyen también a la transformación, arrancando por su roce y por acción química, trozos de materia, que descompuestos y triturados llevan lejos de los puntos de origen, dando lugar a los depósitos sedimentarios.

Y así continúa la labor constante en un trabajar sin fin.

Aun cuando la vida en la Tierra es continuada, sin treguas ni descansos, no obstante en ella se pueden estudiar como independientes épocas distintas, fácilmente determinables por el predominio de un elemento o de una forma inorgánica en los tiempos primitivos o por el de estos mismos o una especie vegetal o animal después.

Estas épocas de terrenos distintos forman capas más o menos extensas, pero continuas y limitadas por caras sensiblemente paralelas entre sí, que se denominan es-

tratos y constituyen lechos o hiladas, tanto más antiguos cuanto más profundos.

Las formaciones más modernas proceden de sustancias o sedimentos arrastrados por cualquier causa, pero principalmente por las aguas que al discurrir los han arrancado de otros terrenos más antiguos.

Pueden, pues, dividirse los estratos que forman la materia sólida en dos grandes grupos: 1.º Terrenos no sedimentarios y 2.º Terrenos sedimentarios.

Los primeros, que son los que antes tuvieron origen, y constituyen los límites de dicha corteza con el fuego central, y los segundos que han sido sucesivamente depositados en distintas capas, procedentes de alteraciones y trituraciones, producidas por los agentes exteriores en los tramos que los han precedido.

Cada uno de estos grupos se dividen en eras o épocas, y éstas a su vez se subdividen en períodos. El orden de colocación en que aparecen es el siguiente:

PIRÓSFERA O FUEGO CENTRAL

1.^{er} GRUPO.—TERRENOS NO SEDIMENTARIOS.—Consta de una sola época: la arcaica; y ésta de un solo período: el primitivo. Como en el momento de su formación por estar directamente en contacto con la masa ígnea tenía un calor excesivo, la vida fué imposible durante aquellos tiempos, razón por la que no contiene fósiles de animales, ni aun de vegetales. Las rocas que les caracterizan son las graníticas, porfídicas y volcánicas, el gneis, la micacita y la talquita.

2.º GRUPO.—TERRENOS SEDIMENTARIOS.—Consta de cuatro épocas, que se conocen por las denominaciones de Primaria, Secundaria, Terciaria y Cuaternaria.

La ÉPOCA PRIMARIA consta de cinco períodos que son el Cambriano con esquistos y areniscas; el Siluriano con pizarras, esquistos y areniscas, y el Devoniano, Carbonífero y Permiano, todos los cuales poseen esquistos, calizas y areniscas. En la época primaria y aunque poco numerosos aparecen ya los primeros indicios de restos orgánicos, constituidos por fósiles de vegetales y animales, que son los más antiguos que conocemos.

La **EPOCA SECUNDARIA** consta de tres períodos: el Triásico, con margas, calizas y areniscas; el Jurásico, con margas, arcillas, calizas y areniscas, y el Cretáceo, con margas, arcillas, arenas, calizas y areniscas.

La **EPOCA TERCIARIA** consta de cuatro períodos, que son: el Eógeno, Oligógeno, Miógeno y Pliógeno, caracterizados los tres primeros por margas, arcillas, arenas, yesos y calizas, y el último por arcillas, arenas y margas. La fauna y flora que presentan sus fósiles, sin dejar de tener muchos puntos de contacto con la correspondiente a la época secundaria, presenta, sin embargo, caracteres muy diferentes de aquélla y tiene ya gran parecido con las especies actuales.

La **EPOCA CUATERNARIA**, que continúa en nuestros tiempos, consta de dos períodos: el Diluvial, caracterizado por arenas, arcillas, cantos rodados, cuarzos y limos (durante esta época habitó ya el hombre sobre la tierra, bien por haber tenido su origen en este período, o por proceder del último de la edad anterior), y el de Aluvión, al que corresponden las formaciones actuales.

ATMÓSFERA

La forma ideal de un corte del globo terrestre será por tanto el que aparece en la figura 1.

No quiere decir lo anteriormente indicado que, en todos los lugares que se examinen hayan de aparecer necesariamente todos estos terrenos, sino que siempre que aparezcan ocuparán el orden indicado, salvo en pequeñas extensiones debidas a excisiones, fracturas o corrimientos, producidos por presiones o levantamientos, a consecuencia de los cuales un trozo de un estrato puede accidentalmente introducirse más o menos en otro de época distinta.

Producidos los terrenos del segundo grupo por sedimentación, como su nombre indica, se comprende que ésta no se habrá realizado por igual en toda la superficie, sino que dichos sedimentos habrán siempre tendido a ocupar las depresiones, quedando al exterior en los puntos más elevados formaciones más antiguas.

Esta causa y la de los elevamientos y presiones laterales, ha dado lugar a que afloren a la superficie terrenos de todas las épocas, no siendo extraño, por tanto,

encontrar junto a formaciones diluviales o de aluvión, otras arcaicas, primarias, secundarias o terciarias.



Fig. 1

La salida a la superficie de estratos antiguos por levantamientos o presiones laterales, tiene por mecanismo la cesión al paso de las capas más duras que verifican, por razón natural, las más blandas, o por fractura en las de mayor coeficiente de dureza.

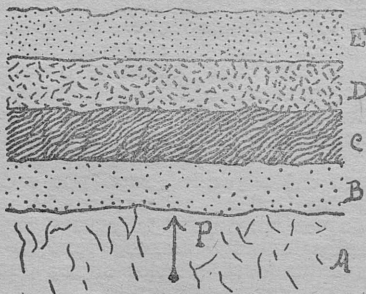


Fig. 2

Así la salida al exterior de una masa de granito A (perteneciente a los terrenos arcaicos), colocada bajo los cuatro estratos B, C, D, E (que suponemos correspondientes a las cuatro épocas sedimentarias), en la figura

2, cuando se origina una presión en P, comenzará por

curvar el conjunto, sin romperle, en virtud de la elasticidad, como puede observarse en la figura 3, hasta que, consigue partirla por dominar la presión a la elasticidad, dando lugar a la brecha CPQ de la figura 4, que terminará, si el esfuerzo continúa, por dejar paso a la masa A, como puede verse en la figura 5, hasta que por la acción de los elementos exteriores desaparezcan los salientes de los estratos, quedando formando el conjunto una elevación, en la que como se ve en la figura 6, los cinco estratos afloran a la superficie.

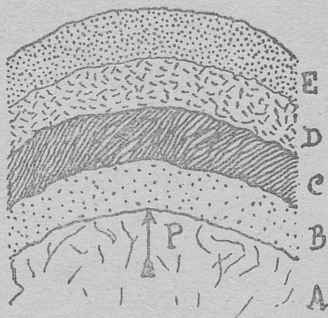


Fig. 3

El mecanismo indicado es el que ha dado lugar a la formación de las montañas, siendo de advertir que estos levantamientos, más que a movimientos que tengan la

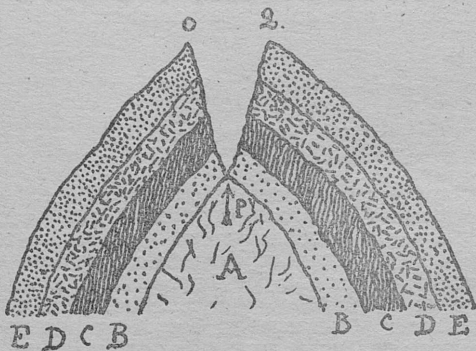


Fig. 4

dirección del radio del globo, son debidos a presiones laterales, como se ha podido comprobar experimentalmente.

La distribución de dichos terrenos, es muy desigual en España, por lo que no nos detendremos en ella, ya que para su exposición no bastaría la extensión total de este trabajo y que además puede fácilmente estudiarse en

cualquier mapa geológico y especialmente en el oficial, publicado en virtud de los trabajos realizados por cuenta del Estado; pero para guía de nuestros lectores creemos,

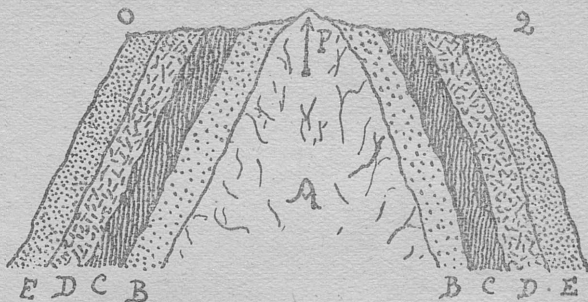


Fig. 5

sin embargo, preciso dar el pequeño esquema de la figura 7, que indica, por lo menos, la clase de formaciones dominantes en cada región de la península.

A más de todas las indicadas, hay otras muchas causas que ayudan a la denudación de los terrenos antiguos, cuyo estudio no cabe en un tratado elemental.

CAPITULO III

Hidrología

El globo terrestre podemos considerarle formado por cuatro elementos o partes distintas: Un núcleo interior constituido según muchas teorías por el fuego central (aceptando como buena su existencia, que aquí no podemos discutir); y tres que por tener vista al exterior podemos observar directamente, que son: la sólida, constituida por los terrenos (de la cual ya hemos tratado en el capítulo anterior); la líquida, formada por las aguas, y la gaseosa constituyente de la atmósfera.

El agua, objeto de la hidrología, puede presentar caracteres o estados distintos, que la hacen aparecer bajo formas que pudiéramos decir corresponden a los tres grupos: sólido (hielo, nieve, granizo, etc.); líquido (aguas corrientes, estancadas, etc.), y gaseoso (vapor).

Su estado normal a la temperatura media es el líquido. En esta forma se presenta en los mares, ríos, arroyos,

lagunas, etc., tanto superficiales como subterráneos, y puede caer de la atmósfera a la superficie en forma de lluvia.

A temperaturas inferiores a 0° centígrados, el agua se congela, solidificándose bajo la forma de hielo; pudiendo también presentarse como meteoro, como nieve o granizo.

Cuando la temperatura ambiente es más elevada que la del líquido acuoso, éste se evapora, dando lugar al

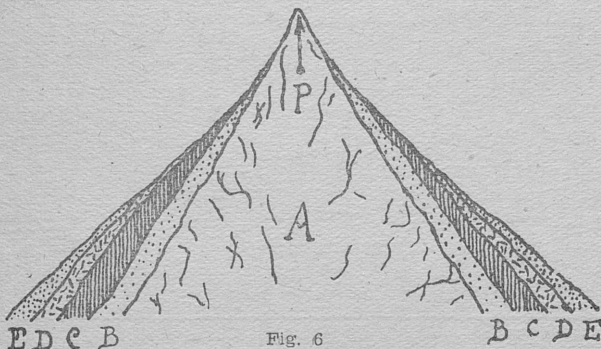


Fig. 6

vapor de agua que forma las nubes, nieblas, etc., y que aún sin aglomerarse siempre se encuentra en sustentación en el aire atmosférico, en mayor o menor cantidad.

Su composición química es muy variable, por los elementos extraños que pueden acompañarla; pero considerada pura es un compuesto de una parte de oxígeno y dos de hidrógeno, y tiene por tanto por fórmula atómica H_2O ; es líquida, transparente, incolora, inodora y sin sabor alguno cuando no contiene aire. Refracta la luz, disuelve muchas substancias, y se cristaliza por el frío y evapora por el calor.

El agua no sólo circula por la superficie de la tierra, sino que, debido a la porosidad de unos terrenos, y a las grietas y fisuras que otros presentan, se interna en su interior donde forma depósitos o corrientes; si bien estas últimas dotadas, en la mayoría de los casos, de pequeña velocidad.

Las causas ocasionales de la formación de estos venenos, son principalmente las lluvias que se filtran a través de las tierras permeables, hasta llegar a un estrato o capa impermeable, sobre el que se detienen, formando lagunas, si éste se halla en posición horizontal o tiene

concauidades, y circulando lentamente en la dirección del buzamiento (caída) y del extracto, si éste está inclinado.

Otras muchas causas pueden sumarse para la formación de estos veneros, entre las cuales pueden citarse las condensaciones directas, debidas a la que sufre el aire húmedo en las superficies frías que constituyen los inters-

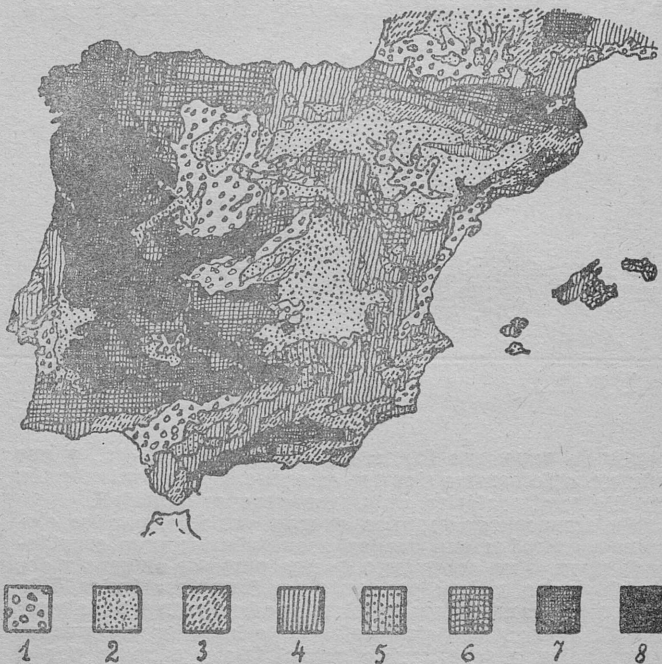


Fig. 7.—Esquema geológico de España

1. Aluviones cuaternarios.—2. Terciario continental.—3. Terciario marino.—4. Jurásico y cretácico.—5. Triásico.—6. Terrenos primarios, menos el cámbrico.—7. Gneis y pizarras cámbricas.—8. Diabasa, granito, sienita, etc.

ticios de las tierras; pero desde luego todas ellas tienen menos importancia, que la debida a las lluvias.

Estas, por filtración directa, dan lugar a las aguas someras o freáticas, poco profundas (e infeccionadas generalmente por detritus de naturaleza orgánica), las cuales alimentan a los pozos ordinarios,

Por filtraciones en afloramientos lejanos, que después circulan entre los estratos del terreno, se obtienen aguas más profundas y desde luego más potables casi siempre, las cuales pueden salir al exterior por manantiales naturales o es preciso extraerlas por procedimientos especiales. A estas aguas se las conoce con la denominación de aguas artesianas.

El régimen de lluvias que existe sobre un territorio determinado, influye sobre ambas clases de aguas; pero si

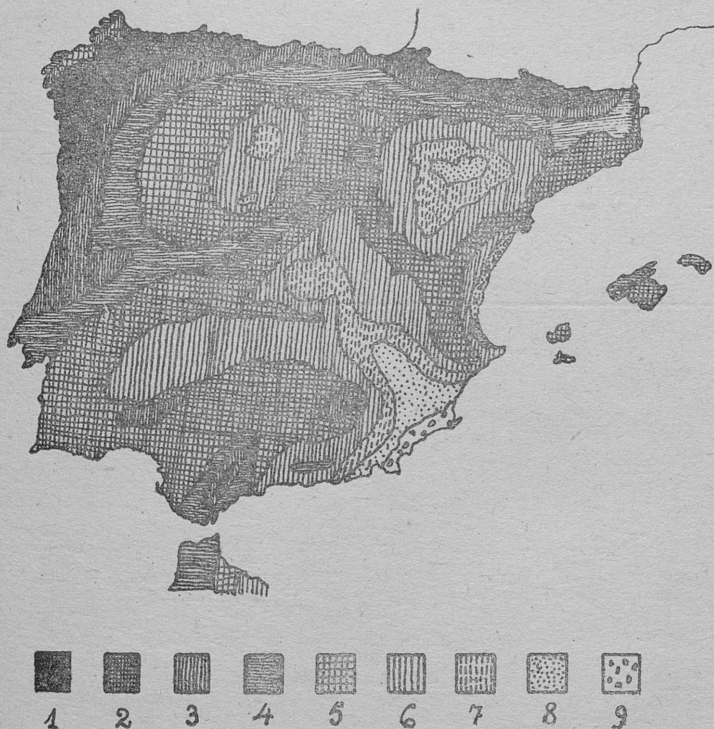


Fig. 8.—Esquema pluviométrico de España

(Luvia en m. m. por metro cuadrado: 1. Más de 1.500.—2. De 1.250 a 1.500.—3. De 1.000 a 1.250.—4. De 750 a 1.000.—5. De 500 a 750.—6. De 400 a 500.—7. De 300 a 400.—8. De 200 a 300.—9. Menos de 200.)

bien las artesianas por proceder de lugares lejanos sufren escasas variaciones en su caudal, no así las freáticas, que pueden llegar a desaparecer totalmente en épocas de extrema sequía, o a sufrir aumentos considerables en las lluviosas.

A reserva de dar en momento oportuno un cuadro de las lluvias medias que caen sobre cada punto de nuestra Península, remitidos al lector al esquema pluviométrico, formado con datos del Observatorio Meteorológico, que aparece en la figura 8.

SEGUNDA PARTE

HIDROGEOLOGIA

CAPITULO PRIMERO

Estratos permeables e impermeables

Se llaman estratos permeables a los que como las arenas, gredas y gravas, tienen gran porosidad y permiten por tanto el paso de los líquidos a través de una masa; recibiendo la denominación de impermeables los que carecen de esta facultad o la tienen muy disminuída, por impedir dicho paso la cohesión de sus moléculas, como sucede con las rocas volcánicas y graníticas, arcillas, pórfidos, etc.

Si suponemos ahora la coexistencia sobre una capa algo inclinada de estos últimos, de otra u otras de los primeros el agua que se filtre por razón de la lluvia o por cualquier otra causa, descenderá atravesando la masa porosa hasta llegar al estrato impermeable sobre el que se depositará, siendo arrastrada por la fuerza de la gravedad en la dirección del buzamiento, originando una corriente, como puede verse en la figura 9, la cual saldrá al exterior bajo forma de un manantial si encuentra un corte en su camino o continuará circulando hasta desembocar en un río, en un lago o en el mar en caso contrario.

Como según va caminando bajo el estrato permeable va recogiendo mayor número de filtraciones, se comprende que cuanto más avance en su camino, o sea cuanto más se aparte del punto de origen mayor será su caudal, estando por tanto éste en relación directa al cuadrado de las distancias a dicho punto, siempre que permanezca dicha corriente en su totalidad dentro de la misma zona pluviométrica.

El mecanismo indicado es análogo para las aguas someras que para las profundas, y es natural que si, en cualquier punto del manto acuoso que forman, se hiciera

un taladro en los estratos que las sirven de cúpula, podrían obtenerse desde luego nacimientos de agua.

CAPITULO II

Aguas freáticas

Son, como ya hemos indicado, las debidas a filtraciones directas y por lo tanto inmediatas al lugar donde las

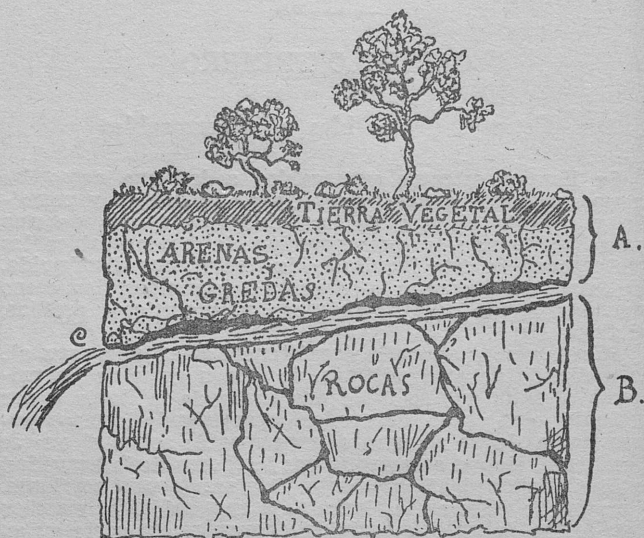


Fig. 9.—Corriente subterránea

(A. Terrenos permeables.-B. Terrenos impermeables.-C. Manantial.)

aguas se encuentran. Generalmente son someras, y su caudal depende constantemente de la cantidad de lluvia que cae sobre el territorio donde se hallan.

Su caudal es pequeño, por lo que unos pozos notan las influencias de otros próximos, que se alimentan en la misma vena, disminuyendo su cantidad con el aprovechamiento de éstos.

Sus condiciones de potabilidad no suelen ser satisfactorias, por actuar sobre ellas agentes exteriores e interiores de carácter orgánico, debidos en el campo a los abonos, y en las ciudades a emanaciones de cloacas y pozos negros, y en ambos casos a otros mil elementos perjudiciales.

Su aprovechamiento se verifica por pozos ordinarios de excavación, que siempre deben construirse con preferencia al mismo nivel o más bajo que el de los demás que puedan existir en la misma zona, pues el del líquido será el mismo en todos ellos, cuando se alimentan del mismo manto acuífero.

CAPITULO III

Aguas artesianas

Suponiendo que los estratos que forman los terrenos prácticamente horizontales en su origen, las presiones que posteriormente sufren, producen en ellos alteraciones de nivel a consecuencia de las cuales se originan pliegues entre los estratos, si bien continúan generalmente sosteniendo éstos su paralelismo entre sí.

Cuando se presentan casos semejantes a los que aparecen en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6, cada uno de los pisos B, C, D y E, quedan después del rompimiento con una parte de su masa al descubierto, es decir, afloran a la superficie. Análogamente sucede en los casos de aluviones parciales y en otros muchos.

Entonces si suponemos que los estratos C y E, sean permeables, la lluvia que caiga sobre ellos se filtrará, con tanta mayor facilidad cuanto mayor sea su porosidad, hasta encontrar los B y D que suponemos impermeables, y por la fuerza de la gravedad se originarán dos corrientes que seguirán la dirección del buzamiento, en los límites de dichos estratos, siendo una de ellas muy somera (la comprendida entre E y D) y correspondiente a las aguas freáticas, y otra más profunda (la comprendida entre C y B) correspondiente a las aguas artesianas.

La mayor o menor porosidad de los terrenos depende de su constitución molecular y fragmentaria principalmente, siendo según se deduce de los experimentos de Mr. Buckley, la siguiente, por 100 unidades de agua depositada sobre la superficie;

Marga arcillosa	de 40 a 50
Arena silicea	de 30 a 40
Arenisca	28,260
»	20,700
Caliza inferior magnesia	13,190
Caliza del Niágara	6,400
Arenisca	5,600
Caliza del Niágara	0,770
Granito	0,384
»	0,237

Es corriente que por la alternación de estratos permeables e impermeables, haya varias corrientes o mantos acuosos superpuestos, y en este caso, las aguas suelen ser tanto más caudalosas y potables cuanto mayor sea la profundidad a que circulen, a menos que influyan sobre ellas circunstancias extraordinarias.

Debemos advertir que las aguas profundas no siempre tienen salida a las corrientes o depósitos exteriores próximos, sino que no es extraño que pasen por debajo de ríos, lagos y canales, ni que se internen mucho subterráneamente bajo el mar.

Las cuencas subterráneas, superpuestas unas a otras, ocupan zonas próximamente paralelas a las superficies y siguen las ondulaciones del terreno cuando proceden de lugares de más alto nivel.

Como por los datos indicados al tratar de las figuras 2 a 6 puede verse, los afloramientos de los distintos estratos suelen estar tanto más elevados cuanto más antiguos, y se comprende que el agua al buscar su altura de origen tendrá tanta mayor fuerza ascensional cuanto más alto se encuentre el punto de procedencia, o sea cuanto más antiguo sea el estrato a que corresponda.

Esto que la práctica diaria comprueba, tiene fácil demostración si se tiene en cuenta la forma en que se verifica el fenómeno de filtración y circulación; pues si se contuviera la marcha del líquido por cualquier procedimiento y se pusiese un tubo con salida al exterior, tendríamos un sifón invertido, en el cual se verificaría la ley física de los vasos comunicantes, o sea que en el nuevo tubo, por razón de la presión hidrostática tendería al nivel primitivo (prácticamente un poco menor, por la resistencia del aire y el rozamiento de las partículas líquidas, sobre todo en caso de que el tubo no llegase a la altura total).

Así si suponemos en la figura 10 un depósito A, lleno de agua hasta el nivel que determina la línea M N, el que el líquido ocupará en los tubos B, C y D será también el señalado por la misma línea M N, mientras permanezca cerrado el orificio E.

Este nivel hidrostático, descenderá a ocupar la posición M P en cuanto el agua circule y salga por E. El nuevo nivel así obtenido recibe la denominación de nivel piezométrico o línea de carga.

Ahora bien, si como sucede en la figura 11, alguno de los tubos, D por ejemplo, estuviera limitado a la altura de dicha línea de carga, el agua se derramaría al exterior, mientras que

si otro B quedaba a menor elevación que dicho nivel piezométrico, el agua saltaría en forma de surtidor, conservándose sin alteración la del tubo C.

En lo anteriormente indicado se funda la extracción

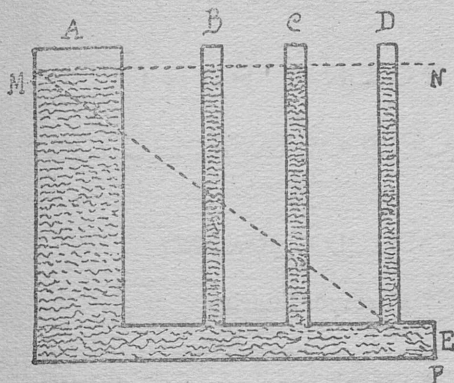


Fig. 10

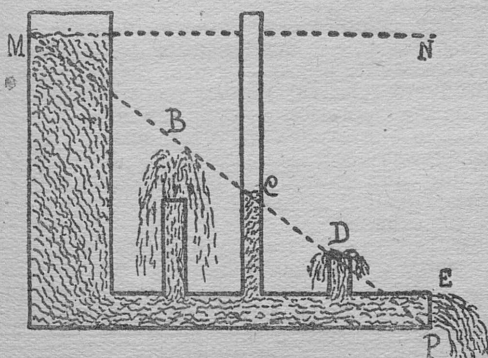


Fig. 11

de las aguas artesianas, una vez determinada la zona en que se encuentran y el tálweg o lugar por donde circulan,

TERCERA PARTE

HIDROGEOLOGIA APLICADA

CAPITULO PRIMERO

Pozos ordinarios

Puede considerarse que siempre que la composición de los terrenos que ocupan la superficie de una comarca es tal que permite la filtración de las aguas con facilidad, bajo ellos y a más o menos profundidad, han de encontrarse aguas freáticas en cantidad mayor o menor.

Estas aguas, que no obstante todos sus múltiples inconvenientes, son no obstante las únicas que en muchos puntos pueden obtenerse en cantidad suficiente para la atención de muchas necesidades, se extraen por medio de pozos ordinarios.

Ahora bien, como la capa impermeable suele estar paralela a la permeable, todos los pozos de una zona cuando no es excesivamente extensa es casi seguro tenga la misma profundidad relativa; pero a veces este último estrato tiene alguna depresión o levantamiento, que rompe el paralelismo, lo que explica las diferencias de nivel que se observan algunas veces, y hasta la no aparición del agua en sitios que, aun estando rodeados por pozos que dan más o menos caudal, aparecen como verdaderas islas en medio de un océano.

Sin embargo, lo corriente es que cuando en un territorio hay pozos que proporcionan este líquido, los demás que se construyan también le darán y aproximadamente a la misma profundidad, sobre todo si se eligen para su construcción los mismos o más bajos niveles.

La altura del agua en el interior de los pozos será la misma que la de la capa acuosa a que pertenezcan. Al extraerla el nivel interior disminuirá y podrá en los de pequeño caudal, incluso agotarse fácilmente, precisando cierto periodo de tiempo (horas y a veces días) para volver a su nivel.

El caudal proporcionado por un pozo ordinario aumenta poco por el aumento que sufra su diámetro, por lo que todos suelen tenerle de 1 m. a 1 m. y medio generalmente, siendo más económica la construcción de dos pozos de una misma capacidad, que la de uno sólo de capacidad doble.

La forma de estos pozos depende del medio que haya de emplearse para su agotamiento y del objeto a que se les destine, pero generalmente es la cilíndrica de eje vertical.

Para construirlos se comienza por señalarlos sobre el terreno y se realiza la excavación con pico, azadón y espuerta, siendo conveniente rodear la boca con un tablado, a fin de evitar se destruce con el trabajo e impedir desmoronamientos.

Cuando la excavación va adquiriendo profundidad, se monta sobre ella un torno, que permita la rápida extracción de tierras y facilite el servicio interior. Si el terreno es flojo se va reforzando con cadenas de madera, de hierro o de palastro y tableros costeros sujetos por las mismas.

Al llegar a la zona permeable se continúa profundizando con dragas de cuchara, manejadas desde un andamio colocado en la cadena inferior y se verifica el agotamiento con cubos o con una bomba si fuese necesario, siguiendo así hasta que se llegue de nuevo a la capa impermeable.

Algunas veces se profundiza una parte en este estrato a fin de que se acumule en él una cantidad de agua, constituyendo este trozo de la excavación la verdadera caldera, nombre que algunos hacen extensivo a la cavidad total en que se encuentra el líquido.

Aunque algunas veces no se reviste el pozo con ninguna clase de materiales, es sin embargo conveniente, y aún necesario en terrenos flojos el revestimiento.

Este puede hacerse de fábrica, pero dejando orificios en la parte permeable; o bien recubriendo lo que corresponde a la caldera con piedra en seco.

Cuando no se verifica el total revestimiento debe llevar una cadena de hierro o de palastro en la parte inferior, sobre terreno permeable, que quedará apoyada sobre estacas, clavadas en posición horizontal.

Esta cadena debe llevar un travesaño que la cruce en la dirección del diámetro (o del eje menor si fuera el pozo de forma elíptica), en el caso de ser accionado por una noria, con objeto de separar los dos ramales del rosario y evitar que se enreden en el interior.

El corte de un pozo ordinario es el que aparece en la figura 12.

Los aparatos dedicados al agotamiento se montan unas

veces en el interior y otras en el exterior del pozo, según el sistema que se elija.

Cuando se instalan en la boca, se pone en ésta una barandilla de fábrica, llamada brocal, que le circunda,

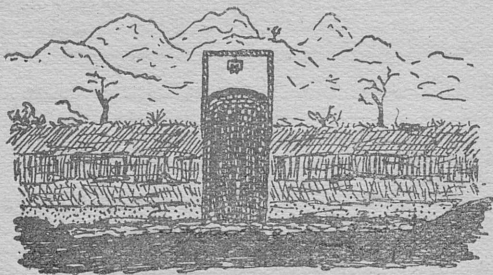


Fig. 12

con objeto de evitarla caída y de facilitar el manejo. Además se montan dos postes verticales, unidos por un travesaño horizontal, o simplemente un poste con un travesaño reforza-

do en forma de horca, en los cuales se coloca el torno o la polea.

Los pozos deben poseer una tapa de metal o de madera, de una o dos hojas, que funcionen con charnelas, y permitan tenerlos cerrados cuando no se usan, y a ser posible durante el trabajo mismo, para evitar se contaminen las aguas por agentes exteriores.

Para el aprovechamiento de esta clase de pozos, pueden utilizarse no sólo poleas, tornos y norias, sino también otros muchos aparatos (principalmente bombas), accionados por cualquier clase de fuerza, animal o mecánica.

* * *

Ya hemos indicado que la proximidad de otros pozos comunes y las condiciones permeables del piso, casi garantizan el resultado satisfactorio de una nueva excavación (si bien al aumentar considerablemente el número de éstas disminuirá el caudal de todas); pero además existen otros síntomas de la humedad superficial que pueden tenerse en cuenta cuando se trata de construir un pozo ordinario, entre los que figuran la presencia en el terreno de ciertas plantas y de algunos animales.

Las más importantes plantas hidrófilas son los juncos, que comprenden varias especies. También lo son los llamados árboles de ribera (chopos o álamos, sauces, mimbreras, alisos y saúcos). De menos importancia existen otras muchas plantas, como la Hepática de las fuen-

tes, y el Culañtrillo de pozo (*Adiantum Capillus Veneris*, L), que aparece en la figura 13; todos los cuales, si bien indican la existencia de capas freáticas, no pueden garantizar que su caudal sea suficiente para ser aprovechado.

En cuanto a los animales, cuando la capa freática está muy próxima a la superficie suelen encontrarse limacos, sapos, gusanos de tierra e insectos voladores; pero su presencia no tiene gran importancia para la investigación, pues aparecen igualmente, aun cuando dicha humedad sea debida a la proximidad de un estrato impermeable, sin que exista un manto acuoso apreciable.

CAPITULO II

Galerías subterráneas

Las aguas freáticas, no sólo pueden beneficiarse por la construcción de pozos ordinarios, sino también por galerías subterráneas de filtración.

La forma de construcción de estas galerías es semejante a la de las galerías poco profundas de las minas dedicadas a la extracción de minerales.

La elección entre los pozos y las galerías subterráneas siempre suele preferir los primeros, si bien depende del coste del caudal que haya de obtenerse.

La forma de construcción de estas galerías es semejante a la de las galerías poco profundas de las minas dedicadas a la extracción de minerales.

La elección entre los pozos y las galerías subterráneas siempre suele preferir los primeros, si bien depende del coste del caudal que haya de obtenerse.

La cantidad de agua proporcionada por un pozo es, desde luego, mucho más considerable que la correspondiente a la misma medida lineal de galería.

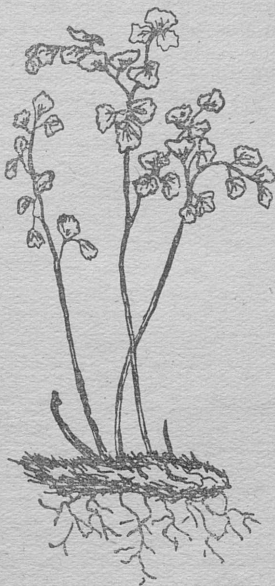


Fig. 13

Cuando la profundidad a que se encuentra el agua no es superior a 20 m. y el terreno fácil de excavar resultaría mucho más económico el pozo que la galería, pues aun suponiendo el caso máximo, si el primero tenía 20 m. para obtener el mismo caudal con galería sería preciso realizar una excavación de 454 metros de ésta.

Sin embargo, en casos muy excepcionales y teniendo en cuenta que la potencia de la capa acuosa sea grande en comparación con el caudal que se pretenda aprovechar, o sea cuando haya de deprimirse poco la capa del líquido, puede quizás convenir la construcción de galerías en lugar de pozos.

En general es preferible, por muchos conceptos y sobre todo por su economía la excavación de un pozo a la de una galería.

CAPITULO III

Manantiales

Los manantiales son alumbramientos generalmente naturales o producidos por cortes de terrenos con motivo de cualquier clase de obras: desmontes, construcción de carreteras o de ferrocarriles, laboreo de minas, etc.

Se producen los manantiales al quedar al descubierto los límites de estratos permeables e impermeables por entre los que circula una corriente subterránea. Su corte vertical es el mismo que aparece en la figura 9.

Muchas son las clases de manantiales, pero podemos considerarlos agrupados en dos principales: ascendentes y descendentes.

Son manantiales ascendentes los que procediendo sus aguas de niveles superiores encuentran un obstáculo en su camino y saltan sobre la superficie para formar las fisuras por donde circulan una especie de sifón invertido y serles aplicables la ley ya estudiada al tratar de las figuras 10 y 11.

Los descendentes son los que encuentran un corte en su camino natural.

Tanto unos como otros pueden tener su salida al exterior o verificarla en el interior de cavernas subterráneas o de minados.

En la explotación minera se presentan con gran frecuencia los manantiales al hacer los cortes para la construcción de galerías, o al verificar la extracción de los minerales, hasta tal punto que constituye una de las labores auxiliares más importantes, la que tiene por objeto el desagüe de las minas.

Otra de las divisiones de los manantiales es la que se

basa en la forma de acumulación de sus aguas. En virtud de ésta los manantiales se denominan exurgencias cuando proceden de infiltraciones por fisuración (fractura), y sus aguas se han ido acumulando interiormente; resurgencias cuando proceden de aguas que han seguido un curso superficial y después de desaparecer subterráneamente, en todo o en parte, vuelven a salir a la luz; y fuentes cuando han pasado al interior por la porosidad de los terrenos permeables.

Los manantiales, por razón de su caudal pueden ser permanentes (cuando la cantidad de agua que reciben es igual a la que manan), pudiendo ser este caudal constante o variable. También pueden ser efimeros (cuando tras manar grandes cantidades de líquido se secan al poco tiempo).

A más de las clases ya dichas los manantiales pueden ser intermitentes e intercalares.

El aprovechamiento de los manantiales depende de su caudal y de las condiciones en que afloran a la luz. Así pueden usarse para el riego cuando se presentan en sitios altos, para mover maquinarias cuando están dotados de gran velocidad o caen de gran altura, para abastecimiento de poblaciones cuando sus aguas están dotadas de suficiente potabilidad, etc.

Los aparatos que en cada caso se utilizan para realizar estos servicios dependen igualmente de la clase de aquel a que se dediquen, y su estudio no tiene lugar apropiado en este tratadito por corresponder más bien al de cada uno de los referidos objetos de aplicación.

CAPITULO IV

Manantiales intermitentes, intercalares y mixtos

Cuando los conductos subterráneos toman la forma de sifón, con la rama de salida convexa, dan lugar a los manantiales o fuentes intermitentes, como el que se representa la figura 14, en la que A y B figuran las principales filtraciones. C la caverna donde se deposita el líquido y E la salida al exterior.

El mecanismo de estas fuentes es el siguiente: Por las filtraciones A y B va entrando el agua en la caverna C, introduciéndose al mismo tiempo por el brazo corto del sifón, pero sin salir al exterior hasta que el nivel del líquido llega a la línea MN, en cuyo momento, alcanzada la parte más alta de dicho sifón, comenzará a derramarse por el brazo largo. Entonces el nivel descenderá en la caverna y el agua cesará de salir, hasta que el líquido

vuelva a alcanzar la mencionada línea MN, instante en que de nuevo comenzará a manar, y así sucesivamente. A estas alternativas de salida y no salida del agua es a la que deben estos manantiales la denominación de intermitentes.

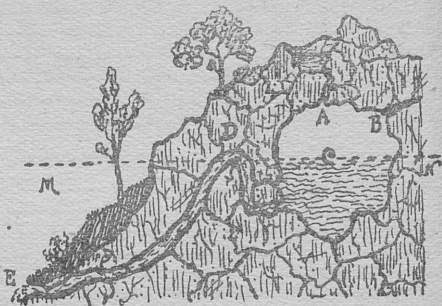


Fig. 14

Cuando un manantial intermitente tiene además del brazo corto del sifón D, otra salida inferior F (figura 15), que desemboca en el brazo largo, pero insuficiente para dar salida al caudal total en estiaje, manará siempre algo de agua

(la que circula por dicho conducto F), y luego de pronto gran caudal, como pasa en las intermitentes. Estos manantiales reciben la denominación de intercalares.

A más de los indicados, existen manantiales mixtos, esto es, que durante

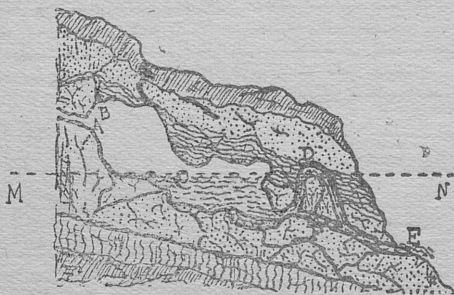


Fig. 15

épocas determinadas corren a chorro constante y durante otras son intermitentes. El mecanismo de ellos es el mismo que el de los intermitentes, diferenciándose de ellos únicamente porque la cantidad de líquido que reciben es igual que la que sale en unas épocas y menor en otra.

La utilización de todos ellos es la misma que la de los demás manantiales, si bien los de estas clases, por su

inconstancia, suelen usarse, frecuentemente, para llenar grandes depósitos, de posterior utilización.

Cualquiera que sea la clase de los manantiales pueden utilizarse en el lugar mismo en que se presenta, o en otro cualquiera al que se lleven sus aguas por canalización, siendo preciso, en caso de que la utilización se haya de verificar en sitio de mayor nivel, elevar a dicha altura el líquido con el auxilio de bombas.

CAPITULO V

Pozos instantáneos, abisinios o tubulares

Cuando debido a la favorable predisposición del terreno se comprende la existencia de agua próxima a la superficie, puede recurrirse, en lugar de a los pozos ordinarios de excavación, a los denominados pozos instantáneos, por la rapidez de su construcción (en la de algunos sólo se ha tardado cuatro o cinco horas), y llamados también abisinios (porque en Abisinia fueron usados, por primera vez, por los soldados ingleses de ocupación, que se procuraron con su auxilio el agua que necesitaban), y tubulares por estar contruidos por un tubo introducido en el suelo hasta alcanzar la capa acuosa.

Su importancia es muy grande; pues en los casos de aguas muy someras puede realizarse su construcción por muy poco coste. Pero cuando se manifiestan más sus ventajas, es cuando existen dos o más capas acuosas superpuestas y próximas a la superficie, siendo alguna de ellas inútil para el uso por falta de potabilidad, o por hallarse contaminadas.

Entonces, si suponemos el caso que se presenta en algunos pueblos costeros de Levante, en los que existe

una capa freática a 2 ó 3 metros de profundidad, y otra de aguas ascendentes a 15 metros, tendríamos que para

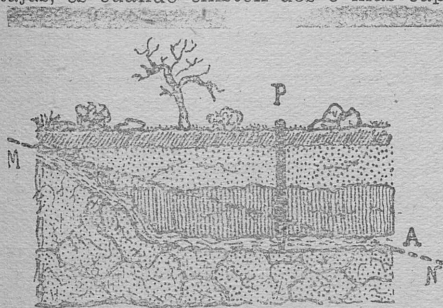


Fig. 16.—A. Manto acuoso.—P. Pozo instantáneo.—MN. Nivel piezométrico

una capa freática a 2 ó 3 metros de profundidad, y otra de aguas ascendentes a 15 metros, tendríamos que para

aprovechar cualquiera de ellas bastaría realizar la construcción de un pozo ordinario.

Ahora bien, para la utilización de la primera capa este pozo no necesitaría revestimiento alguno por su escasa profundidad, y resultaría verdaderamente económico; pero sus aguas carecen de las necesarias condiciones, por lo que es preciso continuar la excavación hasta encontrar la segunda corriente de 15 metros de profundidad, siendo preciso revestirle de mampostería, a fin de evitar la contaminación de estas nuevas aguas por las correspondientes al alumbramiento superior. El coste de construcción resultaría por tanto elevadísimo.

En cambio, por el procedimiento de pozos instantáneos será sumamente económico.

Veamos en qué consiste esta clase de pozos: Si en un terreno blando (arena, gredas, etc.), se introduce un tubo hueco (a golpe de martinete o de machina) hasta que llegue a la capa acuosa, el líquido tenderá a subir por dicho tubo, hasta su nivel piezométrico, que casi siempre será inferior al del terreno, por lo que quedará a alguna profundidad bajo el suelo, como puede verse en la figura 16.

Entonces el agua se elevará por una bomba aspirante cuando sea poca la altura, o por una aspirante-impelente, cuando sea algo mayor.

Y esto es todo, y con ello casi queda explicado al propio tiempo el procedimiento de su construcción. Daremos, sin embargo, algunos detalles más de ella.

Para instalar un pozo instantáneo, se suele utilizar tubería roscada de unos 5 cm. de diámetro, en una longitud total de 10, 15 ó 20 metros, o en general los que se precisen, según la profundidad a que se encuentren las aguas. Esta tubería estará formada por trozos de unos tres metros de largo, que se atornillan unos a otros.

En la boca del primer tubo se coloca, también enroscada, una punta maciza y aguda de acero, que sirve para abrir paso a la tubería. Este primer tubo llevará también, en su primero o dos primeros metros, varias hiladas de agujeros de 3 ó 4 mm. porque penetrará el agua, cuando se alcance el lugar por donde circula.

En esta clase de pozos, el terreno cede al paso de la tubería, como cedería cualquier masa blanda al paso de un clavo, por lo que no es preciso extraer detritus de ninguna clase.

Para clavar los tubos se suele usar una cabria y un martinete, fijo éste entre dos guías, que llevará a este objeto la cabria, con el fin de no perder la verticalidad. Una vez introducido el primer tubo se enrosca el segundo, y se procede de igual manera hasta terminar la coloca-

ción, dejando el último de forma que sobresalga algo sobre el piso, para poder volver a extraer el conjunto cuando fuere necesario. Se monta después una bomba aspirante (o de otra clase), y a los pocos golpes comenzará a salir el agua.

Para evitarse el montaje de cabria y martinete, puede hacerse uso del procedimiento que se ve en la figura 17.

Consta esta instalación de una abrazadera A, que se coloca como obstáculo y sirve de apoyo a un cilindro B, hueco y de unos 50 kilogramos de peso, que (actúa sobre A como martinete) accionando por las cuerdas C y C', que pasan por las poleas D y D', colgadas de otra abrazadera E.

En este sistema cuando uno de los tubos queda introducido hasta la abrazadera A, se corre hacia arriba todo el mecanismo enroscando si es preciso el tubo siguiente. Entre otras ventajas de este procedimiento está la de evitarse el peligro de poder deteriorar las bocas de los tubos con el golpe directo.

Estos pozos no pueden construirse en terrenos de roca (porque no es posible atravesarla con el tubo), ni en los que haya cantos rodados (porque le desviarían y producirían su rotura).

El coste de un pozo de esta clase, con su bombita de jarro americana, no excede para una profundidad de tubo de 15 metros, de unas 250 pesetas.

El caudal que con ellos puede obtenerse es generalmente suficiente para las atenciones corrientes y para el riego de fincas no muy extensas. Cuando se dediquen a otros servicios, que precisen cantidades mayores de agua

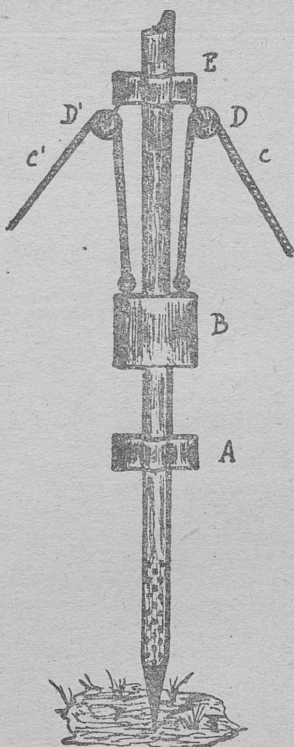


Fig. 17

pueden agruparse varios, haciéndoles verter a un depósito común, del que después, y por procedimientos adecuados a cada caso se va tomando la cantidad que se necesite. En esta forma se utilizan en muchos sitios, incluso para abastecimiento de poblaciones de importancia.

CUARTA PARTE

ARTESIANISMO

CAPITULO PRIMERO

Cuencas artesianas

Cuando en un valle o en una comarca cualquiera existen una serie de estratos, alternativamente permeables e impermeables, los primeros de los cuales afloran a la superficie en niveles más elevados, bajo su superficie existirán, según ya hemos indicado, varios mantos acuosos, cuyos cauces serán en general paralelos al de las aguas vistas que circulen por el mismo.

En efecto, aflorando a la superficie los estratos permeables absorberán una parte del agua de lluvia que sobre ellos caiga, se verificarán en ellos condensaciones directas y hasta se asimilarán en algunos casos corrientes superficiales que puedan descender sobre sus superficies, saturándose de agua que por su peso descenderá en la dirección del buzamiento del terreno, aglomerándose entre los estratos impermeables a profundidades generalmente mayores a las indicadas para las aguas freáticas.

Si en cualquier punto de la capa acuosa se cortan los estratos por un tubo, el agua, al tender a su nivel piezométrico, ascenderá por su interior, dando lugar a los pozos artesianos, que pueden ser ascendentes simplemente (cuando el agua no sale al exterior), o surtidores, cuando su nivel piezométrico se halla más alto que el terreno, y por tanto el líquido salta sobre él en la forma que les da nombre.

Atravesando el agua en su movimiento pequeñas porosidades, sufrirá grandes pérdidas de carga, por razón de las resistencias que tiene que vencer, por lo que cuando se deseen pozos surtidores, será preciso colocarlos en puntos mucho más bajos que el afloramiento.

Tres casos podemos considerar para el estudio de los mantos acuosos artesianos: 1.º, que tengan los dos extremos del estrato permeable aflorando a la superficie en la misma altura; 2.º, que los tengan a distinta

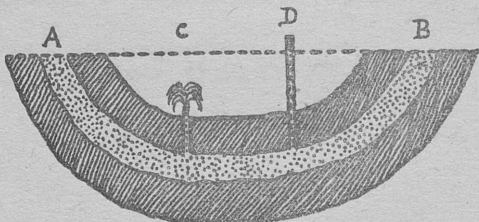


Fig. 18

altura, y 3.º, que sólo tengan un afloramiento, perdiéndose el otro extremo en la unión de dos estratos impermeables. El el primer caso, que es el que aparece en la figura 18, cuando los afloramientos A y B quedan a la misma elevación, cualquier perforación que alcance el manto acuoso, por ejemplo C, hará saltar el agua surtidora, y si el tubo se prolongara, como hemos supuesto en D, se elevaría en su interior hasta el nivel A B. Este caso es puramente teórico, pues en la práctica no suele presentarse nunca.

En el segundo caso, que puede verse en la figura 19, cuando los afloramientos A y B están a distinto nivel, en cualquier sitio en que se colocase el tubo, estando comprendido en el espacio limitado por la línea MN, en cuyos dos puntos este nivel piezométrico corta el terreno, daría lugar a aguas surtidoras, como pasa en C, mientras en los demás lugares del cauce, D entre ellos, sólo produciría aguas ascendentes.

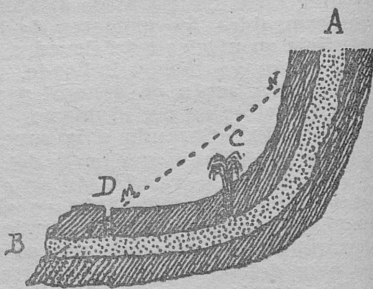


Fig. 19

En el tercer caso, o sea cuando uno de los extremos del manto acuoso se pierda en los estratos impermeables, como pasa en B de la figura 20, cualquier pozo que se construya, C por ejemplo, será surtidor, ya que el líquido se elevaría por la presión hidrostática en el interior del

tubo si éste fuera continuo, como sucede en D, hasta el nivel marcado por la línea AE, correspondiente a la altura del afloramiento.

De todo lo anteriormente indicado se deduce que entre otras condiciones necesarias para la existencia de aguas artesianas figuran las siguientes: que exista una capa permeable que permita por sus porosidades la absorción del agua; que esta capa permeable tenga encima y debajo capas impermeables, y que el estrato permeable aflore al exterior en sitios más altos que los escogidos para emplazar los pozos.

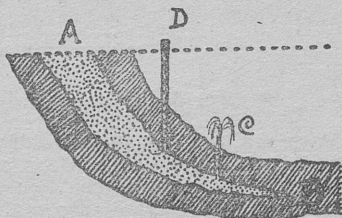


Fig. 20

CAPITULO II

Terrenos favorables y desfavorables

Para la existencia de grandes caudales de aguas artesianas son favorables, por lo concordante de su estratificación, los terrenos aluviales y diluviales y los diversos pisos del terciario, sobre todo el plioceno y mioceno.

También presentan buenas condiciones los pisos cretáceo, jurásico y liásico de la época secundaria.

No quiere decir lo anteriormente indicado que no puedan existir en otra clase de terrenos, aunque son menos comunes y generalmente debidas a la fisuración.

Es natural que no basta la existencia de esta clase de terrenos, ni el paralelismo de sus estratos, para que exista el agua, sino que deben concurrir otras muchas condiciones, tales como la de afloramiento a elevado nivel, adecuada orografía, con pendientes de suave declive, y vaso receptor o sea terreno poroso, etc.

De los distintos terrenos mencionados, en el que en España se han alumbrado más pozos es el diluvial. Los pertenecientes a los pisos jurásicos y cretáceos son, en cambio, los que presentan mayor número de manantiales naturales.

Son terrenos desfavorables a la existencia de aguas artesianas, los plutónicos (primitivos) y los metamórficos, que en general no se presentan en estratos; pues aun cuando existan entre ellos fisuras, o uniones de par-

tes independientes, suelen ser poco anchas, discontinuas y sin comunicación entre sí, sin embargo en los terrenos graníticos suelen abundar los manantiales naturales, si bien generalmente a grandes alturas y con escaso caudal.

CAPITULO III

Exploraciones hidrogeológicas

Para realizar con probabilidades de éxito, la construcción de pozos artesianos, debe comenzarse por examinar atentamente el mapa geológico de la zona en que ha de realizarse el alumbramiento, a fin de determinar la formación geológica del terreno y orientarse en la dirección de los ríos, barrancos, cañadas, ramblas, arroyos y demás corrientes superficiales de la cuenca geológica, con objeto de determinar la línea de convergencia de las aguas.

Después, con el auxilio del mapa hipsométrico, se determinarán las alturas de cada punto sobre el nivel del mar, a fin de determinar si éstas son más o menos llevadas que el sitio en que se desee realizar la construcción.

Aun cuando estos estudios previos son muy convenientes, sin embargo precisan la comprobación sobre el terreno.

Esta comprobación constituye muchas veces el único acto de exploración, sobre todo cuando la constitución estatigráfica es conocida, y no se dispone de mapa hipsométrico.

En dicho caso se determinan por la inspección ocular la situación de los afloramientos permeables, y la confluencia hacia un punto de las distintas corrientes superficiales que circulan por la zona y con auxilio de la brújula para la orientación y de un barómetro altimétrico, se determinan los niveles, con lo que puede señalarse con grandes seguridades el lugar de paso de las aguas subterráneas.

Estas se encontrarán en el punto de intersección hacia el que buzan y en el que convergen las dos laderas que determinan la cuenca.

Los valles, por los que se verifica el paso, suelen ser sinclinables o sea que tienen su parte cóncava o sinclinal a nivel inferior y la convexa o anticlinal en lo más elevado.

Para encontrar en ellos el thalweg o lugar preciso por el que pasa el manto acuoso, debemos considerar dos casos: 1.º que se trate de un valle simétrico y 2.º que sea asimétrico.

En el primer caso, o sea cuando el valle sea simétrico,

que es el que aparece en la figura 21, el centro del manto subterráneo X estará en la perpendicular a la línea de nivel del valle CF, en su punto medio D.

La profundidad en este caso se determinará trazando por uno de los extremos C de la línea de nivel la perpendicular BC, y por el anticlinal A, la horizontal AB,

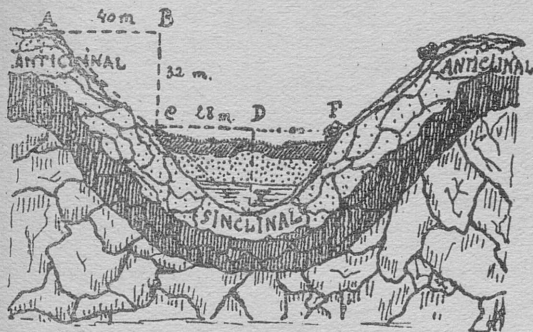


Fig. 21

medir ambas que constituyen los dos catetos de un triángulo rectángulo (1) y la mitad de la línea CF, con lo que podremos establecer la siguiente proporción (2):

$$\frac{AB}{CD} = \frac{BC}{DX} \quad \text{de donde se deduce que} \quad DX = \frac{CD \cdot BC}{AB}$$

En el caso de las dimensiones de la figura tendremos:

$$\frac{40}{28} = \frac{32}{X} \quad \text{de donde} \quad X = \frac{32 \cdot 28}{40} = \frac{896}{40} = 22,4 \text{ m.}$$

que será la máxima profundidad de las aguas.

En el segundo caso o sea cuando el valle es asimétrico que el que puede verse en la figura 22, la determinación elemental se complica, pero puede resolverse por el siguiente procedimiento geométrico.

Sobre una recta cualquiera A'B' (figura 23) se construyen dos ángulos iguales a A y B (3), los cuales pueden medirse por cualquier procedimiento topográfico, por

(1) Véase nuestra «Geometría Práctica». Tomo 42 de esta Enciclopedia. Pág. 25 párrafo 97 y fig. 51.

(2) Véase nuestra «Geometría Práctica». Tomo 42 de esta Enciclopedia. Pág. 59 párrafo 14 y fig. 109.

(3) Véase nuestro «Dibujo geométrico». Tomo 54 de esta Enciclopedia. Pág. 28, párrafo 69 y fig. 43.

ejemplo con auxilio de un goniómetro (4). Las líneas de dichos ángulos determinan cómo lados no comunes se

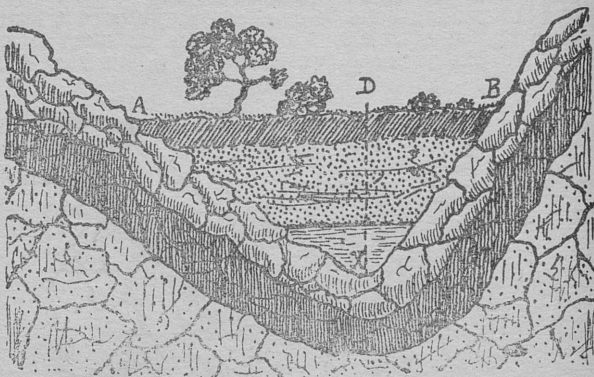


Fig. 22

cortarán en el punto X' con lo que quedará determinado el triángulo A'B'X', que será semejante (5) al ABX de la figura 22.

Si sobre A'B'X' y desde el punto X' trazamos una perpendicular (6) al lado A'B', esto es la altura del triángulo (7) se verificará entre ABX (figura 22) y A'B'X' (figura 23) la siguiente proporción (8):

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{AD}{A'D'} \text{ de donde se deduce que } AD = \frac{AB \cdot A'D'}{A'B'}$$

que determinará la distancia AD y con ello el punto D en el que se debe realizar la perforación.

Una vez conocido D, es fácil determinar la profundidad comparando igualmente los triángulos semejantes (9), de las figuras 22 y 23, cada uno de los cuales quedará dividido en

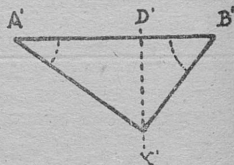


Fig. 23

(4) Véase «Topografía y Agrimensura prácticas» de esta misma colección.

(5) Véase «Geometría práctica». Pág. 57, párrafo 9.

(6) Véase «Dibujo geométrico». Pág. 24, párrafo 59 y fig. 34.

(7) Véase «Geometría práctica». Pág. 26, párrafo 99 y fig. 53.

(8) Véase «Geometría práctica». Pág. 58, párrafo 14 y fig. 109.

(9) Véase «Geometría práctica». Pág. 57, párrafo 9.

otros dos triángulos que serán rectángulos (10), estando constituido en cada uno de los catetos por la altura. En ellos se verificará la siguiente proporción (11):

$$\frac{AD}{A'D'} = \frac{DX}{D'X'} \text{ de donde se deduce que } DX = \frac{AD \cdot D'X'}{A'D'}$$

que será la profundidad a que se encuentran las aguas.

Para aclarar las ideas supongamos que queremos determinar los datos correspondientes a un valle determinado, de 40 metros de anchura; comenzaremos por medir los ángulos, y construiremos el triángulo (12) auxiliar A'B'X' en el que una vez tomadas las medidas obtenemos por ejemplo A'B' = 28 mm., A'D' = 17 mm. y D'X' = 13 mm. Como conocemos el dato AB = 40 m. podremos establecer las proporciones

$$\frac{40}{28} = \frac{AD}{17} \text{ de donde } AD = \frac{40 \times 17}{28} = 24,28 \text{ m.}$$

o sea que el punto D estará a 24,28 m. de A.

Para la profundidad tendremos que

$$\frac{24,28}{17} = \frac{DX}{13} \text{ de donde } DX = \frac{24,28 \times 13}{17} = 18,56 \text{ m.}$$

o sea que el caudal de agua se encontrará a 18,56 metros bajo el nivel de D.

CAPITULO IV

Caudal de un manto artesiano

Conviene también, antes de proceder a una perforación, y una vez determinado el punto en que debe verificarse y la profundidad a que se encuentra el líquido, conocer el minimum de agua que forma la cuenca artesiana. Esto es fácil de conseguir con auxilio de las tablas de condensación a distintos niveles, y pluviométricas que damos a continuación.

(10) Véase «Geometría práctica». Pág. 25, párrafo 9 y fig. 51.

(11) Véase «Geometría práctica» Pág. 58, párrafo 14 y fig. 109.

(12) Véase «Dibujo geométrico». Pág. 40, párrafo 98 y fig. 6.

TABLA DE CONDENSACION POR Km² EN
UN SEGUNDO (I3)

A menos de 500 m. de altitud (14) producirá un caudal mínimo de	0,5 litro.
De 500 a 1.000 m.	1,0 »
De 1.000 a 1.500	2,0 »
De 1.500 a 2.000	4,0 »
De 2.000 a 2.500	8,0 »

TABLA PLUVIOMETRICA (I5)
Lluvia media anual en España

	mm. en total		mm. en total
Alava	700	León	500
Albacete	460	Lérida	400
Alicante	491	Logroño	500
Almería	310	Lugo	1.000
Asturias	900	Málaga	579
Avila	819	Madrid	490
Badajoz	487	Murcia	442
Baleares	413	Navarra	519
Barcelona	458	Orense	650
Burgos	604	Palencia	325
Cáceres	762	Pontevedra	1.200
Cádiz	568	Salamanca	279
Castellón	468	Santander	820
Ciudad Real	539	Segovia	471
Córdoba	483	Sevilla	543
Coruña	684	Soria	460
Cuenca	600	Tarragona	460
Gerona	1.044	Teruel	370
Granada	541	Toledo	780
Guadalajara	420	Valencia	585
Guipúzcoa	1.245	Valladolid	350
Huelva	550	Vizcaya	1.122
Huesca	359	Zamora	400
Jaén	781	Zaragoza	333

(13) En alturas intermedias deberá tomarse un promedio de los caudales marcados.

(14) Sobre el nivel del mar.

(15) Faltan datos de las Islas Canarias.

Si bien las lluvias directas sobre una región suelen sólo intervenir de manera inmediata en relación con las aguas freáticas, se nota algo su influencia también en las artesianas.

Con el auxilio de ambas tablas puede fácilmente determinarse el caudal mínimo de un cauce artesiano.

Supongamos que los datos obtenidos en la exploración sean los siguientes:

Altura sobre el nivel del mar 2.000 m.

Extensión de las vertientes y del valle 18 km.

Como a 2.000 metros de altitud corresponde un caudal mínimo de 4 litros por segundo, según la tabla de condensaciones para cada km. cuadrado de extensión, tendremos que el menor caudal de la cuenca será igual a $18 \times 4 = 72$ litros por segundo. Este cálculo corresponde a afloramientos situados en la región de menor lluvia marcada en la tabla pluviométrica, y se comprende, por tanto, que será tanto más importante cuanto mayor sea en aquélla el número que corresponda al lugar de afloramiento.

CAPITULO V

Construcción de pozos artesianos

Una vez determinada la situación del thalweg, y conocida la profundidad que ha de tener la perforación, así como el caudal mínimo que puede proporcionar, se procede a la construcción del pozo, lo que puede hacerse por varios procedimientos, siendo los más conocidos el europeo, el chino y el americano.

Cualquiera que sea el método que se siga, sólo consiste en la perforación desde la superficie del terreno, por medio de una sonda artesiana, provista de trépanos, barrenas u otros útiles cortantes de un espacio cilíndrico de pequeña sección, por el que se introduce el tubo, que llegando a la capa acuosa constituye el pozo.

CAPITULO VI

Método europeo

La sonda usada en este método es rígida y se compone de tres elementos principales: mango, vástago y operador. El mango constituye la cabeza de la sonda y sirve para sostener todos los demás elementos que se maniobran por medio de una cabria (figura 24). Está constituido por una

barra de hierro que por la parte superior termina en un anillo giratorio y por la inferior se une al vástago. Este está formado por una serie de varillas de hierro que se unen a rosca unas a otras. El diámetro de sección de estas varillas de-



Fig. 26



Fig. 27

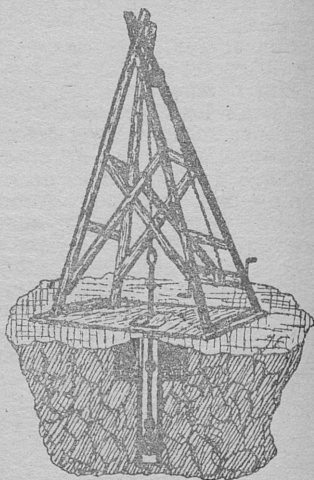


Fig. 24

pende de las dimensiones que ha de tener el pozo.

El útil de trabajo, llamado operador, afecta formas diferentes, según los trabajos que haya de realizar. Cuando éstos sean en roca dura y haya de actuar por percusión estará formado por un cincel denominado trépano, que puede tener distintas formas, una de las cuales pue-



Fig. 25

de verse en la figura 25. Cuando el terreno es más blando, y ha de actuar por rotación, por barrenas de varias clases: ordinarias, para arcillas arenosas; de gusanillo

(figura 26), para arcillas compactas; salomónica, para arcillas flojas, lignitos o turbas y cretas margosas, etcétera. Cuando se trata de extraer los detritus el útil está formado por un cilindro hueco provisto de una válvula, llamado cuchara (figura 27).

La maniobra se realiza por un cable ordinario que pone en movimiento el conjunto, haciendo que el útil golpee el terreno si está provisto de trépano, o que gire si está formado por barrenas; según va avanzando el trabajo se irán uniendo nuevas varillas a la que sostiene el útil y así se continuará hasta alcanzar la profundidad que se requiera.

De cuando en cuando se procede a la extracción de detritus, sustituyendo el trépano o la barrena por la cuchara.

Este método, muy útil para pequeñas profundidades, tiene, no obstante, el inconveniente de que cada vez que hay que cambiar el operador es preciso extraer del pozo todo el aparato, lo que sucede igualmente cuando se trata de la limpia de los materiales arrancados, lo que dificulta y retarda extraordinariamente el trabajo.

CAPITULO VII

Método chino

Para obviar los inconvenientes del método anterior los norteamericanos recurren con preferencia al método chino, notablemente perfeccionado, y hoy muy extendido por todo el mundo.

El aparato se compone de una cabria, que tiene un cilindro en el que se enrolla una cuerda que pasa por una polea y termina en un gancho. Bajo los montantes de la cabria se colocan dos tablas inclinadas, en las que se apoya el eje de una rueda de clavijas, de 1,25 metros de radio por lo general, provista de una acanaladura en la que se enrolla un alambre de acero de cuyo extremo inferior pende el útil, que se sube y baja por medio de dicha rueda de clavijas, lo que produce gran rapidez de maniobra.

Los útiles de trabajo empleados pueden ser los mismos del método anterior, aun cuando conviene usar como único operador la cuchara de limpia, provista de un hierro en V que funciona pasando por su interior, con lo cual se consigue realizar a un mismo tiempo la perforación y la limpia.

CAPITULO VIII

Método americano

Del perfeccionamiento del método chino ha nacido también el denominado americano, que tiene la ventaja de una extraordinaria rapidez, y de poderse con él alcanzar, con relativa facilidad, profundidades considerables.

Consta este sistema de tres partes principales: Motor, mecanismo de transmisión y sonda.

El motor puede estar constituido por máquinas que se accionan por cualquier clase de energía: gas, vapor, electricidad, gasolina, aceites pesados, etc., y tiene por objeto poner en movimiento el mecanismo.

La transmisión se hace por cables y poleas, ruedas de fricción o engranajes.

La sonda que pende del cable correspondiente la constituyen varias piezas por

el orden siguiente: *Pieza de unión* de la sonda al cable, la cual a tornillo se une con la *deslizadera*, que está compuesta de una parte superior constituida por una barra que tiene juego de 15 cm. al deslizarse en otra inferior. Esta última se une a la rosca con la *barra maestra* de hierro cilíndrico, cuyas dimensiones varían con la potencia de la máquina, y cuya parte inferior se une a tuerca con un *trépano* semejante a los usados en los otros sistemas.

El sondeo se hace por movimiento vertical alternativo, haciendo que la sonda gire al mismo tiempo de manera constante.

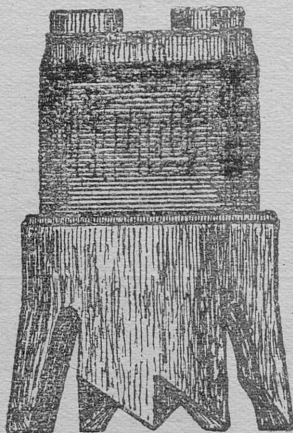


Fig. 28

Quando se hayan producido en el interior de la excavación tal cantidad de detritus que la dificulten, se sustituye el útil por la cuchara de extracción.

CAPITULO IX

Otros métodos de perforación

A más de los indicados existen otros muchos métodos más complicados que se usan para grandes perforaciones, los cuales por precisar la presencia de técnicos especializados, no describimos.

Entre ellos figuran los rotativos y los de inyección de agua, que muchas veces se usan combinados.

Las sondas que en estos sistemas se utilizan, afectan diversas formas, teniendo generalmente todas ellas en lugar de un útil sencillo una corona, que constituye en realidad un útil múltiple.

Entre las coronas más usadas figuraban las rotatorias de diamantes negros, que se usan con auxilio de inyección de agua y son muy útiles en terrenos duros, pero que van cediendo el paso a las coronas dentadas de acero, una de las cuales aparece en la figura 28.

CAPITULO X

Entubación

Para recubrir la excavación se utilizan como principales objetos evitar desmorinamientos, y facilitar la subida de aguas, evitando se mezclen con otras más someras o se pierdan en todo o en parte por filtración a través de los estratos permeables.

La entubación puede ser provisional, con el solo objeto de contención o definitiva para aislar la columna ascendente.

Puede realizarse (e incluso es conveniente) al mismo tiempo que la perforación, o una vez terminada ésta, introduciendo el tubo sin

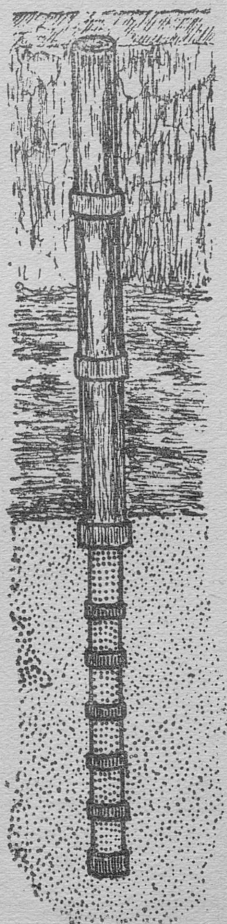


Fig. 29

forzarle exageradamente dándole un ligero movimiento de rotación, y evitando todo lo posible tener que hacer uso del martinete.

Los tubos tienen de uno a cinco metros de longitud y se unen unos a otros a tornillo, debiendo sujetárseles por medio de bridas sobre el terreno cuando se están introduciendo, para evitar se deslicen por sí solos, sin poder realizar la unión entre ellos cuando quedan muy holgados.

Su diámetro, que siempre tiene que ser algo menor que el del orificio en que han de instalarse, es muy variable, pues mientras algunos tienen ocho y aun menos centímetros, otros exceden de 20 y aun de 30 centímetros.

Los tubos se fabrican de hierro, palastro o acero laminado.

(Algunas veces es preciso instalar varios juegos de tubos de diámetros cada vez menores, unos en el interior de otros sobre todo cuando el pozo ha de tener mucha profundidad.

La forma en que queda el pozo una vez terminado puede verse en la figura 29.

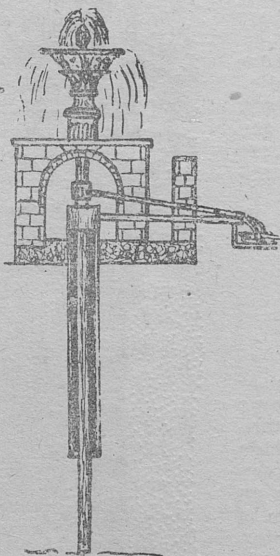


Fig. 30

CAPITULO XI

Observaciones

Cualquiera que sea el método que se emplee para una exploración artesiana, deben realizarse todas las operaciones con gran esmero y procurando conservar en absoluto la verticalidad.

Los pozos artesianos que generalmente se buscan son los surgidores, pero no debe despreciarse los solamente ascendentes cuando proporcionan gran caudal, aunque para ello sea preciso el empleo de bombas, que tam-

bién pueden utilizarse en los surgidores para forzar la producción.

En todo caso deben disponerse en los pozos surgido-

res mecanismos que impidan la salida del líquido cuando no sea precisa su utilización.

Una vez terminado el minado conviene determinar el caudal del pozo obtenido, lo que puede conseguirse por una llave de paso, o simplemente calculando el tiempo que tarda en llenar un recipiente de capacidad conocida, si es surtidor. Cuando sólo es ascendente puede medirse la producción con el auxilio de las bombas.

Los tubos de los pozos artesianos se dejan siempre sobresalir sobre el terreno en que se han instalado. Cuando convenga puede prolongarse el tubo más o menos al exterior, pero evitando siempre en los surtidores que la altura total de la parte que queda sobre la superficie alcance el nivel piezométrico. Esta parte de tubo se encuentra generalmente en posición vertical, como el resto de la entubación, pero puede tener también cualquier otra posición, según convenga para su uso. Una forma muy corriente es la acodada en la cual el líquido sale horizontalmente.

Como combinación de las formas vertical y acodada, presentamos un corte del pozo artesiano de Saint-Ouen (Francia), que es el que aparece en la figura 30.

QUINTA PARTE

EL AGUA

CAPITULO PRIMERO

Condiciones de las aguas

Aun cuando el agua es un compuesto químico de oxígeno e hidrógeno, correspondiente como ya hemos indicado a la fórmula atómica H_2O , nunca se presenta pura en la Naturaleza, pues hasta la de lluvia, que es la menos alterada, siempre lleva en sustentación otros cuerpos orgánicos o inorgánicos.

La cantidad de dichos elementos extraños que intervienen en su formación, determina su potabilidad o impotabilidad, tanto desde el punto de vista químico (inorgánicos), como bacteriológico (orgánicos).

Según el objeto a que las aguas se dediquen, será preciso que reúnan determinadas condiciones, pues mientras precisan poseer una potabilidad absoluta sobre todo bacteriológicamente consideradas, cuando se dedican a la bebida de personas o animales y a los demás usos domésticos, ésta tiene menos importancia, sin que pueda prescindirse totalmente de ella, cuando se han de utilizar en el riego o en la industria.

Lo anteriormente indicado, pudiera hacer creer que todas las aguas son útiles para estos dos usos, pero no es así, pues las cargadas de bacterias patógenas o de ciertos minerales no son utilizables para el primer uso, como tampoco lo son las excesivamente cargadas de sales para alimentar calderas de vapor, pues al producir en ellas incrustaciones, deteriorarían rápidamente el material, con el peligro consiguiente.

CAPITULO II

Aguas para el riego

No es constante la cantidad de agua precisa para este importante objeto, pues depende de la planta que haya de beneficiarse, de la clase de terreno y de otras muchas causas.

Los cereales necesitan aproximadamente la quinta parte que las hortalizas, y los terrenos sueltos mayor cantidad que los duros y arcillosos, para el mismo cultivo.

También influyen en la cantidad del líquido, que el riego requiere, los vientos que soplan en la región, la totalidad de lluvia que caiga sobre la misma, la pendiente de los terrenos regables, la temperatura media y especial de cada estación en el punto en que aquéllos se encuentren enclavados, y en general todas las condiciones particulares del territorio.

En el cultivo intensivo suele verificarse el riego en todas las estaciones, siendo como es natural éste más copioso en verano que en invierno y en tiempo seco que lluvioso, pero la cantidad media puede calcularse en medio litro por hectárea y segundo.

Cuando los riegos se hacen en una sola época, (verano o primavera), las cantidades que deben emplearse oscilan entre medio y un litro en prados y huertas, y alrededor de dos litros y medio en los arrozales.

La tabla siguiente, debida a los trabajos efectuados por la Junta Consultiva Agronómica del Ministerio de Fomento, nos indica de manera clara los datos fundamentales que deben tenerse en cuenta al tratar de obtener aguas para el riego, debiendo advertirse, aunque ya se deduce de lo indicado anteriormente, que las cantidades que en la misma figuran deben ser muy aumentadas en los territorios sometidos a fácil evaporación, por causa del calor o por ser frecuentemente azotados por los vientos, o que estén formados por terrenos sueltos, de gran filtrabilidad, y en cambio han de ser considerablemente reducidas en los suelos muy arcillosos o excesivamente duros por cualquier otra razón.

P L A N T A S	Número de riegos al año	EPOCAS EN QUE SE RIEGA	Total de m ² al año por hectáreas	Cantidad en litros por segundo durante la época de riego
Albaricoqueros	6	Primavera y verano	2.700	0'18
Almendros con plantas asociadas	14	Primavera y verano	7.000	0'45
Buniatos	9	Abril a Septiembre	4.500	0'28
Cereales de invierno	3	Abril a Mayo	1.500	0'28
Ciruelos	6	Primavera y verano	2.700	0'18
Frutales diversos asociados a otras plantas ..	14	Primavera y verano	8.400	0'55
Habas	3	Abril a Mayo	1.500	0'28
Huerta	30	Abril a Octubre	18.000	1'00
Judías	13	Junio a Octubre	6.500	0'50
Limoneros	8	Mayo a Octubre	3.600	0'25
Maiz	13	Junio a Octubre	6.500	0'50
Manzanos	6	Primavera y verano	2.700	0'18
Naranjos	8	Mayo a Octubre	3.600	0'25
Otros frutales sin plantas asociadas	7	Primavera y verano	3.150	0'20
Patatas	9	Abril a Septiembre	4.500	0'28
Perales	6	Primavera y verano	2.700	0'18
Pimientos	12	Junio a Septiembre	6.600	0'65
Praderas artificiales	24	Mayo a Septiembre	14.407	1'10

Con los datos indicados por la tabla anterior, y la determinación del caudal, ya indicado en el capítulo 4.º de la 4.ª parte de este mismo tratado, puede precalcularse fácilmente si conviene o no el alumbramiento del manto artésiano cuya situación hayamos determinado, por ser o no suficiente para el objeto a que se dedique.

En efecto: si suponemos que queremos regar una gran plantación de perales y manzanos, de 140 hectáreas, con el agua procedente de un pozo, correspondiente a una zona de 10 km. de extensión y situada a 2.000 metros de altitud sobre el nivel del mar, tendremos, primeramente, que, como cada hectárea según la tabla que precede consume 0,18 litros por segundo, las 140 consumirán el producto $0,18 \times 140 = 25,20$ litros por dicha unidad de tiempo, y ésta será la menor cantidad de agua que necesitamos.

Ahora bien; como a afloramientos situados a 2.000 metros de nivel sobre el mar, corresponden 4 litros de agua por segundo y kilómetro, según la tabla de condensación, que aparece en el antedicho capítulo 4.º de la 4.ª parte, y el número de los kilómetros, es el de 10, obtendremos una producción determinada por la multiplicación de ambos datos $4 \times 10 = 40$, que será el minimum de litros por segundo que produzca el pozo, los cuales vemos exceden en bastante a la cantidad precisa, por cuya razón es conveniente el alumbramiento.

En cambio si las 140 hectáreas estuvieran plantadas de maíz, como éste precisa un caudal de riego de 0,50 litros por hectárea, serían precisos $140 \times 0,50 = 70$ litros por segundo, y entonces el pozo no nos daría caudal suficiente.

* * *

Aun cuando las aguas que se destinan al riego no precisan como ya hemos indicado especiales condiciones, no deben tampoco contener substancias que puedan perjudicar a las plantas.

Dichas substancias pueden tener dos procedencias principales: o bien formar parte de la forma natural de las aguas que hayan de alumbrarse o haber pasado a ellas por contaminación posterior, o por haber sido utilizadas primeramente en otros usos.

Las aguas son perjudiciales por sí, cuando contienen sales en exceso. Estas sales pueden ser de múltiples clases, pero la más corriente en España es la sal común. Su presencia es muy frecuente en la aguas que se han filtrado por el Oligoceno o Mioceno, o por el Keuper lacustres, terrenos en los que se encuentran grandes mantos de cloruro de sodio.

También pueden poseer, aunque es menos frecuente en nuestra patria, grandes excesos de sulfato sódico, sales potásicas o magnésicas, etc., todas las cuales son en general dañinas a los vegetales.

Las aguas contaminadas con posterioridad a su extracción, pueden serlo por agentes naturales de carácter

orgánico, a por haber sido anteriormente utilizadas en la industria (aguas residuales industriales), y proceder de fábricas o laboratorios. Las primeras son salvo casos excepcionales utilizables para el riego, pero no así las segundas; que llevan generalmente en substentación substancias químicas perjudiciales, y no deben nunca usarse sin un riguroso análisis previo, y un examen de sus resultados en un pequeño campo experimental.

CAPITULO III

P o t a b i l i d a d

Si bien el agua para riego precisa escasas condiciones especiales, no sucede lo mismo con la dedicada a la bebida de los hombres y animales y a los demás usos domésticos.

Entonces necesita estar dotada de completa potabilidad o sea estar libre de todas aquellas substancias extrañas que pueden perjudicar a la salud.

De lo dicho anteriormente parece deducirse que el agua potable debe ser pura, esto es, compuesta únicamente de oxígeno e hidrógeno y correspondiente exactamente a la fórmula atómica H_2O , pero no es así. El agua pura casi puede decirse que es un mero producto de laboratorio y que no se presenta nunca en la Naturaleza.

En la imposibilidad de proporcionarse agua completamente pura, que por otra parte no goza de gran digestibilidad, por las dificultades de su asimilación al organismo, tendremos que contentarnos con aguas que se acerquen lo más posible a ese estado de pureza.

Los elementos que pueden aparecer en las aguas son tanto orgánicos (procedentes de los reinos vegetal o animal), como inorgánicos (pertenecientes al reino mineral).

Ningún agua está completamente libre de elementos orgánicos, pero para que sea potable es preciso que los que figuren en ella sean en el menor número posible, y sobre todo que carezca en absoluto, de los que tengan carácter patógeno. En cuanto a los inorgánicos debe carecer el agua potable de todos los cuerpos metálicos perjudiciales y aún no exceder en los beneficiosos de un pequeño límite.

Las aguas para ser potables tienen que cumplir las siguientes condiciones físicas: ser límpidas, inodoras (aún después de haber sido agitadas), incoloras en cantidades pequeñas, de sabor agradable, aireadas, formar gran cantidad de espuma con el jabón y cocer bien los alimentos.

Las condiciones químicas de que deben estar dotadas son las de tener en disolución una pequeña cantidad de substancias salinas, entre las que debe figurar en primer lugar el bicarbonato de cal, a más de un poco de sílice y de sal común, y estar exenta en absoluto, como ya hemos indicado de bacterias patógenas.

Aun cuando hemos dicho que el agua es incolora en pequeñas cantidades no sucede lo mismo cuando se presenta en grandes masas, sino que presenta un color azulado con un ligero tinte verdoso. Si su color fuese verde intenso o amarillento, las aguas no tendrían potabilidad por el gran número de seres orgánicos o de sales metálicas que en ellas se encuentran. Las aguas poco profundas, las estancadas, y las expuestas al aire en grandes superficies nunca son potables.

La frescura del agua es una de las condiciones imprescindibles, pues los seres orgánicos se reproducen en ella en cuanto la temperatura excede de 20°, sobre todo si se halla expuesta a la luz.

Ya hemos expresado que debe ser aireada y entonces disuelve de 28 a 35 centímetros cúbicos de gases, por lo que contiene de 8 a 10 por 100 de ácido carbónico, de 13 a 17 cm³ de nitrógeno y de 7 a 8 cm³ de oxígeno por litro, con lo que adquiere mayor digestibilidad.

Las sales y elementos minerales que deben figurar en esta clase de aguas oscilan de 0,15 a 0,50 gramos por litro, debiendo estar formada al menos la mitad de esta cantidad por carbonato de cal. Si éste excediera de 0,5 gramos resultaría perjudicial.

El ácido silícico aparecerá en proporción de 3 a 50 miligramos.

La sal común no excederá tampoco de 0,5 gramos pues en otro caso el agua resultaría salobre.

Este líquido cuando es potable tiene también a más de cloruro de sodio una pequeña proporción de fluor, sales de sosa y de potasa, sulfatos y cloruros de cal y de magnesia, yoduros, bromuros, nitratos y sales amoniaca-les, en cantidades pequeñísimas, y sales de hierro (bicarbonato, crenato y apocrenato), algunas veces acompañadas de manganeso, níquel y cobalto, en menores proporciones aún.

Cualquiera otra sal metálica que en ellas aparezca debe considerarse como mala para la salud.

Como se verá por lo indicado anteriormente el agua potable lejos de constar sólo de sus elementos integrantes oxígeno e hidrógeno, que constituyen la esencia del agua pura, es compuesto muy complicado, pues debe contener, si bien en cantidades ínfimas, otros muchos elementos, pero ninguno de ellos debe encontrarse en mayor exceso

que los indicados, pues sería dañino o daría lugar a aguas mineralizadas de naturaleza y utilizaciones muy diversas.

La presencia de ciertas bacterias o microorganismos convierte las mejores aguas en impotables.

Las causas que ocasionan esta contaminación son muy varias y pueden deberse a la presencia de los mismos en el aire ambiente, del que pasan al líquido; a mezcla con otras aguas contaminadas; y deyecciones o influencia de estercoleros, pozos negros, cementerios, etc., o a contacto directo.

En las aguas viven infinidad de microbios y bacterias, de los que Bonjean ha contado hasta 158 especies a las que hay que agregar multitud de hongos y animales. La mayoría de ellos son inofensivos, pero algunos son causantes de varias enfermedades peligrosísimas generalmente de carácter epidémico.

Entre los organismos de naturaleza patógena figuran los siguientes:

Ankylostoma.—Productor de la anemia de los mineros.

Ascaria Iumbricoides (huevos).—Anemia de los mineros.

Bacilo de Eberth o Bacillus typhosus.—Fiebre tifoidea.

Bacterium coli.—Diarreas febriles.

Fasciola hepática.—Enfermedades del cordero y otros herbívoros.

Paratíficos A y B.—Enfermedad semejante a la fiebre tifoidea; diarrea blanca y septicemia de los terneros.

Schistosomum o Bilharzia.—Enfermedades del buey y del cordero. En algunos casos ataca también al hombre.

Vibrión colérico.—Cólera.

También los estafilococos y estreptococos, el Bacillus anthracis o del Carbunco, el de la dicteria, el de la tuberculosis, etc., se transmiten por el agua, pero para ello es preciso que haya tenido con ella contacto directo, y en fin otros muchos cuya lista se haría interminable.

CAPITULO IV

T e r m a l i d a d

Las aguas se presentan a temperaturas muy diversas, pues mientras alcanzan la de la ebullición en los géiseres de Islandia, la de 96° en Comangillas (Méjico), la de 90° en Ischia (cerca de Nápoles, Italia), etc., en otros puntos presentan la media de 15 a 33°; y en muchos inferiores a éstas, llegando hasta el punto de congelación sobre la superficie del mar, en las regiones polares.

Por la razón antepuesta, y prescindiendo de las aguas congeladas debidas a una causa exterior, las aguas sobre

todo las subterráneas, se han distribuido por razón de su calor en tres clases: atermales (inferiores a 15°), mesotermiales (de 15 a 33°) y termiales (de 33° en adelante).

El manantial termal español de mayor temperatura es el de Caldas de Malabella (Gerona) que alcanza constante la de 60°, se presenta en el terreno silúrico y pertenece a la clase de las clorurado-sódicas; pues si bien el de Caldas de Montbuy (Barcelona), de la misma clase y correspondiente al terreno granítico, puede llegar a los 70° esta temperatura no es constante y desciende a veces hasta 30°.

El de mayor temperatura de Europa es el ya nombrado correspondiente a Ischia (Italia).

El origen de la termalización debe buscarse en la profundidad porque las aguas circulan antes de salir a la superficie, pues cada 33 metros que se desciende en el interior del globo aumenta en un grado la temperatura, es decir, algo más de tres grados cada 100 metros.

También producen aguas termiales en algunas ocasiones los procesos volcánicos.

La temperatura de cada clase de aguas es constante o casi constante generalmente, pero esto no obsta para que algunas parezcan frías en verano y calientes en invierno. Esto suele suceder más frecuentemente con las atermiales y sobre todo con las mesotermiales, debido a las variaciones que sufre la temperatura del ambiente, pues es natural que un agua que se conserve, por ejemplo, al 5°, parecerá fría cuando la exterior sea de 30°, y caliente cuando ésta descienda a 0°.

CAPITULO V

Mineralización

Las aguas dotadas de una complicada composición química, de carácter inorgánico, constituyen las denominadas aguas minerales, y pueden corresponder a cualquiera de los tres grupos de temperatura: atermiales, mesotermiales o termiales. En su mayoría tienen un gran interés terapéutico.

La causa de su mineralización es su paso por los terrenos inferiores llevando en disolución los gases atmosféricos, con lo que se producen acciones múltiples, la más importante de las cuales es la disolvente; pues hay pocos cuerpos que resistan a la acción combinada del agua y del ácido carbónico que ésta lleva, sobre todo, cuando a causa de la profundidad u otra cualquiera, el calorífico de que están dotadas es algo elevado.

Hasta los cuerpos verdaderamente insolubles, influenciados por su paso constante, sufren transformaciones, que favorecen su disolución parcial.

Las principalmente atacadas son ciertas rocas, como la selenita o sulfato de cal, la sal gema o cloruro de sodio, y aunque muy débilmente a la temperatura ordinaria las mismas rocas calcáreas.

Entre los silicatos sólo el de la magnesia y el de alúmina la resiste, pues los demás, sobre todo si está cargada del ya dicho ácido carbónico, la ceden la sosa, el hierro, la potasa y el manganeso, y hasta los mismos basaltos no obstante su aparente homogeneidad, pierden por ella una parte de sus componentes.

Los cuerpos principales que se encuentran en el análisis de las aguas minerales son: sulfato de cal; bicarbonato de cal; cloruros alcalinos y de sodio; bromuros y yoduros de los mismos metales, fluoruros alcalinos y calcáreos, bicarbonato y sulfato de magnesia; carbonatos de potasa y de sosa; hierro en estado de carbonato, de crenato, etc.; ácido fosfórico combinado con los álcalis y silicatos. Entre los gases aparecen los de cloro, ácido carbónico, nitrógeno, hidrógeno sulfurado, óxidos (entre ellos el de litina); y entre los metales, el estaño, plomo, plata, antimonio, arsénico, cobalto, cerio, cobre, rubidio, etc.

De aquí se deduce la división de las aguas según los elementos predominantes en aguas acículas; alcalinas; cloruradas; sulfatadas; sulfurosas; ferruginosas; yoduradas y bromuradas, en cuya descripción no nos detenemos por sólo tener usos terapéuticos.

CAPITULO VI

Utilización de las aguas

Tan grande es la importancia del líquido elemento que el hombre en los primeros tiempos llegó a divinizarle y a dedicarle culto y construirle templos. Los ríos, los mares, los lagos, las fuentes, los meteoros acuosos, eran otros tantos dioses, generalmente benéficos, a los que era preciso tener contentos para poder gozar de sus beneficios.

De las prácticas religiosas pasó su importancia a la brujería y a la magia, en brazos de la superstición interviniendo su influencia con gran frecuencia en los conjuros.

Al propio tiempo que como divinidad, o como elemento mágico, fué usada el agua en el culto para purificarse por medio de las abluciones, manifestación de la cual es una muestra, aún, el bautismo de la religión católica.

Y no es extraño que se considerase el agua hasta este punto, ya que las superficiales son depósitos de numerosos animales que sirven de alimento al hombre, al propio tiempo que ellas mismas le son útiles para apagar su sed, o como camino para trasladarse a otros países.

Con estos objetos que cumplieran, ya habrían realizado una labor imprescindible para la vida, y estaría justificada su divinización; pero no se contentan con eso: ellas sirven para el riego de nuestros campos, para bebida de nuestros ganados, para la limpieza nuestra y de nuestros utensilios, para usos medicinales por su diversa mineralización y temperatura; para engendrar movimiento y trabajo, para producir luz y calor; en fin, para miles y miles de usos necesarios para la vida y el bienestar del hombre.

Pero dejando a un lado las aplicaciones generales de todas conocidas, diremos dos palabras acerca de su utilización para producir movimiento y trabajo y para engendrar luz y calor.

Las aguas superficiales, al encontrar un salto en su camino y caer sobre una rueda de paletas, o sobre una turbina, la hacen girar dando lugar a un movimiento, y lo mismo hacen si la rueda dicha se interpone simplemente en su camino. Originado el movimiento, puede utilizarse en accionar cualquier clase de mecanismo: un molino, un torno, una dinamo..., con lo que habremos producido trabajo: moliendo, torneando, haciendo girar el inducido de dicha última máquina.

Pero al realizar lo finalmente indicado habremos dado origen a la corriente eléctrica, que es luz en nuestras lámparas y calor en nuestras estufas.

¡Y todo ello únicamente debido al agua, dotada de fuerza y productora de vida!

Las aguas profundas, y en especial las artesianas surtidoras, pueden realizar los mismos servicios que las superficiales, y aún más, pues cuando están dotadas de elevada temperatura pueden utilizarse directamente para calefacción, como ya se ha hecho en Boïse, capital del Estado de Idaho (Estados Unidos), con sólo ser llevadas por cañerías a radiadores, de manera semejante a la usada en la calefacción actual por agua caliente.

CAPITULO VII

El agua en el organismo humano

Con lo que queda dicho en el capítulo anterior está justificado el honor divino que recibió de nuestros antepasados tan importante líquido, y eso que desconocían muchas de sus aplicaciones actuales, y que aunque algunos de sus más sabios filósofos parecían adivinarla como uno de los elementos originarios de la vida, no podían suponer que constituyese el 55 por 100 de la materia que forma nuestro cuerpo.

Pero ello es cierto; y prescindiendo de las alteraciones fisiológicas o patológicas que pueden variar su cantidad en un momento dado, puede indicarse que la cantidad media de ella que compone nuestros órganos y tejidos es, según las experiencias de Bischoff, la siguiente por cada 1.000 partes.

Sudor	995	Nervios	780
Saliva	995	Timo	770
Líquido cerebro-espi- nal	988	Bazo	758
Humor Vitreo	983	Músculos	757
Linfá	938	Cerebro	750
Mucus	934	Epidermis	720
Quilo	928	Médula espinal	697
Leche	891	Hígado	693
Bilis	864	Cartilagos	550
Riñones	827	Tejido elástico	496
Tejido celular	796	Grasa	299
Corazón	792	Huesos	220
Sangre	791	Tejido de los dientes	100
		Esmalte dentario	2

El aire que se aspira en la respiración siempre está cargado de gran cantidad de agua, que el cuerpo pierde constantemente por esta vía.

SEXTA PARTE

ELEVACION DE AGUAS

CAPITULO PRIMERO

Procedimientos de elevación

En los pozos artesianos surtidores, el agua sale por sí sola a la superficie, pero no sucede lo mismo en los simplemente ascendentes, en la mayor parte de los abisinios, ni en ninguno de los de excavación, pues en ellos su nivel queda por debajo del nivel del terreno, por lo que es preciso, para poder usarlas comenzar por elevarlas.

Muchos son los procedimientos para realizarlo, que dependen de la clase del pozo y de su caudal, pero los principales son las poleas o garruchas, los tornos, las norias y molinos y las bombas.

CAPITULO II

Poleas o garruchas

Varias son las formas y clases de poleas, pero las más usadas en los pozos de excavación son las fijas y simples.

Hállanse éstas colgadas por un gancho de un travesaño superior y constituidas por una rueda acanalada, generalmente de hierro, que gira alrededor de su eje. Por el canal llamado también garganta, pasa la cuerda, cadena o cable con que se accionan.

Este cable tiene libres los dos extremos, en uno de los cuales se coloca un cubo o recipiente que recoge el agua, y por el otro se ejerce una tracción para elevarle cuando se halla cargado.

El conjunto de polea y cuerda forma, por tanto, una máquina simple, en la que la potencia la ejerce el operario, la resistencia está representada por el cubo y el punto de apoyo lo constituye la garrucha.

No nos detenemos más en un procedimiento tan conocido como este para verificar la elevación de aguas, si no es para decir que en casos extraordinarios y poco frecuentes pueden usarse poleas libres y múltiples, pero su

utilización no tiene verdadero objeto, ya que pueden ser ventajosamente substituidas por el torno.

CAPITULO III

Tornos

En los casos de gran caudal o profundidad, las poleas no bastan y tienen que ser substituidas en los pozos

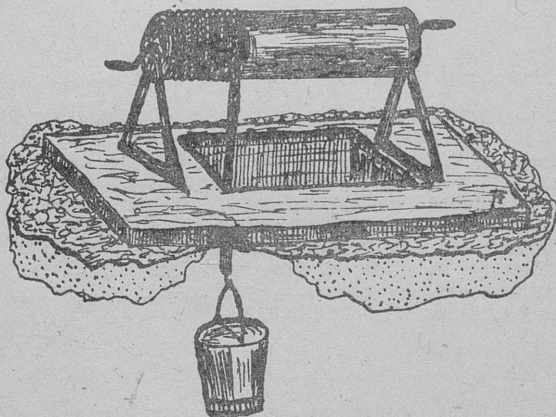


Fig. 31

de excavación por otras máquinas más potentes, una de las cuales es el torno.

Se montan éstos sobre una plataforma enclavada directamente sobre la boca del mismo, y consisten en un cilindro de madera o de fundición, terminado por los gorrones que descansan sobre cojinetes fijos, y de igual altura, quedando el cilindro en posición horizontal. Hállase provisto éste de dos manubrios unidos al eje, y encargados de hacer girar el torno, con lo que en él se enrolla o desenrolla una cuerda que, estando fija al cilindro por uno de sus extremos, tiene el otro libre en el cual se coloca el recipiente encargado de la extracción.

Como perfeccionamiento del torno indicado, que puede verse en la figura 31, están los tornos diferenciales muy poco usados con este objeto, y los de engranajes, cuyo nombre indica suficientemente su forma de funcionamiento.

Los tornos de engranajes pocas veces son accionados

a brazo, pues generalmente actúan con auxilio de una máquina de vapor, de gasolina, de aire comprimido, de aceite pesado, etc., o por medio de un motor eléctrico, por lo que sólo suelen emplearse cuando se trata de hacer importantes agotamientos.

CAPITULO IV

Norias y molinos

Cuando la cantidad de agua que se precisa extraer de un pozo de excavación es grande, ya por dedicarse a algún objeto que exija gran caudal, o ya por utilizarse para el riego de superficies algo extensas, principalmente de huertas, puede utilizarse la noria, que en general consiste en dos grandes ruedas, una horizontal a manera de linterna y otra vertical que engrana con la primera, siendo accionado el conjunto por procedimientos mecánicos o más corrientemente por motor de sangre.

La noria más generalizada en España es la denominada noria árabe, formada por una serie de vasijas, conocidas como arcaduces o canjilones, fijas a una maroma que toma el nombre de rosario, que tiene como punto de apoyo la llamada rueda de agua. Esta, que es la que ocupa la posición vertical, está formada por dos coronas del mismo diámetro unidas entre sí por barrotes, que forman una especie de escalera circular entre cuyos escalones descansa el rosario.

La rueda de agua tiene en una de sus coronas unos salientes que reciben la acción de los husillos de que está provista la rueda motriz, denominada rueda de aire, la cual está montada sobre un árbol giratorio vertical, que se acciona por una palanca movida por una caballería. El agua elevada cae en un canal de recepción o artesilla, resguardado por un tabique de tablas llamado guarda-vientos.

No obstante su tosca construcción, la noria árabe es en esencia y con pocas variantes el modelo en que se fundan todas las norias modernas, en las que aparte de haber sustituido la madera por el hierro, y ser construídos de bronce los cojinetes y de acero los salientes que sirven de engranajes, pocas reformas y verdaderos perfeccionamientos se observan.

Sin embargo, aparentemente, las norias modernas se diferencian unas de otras por la forma del tambor, la colocación de la cadena o de los canjilones, etc., cuyo objeto es dar más ligereza y seguridad al conjunto.

Las norias generalmente son accionadas por caballerías, pero pueden funcionar con auxilio de cualquier otra

clase de fuerza motriz, siendo frecuente, en algunos países el utilizar con este objeto molinos de viento, si bien ello tiene el inconveniente de ser preciso poseer un depósito en que almacenar el líquido, ya que aún disponiendo de molinos orientables en todas direcciones, no siempre es posible poder contar con este motor de trabajo tan arbitrario e inconstante.

CAPITULO V

Bombas

Hasta ahora sólo nos hemos ocupado de aparatos de elevación útiles en los pozos corrientes; pero cuando ésta ha de verificarse en pozos abisinos o en artesianos no surtidores, es preciso recurrir a las bombas. Estas máquinas pueden también utilizarse en pozos de excavación y en los artesianos surtidores; en estos últimos para forzar su producción.

Muchas son las clases de bombas, pero por su manera de actuar pueden considerarse distribuidas en tres grupos: aspirantes, impelentes y aspirantes-impelentes; así como por su especial distribución pueden ser de pistón, rotativas y centrífugas.

Las bombas aspirantes están formadas por un cuerpo de bomba provisto de pistón y de un tubo aspirador, que la pone en comunicación con el depósito de agua. Constan de dos válvulas que se abren de abajo arriba, una en el centro del pistón y la otra en la unión del

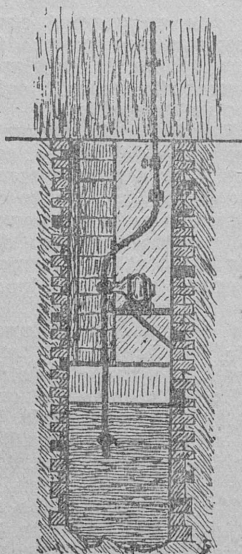


Fig. 32

cuerpo de bomba con el tubo. En ellas al elevar el pistón se cierra su válvula y se abre la del tubo automáticamente, produciéndose la aspiración y entrando el agua en el cuerpo de bomba. Al descender el pistón se cierra la válvula del tubo y se abre la suya, pasando el agua a la parte superior, y por el juego continuado del pistón sale al exterior.

En las impelentes, todo el cuerpo de bomba está sumergido en el agua, y ésta pasa a su interior, cuando se eleva el pistón, por un orificio con válvula que tiene en la parte inferior, y que se abre por la presión del líquido y se cierra al descender el pistón. Comprimida el agua por éste, abre las válvulas de que está provisto, y pasa a la parte superior, saliendo al exterior por el movimiento continuado de la bomba.

La bomba aspirante-impelente es una combinación de ambos sistemas, en la que la elevación del agua se verifica en un tubo lateral, distintivo del cuerpo de bomba.

Las tres bombas descritas pertenecen al grupo de bombas de pistón, y son muy usadas para pozos de excavación, sobre todo cuando se desean o se dispone de pequeños caudales.

Para los pozos artesianos y abisinios se suelen usar las bombas rotativas en las que el émbolo, en lugar del movimiento rectilíneo alternativo, lo tiene giratorio sobre un eje. Son las que más aprovechan la fuerza motriz, pero de difícil construcción y conservación. En general constan de una caja circular a la que llega un tubo de aspiración y otro de elevación. El interior de la caja suele tener un cilindro de eje paralelo al de ésta, pero excéntrico, provisto de un número determinado de paletas, que cuando gira la máquina producen un vacío, que el agua ocupa, y del cual luego es desalojada al continuar el giro.

Para elevar aguas de un sitio en el cual pueda introducirse el aparato, son muy útiles las bombas centrifugas, en las que la aspiración y elevación del líquido se verifica por medio de la fuerza de este nombre. Están constituidas por unos ventiladores de paletas planas o curvas, que giran a gran velocidad alrededor de un eje horizontal, y están en el interior de una caja en la que el agua

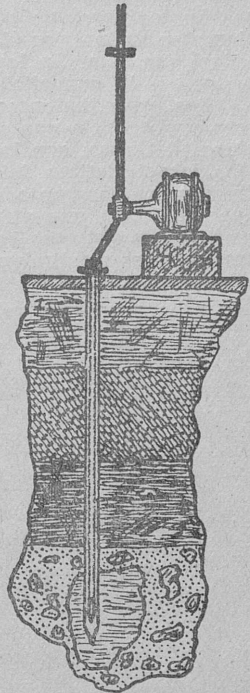


Fig. 33

entra por el centro de la rueda, y es rechazada por las paletas al tubo de elevación.

Las bombas de pistón pueden accionarse a brazo o con auxilio de un motor; las rotativas y las centrífugas siempre necesitan éste.

En los pozos de excavación las bombas pueden instalarse en su interior (figura 32), en la superficie o a mayor nivel que ésta. En los artesianos y abisinios sólo pueden estar en la superficie (figura 33), o a mayor altura.

Los procedimientos de instalación varían con el sistema y el modelo que se elija, con las condiciones particulares del pozo, con las especiales de su utilización y con las características del motor que haya de accionarlas. No requieren, por tanto, esos procedimientos descripción especial: basta que al instalarlas se tengan en cuenta los modelos y sistemas seleccionados para que la instalación procure los rendimientos que se esperen y que debe producir.

SEPTIMA PARTE

VARILLAS Y APARATOS DE INVESTIGACION

Muchos son los aparatos inventados para la investigación de aguas subterráneas, unos con carácter realmente científico y otros meramente empíricos, pues a más de

los procedimientos técnicos antes indicados, existen otros de carácter adivinatorio que, si negados en absoluto hasta ahora, parece preocupan ya a los hombres de ciencia,

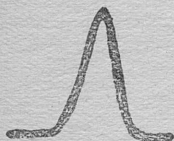


Fig. 34

que han comprobado la realidad de los fenómenos.

Concretándonos a estos últimos, pues los otros no logran suplir la investigación hidrogeológica, vemos que desde muy antiguo se afirma la existencia de personas sensitivas denominadas zahoríes que con auxilio de una varita de dos brazos (figura 34), generalmente de tamarindo, avellano, acebuché, etcétera (*virgula mercurialis*), pueden determinar la existencia de los mantos de agua subterránea.

Otros sensitivos utilizan, en lugar de dicha varita, una cuerda con un peso de forma especial en su extremo, al que denominan péndulo (figura 35).



Fig. 35

El fenómeno que marca la existencia del agua consiste en que la varita, cogida cada rama por una mano, tiende a abandonar la posición horizontal en que se la lleva, al pasar sobre el lugar en que existen dicha clase de aguas, y en que el péndulo oscila en dicho sitio, mientras que permanece inerte en los demás,

Las causas ocasionales de este hecho son totalmente desconocidas, y mientras que unos las achacan a influencias del magnetismo terrestre, otros las suponen debidas a autosugestión del operador, no faltando los que afirman la existencia de una fuerza especial, a la que denominan fuerza ráb dica, productora de los fenómenos, por lo cual, así como por marcar ambos objetos no sólo la presencia de aguas, sino también la de minerales y otros cuerpos subterráneos, recomendamos a los investigadores se atengan en sus trabajos únicamente a los procedimientos hidrogeológicos.

OCTAVA PARTE

LEGISLACION DE POZOS

Prescindiendo de las disposiciones generales de la ley de aguas, nos ocuparemos solamente de las que tienen relación con la construcción de pozos, cualquiera que sea su clase.

Según dicha ley, las aguas subterráneas pertenecen en plena propiedad al dueño del predio donde se hayan obtenido por medio de pozos ordinarios, pudiendo todo propietario construirlos en sus fincas a una distancia mínima de 2 metros en el interior de las poblaciones y de 15 en el campo, de los de sus vecinos.

El que alumbrare aguas artesianas o galerías será dueño de ellas a perpetuidad, aun cuando el sobrante salga de sus fincas. Estos alumbramientos no podrán verificarse a menos de 40 metros de los edificios ajenos, ferrocarriles, carreteras, etc., ni de 100 de otro pozo, fuente, canal, río, acequia, abrevadero, etc., sin licencia especial. Tampoco podrán realizarse estas labores dentro de una pertenencia minera, sin previa estipulación de resarcimiento de perjuicios.

Dada la poca alteración que, según hoy se sabe, sufren los pozos artesianos por la construcción de otros que se alimenten del mismo manto acuoso, dicha legislación peca en lo referente a éstos de anticuada, y es de desear se reforme, facilitándola, ya que no se llegue a dar premios, como hacen algunas otras naciones, a los que verifiquen un nueva alumbramiento de esta clase.

INDICE

	<u>Págs.</u>
Prólogo	3
<i>Primera parte.</i> —NOCIONES PRELIMINARES	5
Capítulo I.—Cosmogonía	5
» II.—Geología	7
» III.—Hidrología	12
<i>Segunda parte.</i> —HIDROGEOLOGIA	17
Capítulo I.—Estratos permeables & impermeables	17
» II.—Aguas freáticas	18
» III.—Aguas artesianas	19
<i>Tercera parte.</i> —HIDROGEOLOGIA APLICADA	22
Capítulo I.—Pozos ordinarios	22
» II.—Galerías subterráneas	25
» III.—Manantiales	26
» IV.—Manantiales intermitentes, intercalares y mixtos	27
» V.—Pozos instantáneos, abisinios o tubulares	29
<i>Cuarta parte.</i> —ARTESTIANISMO	33
Capítulo I.—Cuencas artesianas	33
» II.—Terrenos favorables y desfavorables	35
» III.—Exploraciones hidrogeológicas ..	36
» IV.—Caudal de un manto artesianos,	39
» V.—Construcción de pozos artesianos	41
» VI.—Método europeo	41
» VII.—Método chino	43
» VIII.—Método americano	44
» IX.—Otros métodos de perforación...	45
» X.—Entubación	45
» XI.—Observaciones	46
<i>Quinta parte.</i> —EL AGUA	48
Capítulo I.—Condiciones de las aguas	48
» II.—Aguas para el riego	49
» III.—Potabilidad	52
» IV.—Termalidad	54
» V.—Mineralización	55
» VI.—Utilización de las aguas	56
» VII.—El agua en el organismo humano	58
<i>Sexta parte.</i> —ELEVACION DE AGUAS	59
Capítulo I.—Procedimientos de elevación ..	59
» II.—Poleas o garruchas	59
» III.—Tornos	60
» IV.—Norias y molinos	61
» V.—Bombas	62
<i>Séptima parte.</i> —VARILLAS Y APARATOS DE INVESTIGACION	65
<i>Octava parte.</i> —LEGISLACION DE POZOS	67



COLECCION VARIA

CADA TOMO SIETE PESETAS

Preciosa colección de tomitos impresos con tipos nuevos, sobre papel fino y con primorosas cubiertas a todo color. En ella sólo publicamos libros de interés y actualidad constante, y que, por lo tanto, no deben faltar en ninguna librería ni biblioteca.

Para brillar en la conversación.

Las frases más ingeniosas de aplicación corrientes en el trato de gentes.

Natación. Arte de aprender a nadar; con multitud de dibujos y diseños.

El arte de estudiar. Cómo se facilitan las orientaciones individuales y se sistematiza la memoria.

Gnomónica. Arte de construir relojes de sol. Obra indispensable a los contratistas y particulares para dirigir la colocación de tan útil y ornamental elemento arquitectónico. Un volumen, con grabados.

Reglamento de todos los juegos de baraja y de salón. 85 reglamentos y 23 modelos de solitarios.

Enigmas, entretenimientos y curiosidades matemáticas. Los problemas más divertidos y originales con sus soluciones. Un volumen, con 111 figuras.

Las industrias del aficionado. Construcción casera de toda clase de objetos industriales y domésticos. Un volumen, con grabados.

¿Quiere usted ser aviador? Una carrera al alcance de todos. Un volumen, con 63 grabados.

Física recreativa. Entretenimientos prácticos e ingeniosos de construcción casera. Un volumen, con 190 ilustraciones.

Los sueños. Su significado e interpretación. Diccionario completo de los sueños.

La pesca con caña. Pesca marítima y fluvial al alcance de

todos. Un volumen, con grabados.

El arte de pensar. Gimnasia e higiene de la inteligencia como base de cultura y erudición.

Ciento cincuenta modelos de casas de campo. Planos y presupuestos para construcciones campestres modestas y de lujo. Un volumen, con láminas.

Para pasar el rato. Charadas, jeroglíficos, rompecabezas, adivinanzas, logogrifos y chistes.

Anatomía artística. El libro de los artistas y amantes de la belleza. Con 18 láminas.

Para conservar la belleza sin perder la salud. 300 recetas científicas de tocador.

500 agudezas infantiles. Selección de ocurrencias y chistes morales a propósito para los niños.

Nuestros ojos y sus defectos. Por qué no vemos bien. Libro indispensable para la higiene y conservación de la vista y la salud de los ojos.

Taquigrafía. Sistema Olavarrieta en tres lecciones. Con 40 láminas. Único aprendible sin maestro.

Manual práctico de ajedrez. El reglamento y la marcha completa del juego. Un volumen, con infinidad de láminas y diagramas.

Medicina legal. Prontuario del médico forense y del abogado criminalista.

Quiromancia. El destino del individuo revelado por las manos. Con grabados.

DISTRIBUIDORES

LIBRERIA LA RA. - VALLADOLID

TOMOS PUBLICADOS

EN LA

"PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRACTICA"

A CUATRO PESETAS CADA UNO

- La salud por el sol.
La salud por el ejercicio.
Las plagas caseras.
Ortografía.
Gallos, gallinas y pollos.
Cuentas ajustadas.
El electricista en casa.
365 recetas de cocina práctica.
El arte de escribir cartas.
El jardín y la huerta.
Mecanografía y Taquigrafía a máquina.
El hipnotismo.
Conejos, conejas y gazapos.
Grafología.
La salud.
Contabilidad y teneduría de libros.
La enfermedad.
El indispensable al automovilista.
Astrología.
Cómo se crían los hijos.
Fotografía.
La salud por la alimentación racional.
Manual de mnemotecnia.
La salud por las plantas.
Correspondencia comercial española, francesa e inglesa.
Caseros e inquilinos.
La perfumería en casa.
Cómo se cura la tuberculosis.
Cortesía y trato social.
La vida.
El cerdo y sus aprovechamientos.
Testamentos.
El estreñimiento.
Geometría práctica.
Herencia y particiones.
T. S. H.
La vid el vino y los vinagres.
La letra de cambio.
Apicultura.
Historia de la Arquitectura.
Boxeo.
Para hablar en público.
El olvido, el aceite y los jabones.
Cartas amorosas.
Dibujo geométrico.
La Química del hogar.
El obrero mecánico.
El gusano de seda y su industria.
Historia de la pintura.
Higiene de la vista.
La salud por el agua.
El abogado del pueblo.
Gramática práctica.
Cómo dirigirse a los Poderes públicos.
Aritmética práctica.
Alumbramiento de aguas.
Historia de la escultura.
El canario.
Manual del albañil.
El tabaco.
El arte de vender.
El perro: su crianza y educación.
El derecho de los necesitados de justicia.
Dinamos y motores.
Manual de la enfermera.
Poda y formación de los árboles frutales.
Pintura industrial.
Agricultura.
Astronomía.
Principios y aforismos de Derecho.
Cocina vegetariana.
El veterinario en casa.
Injerto de árboles y arbustos.
Geografía de España.
Los abonos.
El médico en casa.
La vaca y sus productos.
Historia de la literatura española.
Mil frases célebres.
Historia de España.
Palomas y palomares.
Topografía.
Ovejas y cabras.
El consejo de familia.
Agrimensura.

