

BOLETÍN

DE LA

COMISIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

II/2-1-1

BOLETIN
DE LA
COMISION DEL MAPA GEOLOGICO
DE
ESPAÑA

TOMO XXV

~~~~~  
TOMO V  
SEGUNDA SERIE  
(1898)



MADRID

EST. TIP. DE LA VIUDA É HIJOS DE M. TELLO

IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M.

C. de San Francisco, 4

1900

*La Comisión del Mapa geológico de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus MEMORIAS y BOLETÍN son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.*

**Artículo 1.º** Los estudios y trabajos para la formación del Mapa geológico de España se llevarán á cabo por todos los Ingenieros del Cuerpo de Minas simultáneamente.

**Artículo 2.º** Queda encomendada á la Junta superior facultativa de Minería la alta inspección de los trabajos del Mapa geológico, para lo cual se creará en ella una Sección especial.

**Artículo 4.º** Existirá una Comisión, compuesta de Ingenieros de Minas, exclusivamente dedicada á la formación del Mapa geológico de España, ya reuniendo, ya ordenando y rectificando los trabajos que fuera de ella se hagan y los datos que se la remitan, ya practicando los estudios que le compete ejecutar por sí misma.

**Artículo 5.º** Formarán parte de la Comisión los Profesores de las asignaturas de Geología, Paleontología, Mineralogía y Química analítica y Docimasia de la Escuela especial de Minas.

*( Decreto de 28 de Marzo de 1873. )*

## PERSONAL

DE LA

### COMISIÓN EJECUTIVA DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

---

Ilmo. Sr. D. Gregorio Esteban de la Reguera. (*Director.*)

Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar. (*Subdirector.*)

Sr. D. Joaquín Gonzalo y Tarín.

Marcial de Olavarría. (*Secretario.*)

Lucas Mallada.

Pedro Palacios.

Excmo. Sr. D. Justo Martín Lunas.

Sr. D. Gabriel Puig y Larraz.

Rafael Sánchez Lozano.

#### PROFESORES DE LA ESCUELA ESPECIAL DE MINAS AGREGADOS Á LA COMISIÓN

Sr. D. Ramón Pellico y Molinillo.

Juan López Coca.

Florentino Azpeitia.

Las publicaciones de esta Comisión están autorizadas por orden de la Dirección general de Obras públicas, Agricultura, Industria y Comercio, fecha 30 de Junio de 1873, por la que se dispuso entre otras cosas:

1.º Que el Director de la Comisión del Mapa geológico de España pueda publicar las memorias, mapas, descripciones y noticias geológicas que juzgue oportuno, en cuadernos periódicos, en análoga forma á la de los Boletines y Memorias de las Sociedades geológicas de Londres y de Francia.

2.º Que la Comisión establezca la venta y subscripción de sus producciones, á fin de que los recursos que así se obtengan se inviertan en los gastos de la publicación.

3.º Que la Dirección general proponga oportunamente la subscripción oficial á un cierto número de ejemplares, como medio de auxiliar trabajos tan importantes.

## PRÓLOGO

Siguiendo la costumbre establecida por la Comisión del Mapa geológico de España, daremos en este Prólogo del tomo V de la segunda serie del BOLETÍN un ligero análisis de los trabajos que en el mismo tomo se contienen.

El primero y principal de ellos es original del Ingeniero de Minas Sr. D. Horacio Bentabol, que además de cumplir con esmero y celo incuestionables todos los trabajos oficiales inherentes á su cargo de Ingeniero de la provincia de Ciudad Real, dedica su actividad é inteligencia bien acreditadas á tratar asuntos de interés general, como el titulado *Las aguas en España*, que ocupa 347 páginas de nuestro BOLETÍN, donde figurará siempre como prueba de la utilidad que en sus más inmediatas aplicaciones tienen los estudios geológicos especulativos.

La obra consta de dos partes: en la primera se estudia el régimen hidrológico natural de la Península ibérica y se estiman los daños de los arrastres é inundaciones fluviales, haciendo un resumen de la riqueza perdida por semejantes causas. La segunda parte se extiende en proponer un plan de obras y reformas que combatan los defectos del régimen hidrológico natural y sirvan para el mejor empleo de las aguas.

La obra va acompañada de un mapa eudiométrico é hipsométrico de España.

Contraposición del trabajo del Sr. Bentabol es el de Don Tomás Llorente, celoso explorador de antigüedades prehistóricas, y que con el título de *Exploración de varias cavernas de la provincia de Segovia* se incluye también en el tomo V del BOLETÍN. De esta obra nada hay que decir, pues su importancia y transcendencia científicas quedan manifiestas en el título de la misma.

Acompañan al trabajo dos láminas representando diversos objetos prehistóricos recogidos en la Cueva de la Solana de la Angostura y en Cabezas de Encinas.

Como conclusión del tomo van las *Notas bibliográficas geológicas* correspondientes al pasado año de 1898, redactadas, como de costumbre, por el Ingeniero de la Comisión Sr. D. Gabriel Puig y Larraz.

Contrariando nuestros propósitos y ofrecimientos, no hemos podido hasta ahora incluir en las publicaciones de la Comisión del Mapa la descripción física y geológica de la provincia de Lérida, que hace tiempo tiene en preparación el Ingeniero Jefe D. Luis Mariano Vidal; pero esperamos en breve plazo cumplir la deuda que tenemos con nuestros lectores.

---

# LAS AGUAS DE ESPAÑA Y PORTUGAL

POR

D. HORACIO BENTABOL Y URETA

## INTRODUCCIÓN

---

En mis largas excursiones campestres, de doce y hasta diez y seis horas diarias en verano, muchas veces fuera de camino, he venido fijándome desde hace años en el desdichado régimen natural de las aguas en España, en lo poco que, por regla general, se ha intentado para mejorarlo y en lo mucho que con buen resultado debería hacerse, y esto me ha llevado con frecuencia á imaginar lo que en cada caso podría ejecutarse y los grandes resultados que se obtendrían.

Efecto de estas excursiones y observaciones ha sido el que por mucho tiempo haya acumulado datos y estudios sobre el aprovechamiento y empleo de las aguas de lluvia (único origen de las que corren por la superficie y de las que circulan subterráneamente), y con mi trabajo ya muy adelantado, inserté en *La Unión Mercantil*, de Málaga, en 28 de Septiembre de 1898, un artículo sobre el asunto, titulado *Detención de las aguas de lluvia*, y algunos días después, aprovechando la reunión con que los Ingenieros del Cuerpo de Minas, á que me honro en pertenecer, celebraban el patronato de Santa Bárbara, anuncié la próxima publicación de mi obra, del cual anuncio se hizo cargo la *Revista Minera* en su número de 8 de Diciembre de 1898.

En 5 de Enero siguiente leyó mi trabajo el Excmo. Sr. D. Eduardo Benot, y por su intermedio y el de D. Isidoro Fernández Flórez intenté publicarlo en *El Liberal*; mas por la índole de este periódico y la extensión del escrito, hubo de desistirse de hacerlo, y las mismas razones impidieron se publicase en *La Epoca*.

Pensando siempre que el tema de mi estudio, además de ser de gran interés nacional, era de importancia suma para todos los Ingenieros, especialmente para los de Minas, puse el trabajo á disposición de la Comisión permanente de este Cuerpo para que lo patrocinase en las gestiones oficiales que pudiera necesitar su divulgación y el planteamiento del plan general que en él propongo; y después de examinado por dicha Comisión, me contestó el Secretario de la misma en una atenta carta, fecha 12 de Febrero, diciendo que todo el cuidado de la Comisión estaba por entonces concentrado en el estudio de las reformas necesarias en la ley de Minas, por lo cual sentía no poder ocuparse por el momento en mi estudio, que, no obstante, consideraban todos sus individuos de utilidad innegable.

En vista de esto, resolví emprender la propaganda del plan con sólo mis propias fuerzas, empezando por dar en 20 de Febrero una conferencia en el Ateneo de Madrid sobre el tema *Las aguas de España y la regeneración del país*, á la cual por sendas circulares fueron invitadas varias personas notables y todos los periódicos de gran circulación, que la anunciaron á tiempo.

Al siguiente día de mi conferencia hablaron muy favorablemente de ella *El Tiempo*, *La Correspondencia de España*, *La Información* y algún otro periódico; pero guardaron absoluto silencio los demás.

El 26 de Febrero publiqué en *La Correspondencia de España* un artículo sobre el mismo tema y con el mismo título de la conferencia, artículo que fué reproducido por *La Información*, de Madrid; *Los Negocios*, de Barcelona; *El Carbayón*, de Oviedo; *La Campana*, de Pontevedra, etc., cayendo, al parecer, en el vacío con respecto á las restantes publicaciones, puesto que ni del artículo ni del asunto hablaron por lo pronto.

No fué perdida, sin embargo, mi modesta iniciativa. La semilla echada en la reunión de 4 de Diciembre de 1898, ante más de 60 Ingenieros con amigos y relaciones en todas partes; la conferencia del 20 y el artículo del 26 de Febrero, con que había demostrado que no

se aprovechaban más de 10000 millones de pesetas anuales que podían, sin embargo, utilizarse, dieron sus frutos, pues la *Revista de Obras públicas*, que en todo el año de 1898 sólo había publicado dos artículos relativos á aprovechamiento y consumo de agua en España, inició una campaña hidrológica con un artículo sobre *Sindicatos de riegos* en el número del 12 de Enero, y con otro de mi querido discípulo el Ingeniero de Caminos D. Eduardo de Castro, sobre *Canales de riego*, publicado en 2 de Febrero, siguiendo á éstos algunos más que anunciaron la abundante serie de escritos inserta en *El Imparcial* (que en todo el año 1898 nada había hablado de aguas) á contar desde el 7 de Abril, y en la *Revista de Obras públicas* desde el 15 del mismo mes.

«Nunca es tarde si la dicha es buena,» y así yo, que dudaba de poder realizar mi plan con mis propias y escasas fuerzas, tengo que felicitar me y agradecer el concurso que de fuera he recibido; pero como también la filosofía popular dice «que la dicha no es jamás completa,» las fuerzas auxiliares han arrastrado el asunto á las profundidades de los canales y pantanos, sin cuidarse de averiguar si habrá agua para ellos, antiguo error que yo há tiempo había advertido, cuando viendo que menudeaban los proyectos de acequias y presas, publiqué en *La Época* de 4 de Mayo de 1899 un artículo que con el título de *Menos canales y más agua* empieza con las palabras «No con canales, sino con agua se riegan los campos, etc.,» escrito que reprodujeron *La Información*, *La Naturaleza*, *El Crisol* y otros periódicos.

Llegó, en esto, á mi noticia que alguien suponía que yo era contrario á la construcción de canales y pantanos de riego, y para evitar malas interpretaciones hice constar en la redacción de la *Revista de Obras públicas*, ante varios Ingenieros de Caminos, que no sólo se había entendido mal mi pensamiento, sino que ni siquiera pretendía entrar en competencias con nadie, por lo que estaba pronto á poner á disposición de quien quisiera aprovecharlo, el trabajo que hoy publico, los datos reunidos y mi persona, si fuese necesario, para con-



tribuir á la realización de un plan general de utilización de las aguas.

Sin duda que algunas razones semejantes á las que yo expuse en mi artículo *Menos canales.....* habrán tenido el eminente Inspector general del Cuerpo de Caminos, Excmo. Sr. D. Eduardo Saavedra, y los otros cuatro inspectores del mismo Cuerpo que con él votaron en la sesión celebrada el 20 de Mayo por la Junta Consultiva, para oponerse al *Plan de canales y pantanos*, presentado al Ministro el 6 de Abril, y en tal caso, mucho me honra caminar en tan buena compañía.

Hoy que, gracias á la Comisión del Mapa geológico de España, al fin puedo dar al público un estudio que tanto trabajo y tiempo me ha costado, pido nuevamente apoyo (y no en provecho propio, sino en beneficio de la Nación entera) á los Cuerpos de Ingenieros, á la prensa de gran circulación, al Gobierno, á las Cortes y á cuantas personas tienen obligación, interés ó afición de dedicarse á este género de asuntos, para que examinen mi plan, lo mejoren ó modifiquen y contribuyan á que la aridez de nuestros campos, la sed de nuestros pueblos y el desfallecimiento de nuestras industrias se truequen en exuberante vegetación, profusión de abastecimientos de agua y robustecimiento de los encanijados artefactos hidráulicos, saneando al mismo tiempo el País y reduciendo los estragos propios de las inundaciones y arrastres fluviales.

## PRIMERA PARTE

### EVALUACIÓN Y APROVISIONAMIENTO DEL AGUA

Y ATENUACIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR LOS ARRASTRES É INUNDACIONES  
FLUVIALES, POR EL PALUDISMO  
Y POR LAS INMUNDICIAS ARROJADAS Á LOS RÍOS

#### I

#### ORIGEN DE LAS AGUAS TERRESTRES

Todas las aguas terrestres, así superficiales como subterráneas, proceden de las meteóricas, que en forma de lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío, escarcha ó simplemente humedad del aire, se depositan sobre la tierra; y á su vez, toda el agua así distribuida por la superficie de aquella proviene de la vaporizada naturalmente en las regiones cubiertas de agua, ó en las simplemente húmedas, siendo la zona tórrida donde aquella evaporación es más activa, y, por tanto, el lugar principal de origen de las lluvias que riegan los continentes; resultando que **el total del agua llovida en todo el mundo en un período suficientemente largo de tiempo, es igual á la evaporada en el mismo período**, observación que, aunque sencilla, es de la mayor importancia y la cual conviene no olvidar.

El defecto de evaporación en los países fríos es compensado con el exceso en los cálidos, pues cada 24'80 gramos de agua evaporada saturan un metro cúbico de aire á la temperatura de 25° y presión normal á la orilla del mar. Un primer enfriamiento en este aire saturado de vapor, produce las nubes ó agrupación de vesículas acuosas condensadas; nubes que así acumulan grandes cantidades de agua, para en esta forma ser arrastrada por el viento á largas distancias sobre los mares y continentes.

tribuir á la realización de un plan general de utilización de las aguas.

Sin duda que algunas razones semejantes á las que yo expuse en mi artículo *Menos canales*.... habrán tenido el eminente Inspector general del Cuerpo de Caminos, Excmo. Sr. D. Eduardo Saavedra, y los otros cuatro Inspectores del mismo Cuerpo que con él votaron en la sesión celebrada el 20 de Mayo por la Junta Consultiva, para oponerse al *Plan de canales y pantanos*, presentado al Ministro el 6 de Abril, y en tal caso, mucho me honra caminar en tan buena compañía.

Hoy que, gracias á la Comisión del Mapa geológico de España, al fin puedo dar al público un estudio que tanto trabajo y tiempo me ha costado, pido nuevamente apoyo (y no en provecho propio, sino en beneficio de la Nación entera) á los Cuerpos de Ingenieros, á la prensa de gran circulación, al Gobierno, á las Cortes y á cuantas personas tienen obligación, interés ó afición de dedicarse á este género de asuntos, para que examinen mi plan, lo mejoren ó modifiquen y contribuyan á que la aridez de nuestros campos, la sed de nuestros pueblos y el desfallecimiento de nuestras industrias se truequen en exuberante vegetación, profusión de abastecimientos de agua y robustecimiento de los encanijados artefactos hidráulicos, saneando al mismo tiempo el País y reduciendo los estragos propios de las inundaciones y arrastres fluviales.

## PRIMERA PARTE

### EVALUACIÓN Y APROVISIONAMIENTO DEL AGUA

Y ATENUACIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR LOS ARRASTRES É INUNDACIONES  
FLUVIALES, POR EL PALUDISMO  
Y POR LAS INMUNDICIAS ARROJADAS Á LOS RÍOS

#### I

#### ORIGEN DE LAS AGUAS TERRESTRES

Todas las aguas terrestres, así superficiales como subterráneas, proceden de las meteóricas, que en forma de lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío, escarcha ó simplemente humedad del aire, se depositan sobre la tierra; y á su vez, toda el agua así distribuida por la superficie de aquella proviene de la vaporizada naturalmente en las regiones cubiertas de agua, ó en las simplemente húmedas, siendo la zona tórrida donde aquella evaporación es más activa, y, por tanto, el lugar principal de origen de las lluvias que riegan los continentes; resultando que **el total del agua llovida en todo el mundo en un período suficientemente largo de tiempo, es igual á la evaporada en el mismo período**, observación que, aunque sencilla, es de la mayor importancia y la cual conviene no olvidar.

El defecto de evaporación en los países fríos es compensado con el exceso en los cálidos, pues cada 24'30 gramos de agua evaporada saturan un metro cúbico de aire á la temperatura de 25° y presión normal á la orilla del mar. Un primer enfriamiento en este aire saturado de vapor, produce las nubes ó agrupación de vesículas acuosas condensadas; nubes que así acumulan grandes cantidades de agua, para en esta forma ser arrastrada por el viento á largas distancias sobre los mares y continentes.

Por nuevo enfriamiento, ó por cambio de presiones atmosféricas, el agua de las vesículas que forman las nubes se reúne en gotas, y no pudiéndose así sostener en el aire, se origina la lluvia ó alguno de los otros hidrometeoros.

Las causas de la lluvia son, pues:

- 1.º Elevación del aire húmedo á grandes alturas donde se produce de ordinario la formación de nubes.
- 2.º Traslación de estas nubes á parajes fríos.
- 3.º Contacto de las mismas con capas de aire frío ó cumbres montañosas también frías.
- 4.º Enfriamiento por radiación propia de las mismas nubes.
- 5.º Commociones producidas en las nubes por descargas eléctricas ó mecánicas, como suele suceder en las concusiones sísmicas y volcánicas, y aun accidentalmente por explosiones de pólvora ó de dinamita.

La elevación del aire á grandes alturas produce desde luego su enfriamiento por dilatación, por radiación ó por mezcla con el que á baja temperatura allí encuentra, y así el aire caliente y húmedo de los trópicos trasladado por las corrientes generales de la atmósfera á las zonas altas y templadas, sufre el enfriamiento general consiguiendo á la altura y latitud, lo mismo que ocurre con las corrientes de aire caliente no muy altas si chocan con otras frías procedentes del Norte ó con macizos montañosos cubiertos de nieve.

Conviene tener en cuenta que las montañas no atraen las nubes en el sentido directo de la palabra, como vulgarmente se piensa, aunque producen el mismo ó mayor efecto que si las atrajeran, ya por causa del frío que en las alturas reina, ya porque al ascender el aire para salvarlas se dilata á consecuencia de la disminución de presión, se enfría, y abandona parte del vapor de agua que contiene, produciéndose condensaciones en nubes que con gran frecuencia, y á veces de modo casi permanente, rodean las cumbres más elevadas de cada localidad, por lo cual parece que éstas atraen las nubes, cuando lo que hacen es formarlas en sus mismas cimas. También por esta causa en los puntos elevados llueve ó nieva con gran frecuencia, ó es grande el rocío; y si especialmente aquellos están cubiertos de nieve ó de bosques, se conservan húmedos todo el año é infiltran en el terreno grandes cantidades de agua meteórica, funcionando, por tanto, como verdaderos condensadores de los vapores atmosféricos.

## II

### MEDIDA DE LA LLUVIA

Conviene recordar que la cantidad de agua llovida en cada localidad se mide por la altura que tomaría en el terreno mismo la capa líquida formada por la lluvia, si ésta no se perdiese ni moviese absolutamente nada del sitio en que cae, y apreciada de esta manera, se dice que es de un milímetro cuando la capa de agua caída tiene este espesor, y de 10, 15 ó más cuando éstas son las alturas de la capa ó manto de agua llovida <sup>(1)</sup>, lo que se mide por medio del aparato llamado *pluviómetro*, ó mejor dicho *eudiómetro*, consistente en un recipiente metálico, que lleva un embudo, colocado en la parte superior, y con abertura superficial conocida, mientras que lateralmente hay en el aparato una escala graduada.

Las formas que en detalle tienen los diferentes modelos de este útil son variables; pero todos ellos adolecen de un defecto, á mi parecer grave, y más grave aún en nuestro clima, y que consiste en que estando secos, y con frecuencia caldeados por el sol, en el momento de recibir la lluvia, parte de ésta se evapora á expensas del calórico latente de la pared metálica del aparato, saturando su atmósfera seca, y perdiéndose, en consecuencia, para la observación, que así da una cifra inferior á la verdadera, especialmente para lluvias cortas, sobre todo si transcurre bastante tiempo hasta hacer la observación y el sol ha seguido calentando.

Para evitar este inconveniente, propongo á los meteorologistas el siguiente

#### EUDIÓMETRO DE ATMÓSFERA SATURADA (fig. 1).

Consiste en una caja cilíndrica de zinc de 10 centímetros de diámetro y 40 ó más de altura, cerrada en su parte inferior por medio de un fondo plano y una llavecita para extraer el agua después de

(1) Es más práctico para nuestro objeto medir los hidro-meteoros representando cada milímetro del *eudiómetro*, como un litro de agua por metro cuadrado de superficie mojada.

cada observación, y cubierta por un embudo de 20 centímetros de abertura en su boca y de fondo cóncavo y agujereado.

La chapa del recipiente hace, siguiendo la arista central de su frente, un entrante curvo, semicilíndrico, de dos centímetros de diámetro,

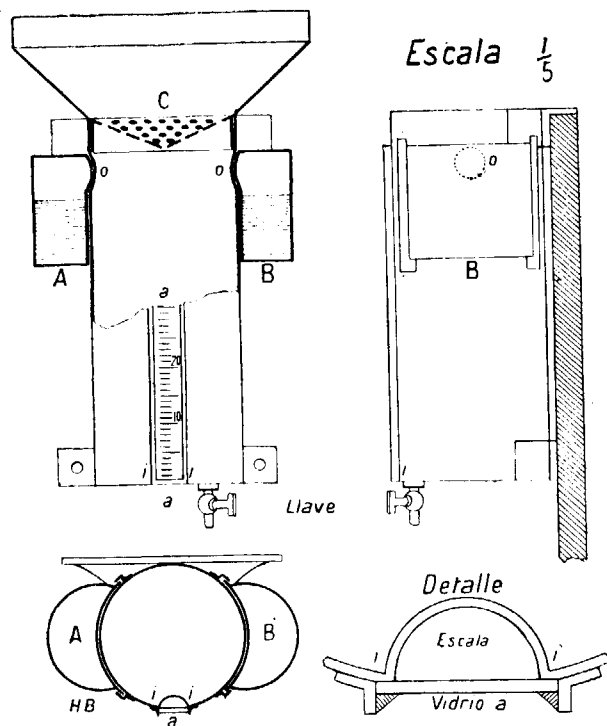


Fig. 4.—Eudiómetro de atmósfera saturada.

cerrado por delante con una tira de vidrio plano, masticada, como se ve en el detalle correspondiente *a*.

En el fondo de esta canal semicilíndrica *a a*, está pintada la escala, donde cada división representa un milímetro de lluvia, que puede apreciarse perfectamente, puesto que tienen cuatro milímetros de altura las divisiones de la escala bañada por el agua que penetra en dicha canal semicilíndrica por medio de dos escotaduras triangulares *i i*, que no pueden verse en la figura, y que están practicadas en ambos lados de la chapa de la canal curva y por su parte inferior.

Junto á cada uno de los dos costados de la parte superior del recipiente, hay dos saturadores *A* y *B* parcialmente llenos de agua y cerrados por todas partes, excepto por un orificio que en cada uno corresponde á otros *o o* del recipiente, saturadores que entran á correr por la parte superior, después de levantado el embudo, y se llenan de agua siempre que lo necesitan.

Así dispuesto el conjunto, la evaporación del agua producida en los saturadores *A* y *B* dará humedad, no sólo á lo interior del recipiente, sino á la parte inferior del embudo, y cuando llueva no habrá lugar á que toda el agua recibida, si es poca, ó parte si es mucha, se evapore, y además cualquier pérdida subsiguiente la compensarán los saturadores, colocados cerca de la única abertura del recipiente, y permanecerá inalterable el agua que se haya reunido en el fondo de aquél.

El precio del aparato puede ser de unas 50 pesetas.

### III

#### CANTIDAD DE AGUA DE LLUVIA EN DIFERENTES LOCALIDADES

Las cantidades de lluvia en los diferentes parajes de nuestro planeta son muy diversas, y mientras que en los desiertos de Sahara, Libia y Kalligharry (Africa), en el Alto Egipto, en Mongolia, una buena región de la Arabia, en las costas del mar Rojo, en parte de la antigua California, en los desiertos del Norte del Plata, en las costas del Perú, en las islas Chinchas y en lo interior de Australia no llueve nunca; en otras localidades, como las Antillas, el Himalaya, las costas de Malabar, el Indostán y en parte de Colombia, caen anualmente cantidades prodigiosas de agua, como se expresa en el estado siguiente:

|                                                                                                          | Milímetros de<br>lluvia. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                                          | Media anual.             |
| Alto Egipto, Sahara, Libia, Arabia, Mongolia, California,<br>costa del Perú é interior de Australia..... | Nada.                    |
| Petro-Alexandrewski (Rusia).....                                                                         | 65                       |
| Alejandro de Egipto.....                                                                                 | 100                      |
| Astrakán (Rusia).....                                                                                    | 160                      |

|                                                                                                              | Milímetros de<br>lluvia. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                                              | Media anual.             |
| Upsala (Suecia).....                                                                                         | 450                      |
| Marsella.....                                                                                                | 470                      |
| Madrid.....                                                                                                  | 490                      |
| Mecklemburgo (Alemania).....                                                                                 | 500                      |
| San Petersburgo.....                                                                                         | 510                      |
| Brandeburgo.....                                                                                             | 550                      |
| Costas suecas del Báltico.....                                                                               | 550                      |
| Méjico.....                                                                                                  | 550                      |
| Paris.....                                                                                                   | 570                      |
| Pekin.....                                                                                                   | 650                      |
| Liverpool.....                                                                                               | 800                      |
| Isla de Jersey y Canal de la Mancha.....                                                                     | 850                      |
| Alpes (Cumbres más altas).....                                                                               | 940                      |
| Milán.....                                                                                                   | 960                      |
| Llanada inglesa <sup>(1)</sup> .....                                                                         | 1000                     |
| Montevideo.....                                                                                              | 1110                     |
| Habana.....                                                                                                  | 1170                     |
| Pisa (Italia).....                                                                                           | 1250                     |
| Alsacia <sup>(2)</sup> .....                                                                                 | 1560                     |
| La Guardia (Pontevedra, España).....                                                                         | 1450                     |
| Jalapa (Méjico).....                                                                                         | 1828                     |
| Costas de Irlanda.....                                                                                       | 1850                     |
| Meseta escocesa.....                                                                                         | 1890                     |
| Manila.....                                                                                                  | 1920                     |
| Joyeuse <sup>(3)</sup> (Departamento del Ardeche, Francia).....                                              | 2000                     |
| Bombay (India inglesa).....                                                                                  | 2080                     |
| Alpes escandinavos.....                                                                                      | 2250                     |
| Monte San Bernardo <sup>(4)</sup> .....                                                                      | 2500                     |
| Cabo francés (Santo Domingo).....                                                                            | 5080                     |
| Sierra Leona (costa O. de Africa).....                                                                       | 4818                     |
| Isla Mauricio (Mar de la India).....                                                                         | 6000                     |
| Costa de Malabar, á 1560 m. de altitud.....                                                                  | 6180                     |
| Montañas de las grandes Antillas.....                                                                        | 10000                    |
| Himalaya.—En ciertas vertientes una lluvia de cuatro horas arroja á veces más de 700 milímetros de agua..... | 12000                    |
| Chera-Ponji (Indostán).....                                                                                  | 15750                    |
| Cuenca del Atrato (Colombia).....                                                                            | 50000                    |

(1) En Londres llueve 178 días al año, por término medio.

(2) Localidad la más lluviosa de Alemania.

(3) Una de las localidades más lluviosas de Francia.

(4) Localidad la más lluviosa de los Alpes.

Para calcular la cantidad en volumen, por hectárea, que corresponde á estas lluvias, basta recordar que la altura de un milímetro corresponde á un litro por metro cuadrado, ó sean 10 metros cúbicos por hectárea, y la de un centímetro á 100 metros cúbicos por hectárea.

En la apreciación anual de la lluvia debe también comprenderse, además de la lluvia propiamente tal, la nieve, el rocío, el granizo, la escarcha y las nieblas.

Una lluvia que en un chaparrón seguido arroje de 10 á 15 milímetros de agua, puede considerarse como una buena lluvia ordinaria, muy útil y perceptible por sus efectos en la agricultura.

Los aguaceros más fuertes no arrojan en nuestro clima más de 50 á 60 milímetros, salvo casos completamente excepcionales, algunos de los que se citan á continuación.

#### IV

#### GRANDES LLUVIAS, SEQUÍAS, INUNDACIONES Y FRIOS EXTRAORDINARIOS

El agua hlovida en cada localidad no tiene nada de constante para cada mes ó cada año, sino que, por el contrario, es uno de los fenómenos naturales más variables de uno á otro tiempo.

Cuando durante largas temporadas, por causas que aún no conocemos, aumenta ó disminuye la evaporación, cambia notablemente el régimen regular de los vientos, se aumenta la capacidad higroscópica del aire ó se trastorna profundamente el régimen ordinario de la circulación del agua en el globo terrestre, se producen los diluvios y sequías, y los frios ó calores extraordinarios, de que la historia guarda recuerdos calamitosos.

Como casos notables por la abundancia de lluvias en un momento dado, citaré los siguientes, relativos á España:

En 18 de Julio de 1887 llovieron en San Sebastián, cuya media anual es de 1267, cerca de 100 milímetros.

En Tharsis (Huelva), cuya media anual es de 642, cayeron en 24 de Octubre de 1897, 151 milímetros de lluvia.

En 11 de Septiembre de 1891 descargó en Almería una lluvia que en hora y media produjo 158'5 milímetros de altura, y en 6 y 7 de Septiembre de 1888, llovieron 65 milímetros.

En Valencia cayeron en 26 de Octubre de 1879, 100 milímetros, y anteriormente han ocurrido en la misma provincia, según el señor Boch y Juliá, las siguientes lluvias extraordinarias, que produjeron riadas en el Júcar: 158 milímetros durante un día en 17 de Noviembre de 1855; 142 milímetros en dos días en 26 de Octubre de 1862; 191 milímetros para tres días, que empezaron en 29 de Mayo de 1865; 254 milímetros durante dos días, á contar del 27 de Septiembre de 1858; 502 milímetros en treinta y tres horas en 4 de Noviembre de 1864; 400 milímetros para treinta horas en 21 de Octubre de 1845; 444 milímetros durante cinco días consecutivos en 26 de Febrero de 1857; y 500 milímetros en los dos días 7 y 8 de Diciembre de 1855. De todas éstas, la mayor lluvia en relación con el tiempo en que se produjo es la de 400 milímetros ya consignada.

En la Coruña, cuya media anual no excede de 700 milímetros, durante el año 1849, en 177 días de lluvia, se sumaron 1880 milímetros.

En Gibraltar, cuya media anual observada durante el periodo de veinte años, comprendidos desde 1849 á 1868, es de 875 milímetros según los autores ingleses, y 750 según la Memoria del Sr. Rico y Sinovas, cayeron en 1866, 1985 milímetros, y dice Vera <sup>(1)</sup> que en esta misma localidad se midieron durante veinticuatro horas, en 9 de Noviembre de 1895, 185 milímetros de lluvia y que en 22 de Noviembre de 1828 llegaron á 800.

Como de los anteriores datos pudiera deducirse erróneamente que España es un país excepcional en cuestión de grandes y repentinos aguaceros, consigno algunos datos relativos á otros países europeos que sufran tan grandes ó mayores lluvias torrenciales que el nuestro.

El 4 de Junio de 1859 llovieron en Bruselas, durante tres horas, 415 milímetros.

En la noche del 14 al 15 de Octubre de 1835, una tempestad que cruzó la tierra de Otranto, descargó, en cinco horas, en Taranto, 187 milímetros, y 522 en Grottaglia.

Arago refiere que en 7 de Octubre de 1827 cayeron en Joyeuse 785 milímetros de lluvia, durante veinticuatro horas.

En Génova llovieron el 25 de Octubre de 1822, 800 milímetros.

Ante estas desviaciones del régimen normal de las lluvias y estos verdaderos diluvios, resulta, como se verá, el interior de España,

(1) *Lluvias é inundaciones*, por D. Vicente Vera.

con todas sus irregularidades, menos perjudicado que otros países, y así es que en Madrid, por ejemplo, punto céntrico de la Península, y cuya media anual de treinta años, es de 415.7 milímetros, la mayor lluvia que en un día cayó en este espacio de tiempo, fué de 57.2, correspondiendo al 17 de Noviembre de 1885.

Pero si las cifras anteriores, relativas á grandes y torrenciales lluvias son asombrosas, no lo son menos los siguientes datos relativos á grandes sequías, inundaciones y frios extraordinarios, todo extractado de las *Memorias geológicas de Cuenca, Teruel, Valladolid, Segovia, Valencia, Zamora, Salamanca y Vizcaya*, escritas por los Ingenieros de Minas D. Daniel de Cortázar las cinco primeras, y por D. Gabriel Puig, D. Amalio Gil y Maestre y D. Ramón Adán de Yarza, respectivamente, las otras tres; de la *Historia crítica de las riadas del Guadalquivir*, por D. Francisco de B. Palomo; de la *Memoria sobre las causas de las sequías de Murcia y Almería*, por D. Manuel Rico; de la *Memoria sobre las inundaciones del Júcar en 1864*, por D. Miguel Bosch y Juliá; y del folleto sobre las *Inundaciones de Almería*, por D. Enrique López Morales, sin contar otros autores y documentos veraces, que he aprovechado para reunir todos los datos que para su fácil consulta y para que sirvan de base y de antecedentes justificantes á lo que seguirá, he resumido y ordenado cronológicamente y estampo á continuación:

### Reseña de los mayores trastornos climatológicos ocurridos en España.

| AÑOS     |                    |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|--------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sequías. | Riadas y diluvios. | Otros azotes. |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|          |                    |               | TIEMPOS PREHISTÓRICOS                                                                                                                                                                                                                                                             |
|          |                    |               | Según Diodoro Sículo, Garibay y otros historiadores antiguos, una famosa sequía despobló la Península Ibérica en tiempos prehistóricos.                                                                                                                                           |
|          |                    |               | TIEMPOS HISTÓRICOS                                                                                                                                                                                                                                                                |
| — 224    |                    |               | Hacia el año 224 antes de J. C., hubo en el centro de España una gran sequía que duró veintiséis años, produciendo ruina general.                                                                                                                                                 |
| 440      |                    | 469           | Sequía en la cuenca del Duero y en toda Galicia. Grandes fríos en Castilla la Vieja.                                                                                                                                                                                              |
| 680      |                    |               | Gran sequía con despueble del centro de España.                                                                                                                                                                                                                                   |
| 707      |                    |               | Gran sequía, hambre y peste en toda España, con mortalidad de la mitad de la población.                                                                                                                                                                                           |
| á 709    |                    |               | Pertinaz sequía de treinta y un años, llegando á su máximo el año 873, en que se secaron las fuentes, faltaron las cosechas de cereales, se perdieron las vides y árboles frutales, y murió el ganado por falta de abrevaderos. En 860 se helaron el Mediterráneo y el Adriático. |
| 846      |                    | 860           |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| á 877    |                    |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 899      |                    |               | Se repite la sequía, aunque no con tanta gravedad como la anterior.                                                                                                                                                                                                               |
| 904      |                    |               | Bajó tanto el Duero, frente á Zamora, por efecto de la sequía, que era vadeable para las personas.                                                                                                                                                                                |
| 982      |                    |               | Sequía general en toda España, que impidió sembrar.                                                                                                                                                                                                                               |
|          |                    | 4421          | Grandes fríos en Castilla.                                                                                                                                                                                                                                                        |
|          |                    | 4433 y 34     | Grandes fríos, helándose el Ródano, el Pó y todos los ríos de la Provenza, Italia y Norte de España.                                                                                                                                                                              |
|          | 4443               |               | Grandes y persistentes lluvias.                                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | 1168               |               | Grandes lluvias y riadas en toda España.                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4172     |                    |               | Sequía y hambre general en España.                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | 4192               |               | Grandes fríos, helándose completamente el Tajo.                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | 4201               |               | Grandes heladas, nieves é inundaciones en Castilla.                                                                                                                                                                                                                               |
|          | 4203               |               | Riadas en Valladolid y en Toledo.                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          | 4212 y 13          |               | Grandes fríos y heladas desde Octubre á Febrero.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4213     |                    |               | Sequía en Europa y hambre tan extremada, que produjo gran mortandad y casos de canibalismo.                                                                                                                                                                                       |
|          | 1256               |               | Gran riada del Tormes. Salamanca.                                                                                                                                                                                                                                                 |

| AÑOS        |                    |               |                                                                                                                                                               |
|-------------|--------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sequías.    | Riadas y diluvios. | Otros azotes. |                                                                                                                                                               |
| 1257        |                    |               | Gran sequía en Castilla durante el invierno del 57 á 58.                                                                                                      |
|             | 1258               |               | Riadas en Valladolid y en Toledo. Lluvias generales.                                                                                                          |
|             | 1264               |               | Gran riada del Duero en Zamora.                                                                                                                               |
|             | 1286               |               | Riadas en Valladolid y en Burgos.                                                                                                                             |
|             | 1297               |               | Grandes lluvias en Andalucía y riada del Guadalquivir.                                                                                                        |
| 1302        |                    | 1302          | Gran sequía, hambre y mortandad en Castilla.                                                                                                                  |
|             | 1302               |               | Grandes lluvias, riada del Guadalquivir, terremoto, hambre y peste en Sevilla, pereciendo la cuarta parte de la población.                                    |
|             | 1340               |               | Riada del Duero, llevándose el puente viejo de Zamora.                                                                                                        |
| 1324        |                    |               | Sequía muy grande en Valencia.                                                                                                                                |
| 1333        |                    | 1330          | Riada del Guadalquivir en Sevilla.                                                                                                                            |
|             | 1351               |               | Sequía, hambre y mortandad en Castilla y Galicia.                                                                                                             |
|             | 1353               |               | Temporales de agua, riadas, hambre, peste y mortandad en Sevilla.                                                                                             |
| 1355        |                    |               | Riada del Guadalquivir en Sevilla.                                                                                                                            |
|             |                    |               | Año de los más secos; pero en razón á haber sido muy húmedos los anteriores y posteriores, no tuvo esta sequía desastrosas consecuencias generales.           |
|             | 1358               |               | Grandes lluvias que inundaron Valencia.                                                                                                                       |
|             | 1373               | 1373          | El invierno de 1373 á 74, fué de grandes temporales de agua y terremotos en Sevilla.                                                                          |
|             | 1380               |               | Riada del Nervión en Bilbao.                                                                                                                                  |
|             | 1383               | 1383          | Temporales de agua, riada, hambre y peste en Sevilla.                                                                                                         |
| 1394 á 1404 |                    |               | Pertinaz sequía en Baleares.                                                                                                                                  |
|             | 1402               | 1402          | Fué muy lluvioso el invierno de 1402 á 403, así como los anteriores y posteriores, y esto produjo grandes riadas. Peste.                                      |
|             | 1403               |               | Lluvias generales en España y riada en el Guadalquivir.                                                                                                       |
|             | 1408               |               | Riada del Nervión en Bilbao.                                                                                                                                  |
|             | 1421               |               | Riadas en el Norte de Cataluña y en todo el Ampurdán.                                                                                                         |
|             | 1433               |               | Nevó en Zamora cuarenta días seguidos á partir de 1.º Febrero.                                                                                                |
|             | 1434               |               | Lluvias y nevadas generales. En Castilla llovió continuamente desde 4.º de Noviembre de 1434 hasta 25 de Marzo del 35, desbordándose todos los ríos del país. |
|             |                    | 1435          | Hambre general por pérdida de las cosechas á consecuencia de los aguaceros pertinaces anteriores.                                                             |
|             |                    | 1438          | Lluvia de piedras ligeras, como toba, en Maderuelo.                                                                                                           |
|             | 1447               |               | Riada del Nervión en Bilbao.                                                                                                                                  |
|             | 1480               |               | Idem id.                                                                                                                                                      |

| AÑOS     |                    |               |                                                                                                                                                                                         |
|----------|--------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sequías. | Riadas y diluvios. | Otros azotes. |                                                                                                                                                                                         |
| 1473     | 1464               | 1464          | Terremoto, huracán y riada en Sevilla. Fué muy seco el invierno de 1473 á 74.                                                                                                           |
|          |                    | 1476          | Nevó durante veinte días en Zamora.                                                                                                                                                     |
|          | 1481               | 1481          | Hambre, peste y riadas en Sevilla y en Bilbao.                                                                                                                                          |
|          | 1482               |               | Riada del Tormes en Salamanca.                                                                                                                                                          |
|          | 1485               |               | Grandes lluvias ó inundaciones generales.                                                                                                                                               |
|          | 1488               |               | Grandes lluvias, inundaciones y hambres en Castilla y Andalucía.                                                                                                                        |
|          | 1500               |               | Riada del Tormes en Salamanca.                                                                                                                                                          |
| 1503     |                    |               | Sequía y hambre en Castilla.                                                                                                                                                            |
|          | 1504               | 1504          | Grandes temporales de agua en Castilla. Terremoto y riada en Sevilla.                                                                                                                   |
| 1506     |                    | 1506          | Sequía, hambre y peste en toda España. Este fué conocido por el nombre «año del hambre.» Se secaron muchas fuentes y ríos. Hubo que traer trigo de Sicilia y Rusia.                     |
|          | 1507               |               | Riada en Sevilla.                                                                                                                                                                       |
|          | 1508               |               | Inundación en Ciudad Real.                                                                                                                                                              |
|          | 1511               |               | Riada del Pisuerga en Valladolid.                                                                                                                                                       |
| 1513     | 1513               |               | Seca y carestía en Castilla hasta la siega. Después grandes aguaceros.                                                                                                                  |
| 1522     |                    | 1522          | Sequía y peste en Sevilla á principio de año.                                                                                                                                           |
|          | 1523               |               | Riada en Sevilla.                                                                                                                                                                       |
|          |                    | 1524          | Epidemia en Sevilla á consecuencia de la seca primero y de gran riada después.                                                                                                          |
|          | 1527               |               | Riadas en Valladolid, Burgos y Toledo.                                                                                                                                                  |
|          |                    | 1530          | A principio de Enero se heló el Tajo.                                                                                                                                                   |
| 1539     |                    |               | Sequía en Castilla.                                                                                                                                                                     |
| 1543     |                    |               | Sequía en Valladolid y Zamora á principios de año.                                                                                                                                      |
|          | 1543               |               | Lluvias generales en Andalucía y Castilla durante ocho meses. Inundación en Toledo.                                                                                                     |
|          | 1544               |               | Lluvia ó inundaciones en Andalucía y Castilla.                                                                                                                                          |
|          | 1545               |               | Riadas en Sevilla, en Badajoz y en Zamora.                                                                                                                                              |
| 1546     |                    |               | Sequía en Zamora.                                                                                                                                                                       |
| 1550     |                    |               | Idem id. y en Valladolid, secándose algunos ríos. Comienza en Baleares una sequía que algunos suponen duró un siglo.                                                                    |
|          | 1552               |               | Riadas del Nervión en Bilbao.                                                                                                                                                           |
|          | y 1553             |               |                                                                                                                                                                                         |
|          | 1554               |               | Riada en Sevilla.                                                                                                                                                                       |
|          | 1556               |               | Grandes lluvias y hambre en Castilla. Riada en Zamora.                                                                                                                                  |
|          | 1582               |               | Inundaciones en Valladolid, Burgos y Bilbao.                                                                                                                                            |
|          | 1586               |               | Riadas en Sevilla y en Zamora.                                                                                                                                                          |
|          | 1589               |               | Terrible avenida del río Turia en Valencia.                                                                                                                                             |
|          | 1590               |               | Riadas del Guadalquivir en Sevilla. En 1594 riada del Duero en Zamora. En Septiembre de 1592 el mayor diluvio ó inundación en Bilbao, subiendo extraordinariamente el agua del Nervión. |
|          | a 1593             |               |                                                                                                                                                                                         |

| AÑOS     |                    |               |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|--------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sequías. | Riadas y diluvios. | Otros azotes. |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1594          | Huracán en Sevilla. Se heló el Mediterráneo en Venecia y en Marsella.                                                                                                                                                                              |
|          |                    |               | Riada en Sevilla.                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1595     |                    | 1595          | Sequía en Zamora, que se extendió á Galicia y Portugal en los años siguientes 96, 97 y 98.                                                                                                                                                         |
|          |                    | 1596          | Riadas en Sevilla en 1596 y 97.                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1597          | En 1597 riada del Duero en Zamora.                                                                                                                                                                                                                 |
|          |                    | 1598          | Grandes lluvias, hambre y peste en Segovia.                                                                                                                                                                                                        |
| 1602     |                    | 1598          | Sequía en Andalucía.                                                                                                                                                                                                                               |
|          |                    | 1603          | Riada en fin de año en Valladolid y en Sevilla.                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1604          | Riadas en Sevilla y Badajoz.                                                                                                                                                                                                                       |
| 1605     |                    |               | Sequía en Castilla.                                                                                                                                                                                                                                |
|          |                    | 1606          | Grandes lluvias en Zamora con riadas del Duero en 1606, 7 y 11, causando está última graves averías en el puente. Riadas en Sevilla en 1608 y 9. Riada en Valladolid en 1614.                                                                      |
|          |                    | a 1614        |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1615          | Octubre 14.—Gran inundación en Murcia y Orihue-la, con ruina de 600 edificios. El 15 inundación en Lorca y lluvias abundantes en Zamora.                                                                                                           |
|          |                    |               | Se acusa una sequía en Castilla que se señala en Valladolid hasta quedar casi agotado el Pisuerga.                                                                                                                                                 |
|          |                    |               | En 1617 espantosa escasez en Baleares y todo el litoral del Mediterráneo; se agotaron los pozos y dejó de correr el Turia en Valencia.                                                                                                             |
|          |                    |               | En Zaragoza riada del Ebro en 1618. Grandes lluvias en Castilla y Andalucía. Riada del Guadalquivir en 1618 y del Duero en 1619.                                                                                                                   |
| 1616     |                    |               | Sequías generales hasta 1635 en el sur de España.                                                                                                                                                                                                  |
| y 1617   |                    |               | Año llamado en Castilla del «diluvio.» Riadas é inundaciones en Zamora, Salamanca, Valladolid, Tercel, y en general en toda la Península.                                                                                                          |
|          |                    | 1618          |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | y 1619        |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1620          | Sequía y hambre en Castilla.                                                                                                                                                                                                                       |
|          |                    | 1626          |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1629          |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1630          |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1631          |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                    | 1633          | Grandes lluvias en Andalucía y riadas en Sevilla.                                                                                                                                                                                                  |
|          |                    | 1634          | Grandes frios en el invierno de 1634 á 35, que se prolongaron en Zamora hasta Agosto del último año.                                                                                                                                               |
|          |                    | 1635          | Continúa el frío en Castilla. Lluvias é inundaciones á fin de año.                                                                                                                                                                                 |
|          |                    | 1636          | La mayor inundación conocida en Valladolid, producida por un impetuoso viento y aguacero que duró dos días, derritiendo la nieve acumulada en la cordillera Carpetana. En Zamora la crecida del Duero se llevó el puente que estaba en reparación. |
|          |                    | 1639          | Sequías en ambas Castillas en 1639 y 40, y generales en Europa, bajando mucho los ríos y secándose muchas fuentes, que terminaron con grandes frios                                                                                                |
|          |                    | 1640          |                                                                                                                                                                                                                                                    |



| AÑOS     |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sequías. | Riadas y diluvios. | Otros azotes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|          | 1644               | 1641 en el invierno de 1641 á 42 en Segovia y Zamora, y lluvias extraordinarias en Castilla desde 1644 á 46.                                                                                                                                                                                                   |
|          | 1645               | 1642 Gran riada en Sevilla.<br>1645 En el invierno de 1645 á 46 hubo grandes fríos, ventiscas en toda España y nevadas en Zamora. En 1645 una furiosa tempestad en Toro el día en que murió el Conde-Duque de Olivares y fuerte riada en Zamora.                                                               |
|          | 1649               | 1649 La sequía y frío de los años anteriores terminó con grandes lluvias en Andalucía, que empezando en primeros de Marzo produjeron á fin del mismo una gran avenida del Guadalquivir, seguida de hambre y peste levantina, que en ochenta días arrebató 200.000 habitantes de los 300.000 que tenía Sevilla. |
| 1650     |                    | Sequía de treinta años en Castilla que duró hasta 1680, con plaga de langosta.                                                                                                                                                                                                                                 |
|          | 1651               | En 14 de Octubre gran inundación de Murcia. En 8 de Noviembre inundación en Bilbao.                                                                                                                                                                                                                            |
|          | 1658               | 1657 Grandes fríos en Andalucía.<br>Riada en Sevilla.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1664     |                    | Escasez y carestía en Baleares y en todo el litoral del Mediterráneo.                                                                                                                                                                                                                                          |
|          | 1681               | Riada en Bilbao.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1682     |                    | Pertinaz sequía en Sevilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|          | 1683               | Una de las mayores riadas del Guadalquivir, que duró desde el 23 de Diciembre de 1683 á 6 de Febrero del 84.                                                                                                                                                                                                   |
|          | 1691               | Riada en Sevilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|          | 1692               | Inundaciones en Sevilla y Valladolid.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|          | 1697               | En Sevilla y en Mayo, riada imprevista por el tiempo y los antecedentes meteorológicos.                                                                                                                                                                                                                        |
| 1700     |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1703     |                    | Sequías en Castilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1706     |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | 1707               | Lluvias generales desde Diciembre del año 1707 á Marzo de 1708. En Salamanca gran crecida del Tormes. En Sevilla 42 riadas del Guadalquivir.                                                                                                                                                                   |
|          | 1709               | Año muy frío en España y en toda Europa. Se helaron muchos ríos en España y el Mediterráneo en Marsella y Génova.                                                                                                                                                                                              |
|          | 1709               | 1709 Riada en Sevilla en el mes de Febrero, carestía, hambre, langosta y fiebres.                                                                                                                                                                                                                              |
| 1715     |                    | Gran sequía en Salamanca.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|          | 1716               | Noviembre 14. Crecida del Júcar en Valencia.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | 1718               | En Agosto gran tormenta en Salamanca.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1720     |                    | Sequías en Castilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1723     |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| AÑOS     |                    |                                                                                                                                                                                                               |
|----------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sequías. | Riadas y diluvios. | Otros azotes.                                                                                                                                                                                                 |
|          |                    | 1724 En Salamanca horrorosa tempestad en Mayo, cayendo piedras de cinco cuarterones de peso.                                                                                                                  |
| 1725     | 1725               | Grandes lluvias en Segovia.                                                                                                                                                                                   |
| 1726     |                    | Gran sequía en la comarca de Urgel.                                                                                                                                                                           |
|          |                    | Gran sequía en Salamanca y Zamora.                                                                                                                                                                            |
|          |                    | 1729 Grandes fríos en Castilla, habiéndose helado el Pisuerga en Valladolid.                                                                                                                                  |
|          | 1731               | Temporales en Sevilla y riada en Febrero.                                                                                                                                                                     |
|          | 1733               | Grandes crecidas del arroyo Clamores en Segovia y del Guadalentín en Murcia.                                                                                                                                  |
|          | 1734               | 1734 Gran sequía en Castilla, y en Junio inundación en Segovia.                                                                                                                                               |
|          |                    | 1734 En Octubre huracán en Salamanca.                                                                                                                                                                         |
|          | 1736               | En Febrero. Riada en Valladolid. En Sevilla prolongadas lluvias y riada en Abril.                                                                                                                             |
| 1737     | 1737               | Pertinaz sequía en Castilla y riada en Bilbao.                                                                                                                                                                |
| 1738     | 1738               | 1738 Comenzó el año muy seco en Andalucía y Castilla, concluyendo tan frío que se helaron varios ríos en Castilla, y en Diciembre hubo en Sevilla fuerte huracán, lluvia torrencial y riada del Guadalquivir. |
|          |                    | 1739 Grandes fríos y nieves, helándose los ríos en Castilla.                                                                                                                                                  |
|          |                    | 1739 En 1.º de Noviembre una de las mayores crecidas del Duero. Lluvias generales, y del 3 al 6 de Diciembre, crecidas del Tormes, Duero, Ebro, Guadalquivir, Pisuerga y Jarama.                              |
|          | 1740               | 1740 Grandes fríos. Riada del Guadalquivir en Enero y del Júcar en Octubre.                                                                                                                                   |
|          |                    | 1742 al 43. Frío y heladas en los ríos.                                                                                                                                                                       |
|          | 1746               | En Sevilla grandes lluvias y riada en Febrero.                                                                                                                                                                |
|          | 1747               | Riadas del Jarama y del Tajo.                                                                                                                                                                                 |
| 1749     |                    | Sequía en toda España.                                                                                                                                                                                        |
| 1750     |                    | Continúa la sequía.                                                                                                                                                                                           |
| 1751     | 1751               | Sigue la sequía y termina el año con grandes temporales y riadas.                                                                                                                                             |
|          |                    | 1752 Riada del Guadalquivir á principio de año.                                                                                                                                                               |
| 1752     |                    | Continúa la sequía en Castilla.                                                                                                                                                                               |
| 1753     |                    | Se secaron el Tormes y muchas fuentes y pozos.                                                                                                                                                                |
|          | 1753               | Inundación en Lorca.                                                                                                                                                                                          |
|          | 1758               | Riada del Guadiana en Badajoz.                                                                                                                                                                                |
|          | 1759               | Junio 13. Inundación en Valdepeñas.                                                                                                                                                                           |
|          | 1764               | Riada del Sixto en Mondoñedo, y persistentes lluvias durante seis meses en Valencia.                                                                                                                          |
|          | 1762               | Diluvio é inundación en Bilbao.                                                                                                                                                                               |
| 1764     |                    | Sequía y hambre en Castilla.                                                                                                                                                                                  |
|          |                    | 1765 Invierno muy riguroso en España y Portugal, Francia é Italia, y templado en los países del Norte.                                                                                                        |
| 1767     | 1767               | 1767 Sequías y fríos intensos en Castilla y lluvias torrenciales al final.                                                                                                                                    |

| AÑOS     |                    |               |
|----------|--------------------|---------------|
| Sequías. | Riadas y diluvios. | Otros azotes. |
|          | 1768               |               |
|          |                    | 1769          |
|          |                    | 1770          |
| 1772     |                    |               |
| 1774     |                    |               |
| 1775     |                    |               |
|          | 1775               |               |
|          | 1776               |               |
|          | 1777               |               |
| 1779     |                    | 1779          |
|          |                    | 1779          |
|          | 1782               |               |
|          | 1783               |               |
|          | 1784               | 1784          |
|          | 1785               |               |
|          | 1786               |               |
|          | 1787               | 1787          |
|          | 1788               | 1788          |
|          | 1789               | 1789          |
| 1789     |                    |               |
|          | 1794               |               |
| 1792     |                    |               |
|          |                    |               |

| AÑOS     |                    |               |
|----------|--------------------|---------------|
| Sequías. | Riadas y diluvios. | Otros azotes. |
|          | 1792               | 1792          |
|          | 1793               |               |
| 1796     | 1796               |               |
|          | 1797               | 1797          |
| 1799     |                    |               |
|          | 1800               |               |
|          | 1801               |               |
| 1804     |                    |               |
|          | 1802               | 1802          |
| 1803     |                    |               |
|          | 1804               | 1804          |
|          | 1805               |               |
|          |                    | 1806          |
|          |                    | 1812          |
| 1815     |                    |               |
| 16       |                    |               |
|          | 1819               |               |
|          |                    | 1820          |
|          | 1824               |               |
|          | 1823               |               |
| 1824     |                    |               |
| 1827     |                    |               |
| 1828     |                    |               |
|          |                    | 1829          |
|          | 1830               |               |
|          | 1834               |               |
|          |                    | 1834          |



| AÑOS     |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sequias. | Riadas y diluvios. | Otros azotes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|          | 1885               | 86 y 87. Riadas en Sevilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|          | 1888               | Riada en Sevilla. En 6 de Septiembre gran inundación en Almería á consecuencia de una lluvia de 63 milímetros.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|          | 1891               | Septiembre 11. Gran inundación en Almería á consecuencia de una lluvia de 458 milímetros caídos en hora y media. Lluvia torrencial é inundación en Consuegra (Toledo), con muerte de más de 900 personas, pérdida de 700 edificios y multitud de animales y efectos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|          | 1892               | Riadas en Sevilla.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|          | 1896               | El 10 de Febrero estalla sobre Madrid un bólido con atronador estrépito.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|          | 1897               | En Abril, Mayo y Junio, riadas del Pisuerga en Palencia. Septiembre 12. Inundación en Valdepeñas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|          | 1898               | Inundación del Pisuerga en Agosto, al Sur de la provincia de Palencia.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          | 1899               | Horrible granizada en Madrid el 9 de Junio, cayendo piedras de 150 gramos, que causaron algunas desgracias en personas y animales, rompiendo varios cientos de miles de cristales. Tempestades y pedriscos en Soria y otras provincias.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|          | 1899               | 1899 Mes de Agosto muy cálido y tempestuoso en América, Oeste de Europa y Norte de Africa.—Día 7. Tempestades en Nueva York y en Barcelona.—Día 8. Ciclón en Puerto Rico con inundación y destrucción de Ponce y otros pueblos y muerte de 2000 personas.—En la noche del 8 al 9 pororoca en Valparaíso de 44 metros de altura, arrastrando 83 hombres, varias locomotoras y barcos.—Día 9. Temblor de tierra en el noroeste de la Península.—Día 10. Destrucción de Montserrat, en San Thomas, por uno de los mayores huracanes conocidos. Huracán, granizada é inundación en Argel, Manchones (Zaragoza) y en Gap (Altos Alpes).—Días 11 y 12. Calor sofocante en Soria, llegando á 50°; tempestades, granizadas é inundaciones en Soria, Guadalajara, Toledo, Huesca, Logroño y Murcia.—Día 14. Tormentas en Madrid y Valdepeñas.—Día 15. Tempestad general en Chile y España, con huracanes, granizadas, inundaciones y muertes por el rayo en Sevilla, Ecija, Córdoba, Valdepeñas, Toledo, Madrid, Guadalajara, Palencia, León, Logroño, Calatayud, Soria, San Sebastián y Zaragoza, etc.—Día 20. Tormentas en Madrid y Sigüenza. |

Examinando los anteriores datos sobre trastornos climatológicos, pudiera deducirse que España es un país excepcionalmente castigado por los meteoros, lo que no es cierto; pues aparte de que mucho de lo consignado han sido trastornos atmosféricos generales, tanto más extendidos cuanto más extraordinarios, como lo demuestran las referencias que se hacen á otros países en los años 860, 1153, 1213, 1594, 1639, 1640, 1709, 1765, 1788, 1855 y 1899, es claro que me ha sido menos difícil, y más útil al propio tiempo, reunir antecedentes propios que extraños, y sin embargo, á continuación se citan algunos referentes á las grandes sequías que han acosado á Europa y especialmente á Francia.

En el año 1000 los ríos de Europa se secaron, y los montones de peces y lodos en putrefacción ocasionaron la peste.

En 1122 el Rhin quedó convertido en un arroyo, y en 1304 se secaron, además del Rhin, el Loira y el Sena.

Desde el año 1000 al 1304 hubo cuatro grandes sequías: en 1000, 1121 á 22, 1213 y 1304, sin que desde entonces hasta el día se hayan registrado, afortunadamente, tan generales secas para Europa.

En el Mediodía de Francia fueron años muy secos los de 1838 y 1839, y en Italia el 1837.

Agravan los daños causados por estas intensas perturbaciones en el régimen ordinario de la circulación del agua en la atmósfera y en la tierra, el que jamás vienen solas, pues á consecuencia del principio antes apuntado de que al cabo de cierto tiempo el total del agua evaporada es igual al del agua llovida, resulta que las grandes sequías van precedidas ó seguidas de grandes diluvios, independientemente de las causas accidentales y de los medios empleados por los hombres para alterar el régimen general de las aguas.

A la observación de que las sequías y los diluvios se compensan en cierto modo, debió sin duda José su profecía en el Egipto de que á los siete años de abundancia seguirían otros siete de escasez, observación que, á pesar del tiempo transcurrido y de la autoridad del libro donde se halla, no ha llegado lo bastante al conocimiento popular, por lo que es necesario afirmarla y divulgarla con insistencia, teniendo presente lo que diremos más adelante al tratar de las causas de periodicidad de la lluvia y de los posibles medios de compensar las irregularidades aparentes que se producen.

## V

## CANTIDADES DE AGUA LLOVIDA EN ESPAÑA

La mayor parte de la población ilustrada de España (científicos, letrados, militares, comerciantes, etc.) está concentrada en las grandes poblaciones y no sabe ordinariamente lo que ocurre en el campo, porque ocupada su atención por diversos asuntos, no lo conocen más que de lejos y al paso, cuando lo cruza en viaje ó de caza; ni por referencia, ya que los habitantes del mismo campo, aunque presenciaban los fenómenos naturales, no perciben de ellos más que lo que afecta directamente á sus sentidos, no dándoles, ni aun entonces, la verdadera interpretación ni el verdadero alcance, por carecer de preparación suficiente y de espíritu de observación.

Así no es extraño, sino al contrario, muy explicable, que desde hace muchos años, y con especialidad actualmente, al notarse que nuestros agricultores carecen de agua para sus labores, y muchas veces hasta para su aseo personal, se pretenda resolver la dificultad con la construcción de pantanos y canales de riego, pidiendo además muchos *baños y piscinas públicas*, sin entender de que **LO QUE AQUÍ HACE FALTA** (antes que pantanos, canales y baños) **ES AGUA**, hasta el punto de que en muchos pueblos carecen de fuente pública y hay que alejarse más de una legua para poder llenar un cántaro de agua destinada á la bebida, y en otros hay que recorrer 10 ó 12 kilómetros para poder lavar la ropa; pudiéndose citar, entre varios casos notables, el de las terrazas de Calanda, al Sur del Ebro y al Oeste del Guadalope <sup>(1)</sup>, y algunas localidades de la Mancha, donde se hace sentir tanto la escasez del agua, que á falta de ella se amasan, á veces, con vino los materiales empleados en la albañilería para la construcción de casas.

Pero esta falta de agua no proviene por lo general de que no llueva lo suficiente, sino de que ésta se pierde actualmente á los pocos días de caída, parte por efecto de su curso torrencial, que pronto la lleva al mar, y parte por efecto de la activísima evaporación que se produce en nuestro clima.

(1) Vicente Vera, *Lluvias é inundaciones* y datos de D. Joaquín Costa.

De ambas causas resulta que, cuando llueve abundantemente, los arroyos, los ríos y los canales de ellos derivados conducen el agua con exceso; pero entonces no solamente resultan inútiles para la agricultura, sino perjudiciales para ésta y para la industria. Para la primera, porque suele ir acompañada la abundancia de verdaderas crecidas é inundaciones, y para la segunda, porque los artefactos hidráulicos, que están calculados para el régimen normal de las aguas, padecen ó hay que pararlos, en los casos de crecidas.

En cambio, pasadas las épocas de lluvias, por efecto, como hemos dicho, del curso torrencial de las aguas y de la fortísima evaporación, á los pocos días quedan los cursos de agua escasos de ella; y cuando llega el tiempo en que los campos se encuentran sedientos, también lo están los arroyos, ríos y canales, que antes vertieron el agua innecesaria que conducían.

Para proceder con orden y sobre base segura, consignaré las cantidades de agua llovida en España, según los datos más fehacientes, indicando la compleja periodicidad á que está sometida la lluvia y calculando su distribución en agua absorbida por el terreno, corrientes superficiales y pérdidas por evaporación.

Los cuadros siguientes están ordenados de menor á mayor lluvia anual, señalándose con asteriscos las tres lluvias mensuales mayores en cada localidad.

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | PALENCIA.—Altitud, 730 metros. |         |              | SALAMANCA.—Altitud, 798 metros.  |         |              |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------|----------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1890 y 91.                |         |              | Años 1891 á 94.                  |         |              |
|                 | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                  | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 4                              | 4       | 16           | 6                                | 44      | 18           |
| Febrero.....    | 5                              | 7       | 45           | 5                                | 21      | 33           |
| Marzo.....      | 9                              | 20      | 65           | 40                               | 27      | 50           |
| Abril.....      | 9                              | 22      | 400          | 10                               | 22      | 90           |
| Mayo.....       | 12                             | 27 *    | 114          | 9                                | 28      | 115          |
| Junio.....      | 6                              | 25 *    | 192          | 6                                | 30      | 159          |
| Julio.....      | 2                              | 6       | 241          | 4                                | 5       | 183          |
| Agosto.....     | 1                              | 3       | 216          | 2                                | 8       | 196          |
| Septiembre..... | 3                              | 22      | 426          | 5                                | 38 *    | 96           |
| Octubre.....    | 6                              | 21      | 71           | 9                                | 34 *    | 65           |
| Noviembre.....  | 10                             | 60 *    | 42           | 7                                | 40 *    | 24           |
| Diciembre.....  | 5                              | 8       | 15           | 5                                | 13      | 42           |
| AL AÑO.....     | 74                             | 225     | 4240         | 68                               | 279     | 1044         |
|                 | Del catedrático D. Luis Buil.  |         |              | Del astrónomo D. Ramón Escandón. |         |              |

LAS AGUAS DE ESPAÑA

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | ALMERÍA.—Altitud, 10 metros.            |         |               | VALLADOLID.—Altitud, 692 metros.    |         |               |
|-----------------|-----------------------------------------|---------|---------------|-------------------------------------|---------|---------------|
|                 | Años 1884 á 88.                         |         |               | Años 1881 á 90.                     |         |               |
|                 | Días de lluvia.                         | Lluvia. | Evaporación.  | Días de lluvia.                     | Lluvia. | Evaporación.  |
| Enero.....      | 4                                       | 32      | Faltan datos. | 5                                   | 24      | Faltan datos. |
| Febrero.....    | 4                                       | 44      |               | 7                                   | 22      |               |
| Marzo.....      | 6                                       | 29      |               | 8                                   | 34 *    |               |
| Abril.....      | 8                                       | 36      |               | 12                                  | 43 *    |               |
| Mayo.....       | 3                                       | 42      |               | 9                                   | 39 *    |               |
| Junio.....      | 3                                       | 43      |               | 6                                   | 30      |               |
| Julio.....      | 4                                       | 6       |               | 3                                   | 40      |               |
| Agosto.....     | 1                                       | 3       |               | 3                                   | 40      |               |
| Septiembre..... | 5                                       | 64 *    |               | 6                                   | 29      |               |
| Octubre.....    | 6                                       | 15      |               | 7                                   | 30      |               |
| Noviembre.....  | 6                                       | 50 *    |               | 7                                   | 26      |               |
| Diciembre.....  | 4                                       | 42 *    |               | 4                                   | 20      |               |
| AL AÑO.....     | 54                                      | 310     | 77            | 317                                 | »       |               |
|                 | Del Observatorio astronómico de Madrid. |         |               | Del Observatorio de la Universidad. |         |               |

LAS AGUAS DE ESPAÑA

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | ZARAGOZA.—Altitud, 200 metros. |         |              | HUESCA.—Altitud, 474 metros. |         |              |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------|------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1880 á 88.                |         |              | Años 1893 á 97.              |         |              |
|                 | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.              | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 8                              | 15      | 46           | 6                            | 25      | 46           |
| Febrero.....    | 8                              | 28      | 73           | 6                            | 24      | 70           |
| Marzo.....      | 9                              | 40 *    | 430          | 4                            | 18      | 140          |
| Abril.....      | 14                             | 45 *    | 468          | 6                            | 21      | 186          |
| Mayo.....       | 9                              | 44 *    | 254          | 8                            | 60 *    | 198          |
| Junio.....      | 7                              | 29      | 297          | 6                            | 27      | 246          |
| Julio.....      | 5                              | 25      | 350          | 4                            | 14      | 245          |
| Agosto.....     | 4                              | 10      | 322          | 4                            | 33      | 236          |
| Septiembre..... | 7                              | 32      | 495          | 6                            | 28      | 183          |
| Octubre.....    | 7                              | 21      | 430          | 7                            | 30      | 145          |
| Noviembre.....  | 9                              | 29      | 63           | 8                            | 46 *    | 54           |
| Diciembre.....  | 5                              | 45      | 50           | 7                            | 36 *    | 50           |
| AL AÑO.....     | 89                             | 333     | 2078         | 72                           | 359     | 1739         |

Del Observatorio de la Universidad.

Del Catedrático D. Canuto O. de Zárate.

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | TERUEL.—Altitud, 915 metros. |         |              | LEÓN.—Altitud, 802 metros. |         |              |
|-----------------|------------------------------|---------|--------------|----------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1893 y 94.              |         |              | Años 1894 á 90.            |         |              |
|                 | Días de lluvia.              | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.            | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 0                            | 9       | 74           | 7                          | 37      | 34           |
| Febrero.....    | 2                            | 6       | 77           | 9                          | 27      | 34           |
| Marzo.....      | 3                            | 15      | 124          | 10                         | 40 *    | 74           |
| Abril.....      | 6                            | 27      | 456          | 14                         | 40 *    | 99           |
| Mayo.....       | 8                            | 93 *    | 492          | 9                          | 45 *    | 139          |
| Junio.....      | 5                            | 42 *    | 254          | 8                          | 46 *    | 180          |
| Julio.....      | 2                            | 40      | 346          | 3                          | 24      | 223          |
| Agosto.....     | 4                            | 49 *    | 260          | 3                          | 11      | 498          |
| Septiembre..... | 4                            | 32      | 467          | 6                          | 29      | 429          |
| Octubre.....    | 3                            | 27      | 440          | 7                          | 36      | 68           |
| Noviembre.....  | 5                            | 22      | 49           | 8                          | 34      | 33           |
| Diciembre.....  | 3                            | 19      | 46           | 8                          | 48      | 49           |
| AL AÑO.....     | 45                           | 370     | 1816         | 89                         | 447     | 1204         |

Del Observatorio del Instituto.

Del Observatorio astronómico de Madrid.

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | MURCIA.—Altitud, 43 metros. |         |              | BARCELONA.—Altitud, 5 metros (1). |         |              |
|-----------------|-----------------------------|---------|--------------|-----------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1881 á 90.             |         |              | Años 1893 y 94.                   |         |              |
|                 | Días de lluvia.             | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                   | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 7                           | 32      | 96           | 3                                 | 20      | 51           |
| Febrero.....    | 6                           | 40      | 112          | 4                                 | 11      | 53           |
| Marzo.....      | 7                           | 37      | 164          | 5                                 | 40      | 68           |
| Abril.....      | 8                           | 42      | 210          | 7                                 | 24      | 78           |
| Mayo.....       | 5                           | 44 *    | 236          | 9                                 | 66 *    | 95           |
| Junio.....      | 4                           | 28      | 276          | 4                                 | 13      | 132          |
| Julio.....      | 2                           | 3       | 316          | 3                                 | 46      | 136          |
| Agosto.....     | 4                           | 4       | 304          | 5                                 | 44      | 126          |
| Septiembre..... | 5                           | 73 *    | 210          | 6                                 | 57 *    | 114          |
| Octubre.....    | 6                           | 50 *    | 164          | 5                                 | 44      | 84           |
| Noviembre.....  | 6                           | 35      | 114          | 9                                 | 76 *    | 50           |
| Diciembre.....  | 6                           | 34      | 96           | 4                                 | 20      | 53           |
| AL AÑO.....     | 63                          | 442     | 2298         | 64                                | 458     | 1040         |

Del Observatorio del Instituto.

El promedio de la lluvia desde 1862 á 1881 fué de 592 milímetros. Del Observatorio de la Universidad.

(1) El Observatorio está á unos 43 metros sobre el mar.

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | ALBACETE.—Altitud, 686 metros. |         |              | SORIA (1).—Altitud, 1056 metros. |         |              |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------|----------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1881 á 90.                |         |              | Años 1893 y 94.                  |         |              |
|                 | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                  | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 6                              | 28      | Falta datos. | 8                                | 23      | 47           |
| Febrero.....    | 5                              | 26      |              | 5                                | 28      | 27           |
| Marzo.....      | 8                              | 45      |              | 2                                | 18      | 54           |
| Abril.....      | 11                             | 55 *    |              | 12                               | 51      | 56           |
| Mayo.....       | 7                              | 47      |              | 9                                | 45      | 74           |
| Junio.....      | 6                              | 58 *    |              | 6                                | 65 *    | 111          |
| Julio.....      | 2                              | 17      |              | 3                                | 5       | 136          |
| Agosto.....     | 2                              | 14      |              | 5                                | 28      | 126          |
| Septiembre..... | 6                              | 54 *    |              | 10                               | 59 *    | 55           |
| Octubre.....    | 6                              | 42      |              | 8                                | 67 *    | 36           |
| Noviembre.....  | 5                              | 35      | 8            | 44                               | 16      |              |
| Diciembre.....  | 5                              | 39      | 6            | 30                               | 16      |              |
| AL AÑO.....     | 69                             | 460     | »            | 82                               | 460     | 724          |

Del Observatorio astronómico de Madrid.

Del Observatorio astronómico de Madrid.

(1) El promedio en los quince años de observaciones, desde 1874 á 88 inclusive, fué, según la *Memoria geológica de Soria*, del Ingeniero de minas D. Pedro Palacios:

Días de lluvia..... 91  
 Total de lluvia anual en milímetros..... 605,8

La mínima en dicho período, de 350 milímetros, corresponde al año de 1884, y la máxima, de 4062, al año 1879.



## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | CASTELLÓN.—Altitud, 28 metros. |         |              | SEGOVIA.—Altitud, 4000 metros. |         |              |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------|--------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1881 á 89.                |         |              | Año 1898.                      |         |              |
|                 | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 5                              | 28      |              | 4                              | 46      | 87           |
| Febrero.....    | 5                              | 52 *    |              | 4                              | 41      | 93           |
| Marzo.....      | 6                              | 49      |              | 8                              | 56      | 96           |
| Abril.....      | 8                              | 45      |              | 5                              | 28      | 150          |
| Mayo.....       | 6                              | 38      |              | 13                             | 52      | 192          |
| Junio.....      | 5                              | 22      |              | 5                              | 77 *    | 255          |
| Julio.....      | 2                              | 8       |              | 4                              | 22      | 394          |
| Agosto.....     | 3                              | 12      |              | 0                              | 0       | 384          |
| Septiembre..... | 7                              | 66 *    |              | 41                             | 61 *    | 273          |
| Octubre.....    | 5                              | 62 *    |              | 14                             | 100 *   | 96           |
| Noviembre.....  | 5                              | 49      |              | 16                             | 44      | 60           |
| Diciembre.....  | 5                              | 34      |              | 2                              | 4       | 34           |
| AL AÑO.....     | 62                             | 465     | )            | 80                             | 471     | 2114         |

Faltan datos.

Del Observatorio astronómico de Madrid.

Del Catedrático D. Ildefonso Rebollo.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | CÓRDOBA.—Altitud, 133 metros. |         |              | BADAJOZ.—Altitud, 184 metros. |         |              |
|-----------------|-------------------------------|---------|--------------|-------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1893 á 99.               |         |              | Años 1881 á 90.               |         |              |
|                 | Días de lluvia.               | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.               | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 9                             | 30      | 20           | 7                             | 65 *    | 40           |
| Febrero.....    | 4                             | 23      | 24           | 7                             | 47      | 59           |
| Marzo.....      | 9                             | 105     | 90           | 9                             | 62 *    | 90           |
| Abril.....      | 9                             | 57      | 115          | 11                            | 75 *    | 111          |
| Mayo.....       | 8                             | 46      | 135          | 7                             | 55      | 177          |
| Junio.....      | 3                             | 4       | 185          | 3                             | 18      | 243          |
| Julio.....      | 4                             | 4       | 250          | 4                             | 7       | 372          |
| Agosto.....     | 0                             | 0       | 240          | 4                             | 6       | 394          |
| Septiembre..... | 4                             | 15      | 450          | 3                             | 19      | 225          |
| Octubre.....    | 9                             | 100     | 75           | 5                             | 39      | 118          |
| Noviembre.....  | 12                            | 95      | 15           | 6                             | 47      | 63           |
| Diciembre.....  | 7                             | 7       | 13           | 6                             | 47      | 46           |
| AL AÑO.....     | 75                            | 483     | 1312         | 66                            | 487     | 1935         |

Del catedrático D. Luis Olbes y Zuluaga.  
Observatorio particular del Instituto.

Del Observatorio del Instituto.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | MADRID (1).—Altitud, 648 metros. |         |              | ALICANTE.—Altitud, 26 metros. |         |              |
|-----------------|----------------------------------|---------|--------------|-------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1881 á 90.                  |         |              | Años 1881 á 90.               |         |              |
|                 | Días de lluvia.                  | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.               | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 10                               | 45      | 34           | 4                             | 32      | 46           |
| Febrero.....    | 10                               | 30      | 48           | 3                             | 36      | 53           |
| Marzo.....      | 12                               | 63 *    | 87           | 4                             | 40      | 74           |
| Abril.....      | 14                               | 78 *    | 111          | 6                             | 52      | 81           |
| Mayo.....       | 10                               | 44      | 467          | 3                             | 28      | 402          |
| Junio.....      | 6                                | 31      | 222          | 3                             | 21      | 432          |
| Julio.....      | 4                                | 24      | 260          | 1                             | 10      | 449          |
| Agosto.....     | 2                                | 14      | 282          | 1                             | 4       | 436          |
| Septiembre..... | 7                                | 39      | 159          | 5                             | 97 *    | 402          |
| Octubre.....    | 9                                | 38      | 84           | 5                             | 67 *    | 77           |
| Noviembre.....  | 10                               | 46 *    | 45           | 3                             | 50      | 57           |
| Diciembre.....  | 10                               | 41      | 28           | 4                             | 54 *    | 46           |
| AL AÑO.....     | 104                              | 490     | 1527         | 42                            | 491     | 4055         |

Del Observatorio astronómico de Madrid. Del Observatorio del Instituto.

(1) El promedio de la lluvia anual en treinta años de observaciones, desde 1860 á 1889, es 415,7, según el Sr. D. Miguel Merino.

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | PAMPLONA.—Altitud, 450 metros. |         |              | CIUDAD REAL.—Altitud, 638 metros. |         |              |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------|-----------------------------------|---------|--------------|
|                 | Año 1897.                      |         |              | Años 1881 á 90.                   |         |              |
|                 | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                   | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 19                             | 92 *    | 56           | 11                                | 52 *    | 37           |
| Febrero.....    | 11                             | 40      | 73           | 9                                 | 38      | 31           |
| Marzo.....      | 21                             | 106 *   | 127          | 13                                | 56 *    | 74           |
| Abril.....      | 18                             | 65 *    | 459          | 16                                | 85 *    | 84           |
| Mayo.....       | 12                             | 21      | 183          | 9                                 | 50      | 430          |
| Junio.....      | 8                              | 25      | 264          | 6                                 | 41      | 459          |
| Julio.....      | 4                              | 19      | 276          | 2                                 | 17      | 486          |
| Agosto.....     | 8                              | 22      | 332          | 2                                 | 13      | 480          |
| Septiembre..... | 10                             | 28      | 165          | 7                                 | 46      | 114          |
| Octubre.....    | 9                              | 47      | 139          | 8                                 | 41      | 87           |
| Noviembre.....  | 12                             | 29      | 54           | 9                                 | 48      | 45           |
| Diciembre.....  | 12                             | 25      | 56           | 13                                | 52 *    | 34           |
| AL AÑO.....     | 150                            | 519     | 1781         | 105                               | 539     | 4161         |

Del Catedrático D. Manuel Nuñez. Del Observatorio astronómico de Madrid.



### Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | GRANADA.—Altitud, 689 metros. |         |               | SEVILLA.—Altitud, 9 metros (1). |         |              |
|-----------------|-------------------------------|---------|---------------|---------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1881 á 85.               |         |               | Años 1881 á 90.                 |         |              |
|                 | Días de lluvia.               | Lluvia. | Evaporación.  | Días de lluvia.                 | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 40                            | 404 *   |               | 9                               | 70      | 37           |
| Febrero.....    | 8                             | 61      |               | 8                               | 53      | 62           |
| Marzo.....      | 44                            | 66 *    |               | 12                              | 84 *    | 402          |
| Abril.....      | 46                            | 94 *    |               | 42                              | 86 *    | 417          |
| Mayo.....       | 44                            | 36      | Faltan datos. | 6                               | 40      | 204          |
| Junio.....      | 6                             | 33      |               | 3                               | 17      | 252          |
| Julio.....      | 4                             | 5       |               | 4                               | 2       | 343          |
| Agosto.....     | 2                             | 5       |               | 4                               | 4       | 300          |
| Septiembre..... | 3                             | 15      |               | 3                               | 47      | 177          |
| Octubre.....    | 8                             | 34      |               | 7                               | 35      | 99           |
| Noviembre.....  | 5                             | 39      |               | 6                               | 59      | 84           |
| Diciembre.....  | 7                             | 32      |               | 8                               | 76 *    | 34           |
| AL AÑO.....     | 94                            | 544     | »             | 76                              | 543     | 1778         |

Del Observatorio astronómico de Madrid. Del Observatorio astronómico de Madrid.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

(1) El Observatorio está á 20 metros sobre el mar.

### Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | CÁDIZ.—Altitud, 88 metros (1). |         |              | MÁLAGA.—Altitud, 40 metros (2). |         |              |
|-----------------|--------------------------------|---------|--------------|---------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1881 á 90.                |         |              | Años 1881 á 90.                 |         |              |
|                 | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                 | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 8                              | 72      | 442          | 6                               | 72      | 96           |
| Febrero.....    | 8                              | 59      | 445          | 5                               | 52      | 404          |
| Marzo.....      | 44                             | 88 *    | 464          | 9                               | 74 *    | 415          |
| Abril.....      | 40                             | 84 *    | 483          | 9                               | 90 *    | 426          |
| Mayo.....       | 5                              | 37      | 236          | 4                               | 23      | 446          |
| Junio.....      | 2                              | 6       | 282          | 2                               | 45      | 462          |
| Julio.....      | 4                              | 2       | 294          | 4                               | 4       | 483          |
| Agosto.....     | 4                              | 4       | 307          | 4                               | 4       | 470          |
| Septiembre..... | 2                              | 42      | 234          | 2                               | 23      | 423          |
| Octubre.....    | 7                              | 54      | 480          | 4                               | 42      | 424          |
| Noviembre.....  | 7                              | 52      | 429          | 5                               | 70      | 423          |
| Diciembre.....  | 9                              | 98 *    | 99           | 6                               | 400 *   | 87           |
| AL AÑO.....     | 74                             | 568     | 4326         | 54                              | 579     | 4566         |

Del Observatorio astronómico de Madrid. Del Observatorio astronómico de Madrid.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

(1) El Observatorio está en Cádiz á 28 metros sobre el mar.  
(2) En Málaga á 23 metros sobre el mar.

Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | VALENCIA.—Altitud, 43 metros. |         |              | BURGOS.—Altitud, 856 metros. |         |              |
|-----------------|-------------------------------|---------|--------------|------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1881 á 90.               |         |              | Años 1881 á 90.              |         |              |
|                 | Días de lluvia.               | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.              | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 5                             | 35      | 443          | 10                           | 56      | 19           |
| Febrero.....    | 6                             | 50      | 432          | 9                            | 50      | 34           |
| Marzo.....      | 6                             | 58      | 186          | 13                           | 64 *    | 46           |
| Abril.....      | 7                             | 58      | 204          | 14                           | 79 *    | 87           |
| Mayo.....       | 4                             | 27      | 254          | 11                           | 70 *    | 42           |
| Junio.....      | 4                             | 34      | 288          | 6                            | 64      | 462          |
| Julio.....      | 3                             | 47      | 335          | 5                            | 34      | 186          |
| Agosto.....     | 4                             | 10      | 325          | 3                            | 48      | 180          |
| Septiembre..... | 6                             | 106 *   | 240          | 6                            | 40      | 405          |
| Octubre.....    | 6                             | 73 *    | 204          | 9                            | 44      | 53           |
| Noviembre.....  | 4                             | 69 *    | 465          | 9                            | 48      | 27           |
| Diciembre.....  | 5                             | 48      | 443          | 8                            | 43      | 15           |
| AL AÑO.....     | 57                            | 585     | 2646         | 104                          | 604     | 4053         |

Del Observatorio astronómico de Madrid.

Del Observatorio astronómico de Madrid.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | THARSIS (HUELVA).—Altitud, 240 metros. |         |              | CORUÑA.—Altitud, 8 metros (1). |         |              |
|-----------------|----------------------------------------|---------|--------------|--------------------------------|---------|--------------|
|                 | Años 1889 á 96.                        |         |              | Años 1891 á 94.                |         |              |
|                 | Días de lluvia.                        | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                | Lluvia. | Evaporación. |
| Enero.....      | 8                                      | 67      | 36           | 12                             | 96 *    | 59           |
| Febrero.....    | 9                                      | 78      | 46           | 9                              | 47      | 64           |
| Marzo.....      | 42                                     | 104 *   | 64           | 14                             | 59      | 87           |
| Abril.....      | 40                                     | 69      | 404          | 15                             | 78      | 72           |
| Mayo.....       | 8                                      | 44      | 459          | 11                             | 60      | 96           |
| Junio.....      | 3                                      | 12      | 237          | 8                              | 48      | 120          |
| Julio.....      | 0                                      | 0       | 305          | 9                              | 29      | 164          |
| Agosto.....     | 0                                      | 0       | 282          | 7                              | 44      | 149          |
| Septiembre..... | 4                                      | 38      | 180          | 9                              | 44      | 96           |
| Octubre.....    | 8                                      | 85 *    | 400          | 11                             | 84 *    | 87           |
| Noviembre.....  | 40                                     | 77      | 59           | 42                             | 73      | 144          |
| Diciembre.....  | 9                                      | 84 *    | 43           | 43                             | 83 *    | 90           |
| AL AÑO.....     | 81                                     | 642     | 4615         | 418                            | 684     | 4198         |

De la Compañía minera de Tharsis.

Del Astrónomo D. Ramón Escandón.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

(1) El Observatorio está á 24 metros sobre el mar.

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | CACERES.—Altitud, 350 metros. |         |              |  | JAEN.—Altitud, 574 metros. |         |              |  |
|-----------------|-------------------------------|---------|--------------|--|----------------------------|---------|--------------|--|
|                 | Años 1882 á 88.               |         |              |  | Años 1881 á 90.            |         |              |  |
|                 | Días de lluvia.               | Lluvia. | Evaporación. |  | Días de lluvia.            | Lluvia. | Evaporación. |  |
| Enero.....      | 8                             | 76      | 53           |  | 8                          | 128 *   | 84           |  |
| Febrero.....    | 8                             | 48      | 76           |  | 7                          | 79      | 101          |  |
| Marzo.....      | 42                            | 107 *   | 115          |  | 12                         | 147 *   | 146          |  |
| Abril.....      | 43                            | 124 *   | 132          |  | 14                         | 135 *   | 171          |  |
| Mayo.....       | 9                             | 86      | 217          |  | 7                          | 37      | 248          |  |
| Junio.....      | 5                             | 28      | 306          |  | 4                          | 38      | 339          |  |
| Julio.....      | 4                             | 6       | 391          |  | 4                          | 8       | 431          |  |
| Agosto.....     | 2                             | 42      | 403          |  | 1                          | 7       | 437          |  |
| Septiembre..... | 5                             | 46      | 231          |  | 5                          | 40      | 258          |  |
| Octubre.....    | 6                             | 72      | 124          |  | 7                          | 42      | 152          |  |
| Noviembre.....  | 9                             | 85      | 66           |  | 7                          | 69      | 105          |  |
| Diciembre.....  | 8                             | 71      | 43           |  | 8                          | 81      | 68           |  |
| AL AÑO.....     | 86                            | 762     | 2157         |  | 81                         | 781     | 2540         |  |

Del Observatorio astronómico de Madrid. Del Observatorio astronómico de Madrid.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

## Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | OVIEDO.—Altitud, 244 metros. |         |              |  | GERONA.—Altitud, 68 metros. |         |              |  |
|-----------------|------------------------------|---------|--------------|--|-----------------------------|---------|--------------|--|
|                 | Años 1881 á 90.              |         |              |  | Años 1884 y 85.             |         |              |  |
|                 | Días de lluvia.              | Lluvia. | Evaporación. |  | Días de lluvia.             | Lluvia. | Evaporación. |  |
| Enero.....      | 42                           | 63      | 74           |  | 3                           | 32      | 59           |  |
| Febrero.....    | 40                           | 66      | 73           |  | 5                           | 33      | 48           |  |
| Marzo.....      | 46                           | 98 *    | 402          |  | 6                           | 192 *   | 84           |  |
| Abril.....      | 16                           | 107 *   | 444          |  | 16                          | 102     | 63           |  |
| Mayo.....       | 13                           | 74      | 427          |  | 9                           | 57      | 405          |  |
| Junio.....      | 44                           | 78      | 435          |  | 9                           | 88      | 141          |  |
| Julio.....      | 9                            | 52      | 452          |  | 3                           | 20      | 161          |  |
| Agosto.....     | 8                            | 49      | 436          |  | 7                           | 99      | 136          |  |
| Septiembre..... | 11                           | 81      | 417          |  | 5                           | 190 *   | 84           |  |
| Octubre.....    | 44                           | 84      | 87           |  | 8                           | 38      | 65           |  |
| Noviembre.....  | 14                           | 86 *    | 78           |  | 7                           | 140 *   | 48           |  |
| Diciembre.....  | 13                           | 76      | 62           |  | 6                           | 53      | 50           |  |
| AL AÑO.....     | 447                          | 900     | 4257         |  | 84                          | 4044    | 1044         |  |

Del Observatorio astronómico de Madrid. Del Observatorio astronómico de Madrid.

LAS AGUAS DE ESPAÑA

Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | BILBAO.—Altitud, 9 metros (1).<br>Años 1890 á 94. |         |              | SAN SEBASTIAN (2).—Altitud, 5 metros.<br>Años 1893 y 94 (3). |         |              |
|-----------------|---------------------------------------------------|---------|--------------|--------------------------------------------------------------|---------|--------------|
|                 | Días de lluvia.                                   | Lluvia. | Evaporación. | Días de lluvia.                                              | Lluvia. | Evaporación. |
|                 | Enero.....                                        | 43      | 428 *        | 50                                                           | 47      | 133 *        |
| Febrero.....    | 41                                                | 63      | 45           | 12                                                           | 60      | 64           |
| Marzo.....      | 43                                                | 101     | 81           | 4                                                            | 52      | 442          |
| Abril.....      | 46                                                | 447 *   | 165          | 44                                                           | 406     | 444          |
| Mayo.....       | 47                                                | 102     | 108          | 46                                                           | 131     | 429          |
| Junio.....      | 41                                                | 47      | 126          | 44                                                           | 90      | 452          |
| Julio.....      | 42                                                | 61      | 124          | 12                                                           | 77      | 444          |
| Agosto.....     | 42                                                | 49      | 136          | 14                                                           | 77      | 440          |
| Septiembre..... | 13                                                | 90      | 96           | 48                                                           | 142 *   | 417          |
| Octubre.....    | 44                                                | 447 *   | 77           | 12                                                           | 108     | 97           |
| Noviembre.....  | 45                                                | 459 *   | 54           | 45                                                           | 177 *   | 60           |
| Diciembre.....  | 44                                                | 96      | 34           | 48                                                           | 128     | 49           |
| AL AÑO.....     | 161                                               | 4122    | 4093         | 460                                                          | 4245    | 4267         |

Del Catedrático D. Julián V. Hernández. Del Observatorio astronómico de Madrid.

(1) El Observatorio está situado á 17 metros sobre el mar.

(2) El Observatorio está á 23 metros sobre el mar.

(3) La media del decenio de 1884 á 90 en San Sebastián, fué:

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| Días de lluvia.....                   | 478  |
| Lluvia total anual en milímetros..... | 4454 |
| Evaporación total anual, idem.....    | 4344 |

Lluvia y evaporación medias, mensuales y anuales, en milímetros.

| MESES           | LA GUARDIA.—Altitud, 8 metros.<br>Años 1893 y 94 (1). |         |              |
|-----------------|-------------------------------------------------------|---------|--------------|
|                 | Días de lluvia.                                       | Lluvia. | Evaporación. |
|                 | Enero.....                                            | 13      | 292 *        |
| Febrero.....    | 8                                                     | 412     | 38           |
| Marzo.....      | 4                                                     | 33      | 54           |
| Abril.....      | 15                                                    | 174 *   | 64           |
| Mayo.....       | 5                                                     | 92      | 79           |
| Junio.....      | 5                                                     | 97      | 77           |
| Julio.....      | 4                                                     | 44      | 90           |
| Agosto.....     | 3                                                     | 46      | 82           |
| Septiembre..... | 9                                                     | 425     | 74           |
| Octubre.....    | 10                                                    | 487 *   | 60           |
| Noviembre.....  | 10                                                    | 462     | 54           |
| Diciembre.....  | 11                                                    | 419     | 29           |
| AL AÑO.....     | 99                                                    | 4450    | 734 (2)      |

Del Observatorio astronómico de Madrid.

(1) De las últimas observaciones publicadas por el Observatorio astronómico de Madrid, parece deducirse que llueve más en La Guardia que en Santiago—que hasta aquí venía considerándose la población más lluviosa de España,—puesto que la lluvia fué, respectivamente:

|                        |      |                      |      |
|------------------------|------|----------------------|------|
| Año 1893. En Santiago. | 4533 | y en La Guardia..... | 4517 |
| » 1894.                | 4262 | — .....              | 4384 |
| Media del bienio. .... | 4392 | — .....              | 4450 |

(2) La evaporación anual es en Santiago la misma que en La Guardia.

Sobre las publicaciones del Observatorio astronómico de Madrid está formado el cuadro siguiente, complementario de los más detallados que preceden:

| OBSERVATORIOS Y AÑOS           | Altitud. | Días de lluvia. | MILÍMETROS DE |                   |
|--------------------------------|----------|-----------------|---------------|-------------------|
|                                |          |                 | Lluvia.       | Eva-<br>poración. |
| Archidona, 1893.....           | 660      | 91              | 352           | ?                 |
| Palma de Mallorca, 1893 y 94.. | 207      | 58              | 413           | 1040              |
| Cartagena, idem id.....        | 43       | 44              | 444           | 1697              |
| Mahón, idem id.....            | 43       | 78              | 483           | 1433              |
| San Fernando, idem id.....     | 28       | 81              | 573           | 1350              |
| Cazorla, idem id.....          | 820      | 79              | 594           | 1825              |
| Orense, 1894.....              | 144      | 115             | 650           | 1642              |
| Lisboa, 1893 y 94.....         | 95       | 114             | 725           | 1150              |
| Oporto, 1894.....              | 83       | 102             | 753           | ?                 |
| Gibraltar.....                 | »        | »               | »             | 793               |
| Mataró, 1893 y 94.....         | 28       | 46              | 814           | 1570              |
| Escorial, idem id.....         | 1027     | 158             | 819           | 1442              |
| Llanes, idem id.....           | 27       | 148             | 820           | 639               |
| Orduña, idem id.....           | 303      | 132             | 825           | 1022              |
| Coimbra, idem id.....          | 141      | 126             | 946           | 1788              |
| Vigo, idem id.....             | 44       | 124             | 1232          | 1186              |

Faltando datos de lluvia y evaporación de Avila, Cuenca, Guadalajara y Toledo, resulta que dentro del enorme polígono determinado por Salamanca, Segovia, Madrid, Soria, Zaragoza, Teruel, Albacete, Ciudad Real, Jaén, Córdoba, Sevilla, Tharsis, Badajoz y Cáceres, cuya mayor longitud entre Cáceres y Teruel es de 460 kilómetros y anchura de 550 entre Córdoba y Salamanca, no hay observatorios ni observaciones.

Me permito llamar la atención de los Directores del Observatorio astronómico de Madrid y del Central Meteorológico, así como de los directores de colegios de segunda enseñanza y de las personas que se interesan en estos estudios, sobre la conveniencia de establecer observatorios en Cuenca, Guadalajara, Toledo, Almadén, Palencia, Mérida y Peñarroya, en primer lugar, y después en alguno de los pueblos de Almorchón, Herrera del Duque, Logrosán, Quintanar y Puente del Arzobispo ó Talavera de la Reina, así como de procurar que los observatorios de Avila y Palencia consignan datos de observación relativos á lluvia y evaporación.

Resumen de los cuadros anteriores, ordenando los observatorios alfabéticamente.

| OBSERVATORIOS                | Días de lluvia. | Lluvia anual en milímetros. |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Albacete.....                | 69              | 460                         |
| Alicante.....                | 42              | 491                         |
| Almería.....                 | 51              | 310                         |
| Archidona.....               | 91              | 352                         |
| Badajoz.....                 | 66              | 487                         |
| Barcelona.....               | 64              | 458                         |
| Bilbao.....                  | 161             | 1122                        |
| Burgos.....                  | 104             | 604                         |
| Cáceres.....                 | 86              | 762                         |
| Cádiz.....                   | 71              | 568                         |
| Cartagena.....               | 44              | 444                         |
| Castellón.....               | 62              | 465                         |
| Cazorla.....                 | 79              | 594                         |
| Ciudad Real.....             | 105             | 539                         |
| Coimbra.....                 | 126             | 946                         |
| Córdoba.....                 | 75              | 485                         |
| Coruña.....                  | 148             | 684                         |
| Escorial.....                | 158             | 819                         |
| Gerona.....                  | 84              | 1044                        |
| Gibraltar.....               | »               | 793                         |
| Granada.....                 | 91              | 541                         |
| Huelva (Tharsis).....        | 81              | 642                         |
| Huesca.....                  | 72              | 389                         |
| Jaén.....                    | 81              | 781                         |
| La Guardia (Pontevedra)..... | 99              | 1450                        |
| León.....                    | 89              | 417                         |
| Llanes.....                  | 148             | 820                         |
| Lisboa.....                  | 114             | 725                         |
| Madrid.....                  | 104             | 490                         |
| Málaga.....                  | 54              | 579                         |
| Mataró.....                  | 46              | 811                         |
| Murcia.....                  | 63              | 442                         |
| Oporto.....                  | 102             | 753                         |
| Orduña.....                  | 132             | 825                         |
| Orense.....                  | 115             | 650                         |
| Oviedo.....                  | 147             | 900                         |
| Palencia.....                | 74              | 22                          |
| Pamplona.....                | 150             | 519                         |
| Salamanca.....               | 68              | 279                         |
| San Fernando.....            | 84              | 573                         |
| San Sebastián.....           | 160             | 1245                        |
| Santiago.....                | 163             | 1399                        |
| Segovia.....                 | 80              | 471                         |

| OBSERVATORIOS          | Días de lluvia. | Lluvia anual en milímetros. |
|------------------------|-----------------|-----------------------------|
| Sevilla.....           | 76              | 543                         |
| Soria.....             | 82              | 460                         |
| Teruel.....            | 45              | 370                         |
| Valencia.....          | 57              | 585                         |
| Valladolid.....        | 77              | 347                         |
| Vigo (Pontevedra)..... | 124             | 1232                        |
| Zaragoza.....          | 89              | 333                         |

Dividiendo la cantidad total de lluvia de una localidad por 365, se tendrá la *lluvia media diaria* en la misma, número interesante, como se verá, para el cálculo de los recipientes ó embalses subterráneos de que á su tiempo hablaremos.

Según los cuadros anteriores, el promedio de la lluvia anual caída en las diferentes cuencas de nuestros ríos es:

|                                                                                                           | Milímetros. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Duero..... { Media de Burgos, León, Palencia, Salamanca, Segovia, Soria y Valladolid..... }               | 395         |
| Ebro..... — Media de Huesca, Pamplona y Zaragoza.....                                                     | 404         |
| Vertientes Sur al Mediterráneo.. { Media de Almería, Archidona y Málaga..... }                            | 444         |
| Júcar y Turia... { Media de Albacete, Castellón, Teruel y Valencia..... }                                 | 470         |
| Mundo y Segura. Media de Alicante, Cazorla y Murcia.....                                                  | 509         |
| Guadiana..... Media de Badajoz y Ciudad Real.....                                                         | 543         |
| Guadalquivir... { Media de Cádiz, Granada, Jaén, Córdoba, San Fernando, Sevilla y Tharsis..... }          | 590         |
| Tajo..... Media de Cáceres, Escorial y Madrid.....                                                        | 690         |
| Ter y Llobregat. Media de Barcelona, Gerona y Mataró.....                                                 | 771         |
| Vertientes Norte al Cantábrico.. { Media de Bilbao, Coruña, Llanes, Orduña, Oviedo y San Sebastián..... } | 932         |
| Miño y Sil..... Media de La Guardia y Orense.....                                                         | 1050        |
| Rias de Galicia.. Media de Santiago y Vigo.....                                                           | 1345        |

El promedio de la lluvia caída en las respectivas cuencas se aproximan:

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Para el Duero (395), á León con.....         | 417 |
| — Júcar y Turia (470). á Castellón con.....  | 465 |
| — Mundo y Segura (509), á Alicante con.....  | 494 |
| — Guadiana (543), á Ciudad Real con.....     | 539 |
| — Guadalquivir (608), á San Fernando con.... | 573 |
| — Cantábrico (920), á Oviedo con.....        | 900 |

Las cifras anteriores son promedios correspondientes á diferentes periodos de tiempo; pero la lluvia anual correspondiente á diversas localidades es muy variable de un año á otro, como se ha visto: así se observa que en tiempos normales varía entre las siguientes cifras, que se refieren á épocas recientes:

|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Murcia, entre 139 y 568 m/m. | Teruel, entre 266 y 464 m/m. |
| Zaragoza, — 177 y 300 —      | Alicante, — 270 y 700 —      |
| Valladolid, — 197 y 477 —    | Segovia, — 321 y 774 —       |
| Salamanca, — 198 á 416 —     | Santiago, — 1250 y 2420 —    |

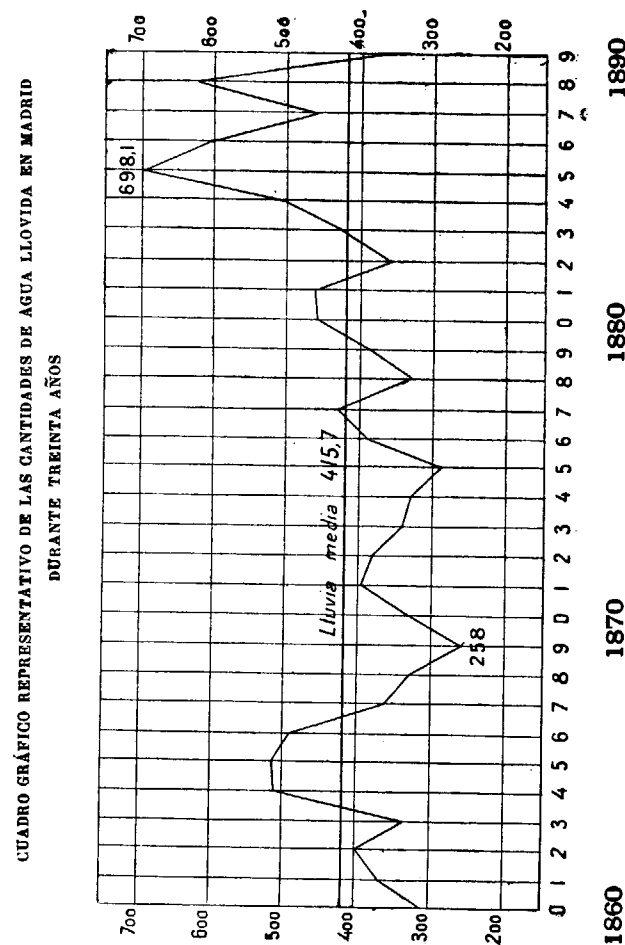


Fig. 2.



En Madrid, según las observaciones de treinta años, representadas en el cuadro gráfico de la página anterior (fig. 2), la lluvia varió desde 258 milímetros en 1869 á 698'1 en 1885.

Las mayores lluvias caídas en un día durante los treinta años de 1860 á 1889 inclusive, fueron de 57 milímetros en 4 de Junio de 1865, y de 57'2 en 17 de Noviembre de 1885; el año más seco fué el 1869, y el más húmedo, el 1885, como se ha dicho.

Para poder apreciar y comparar la distribución de la lluvia sobre una diagonal de la Península en dirección del SO. al NE., que es la marcha de los vientos húmedos del Atlántico que traen las lluvias estacionales, á continuación consigno la lluvia anualmente caída en Tharsis, Madrid, Soria y Pamplona, localidades situadas sobre la dicha alineación.

| AÑOS      | EVAPORACIÓN ANUAL<br>EN MILÍMETROS |         | MILÍMETROS DE LLUVIA ANUAL<br>CAÍDA EN |         |        |           |
|-----------|------------------------------------|---------|----------------------------------------|---------|--------|-----------|
|           | Tharsis.                           | Madrid. | Tharsis.                               | Madrid. | Soria. | Pamplona. |
|           | (1)                                | (2)     | (1)                                    | (2)     | (3)    | (4)       |
| 1860..... | »                                  | 1865    | »                                      | 304     | »      | »         |
| 1861..... | »                                  | 1711    | »                                      | 373     | »      | »         |
| 1862..... | »                                  | 1460    | »                                      | 400     | »      | »         |
| 1863..... | »                                  | 1642    | »                                      | 316     | »      | »         |
| 1864..... | »                                  | 1423    | »                                      | 505     | »      | »         |
| 1865..... | »                                  | 1350    | »                                      | 517     | »      | »         |
| 1866..... | »                                  | 1204    | »                                      | 490     | »      | »         |
| 1867..... | »                                  | 1679    | »                                      | 374     | »      | »         |
| 1868..... | »                                  | 1715    | »                                      | 338     | »      | »         |
| 1869..... | »                                  | 1606    | »                                      | 258     | »      | »         |
| 1870..... | »                                  | 1715    | »                                      | 335     | »      | »         |
| 1871..... | »                                  | 1496    | »                                      | 418     | »      | »         |
| 1872..... | »                                  | 1533    | »                                      | 384     | »      | »         |

(1) Datos debidos al Director de las minas, D. Guillermo Rutheuford.

La mayor lluvia en un día desde 1884 en que empiezan las observaciones, fué de 134 milímetros en 24 de Octubre de 1897.

Las menores lluvias máximas en cada año fueron de 37 milímetros en 17 de Diciembre de 1886 y en 27 de Febrero de 1889.

(2) Datos del Observatorio astronómico de Madrid.

(3) Datos de la *Memoria geológica de la provincia de Soria*, por D. Pedro Palacios y del Observatorio Astronómico de Madrid.

(4) Datos remitidos por el Director del Instituto, D. Manuel Núñez.

| AÑOS      | EVAPORACIÓN ANUAL<br>EN MILÍMETROS |         | MILÍMETROS DE LLUVIA ANUAL<br>CAÍDA EN |         |        |           |
|-----------|------------------------------------|---------|----------------------------------------|---------|--------|-----------|
|           | Tharsis.                           | Madrid. | Tharsis.                               | Madrid. | Soria. | Pamplona. |
|           | 1873.....                          | »       | 1533                                   | »       | 339    | »         |
| 1874..... | »                                  | 1679    | »                                      | 328     | 457    | »         |
| 1875..... | »                                  | 1752    | »                                      | 284     | 554    | »         |
| 1876..... | »                                  | 1825    | »                                      | 393     | 448    | »         |
| 1877..... | »                                  | 1569    | »                                      | 431     | 883    | »         |
| 1878..... | »                                  | 1864    | »                                      | 334     | 518    | »         |
| 1879..... | »                                  | 1788    | »                                      | 394     | 1062   | »         |
| 1880..... | »                                  | 1569    | »                                      | 458     | 624    | »         |
| 1881..... | »                                  | 1679    | »                                      | 460     | 769    | 538       |
| 1882..... | »                                  | 2555    | »                                      | 359     | 707    | 702       |
| 1883..... | »                                  | 1679    | »                                      | 423     | 355    | 684       |
| 1884..... | »                                  | 1496    | 639                                    | 516     | 350    | 519       |
| 1885..... | »                                  | 1257    | 1045                                   | 698     | 519    | 900       |
| 1886..... | »                                  | 1460    | 536                                    | 603     | 701    | 990       |
| 1887..... | »                                  | 1679    | 810                                    | 456     | 537    | 658       |
| 1888..... | »                                  | 1257    | 924                                    | 621     | 604    | 684       |
| 1889..... | 1595                               | 1533    | 383                                    | 373     | 583    | 1084      |
| 1890..... | 1754                               | 1679    | 577                                    | 383     | 322    | 662       |
| 1891..... | 1709                               | 1679    | 483                                    | 375     | 343    | 585       |
| 1892..... | 1546                               | 1569    | 876                                    | 453     | 559    | 770       |
| 1893..... | 1598                               | 1533    | 655                                    | 517     | 499    | 725       |
| 1894..... | 1499                               | 1460    | 641                                    | 482     | 422    | 676       |
| 1895..... | 1355                               | 1423    | 1050                                   | 616     | 686    | 745       |
| 1896..... | 1878                               | 1206    | 334                                    | 319     | 381    | 718       |
| 1897..... | 1861                               | 1564    | 891                                    | 545     | »      | 519       |
| 1898..... | 1769                               | 1532    | 526                                    | 287     | »      | 469       |
| 1899..... | »                                  | »       | »                                      | »       | »      | »         |

Si con las cifras de las cuatro últimas columnas se construyen los cuatro cuadros gráficos correspondientes á Tharsis, Madrid, Soria y Pamplona, se observa: 1.º, que á pesar de la aparente inconexión de las cifras, las oscilaciones de la línea representativa de la lluvia sufre las mismas alternativas de crecimiento y decrecimiento en las cuatro localidades; 2.º, que dichos máximos y mínimos relativos se corresponden en los años 1877, 1878, 1881, 1884, 1885, 1887, 1888, 1891, 1892, 1894, 1895, 1896 y 1897, lo que demuestra que la lluvia en ellos obedeció á las mismas causas generales; 3.º, que los máximos y mínimos difieren entre sí menos en Madrid que en las otras tres localidades; y 4.º, que cuando no corresponden á un mismo año, se adelantan ó retrasan solamente un año, como en 1879, 1886, 1889 y 1890, lo que demuestra la existencia de causas

locales perturbadoras de la lluvia, que no necesitan más que adelantar ó retrasar pocos meses los hidrometeoros para que se compute la caída total de un año, en el anterior ó posterior, dado el sistema de atenerse á los años naturales, y teniendo también en cuenta que las lluvias estacionales coinciden en nuestro clima con el final de un año y principio del siguiente.

Según los *Resúmenes de las observaciones meteorológicas efectuadas en la Península y algunas de sus islas adyacentes durante los años 1895 á 1896*, publicados por el Observatorio de Madrid, las mayores y menores lluvias observadas fueron, ordenadas de mayor á menor, las siguientes:

## Lluvia en milímetros.

## 1893.

|                 | MAYORES |               | MENORES |
|-----------------|---------|---------------|---------|
| Santiago.....   | 4533    | Murcia.....   | 254     |
| La Guardia..... | 4517    | Zaragoza..... | 238     |
| Vigo.....       | 4405    | Albacete..... | 229     |

## 1894.

|                    |      |                 |     |
|--------------------|------|-----------------|-----|
| La Guardia.....    | 4384 | Valladolid..... | 250 |
| Santiago.....      | 4265 | Salamanca.....  | 493 |
| San Sebastián..... | 4127 | Zaragoza.....   | 477 |

## 1895.

|                 |      |                |     |
|-----------------|------|----------------|-----|
| La Guardia..... | 2353 | Zaragoza.....  | 300 |
| Vigo.....       | 2131 | Cartagena..... | 312 |
| Coimbra.....    | 4426 | Salamanca..... | 320 |
| Santiago.....   | ?    |                |     |

## 1896.

|                    |      |                |     |
|--------------------|------|----------------|-----|
| San Sebastián..... | 4574 | Zaragoza.....  | 202 |
| Bilbao.....        | 4336 | Salamanca..... | 221 |
| La Guardia.....    | 4042 | Alicante.....  | 247 |
| Santiago.....      | ?    |                |     |

Uno de los puntos en que menos llueve, quizás el de menor lluvia media anual, es Palencia; pero su observatorio ha dado tan escasos frutos que sólo he podido hallar datos completos del primer semes-

tre de 1892, casi completos de 1891, defectuosos de 1890 y algunos meses saltados de 1882 y 83.

Del examen de los cuadros y números anteriores, resulta que hay una extraordinaria variedad de climas hidrológicos en las diferentes regiones de España; hecho ya notado por el Dr. D. Gustavo Hellmann en la Memoria acerca de la *Distribución de la lluvia en la Península ibérica*, que se publicó en el tomo XX de la *Revista de los progresos de las ciencias exactas, físicas y naturales*, año 1879, páginas 179 á 189, en la cual Memoria se consigna que de las observaciones hechas en años anteriores, se deduce que en cierta región de Castilla la Vieja llueve tan poco como en la parte septentrional de Egipto, mientras que en Galicia, Asturias y provincias Vascongadas llueve tanto como en las localidades más húmedas de Escocia, costa de Noruega y los Alpes.

Para completar la colección de datos de observación relativos á la cantidad de agua llovida en España, consignaré los escasos antecedentes que en el Observatorio astronómico y meteorológico de Madrid, fundado por Carlos IV en el mismo lugar que ocupaba la primitiva ermita de San Blas, se conservan anteriores á 1860, á consecuencia de que alojados en él los franceses en 1808, cuando aún no estaba terminada la instalación fueron destruidos por los invasores los archivos, dispersadas las observaciones, roto el gran telescopio de Herschell, tirados los libros y quemados los papeles, no salvándose nada de las observaciones que, desde cuando se fundó el establecimiento, se comenzaron bajo la dirección de D. Pedro Alonso Salanova.

Las primeras observaciones posteriores empezaron en 17 de Julio de 1857, continuando sin interrupción hasta 1846, aunque sin dar importancia al estudio del pluviómetro y no anotando desde 1859 á 1842 más que los días de lluvia. Después de varios años sin observaciones, se reanudaron éstas más metódicamente en 1853, á lo cual es debido que no se cuente con más datos de lluvia anteriores á 1860 que los siguientes:

|                   |         |                   |         |
|-------------------|---------|-------------------|---------|
| En 1854 llovieron | 228 m/m | En 1857 llovieron | 386 m/m |
| 1855 »            | 589 »   | 1858 »            | 231 »   |
| 1856 »            | 536 »   | 1859 »            | 591 »   |

En el Observatorio de Marina de San Fernando (Cádiz) se conservan datos de observación de lluvia de más remota fecha que en Madrid, y he aquí las que nos ha facilitado el Director actual, D. Juan Viniegra:

## Observatorio de Marina de San Fernando.

Alturas de agua, en milímetros, recogidas en el pluviómetro en los años que se expresan.

| AÑOS      | 0   | 1    | 2    | 3   | 4    | 5           | 6   | 7   | 8   | 9   |
|-----------|-----|------|------|-----|------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| 1800..... | »   | »    | »    | »   | »    | 611         | 286 | 648 | 338 | 289 |
| 1810..... | *   | *    | (1)  | 514 | *    | *           | *   | 300 | 474 | 476 |
| 1820..... | 811 | 623  | 403  | 536 | 348  | 650         | 620 | 574 | 287 | 950 |
| 1830..... | 504 | 627  | 413  | *   | 864  | (2)         | *   | 302 | 744 | 508 |
| 1840..... | 714 | 349  | 377  | 734 | (3)  | 762         | 415 | 632 | 533 | (4) |
| 1850..... | 333 | 302  | 452  | 777 | 460  | <b>1262</b> | 706 | 509 | 826 | 550 |
| 1860..... | 638 | 726  | 689  | 442 | 1099 | 849         | 862 | 933 | 938 | 558 |
| 1870..... | 950 | 1237 | 1160 | 725 | 649  | 662         | 628 | 443 | 448 | 843 |
| 1880..... | 591 | 1182 | 399  | 894 | 591  | 705         | 481 | 634 | 994 | 449 |
| 1890..... | 751 | 687  | 869  | 522 | 625  | 958         | 400 | 638 | 711 | »   |

LAS AGUAS DE ESPAÑA

(\*) En los años marcados con un asterisco, no se observó el pluviómetro.

(1) En 1812 faltan las observaciones de Enero á Agosto.

(2) En 1835 faltan las observaciones de Julio á Diciembre.

(3) En 1844 faltan las observaciones de Enero y Febrero.

(4) En 1849 faltan las observaciones de Diciembre.

## Observatorio meteorológico de la guarnición inglesa de Gibraltar.

Alturas de agua, en milímetros, recogidas en el pluviómetro desde Agosto de un año á Agosto del siguiente. Empiezan las observaciones en Agosto de 1790, y están dadas en pulgadas inglesas y céntimos de pulgada, que se han reducido á milímetros por la equivalencia 1 pulgada = 25'4 milímetros.—El pluviómetro está colocado á 16 m, 62 sobre el nivel del mar, en la falda occidental del peñón.

| AÑOS      | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6           | 7    | 8    | 9    |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|
| 1790..... | »    | 637  | 1119 | 503  | 568  | 537  | 650         | 1540 | 774  | 793  |
| 1800..... | 4072 | 384  | 749  | 1082 | 4293 | 776  | 1002        | 753  | 838  | 793  |
| 1810..... | 974  | 702  | 1025 | 839  | 948  | 720  | 726         | 668  | 615  | 799  |
| 1820..... | 914  | 897  | 439  | 666  | 526  | 630  | 807         | 593  | 656  | 820  |
| 1830..... | 1359 | 950  | 669  | 557  | 734  | 885  | 821         | 654  | 1078 | 696  |
| 1840..... | 999  | 785  | 404  | 788  | 714  | 1146 | 694         | 659  | 620  | 889  |
| 1850..... | 625  | 720  | 667  | 840  | 999  | 1471 | <b>1985</b> | 631  | 945  | 1421 |
| 1860..... | 992  | 905  | 4344 | 599  | 748  | 1105 | 952         | 439  | 602  | 553  |
| 1870..... | 606  | 850  | 999  | 826  | 536  | 407  | 847         | 833  | 412  | 882  |
| 1880..... | 995  | 1297 | 415  | 766  | 682  | 1247 | 1124        | 906  | 1288 | 970  |
| 1890..... | 908  | 719  | 1507 | 711  | 688  | 1445 | 891         | 657  | 898  | 952  |

LAS AGUAS DE ESPAÑA

Por fin, del General gobernador de la plaza de Gibraltar hemos obtenido el cuadro siguiente:

Los anteriores son los únicos datos con que, respecto al particular, puede contarse en España; pues de las observaciones iniciadas en 1786 por Salvá en Barcelona, no existe hoy más que el recuerdo.

Comparando, pues, los cuadros y datos anteriores de la lluvia en España y en las diferentes partes del mundo (pág. 6), se ve, como se dijo, que aun cuando muy variable la lluvia en las diferentes regiones de la Península ibérica, LLUEVE, por regla general, tanto ó MÁS en ellas que en otros países de Europa que no tienen fama de secos, hecho afirmado por D. José Mariano Vallejo en su *Tratado de las Aguas* (1855), al decir que los países son tanto más lluviosos, cuanto más meridionales, y seguramente, si la mayor parte del agua de lluvia no se perdiera al poco tiempo de caída, sobraría con la que cae para cultivar de regadío la mayor parte de la superficie del territorio español. Hoy se pierde, desgraciadamente, mucha más de la mitad del agua llovida, porque se evapora ó va á parar al mar á los pocos días de caída, sin haberse aprovechado, como se verá de modo evidente más adelante.

Se admite que el término medio anual de lluvia en la Península es de 400 milímetros; pero de los cuadros anteriores, el promedio que resulta es igual á 510 milímetros, prescindiendo de los datos de Alicante, Almería, Barcelona, Bilbao, Cádiz, Cartagena, Castellón, Coimbra, Coruña, Gerona, Gibraltar, La Guardia, Llanes, Lisboa, Málaga, Mataró, Oporto, Oviedo, San Fernando, San Sebastián, Santiago, Valencia y Vigo, puntos todos del litoral donde, si bien hay localidades muy secas como Alicante y Almería, las demás corresponden, por lo general, á la zona más húmeda de la Nación.

## VI

### OTROS HIDROMETEOROS

#### ROCÍO, ESCARCHA Y NIEBLA

El rocío es la condensación directa sobre la superficie de los cuerpos (tierra, plantas, etc.) del vapor acuoso contenido en la atmósfera, fenómeno que se produce cuando por radiación natural se enfrían los dichos cuerpos hasta descender su temperatura por bajo de la de saturación del aire que los rodea; y si el descenso de temperatura llega al punto de congelación del agua, se produce la *escarcha*.

Esta, pues, es una variedad del rocío, y una y otro están íntima-

mente relacionados con las nieblas que se originan siempre que, descendiendo la temperatura atmosférica, no puede conservarse en el aire todo el vapor de agua que recibe de la superficie húmeda y relativamente caliente del suelo.

Conocida la causa del rocío y de la escarcha, es evidente que cuanto favorezca la radiación, producirá aumento en ambos hidrometeoros, y lo que contrarie la misma radiación impedirá ó dificultará la formación de aquéllos. Los cuerpos que han estado durante el día recibiendo los rayos del Sol, que tienen colores claros y gran capacidad calorífica, ó que están en fácil y amplia comunicación con el suelo—sobre todo si en el paraje considerado existen venas metalíferas ú otros minerales buenos conductores del calor interno, es decir, aquéllos que se enfrían difícilmente durante la noche,—conservarán temperatura suficiente para que sobre ellos no se deposite el rocío y menos la escarcha; mientras que aquéllos otros que han cambiado en formas distintas de la calorífica, la energía y radiación solar, han permanecido á la sombra durante la estancia del sol sobre el horizonte, tienen colores oscuros, son malos conductores del calor y están aislados del suelo ó en difícil comunicación con él, perderán rápidamente la temperatura que adquirió su superficie durante el día, y por la noche condensarán, en forma de rocío ó escarcha, el vapor de agua de la atmósfera.

Por esto el rocío y la escarcha son más abundantes sobre las plantas y sobre los cuerpos aislados del suelo que sobre las piedras y metales; siendo en los vegetales más abundante sobre los tallos y hojas que sobre los troncos y ramas gruesas. Y en la tierra, más abundante sobre la cresta, de los surcos de las tierras labradas que en lo profundo de ellos.

Una noche serena y de tranquilo ambiente favorece la formación del rocío, porque facilita el enfriamiento de la superficie terrestre por irradiación, y el aire enfriado no se sustituye con rapidez por otro más cálido ó más seco. Un cielo cubierto de nubes y un fuerte viento, impiden la formación de rocío, porque las nubes, obrando como pantalla, dificultan la pérdida de calor del suelo por irradiación, y el viento renueva el aire enfriado, no dejando que su temperatura baje del punto de saturación.

Todas estas circunstancias hacen que el rocío y la escarcha, no solamente sean muy diferentes de una á otra localidad, sino que en un mismo paraje se produzcan con distinta intensidad sobre las superficies de diversos cuerpos próximos ó contiguos.

Las anteriores consideraciones, y la experiencia, demuestran que el rocío y la escarcha se producen cuando el aire, saturado de humedad, está más caliente que la superficie de los cuerpos sobre que se deposita, como suele ocurrir en primavera y en verano, mientras que las nieblas se producen ordinariamente en otoño y en invierno en condiciones opuestas, salvo la tranquilidad de la atmósfera que es necesaria en ambos casos; porque la niebla, que no es más que una nube baja, cuyas vesículas suelen tener 0,02 de milímetro de diámetro, se produce cuando recibiendo el aire vapores de agua, ya de la tierra húmeda y caliente ó ya de la superficie de los ríos y lagos, no tiene temperatura suficiente para conservar al estado de vapor el agua que en esta forma recibe, y que pasa, en tal caso, á la forma vesicular y opaca propia de las nubes y nieblas.

Así vemos á las nieblas *agarrarse* al fondo de los valles ó estacionarse á lo largo de los ríos, mientras que el rocío se está depositando en las cumbres de los cerros próximos. Además, el rocío y la escarcha no mojan más que á determinados cuerpos, mientras que la niebla moja todo lo que toca.

#### MEDIDA DEL ROCÍO Y LA ESCARCHA

El no ser un fenómeno que obra de un modo general, sino particular para cada cuerpo, hace que la medida del rocío y escarcha sea difícil y que hasta ahora no se tengan cifras exactas que indiquen la cantidad de agua atmosférica precipitada por aquellos meteoros, inapreciables para el eudiómetro; pero se sabe que en muchos países son bastante abundantes para sustituir á las lluvias, aunque éstas falten por completo, como ya queda consignado que ocurre en las costas del mar Rojo, en Egipto cerca del Mediterráneo, y en las costas de Chile y del Perú, en donde los rocíos son muy abundantes.

También en los países tropicales el rocío es tan considerable, que cada noche pasada al sereno equivale á un prolongado baño, y algo análogo sucede en algunos puntos de la Península ibérica, como, por ejemplo, en Cádiz; mas por punto general, en Europa, aun en las comarcas donde el rocío es frecuente, la capa anual de agua que produce en todo el año no pasa de 6 á 7 centímetros de altura, según el Sr. Rodríguez <sup>(1)</sup>, dato confirmado por los ensayos de Flaugergues,

(1) *Manual de Física*: Madrid, 1888, pág. 260.

quien usando en el Mediodía de Francia un platillo de hojalata pintado de verde al óleo, y aislado á un metro de altura sobre el suelo, encontró una altura de agua de 6,45 milímetros en 125 rocíos distribuidos en todo un año, lo que da cinco céntimos de milímetro diarios por término medio, el que es nulo en los desiertos arenosos del Sahara, Nubia y Persia, así como en las despobladas sabanas del interior del Brasil y de la República Argentina.

Baddi y Nasca obtuvieron siete céntimos de milímetro para el rocío medio en Florencia, y el Conde de Gasparin, en Orange, halló un resultado intermedio entre los citados de Francia é Italia.

Sin embargo, los señores Rico y Santisteban, en su *Tratado de Física*, pág. 390, estiman que en las costas del Oeste de Europa la cantidad de vapor de agua que pasa al estado líquido, por medio del rocío, es una capa de 5 á 6 pulgadas (115 á 140 milímetros), ó sea próximamente la sexta parte de la lluvia que allí cae en el mismo tiempo; y respetabilísimas personas me aseguran que el rocío depositado algunas noches de verano en Cádiz, cuando soplan vientos del O. y SO., es abundantísimo, hasta el punto de calar las ropas exteriores é interiores en pocas horas.

Todo esto quiere decir que la cantidad de rocío es extraordinariamente variable de unos parajes á otros, á veces muy próximos, y que si en ocasiones es en cantidad despreciable, en otras, no sólo es importante por su cantidad, sino porque, como se verá en la segunda parte de esta obra, al tratar de los riegos, es muy beneficioso, por lo que abona las tierras, especialmente cuando pasa al estado de escarcha.

Sería, pues, conveniente que los encargados de las estaciones meteorológicas se ocupasen en fijar la cantidad de rocío que en sus localidades de observación cae efectivamente al año, por medios y procedimientos que hay que estudiar, procurando colocarse en condiciones semejantes á las naturales, determinando cuál es la verdadera importancia y cometido del rocío en la vegetación, y averiguando si todo ó parte de él se puede sumar en sus efectos con las otras formas de la precipitación del agua meteórica.

#### NIEVE Y GRANIZO

La nieve y granizo no se mide de un modo especial, sino que se aprecia del mismo modo y al mismo tiempo que la de la lluvia, por medio del pluviómetro ó eudiómetro.

## VII

## CAUSAS QUE INFLUYEN

## EN LA CANTIDAD Y FRECUENCIA DE LA LLUVIA

Las causas que influyen en la cantidad y frecuencia de la lluvia son: generales y locales.

De las generales, unas son cósmicas y otras terrestres, y á éstas corresponden:

La rotación diurna de la Tierra alrededor de su eje, que, haciendo pasar sucesivamente á cada punto de la superficie de nuestro globo por las alternativas de luz y de sombra, produce las máximas y mínimas termométricas diarias, los máximos y mínimos de humedad y de evaporación, de tensión eléctrica, magnetismo etc., quedando las lluvias, sometidas á veces á una periodicidad diaria tan marcada, que en ciertas localidades de los trópicos se sabe de modo tan seguro que lloverá á hora fija, que en las invitaciones á ciertas reuniones de sociedad se cita para *después del chaparrón*.

La traslación de la Tierra en su órbita y la oblicuidad del eje de rotación respecto á la misma, combinadas producen el cambio y sucesión de las estaciones, y con ellas las épocas de lluvias y de sequías periódicas anuales, que en España producen las lluvias estacionales, generalmente otoñales, y á veces primaverales, dividiéndose en ocasiones las lluvias casi en partes iguales entre el otoño y la primavera. A estas mismas causas son debidos los vientos alisios y los monzones, que intervienen muy considerablemente en la distribución de las lluvias, por las grandes masas de vapores acuosos que aquellos vientos trasladan desde grandes distancias de los mares hasta el centro de los continentes.

Son causas generales cósmicas las siguientes:

La mayor ó menor intensidad de la radiación solar, que influyendo en la cantidad de agua evaporada, tiene que contribuir de modo muy directo, aunque no inmediato, en la cantidad de lluvia.

Entre las causas que *pueden* contribuir á las variaciones de la radiación solar, se encuentran las variaciones del número y extensión de las manchas solares, que obscurecen parcialmente la superficie

Frecuencia é intensidad de las manchas solares.  
Números relativos, según el Profesor Wolf.

| AÑOS      | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1700..... | 5,0 ?  | 40,0 ? | 15,0 ? | 21,0   | 31,4   | 48,6 * | 25,8   | 48,8   | 9,7    | 7,4 *  |
| 1710..... | 2,5 ?  | 0,0    | 0,0    | 2,2    | 9,6    | 24,7   | 39,9 * | 52,3 * | 50,0 ? | 34,0 * |
| 1720..... | 25,0   | 23,8   | 20,0 ? | 40,0 ? | 19,4   | 34,5   | 64,0   | 90,0   | 80,0 ? | 60,0 ? |
| 1730..... | 40,0 ? | 25,0 ? | 10,0 ? | 5,0 ?  | 45,0 ? | 30,0 ? | 58,0 ? | 66,0   | 85,0 ? | 78,5   |
| 1740..... | 60,0 ? | 35,0 ? | 18,3   | 44,6   | 5,0 ?  | 10,0 ? | 20,0 ? | 35,0 ? | 50,0 ? | 63,8 * |
| 1750..... | 68,2 * | 40,9 * | 33,2 * | 23,4   | 46,4   | 7,3    | 40,5   | 35,0   | 55,8   | 48,6   |
| 1760..... | 48,9   | 75,0   | 50,6   | 37,4   | 34,5   | 23,0   | 17,5   | 33,6   | 52,5   | 408,3  |
| 1770..... | 79,4   | 73,2   | 49,2   | 39,8   | 47,6 ? | 27,5   | 35,2   | 63,0   | 94,8   | 90,2   |
| 1780..... | 72,6   | 67,7   | 32,2   | 22,5   | 5,0    | 24,2   | 86,6   | 404,8  | 407,8  | 140,7  |
| 1790..... | 84,4   | 53,4   | 47,5 ? | 40,2 ? | 34,3   | 22,3   | 43,4   | 7,8    | 4,4    | 40,2   |
| 1800..... | 18,5   | 38,6   | 57,8   | 65,0 ? | 75,0 ? | 50,0 ? | 25,0 ? | 45,0 ? | 7,2    | 3,4    |
| 1810..... | 0,0    | 4,2    | 5,4    | 13,7   | 20,0 ? | 35,0 ? | 25,0 ? | 43,5   | 34,1   | 22,5   |
| 1820..... | 8,9    | 4,3    | 2,9    | 1,3    | 6,7    | 17,4   | 29,4   | 39,9   | 52,5   | 53,5   |
| 1830..... | 59,1   | 38,8   | 22,5   | 7,5    | 44,4   | 45,5   | 96,7   | 411,0  | 82,6   | 68,5   |
| 1840..... | 54,8   | 29,7   | 19,5   | 8,6    | 43,0   | 37,0   | 47,0   | 79,4   | 100,4  | 95,6   |
| 1850..... | 64,5   | 64,9   | 52,2   | 37,7   | 49,2   | 6,9    | 4,2    | 24,6   | 50,9   | 96,4   |
| 1860..... | 98,6   | 77,4   | 59,4   | 44,4   | 46,9   | 30,5   | 16,3   | 7,3    | 37,3   | 73,9   |
| 1870..... | 439,1  | 444,2  | 404,7  | 66,3   | 44,6   | 17,1   | 41,3   | 42,3   | 3,4    | 6,0    |
| 1880..... | 32,3   | 54,2   | 59,6   | 63,7   | 63,4   | 53,2   | 25,4   | 43,1   | 6,7    | 6,3    |
| 1890..... | 7,1    | 35,5   | 73,0   | 84,9   | 78,0   | 64,0   | 44,8   | 26,2   | 26,7   |        |

NOTA. El signo \* indica que el número correspondiente es indudable, seguro. El ? que el número es inseguro y ha sido interpolado.

del Sol y que están sometidas á una periodicidad algo irregular, pero que en conjunto, y á largos intervalos de tiempo, se puede considerar de once años y un noveno de año, según las observaciones y estudios del Dr. Wolf, Director del Observatorio de Zurich. Si estas manchas ejerciesen efectivamente influencia marcada sobre la distribución temporal de las lluvias, éstas deberían presentar una periodicidad general de 11'11 años, y más adelante volveremos á tratar esta cuestión, examinándola despacio; pero ahora insertamos, en la página anterior, el resumen de los estudios sobre la periodicidad de las manchas solares, según resulta de todos los datos recogidos por el citado Dr. Wolf, dedicado especialmente á este asunto:

También deben intervenir en la intensidad y frecuencia de las lluvias, por lo que pueden influir en la intensidad de la radiación solar, las *fáculas* ó manchas blancas deslumbrantes de la superficie del Sol, que por tanto son de carácter opuesto á las manchas de sombra anteriormente mencionadas. Estas fáculas, no bien estudiadas ni conocidas, deben aumentar la vaporización del agua sobre la superficie terrestre, y con ella preparar la mayor cantidad de lluvia al desaparecer ó disminuir las mismas.

Pero además hay otra causa cósmica que tiene que influir en la cantidad y frecuencia de la lluvia, y es, seguramente, la irregularidad del medio sideral, en cuyo seno circulan los planetas y el sistema solar entero, medio que, ciertamente, no es uniforme por todas partes. La diferente temperatura, densidad cósmica, presión y estado eléctrico del espacio en que se mueve el sistema solar, llámese éter ó como se quiera, ha de influir en la evaporación y capacidad higroscópica de la atmósfera, y, por tanto, en la lluvia, y además su mayor ó menor densidad ha de actuar en la radiación solar que llegue á la Tierra, porque á una mayor densidad corresponderá menor radiación sobre la Tierra, y de ésta hacia los espacios siderales; y de aquí menor temperatura máxima diurna y mayor temperatura mínima nocturna. También la temperatura del medio sideral ha de contribuir á la mayor ó menor temperatura media terrestre, y la presión ó estado eléctrico del éter, ha de influir en los fenómenos atmosféricos de un modo que conviene estudiar.

El éter, medio, ó atmósfera sideral, puede formar condensaciones ó nubes, si en ocasiones invisibles para nuestros ojos, en otras perceptibles, ya en forma de nieblas secas, de luz zodiacal ó de otros fenómenos, entre los cuales ocurran claras ó desgarraduras considera-

bles; y de aquí que cuando entre el Sol y la Tierra se interponga una nube cósmica absorbente, el año será frío, sobre todo si del lado opuesto al Sol el éter es excesivamente transparente, lo cual favorece la radiación y enfriamiento terrestre; mientras que si desde el Sol á la Tierra queda abierto y diáfano el medio sideral, el año será cálido, con especialidad si rodean á la Tierra en las demás direcciones masas ó nubes etéreas opacas que no solamente reflejen la radiación terrestre, sino tal vez, sobre la Tierra, la radiación solar que ellas reciban.

Cuestiones son éstas que conviene estudiar, y de las cuales yo no puedo hacer aquí más que indicar algunas ideas que contribuyan á explicar las grandes variaciones geológicas é históricas de la temperatura media de la Tierra en general, y de Europa en particular, tan notables á veces, como las ocurridas en la época cuaternaria, que produjeron dos épocas glaciales separadas, precedidas y seguidas por otras templadas, y una diluvial á continuación de la segunda de ellas, y aun es caso de pensar si la desigual repartición de la materia cósmica en el Universo, puede también ocasionar la variable precipitación de la misma sobre el Sol, con el consiguiente cambio en la radiación calorífica y luminosa del mismo.

Todas estas causas generales, terrestres y cósmicas tienen que ejercer grandes influencias, así como la atracción solar y lunar, sobre la envoltura gaseosa de la Tierra, y, por tanto, producir alteraciones en la temperatura, las lluvias, los vientos, ciclones, corrientes inferiores y superiores de la atmósfera; de las últimas de las cuales, apenas observadas hasta el día, viene haciendo el primer astrónomo del Observatorio de Madrid D. Vicente Ventosa, curiosas y originales observaciones *por medio del telescopio*.

\*  
\* \*

Si la Tierra fuese de superficie lisa y tersa; si los mares y continentes no estuviesen desigualmente repartidos, y si otras muchas *causas locales* no interviniesen de un modo poderoso en la cantidad y repartición de las lluvias, éstas se extenderían uniformemente, ya por toda la superficie del planeta, ó ya por zonas, ó entre paralelos, según las estaciones. Pero las *causas locales*, aunque impotentes para alterar el régimen general de las lluvias, pueden producir, y efec-

tivamente producen, efectos tan marcados, que se obtienen en parajes lejanos, y á veces próximos, con las mismas causas generales, resultados tan diferentes como los de provocar lluvia en uno y sequía en otro.

Entre las causas locales que influyen en la precipitación de la lluvia, se encuentran:

La proximidad ó alejamiento del mar, por la mayor ó menos abundancia de vapores que pueden llegar á la localidad considerada, y la dirección en que el mismo se encuentre, por la posibilidad de que los vientos reinantes procedentes del Océano ó de dirección opuesta consigan llevar vapores húmedos ó llegar secos al lugar considerado. A estas causas deben, sin duda, su sequedad el Sahara y los otros grandes desiertos donde no llueve, y por la misma razón, la proximidad y situación de las regiones exhaustas de humedad, influye en la mayor ó menor cantidad de lluvia de cada localidad.

La dirección y orientación de los valles y de las cordilleras montañosas que suelen limitarlos, influye en la cantidad de lluvia por las acciones que ejercen sobre las corrientes reinantes de los vientos húmedos. Si estas corrientes encuentran valles orientados en su misma dirección, pasan engargantadas por ellos sin sufrir desviación sensible por parte de las montañas que limitan el valle. Si, por el contrario, encuentran de través el obstáculo, el enfriamiento que experimentan las corrientes por parte de las montañas, produce la precipitación de la lluvia, más intensa si el viento azota del lado de la umbria (falda norte de las sierras) que si azota del lado de la solana (falda meridional de las mismas).

La temperatura y la intensidad de la radiación del suelo influye en la cantidad de lluvia que puede caer en una localidad, por causa del enfriamiento ó calefacción que pueden producir en las nubes que pasan sobre el lugar considerado, y en este concepto, los grandes montes cubiertos de vegetación, pueden contribuir á la cantidad de lluvia precipitada. Por demás porfiada ha sido, y continúa siendo, la contienda entre los que atribuyen á los montes gran influencia en la intensidad y frecuencia de la lluvia y los que se la niegan, hasta el extremo de considerar, no sólo indiferentes, sino perjudiciales para el objeto de favorecer la lluvia <sup>(1)</sup> los parajes cubiertos de ve-

(1) Fernando López Tuero, *Teoría moderna contraria á la influencia de la vegetación en la producción de las lluvias locales*, 2.<sup>o</sup> edición: Madrid, 1895.

getación; pero más adelante se verá cuál es y puede ser semejante influencia y los daños que los montes pueden remediar.

La proximidad de los grandes macizos montañosos cubiertos de nieves perpetuas tienen también marcado influjo local sobre la lluvia, por el enfriamiento que producen en el aire y en las nubes que llegan, con sus movimientos, á su proximidad.

Resulta, pues, que las causas locales tienen carácter de constancia, mientras que las generales son, por el contrario, variables, aun cuando sometidas, muchas de ellas á cierta periodicidad. Ni sobre unas ni sobre las otras tiene acción sensible la mano del hombre, excepto sobre la existencia ó destrucción de los montes, por lo cual conviene conocer cuál es la verdadera acción é influencia de los mismos sobre la cantidad de lluvia caída en una localidad, lo que haremos á su tiempo.

## VIII

### PERIODICIDAD DE LA LLUVIA

No tanto la escasez de la lluvia, sino su inoportunidad, la irregularidad con que cae y la rapidez con que la humedad de la tierra desaparece, son los grandes inconvenientes con que tiene que luchar el agricultor en la península ibérica.

Ya se ha visto, en la lista cronológica de la pág. 40 y siguientes, los grandes trastornos climatológicos ocurridos en España desde la más remota antigüedad, y en las páginas 7 y 8 se han consignado las extraordinarias y grandes lluvias torrenciales caídas en la Península, y especialmente en las provincias de Levante y de Mediodía; todo lo cual produce el convencimiento de que las sequías é inundaciones no son fenómenos de los últimos años, ni ha concluido tampoco su época. Pero las muchas personas que en todos tiempos han ignorado á ciencia cierta lo que en tiempos pasados ocurría, han solido pensar, con el poeta, al atravesar tiempos calamitosos:

como á nuestro parecer  
cualquiera tiempo pasado  
fué mejor,



y que el mundo se desquiciaba, llegándose así á discutir en serio, si el clima de Europa había cambiado en los tiempos históricos, y especialmente desde Julio César acá.

La experiencia demuestra, y los cuadros anteriormente indicados consignan, que la lluvia no va indefinidamente aumentando ni disminuyendo con el transcurso del tiempo: luego si á temporadas de mayor lluvia siguen otras de menor, y así sucesivamente, alternando, es evidente que la lluvia está sometida á una cierta periodicidad regular ó irregular que conviene conocer.

Por esto M. Gasparin, en su Memoria sobre las crecidas del Ródano en 1844, dirigida á la Academia Francesa, consignó su opinión de que probablemente el clima de Francia no ha cambiado desde la dominación romana, y con toda seguridad en los últimos cien años, antes de 1844.

De la misma cuestión se hace cargo el Sr. Rico y Sinobas, en su Memoria sobre la causa de las sequías de las provincias de Levante, premiada y publicada en 1851, consignando en la página 86 que, en su opinión, el clima de España no ha cambiado sensiblemente en los últimos cinco ó seis siglos.

Lo cierto es que en nuestro clima son las lluvias ordinariamente estacionales de otoño y primavera, y de este modo son lo más oportunas y convenientes para la mayor parte de los cultivos; pero en las mismas lluvias estacionales hay irregularidades más aparentes que reales, pues consultando los resultados de varios años consecutivos, resulta un período anual de mínima lluvia en Agosto y otro de máxima en otoño, y á veces en primavera, según las localidades.

La periodicidad anual de la crecida de ciertos ríos, es tan constante y regular que, si no hubiese otros modos de contar los años y de reconocer las estaciones, se podría verificar por la observación de las avenidas del Nilo, el Amazonas, el San Lorenzo y otros ríos, hecho que Gasparin, en su citada Memoria de 1844, trató de demostrar y generalizar.

Es evidente, por tanto, que existe un período anual bien caracterizado; y como todos los años no son igualmente abundantes en agua, se puede investigar si existe alguna ley que no deje al capricho de la Naturaleza, ó al azar, las reparticiones de la lluvia en el transcurso de los años, idea ya expuesta en el año 1815, por el ilustre sabio español D. José Mariano Vallejo, en una *Disertación* muy erudita, afirmando que por el perfeccionamiento de la meteorología

y la agricultura, se llegaría á prever y á remediar los inconvenientes de las irregularidades de la lluvia.

A poco de descubiertas las manchas del Sol, y habiendo observado que el número y extensión de éstas variaba de unos á otros años, quiso Herschel establecer una relación entre la intensidad de las manchas y el precio del trigo, aunque sin resultado.

Para resolver la cuestión de si existe ó no periodicidad en el fenómeno de la lluvia, poder prevenirse contra el exceso ó escasez de ella, y salvar, por medio de la ciencia y el arte, los inconvenientes de estas irregularidades, no hay más medio eficaz que acudir á los datos conocidos respecto á la distribución de los meteoros, y combinar los resultados con el estudio de los demás fenómenos naturales que pueden tener influencia en la climatología.

Desgraciadamente, los datos antes dichos sólo se conocen desde hace poco tiempo y para escasas localidades, y no existen las de largas series de años que serían necesarios para llegar á resultados apreciables, pues no pueden contarse como suficientes las listas cronológicas de sequías y grandes lluvias, siquiera sean tan nutridas como la que con bastante trabajo he reunido y queda consignada, la cual es, á pesar de todo, muy incompleta. Sin embargo, consultándola unida con la serie de observaciones de lluvia caída en Madrid durante cuarenta años, que presento también en la pág. 46, y teniendo además en cuenta las observaciones y trabajos de hábiles experimentadores, algo útil puede deducirse.

Ya el Sr. Rico y Sinobas calculaba en la Memoria antes citada que en un período de cincuenta años había uno ó dos de hambre y escasez, ocho ó diez de medianas cosechas y los demás resultaban buenos para la agricultura.

Houzeau, en su excelente *Tratado de meteorología*, impreso en Bruselas en 1880, consigna en la pág. 288 la existencia de mínimas periódicas en la temperatura, correspondientes á días casi fijos de Febrero y Mayo que no habían sido reconocidos por la gente, conceptuándolas seguramente en cada ocasión como eventuales, pero cuya existencia y periodicidad han sido patentizadas por una larga serie de observaciones termométricas; y el mismo autor, en la página siguiente de su libro, hace notar que los mínimos de temperatura media anual corresponden á los máximos de las manchas del Sol, añadiendo en la pág. 291 que, según numerosas observaciones, los períodos de máxima lluvia anual corresponden á los de máxima de

las manchas del Sol, siendo la lluvia proporcional á la extensión total de éstas.

Al tratar el P. Secchi, en la pág. 180 del tomo I de su *Tratado sobre el Sol*, de las manchas del astro, hace observaciones curiosas é interesantes, entre otras, la de que la extensión y número de las manchas del Sol es muy variable, presentando una periodicidad los máximos y mínimos de diez á doce años; pudiéndose estimar como duración media del período—de existencia indudable, pero de duración algo incierta por causa del corto tiempo de las observaciones sistemáticas, sólo comenzadas en 1826—el lapso de 11 á 11'55 años, según que se aprecia por dos intervalos de los mínimos ó de los máximos de las manchas; haciendo notar que los periodos de crecimiento de las manchas son más cortos que los de decrecimiento, siendo 5'52 y 7'65 años la duración media respectiva de ellos, cuya suma es de 11'17 años.

Hace también presente que la periodicidad de las manchas no es simple, sino que además de este período corto, están sometidas á otro semisecular, que según los trabajos de M. Wolf, Director del Observatorio de Zurich, que, como sabemos, ha hecho un estudio comparativo detenido entre la periodicidad de las manchas del Sol y la meteorología terrestre, es de 55'5 años, estimando el período corto en 11'111 años, en el cual la duración del crecimiento es de 4'5 años y del decrecimiento 6'6.

Yo no dudo que la periodicidad en el fenómeno de la lluvia existe, como existe en otros fenómenos naturales, y que su irregularidad aparente depende de dos causas: 1.ª, de que la periodicidad no es simple, sino que es la resultante de una serie de periodicidades superpuestas de duración é intensidades diferentes que se suman, se restan ó se compensan de diversos modos, para producir un período irregular en la apariencia, en el cual predominan, naturalmente, las causas más eficaces y aparentes; pero que siendo el período probablemente de duración muy larga y las observaciones métrico-meteorológicas y ciertas astronómicas, recientes, y aun hoy bastante deficientes, no ha sido posible hasta ahora el tener reconocido el período del ciclo total; 2.ª, que además de las causas periódicas pueden influir en la lluvia ciertas otras eventuales é irregulares, como las que provienen del medio sideral en que se mueve el sistema solar, como se dijo en la pág. 58, causas, sin embargo, susceptibles de reaparecer, y que alterando notablemente la cantidad de calor recibido ó perdido

por la Tierra, puede producir grandes trastornos climatológicos, y entre ellos la lluvia ó sequía.

Á esta última clase de fenómenos tal vez correspondan los periodos de lluvias de materia cósmica sobre el Sol, que, transformando en calor el trabajo mecánico de la caída, aumentan su irradiación. Y á la inversa, la interposición entre el Sol y la Tierra de nubes de materia fría, pueden debilitar la acción de los rayos solares, disminuyéndose así la cantidad de calor recibida por la Tierra.

De los oscurecimientos del Sol hay varias citas históricas; pero deben acogerse con cierta reserva por la poca confianza que debe inspirar la relación de fenómenos mal observados por personas ó por multitudes supersticiosas é ignorantes. Citaré, sin embargo, el oscurecimiento que el Sol sufrió el día de la muerte del Mártir del Gólgota, y también que, según dice Virgilio, existía en su tiempo la tradición de que el Sol cesó de lucir repentinamente el día del asesinato de César.

Hay además referencias de que desde el año 553 hasta el de 626, el Sol quedó varias veces oscurecido durante algunos meses, y más reciente y de mayor fe, como observado por Kepler y Gemma Frisius, es el hecho de que en 1547 hubo un notable oscurecimiento del Sol producido por una niebla seca.

En cuanto á las precipitaciones de materia cósmica, es fenómeno tan conocido y comprobado, que muchos de los vivientes hemos presenciado notables lluvias de estrellas, siendo dignas de mencionarse las que en 27 de Noviembre de 1872 y 1885 se observaron. Además la caída de bólidos ó aerolitos está fuera de duda, y reciente es el caso del que estalló sobre Madrid el 10 de Febrero de 1896, lo que no será olvidado fácilmente por el deslumbrante destello, atronador estallido y enorme y extensa trepidación atmosférica que produjo.

Para terminar con esta materia, trataré de plantear la cuestión de la periodicidad de la lluvia, sin pretender dejarla resuelta:

1.º Desde luego se observa una periodicidad horario-diaria, para ciertas localidades, en donde los aguaceros y tronadas se verifican casi á hora fija, de lo cual queda hecha mención en la pág. 56.

2.º Se observa también una periodicidad estacional-anual perfectamente marcada y conocida de todo el mundo, cuya marcha é intensidad se puede estudiar en los cuadros de las págs. 24 á 41, en los cuales se ve que la lluvia tiene en España un máximo generalmente en otoño, y algunas veces en primavera, y un mínimo en vera-

no (mes de Agosto); hay también un máximo relativo en primavera ó en otoño, y un mínimo relativo en invierno (meses de Diciembre, Enero y á veces Febrero), por causas que ya quedan expuestas en la pág. 56, á cuyos máximos de temporada se deben las crecidas periódicas de los ríos, conforme ya se ha dicho.

5.º Construyendo los cuadros gráficos de la lluvia caída en San Fernando, Tharsis, Gibraltar, Madrid, Soria y Pamplona, correspondientes á todo el tiempo de que se tienen observaciones, y que se estampan en las págs. 46 y 50, se ve que la lluvia presenta una periodicidad de máxima lluvia en dos años alternos separados por otro año de mínima, alternación que se sucede con rara persistencia. Parece deducirse, por esto, que el fenómeno de la lluvia oscila alrededor de una posición ó valor de equilibrio, que produce el efecto de exigir una cierta compensación en las irregularidades de cada dos años consecutivos.

4.º Para examinar si el período bien caracterizado de once años, que existe entre los máximos ó mínimos de las manchas solares, guarda alguna relación con las cantidades anuales de lluvia, sería necesario calcular cuál ha sido la cantidad de ésta precipitada en cada año en todo el globo, y como término medio de largo período de tiempo, cosa hoy absolutamente imposible; pero en defecto de esto, se podrían comparar los números representantes de las manchas solares con la cantidad de lluvia anual en una localidad, donde las causas locales tengan la menor influencia posible, por no estar muy cerca del mar ni excesivamente lejos, no encontrarse en un profundo valle ni en elevadas cimas, y no tener á su proximidad cordilleras elevadas ni nieves perpetuas, etc. Localidad de tan excepcionales condiciones existe en España, y es Madrid; pero desgraciadamente, la serie de observaciones de su Observatorio astronómico sólo se conserva continua desde 1854, por las causas que hemos mencionado en la pág. 49.

Ahora bien: construyendo las curvas gráficas correspondientes á las manchas del Sol y á la cantidad de lluvia en Madrid, y observando que á un máximo de manchas debería corresponder otro de lluvia en el mismo año ó en los posteriores inmediatos, se ve que desde 1855 hasta 1865 las manchas solares y la lluvia en Madrid parecen llevar una marcha inversa, puesto que mientras la lluvia decrece desde 1854 á 1860, para volver á crecer en los cinco años posteriores, las manchas crecen y decrecen respectivamente durante los mismos perio-

dos de años; pero á partir de 1865 hasta el día, la concordancia entre las manchas solares y la lluvia en Madrid es notable, pues salvo las alternativas bianuales ya mencionadas, se observa un marcado paralelismo entre ambas curvas.

5.º El período de cincuenta años señalado por el Sr. Rico y Sinobas en su *Memoria* sobre las sequías de Murcia, puede corresponder al período largo de las manchas del Sol, que, según el Dr. Wolf, es de 55'5 años, ó sea de cinco períodos cortos de 11'11 años, en que las manchas van aumentando y disminuyendo sucesivamente.

6.º y último. Las grandes sequías, los largos diluvios y los frios extraordinarios de que se conservan recuerdos históricos ó pruebas geológicas, acusarán influencias cósmicas sin periodicidad bien conocida; pero que de todos modos vienen á la larga á compensarse, puesto que el clima de la Tierra no ha cambiado desde el último período de la época cuaternaria (1).

#### IMPORTANCIA DE LAS INFLUENCIAS LOCALES EN LA PERIODICIDAD DE LA LLUVIA

Sin las influencias locales, las cantidades de lluvia caída en los diversos parajes, ó serían las mismas en cada año, ó variarían de igual modo; y para darse cuenta de la importancia de su periodicidad, no hay más remedio que acudir á la observación.

Con este objeto están formados los cuadros comparativos de las cantidades de lluvia en milímetros caídas anualmente en San Fernando, Gibraltar, Tharsis, Madrid, Soria y Pamplona, de las páginas 46 á 50, localidades las tres últimas situadas en una diagonal S.O. á N.E. que pasa por Madrid. Del estudio de aquellos cuadros resulta que Madrid, en donde las influencias locales son menores, tiene un régimen hidrológico mucho más uniforme y regular que las otras localidades enumeradas.

(1) Respecto á la periodicidad de las épocas de máxima y mínima temperatura de la Tierra según ciclos de 25.600 años, deben consultarse los estudios de Mr. Croll, en las págs. 4 á 6 del libro *Physical Geography*, by David Thomas Ansted: Philadelphia, 1873.

## RESULTADO DEL EXAMEN DE LA RESEÑA HISTÓRICA

Como las observaciones métricas de la lluvia son de fecha muy reciente, y los recuerdos históricos, aunque menos precisos, sólo subsisten respecto á los grandes trastornos meteorológicos y se conservan recuerdos de muchos siglos, á ellos podemos acudir para ver lo que se deduce de su examen y si alguna relación existe entre las inundaciones y sequías y las manchas solares; mas para hacerlo con fruto hay que tener presentes dos observaciones: primera, que aunque el período medio de las manchas es de 11'11 años, por el modo de computar y registrar la lluvia se ha de contar siempre por años cabales; y segunda, que ni el período es siempre de tan exacta medida y duración como la de los movimientos astrales—sino que se producen acortamientos y alargamientos hasta de dos años en más ó en menos,— y ni aunque fuese de igual y exacta duración dejarían de corresponder al período de las manchas solares los máximos ó mínimos de lluvias anuales que difieran en múltiplos de once, aumentados ó disminuidos en una ó dos unidades, porque pudiéndose producir aquellos máximos á mínimos en cualquier época del año, desde el principio de un período que empiece á fines de un año y termine á comienzos de otro, se contará cerca de un año más de lo que en realidad dura el período, y si se empieza á contar en principio de un año hasta fin de otro, se tendrá casi otro año menos de la exacta duración del mismo período.

Hechas estas salvedades, y teniendo presente que las influencias locales son diversas en los distintos puntos de observación á que la reseña histórica de la pág. 10 se refiere, no podrá deducirse nada de ella tomada en conjunto; pero si existe alguna periodicidad, deberá hacerse patente separando y ordenando cronológicamente los acontecimientos por localidades y por especies.

Veamos cuál es el resultado de este estudio:

Empezando el examen por Almería, de cuya localidad hay pocas observaciones, se nota que desde 1879 á 1891 en que ocurrieron las últimas grandes inundaciones transcurrieron doce años, ó sea un período de las manchas del Sol que llamaré, para abreviar, *un período solar*.

En Bilbao ocurrieron grandes crecidas del Nervión en 1447 y 1481, cuyo intervalo es de 34 años, ó sean tres periodos solares; entre 1485, 1552, 1582 y 1592, en que también hubo grandes crecidas, los intervalos fueron de 67, 30 y 10 años respectivamente, equiva-

lentes á 6, 3 y 1 periodos solares. De 1651 á 1681 y 1787 hay 30 y 56 años de intervalo, ó sean 3 y 5 periodos solares, y de 1801 á 1831 transcurrieron 30 años, ó sean 3 periodos solares.

En la cuenca del Ebro ocurrieron inundaciones en 1421, 1485, 1618, 1775, 1787, 1831, 1843 y 1855, en lo que se descubren los intervalos de 64, 33, 57, 12, 12 y 12 años, equivalentes á 6, 3, 5, 1, 1 y 1 periodos solares. Las sequías ocurrieron en 1725, 1749, 1751 y 1796, en que se observan los intervalos de 24 y de 45 años, iguales á 2 y 4 periodos respectivamente. Los mínimos de las manchas solares ocurridos en 1775 y 1855 corresponden á las inundaciones anotadas en los años respectivos, y el máximo de manchas solares que tuvo lugar de 1749 á 1751, se relaciona con la sequía de 1751.

En Valencia ocurrieron sequías en 1321, 1506, 1661, 1749, 1762, 1772, 1815 y 1879, en que sin irregularidades se observan los intervalos de 185, 155, 88, 11, 10, 53 y 64 años, equivalentes á 17, 14, 8, 1, 1, 5 y 6 periodos. Las inundaciones acaecidas en 1358 y 1589 distan 231 años, que exactamente representan 21 periodos.

En el valle del Guadalquivir las sequías de 1524 y 1602 están separadas por 78 años (7 periodos), y las de 1682 y 1749 por 67 años, ó sean 6 periodos. Las inundaciones de 1297, 1330, 1353, 1351, 1373, 1403, 1481, 1504, 1523, 1543, 1554, 1586, 1596, 1608, 1618, 1649, 1709 á 1731 y 1856 á 76, distan entre sí, respectivamente, 33, 22, 78, 23, 20, 11, 10, 12, 10, 31 y 20 años, que corresponden á 3, 2, 7, 2, 2, 1, 1, 1, 1, 3 y 2 periodos.

Desde 224 años antes de Jesucristo hasta el 410, en que ocurrieron sequías en Castilla, hay un intervalo de 634 años, igual á 58 periodos solares, con diferencia únicamente de 4 años, insignificante dada la indeterminación propia en las fechas de tan remotos tiempos. Las sequías posteriores ocurrieron en Castilla en 707, 846, 877, 889, 901, 982, 1172, 1213, 1257, 1302, 1333, 1355, 1473, 1503, 1513, 1546, 1550, 1595, 1605, 1616, 1629, 1640, 1650, 1680, 1703, 1715, 1726, 1737, 1749, 1764, 1775, 1789, 1803, 1858, 1868 y 1878, cuyos intervalos de tiempo son de 297, 135, 31, 12, 12, 81, 190, 41, 44, 45, 31, 22, 18, 30, 10, 33, 4, 45, 10, 11, 10, 12, 10, 30, 23, 12, 11, 11, 12, 13, 11, 14, 14, 55, 10 y 10, en los cuales son bien visibles los múltiplos 27, 14, 13, 7, 17, 4, 4, 4, 3, 2, 3, 4, 5 del período solar y varias veces un período casi exacto.

Las inundaciones ocurrieron en Castilla en 1143, 1168, 1201,

1256, 1264, 1286, 1297, 1310, 1402, 1435, 1476, 1488, 1500, 1511, 1543, 1556, 1586, 1603, 1615, 1626, 1635, 1645, 1692, 1725, 1736, 1747, 1768, 1777, 1793, 1801, 1821, 1831, 1842, 1858, 1879 y 1891, que marcan los intervalos de 25, 33, 55, 8, 22, 11, 13, 92, 33, 41, 12, 12, 11, 32, 13, 30, 11, 12, 11, 9, 10, 47, 33, 11, 11, 21, 9, 11, 8, 20, 10, 11, 12, 21 y 12, que corresponden claramente á múltiplos de periodos solares.

Los cálculos anteriores demuestran una evidente relación entre los máximos y mínimos de lluvia anual y los periodos de las manchas solares, con las excepciones consiguientes á la variedad y complejidad de las causas que influyen en la cantidad anual de lluvia; pero donde la periodicidad se revela de un modo notable, y con la circunstancia de coincidir en mes y día fijo, es en Murcia, cuyas inundaciones, ocurridas en **1485, 1615** (14 de Octubre), **1651** (14 de Octubre), **1753, 1783, 1834** (15 de Octubre) y **1879** (14 de Octubre), dan intervalos de 130, 36, 102, 30, 51 y 45 años, múltiplos del periodo solar, siendo bien curiosa la particularidad de repetirse las inundaciones en día fijo del año.

Por último, examinando, no ya las sequías, inundaciones y fríos locales, sino los fenómenos muy generales, se ve que también obedecen á la misma ley de periodicidad undecimal.

Las grandes secas de Francia, ocurridas en 1121, 1213 y 1304, distan entre sí 121, 92 y 91 años, que equivalen á 11, 8 y 8 periodos respectivamente.

Las sequías generales tuvieron lugar en Europa, según la reseña histórica que queda estampada, en 846, 877, 899, 1172, 1213, 1302, 1401, 1617, 1639 y 1650, cuyos intervalos de 31, 22, 273, 21, 89, 99, 216, 22 y 11 años, acusan los múltiplos 3, 25, 8, 9 y 20 de periodos solares, además de los múltiplos 1, 2 y 3, que se repiten varias veces.

Las lluvias generales se señalan en 1168, 1401, 1434, 1485, 1543, 1619, 1707, 1739, 1783, 1793, 1821, 1831, 1843, 1855, y 1899, que distan entre sí 233, 33, 51, 58, 76, 88, 32, 44, 11, 27, 10, 12, 12 y 44 años, que representan 21 periodos el primero, y á otros múltiplos menores las demás.

Si se dudase de que las manchas solares pudiesen influir en la lluvia, no hay más que recordar que su correspondencia con las auroras boreales y con el magnetismo terrestre está bien reconocida, sin que pueda valer en contra la observación de que el efecto de los máximos y mínimos de las manchas solares sobre la temperatura media

de nuestro planeta está comprendido entre 0,05 y 0,3 de grado; porque habiendo sobre la superficie del planeta grandes masas de agua, y absorbiendo ésta 535 calorías por quilogramo al pasar del estado líquido al de vapor, ó desprendiendo la misma cantidad de calor al cambiarse el vapor en líquido, pueden acumularse inmensas cantidades de calor en la vaporización del agua, sin que se haga sensible su efecto en la temperatura atmosférica.

En cuanto á la capacidad higroscópica del aire, hay que tener presente que entre 15 y 25 grados la cantidad de vapor de agua que puede contener cada metro cúbico de aire, es próximamente un gramo por grado; pero al estado vesicular (que es como el agua está en su mayor parte contenida en las nubes), la proporción de agua por metro cúbico puede ser mucho mayor, y lo demuestra la observación de que en una localidad determinada pueden caer en un día hasta 300 milímetros de agua, la que necesita estar contenida en la atmósfera á razón de 300 á 1000 quilogramos en cada columna ó prisma vertical cuya base sea un metro cuadrado de la superficie terrestre. De este modo, la mayor parte de la radiación solar absorbida por los océanos puede emplearse en evaporar el agua, sin elevar sensiblemente la temperatura del mar ni del aire, bastando para que el agua conserve el estado de vapor, ó el de nube, que no descienda la temperatura, ó que las mismas nubes no sufran choques, rozamientos ni conmociones bruscas, que aplasten y reúnan en gotas las vesículas.

Como, por otra parte, la oscilación de la temperatura del aire durante el año puede ser grande, también puede variar entre muy amplios límites la cantidad de vapor contenida en la atmósfera al estado de vapor. La oscilación de la temperatura del aire á la sombra en Madrid, durante treinta años (1860 á 1889) fué: mínima en invierno, — 11°9; máxima en verano, + 44°5; oscilación, 56°2 á la sombra, y hasta 60° ó 70° al sol, ó en pleno campo.

Limitando el cálculo de la oscilación á las medias de invierno y verano (—4°5 y + 24°5), á cuyas temperaturas corresponden una capacidad de vapor de 4'15 y 23'55 gramos por metro cúbico, y estimando sólo una capa de aire de 10 quilómetros de altura, corresponde una variación anual de capacidad higroscópica de la atmósfera de 194 quilogramos de agua, sólo al estado de vapor, por cada metro de superficie horizontal.

Se ve, en conclusión, que no solamente la atmósfera constituye un inmenso recipiente de vapor de agua, sino que ésta, merced á su

calórico latente de vaporización, y cuando se hiela al de liquefacción, (79 calorías) es un poderoso regulador de la temperatura media del planeta, cuya superficie difícilmente puede bajar, por esta razón, pocos grados de la temperatura de congelación del agua, ni elevarse muchos por encima de la de liquefacción del hielo; es decir, del cero termométrico.

## IX

### INFLUENCIA DEL HOMBRE Y DE LOS MONTES EN EL RÉGIMEN DE LAS LLUVIAS

La intervención del hombre en el régimen de las lluvias es insignificante ó nula, á pesar de cuanto se ha dicho ó proyectado en contrario, como voy á hacer notar.

Desde luego es evidente que en nada puede el hombre intervenir en las causas generales y cósmicas anteriormente consideradas, y también es evidente que en poco, ó mejor dicho en nada, puede influir respecto á las causas locales. Ni puede variar el hombre el régimen de los vientos, ni cambiar la orientación ni altura de las montañas <sup>(1)</sup>, etc., y sólo puede pretender intervenir en el régimen de los hidrometeoros, de un modo general, por medio del fomento ó de la destrucción de los montes, á los que sus defensores han concedido una extraordinaria influencia en el fenómeno de la lluvia, atribuyéndoles las propiedades de producir mayor frecuencia y abundancia de aquélla en los parajes cubiertos de monte que fuera de ellos; pero dicha opinión, no muy fundamentada, ha sido discutida, puesta en duda é impugnada por reputados observadores, tales como Valles, Pérez de la Sala y otros, según ya se dijo en la pág. 60 <sup>(2)</sup>.

Para tratar de ésta y de las demás cuestiones relacionadas con las ciencias naturales, es el peor procedimiento lanzarse á lucubraciones imaginativas desentendiéndose de la observación, y para no in-

(1) D. José Mariano Vallejo, en su *Tratado de las Aguas*, consideraba posible abrir grandes brechas en ciertos puntos de las cordilleras para facilitar el paso de los vientos húmedos y reformar la climatología de ciertos valles; pero no llega á tanto la fantasía del autor de la presente obra.

(2) Véase el folleto del Sr. Tuero antes citado, y los artículos que el ingeniero D. Andrés Llauredó publicó en la *Revista de Montes*, contestando al Sr. P. de la Sala.

currir en este error deben de tener en cuenta mis lectores la reseña histórica y los datos de lluvia de observación local consignados al principio de esta obra.

La reseña histórica nos dice que en todos los tiempos y localidades hubo calamitosas sequías, y á veces en grado increíble, y, sin embargo, en los tiempos antiguos, en que las sequías alcanzaron proporciones extremas, los montes abundaban por todas partes; y por otro lado, alternando con estas sequías también hubo grandes lluvias é inundaciones, sin que los montes hubieran aumentado.

La periodicidad de la lluvia es evidente, no sólo considerada en largos períodos, sino dentro de cada año. ¿Por qué llueve más en España en el otoño y en el invierno que en el verano? ¿Será acaso porque aumenten y disminuyan alternativamente los bosques, ó porque los árboles de hojas caducas las pierden precisamente en el otoño, al empezar las lluvias, y las recobran en la primavera, al cesar los aguaceros estacionales?

Estas observaciones bastan para demostrar la poca ó ninguna influencia de los bosques en el régimen de las lluvias; pero de todos modos, es indiscutible que si algún efecto tienen en dicho régimen, debe ser poco apreciable, y no es posible fundar nada serio sobre tal supuesto.

**Conclusión.**—Cualquiera que sea la opinión que se haya formado sobre lo dicho anteriormente respecto á la periodicidad y á las causas que influyen en la lluvia, es evidente que la lluvia es un fenómeno extraordinariamente irregular considerado en cortos períodos de tiempo; pero de cantidad sensiblemente constante considerado en períodos de más de diez años, y que vencidos los inconvenientes de las irregularidades en un largo período de tiempo, se puede estar seguro de que en España no faltará agua para la buena explotación agrícola.

## X

### DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE LLUVIA

El agua meteórica no permanece inmóvil en el sitio donde cae, sino que se distribuye en tres partes. Una se evapora, y su vapor se mezcla con el aire, desapareciendo rápidamente y sin beneficio para

la vegetación del lugar, porque aun cuando más tarde se condense en nubes y en lluvia, esto ocurrirá en puntos muy apartados del sitio en que se produjo su evaporación, por poco pronunciada que sea la velocidad del viento en los parajes de que se trate. Otra parte corre por la superficie del terreno, arrastrando las materias solubles que encuentra á su paso y la flor de la tierra, y se reúne en los cauces de los arroyos y ríos para llegar al mar. Y el resto penetra en el terreno. Escasa porción del agua que así se filtra en la tierra es absorbida por las raíces de las plantas, y buscando el sobrante salidas inferiores, á favor de su propio peso, circula por los poros, intersticios, fisuras, quebras, cavernas y conductos subterráneos, naturales ó artificiales, para ir á brotar en parajes más bajos que los lugares de su procedencia, formando las fuentes y manantiales que alimentan, con más regularidad que las corrientes superficiales, los cursos de los arroyos y ríos.

La cantidad de agua que corresponde á cada una de las tres porciones dichas es muy variable con las localidades y en relación con el clima, las pendientes del terreno, el estado de la superficie del suelo, la clase de la tierra ó roca que lo constituye, etc., siendo todo difícil de calcular, tanto más cuanto que hay pocas observaciones hechas sobre tan importante cuestión. Pero el modo de estimar cómo se distribuye el agua de lluvia, consiste en:

1.º Observar por medida directa la evaporación real producida en un tiempo dado en varios puntos de la cuenca hidrológica que se tenga en estudio, lo que dará la altura de agua evaporada en aquel tiempo, que multiplicada por la superficie de la cuenca, señalará el total de agua evaporada;

2.º Aforar con frecuencia el agua que conduzca el río ó arroyo que recoja las aguas de la cuenca, en el punto de desagüe de la misma, lo que hará conocer la cantidad de agua que corre por la superficie del terreno; y

3.º La diferencia entre las dos cantidades anteriores—salvo pequeñas discrepancias, debidas á causas en cuyo examen no hay necesidad de entrar,—será la cantidad de agua que penetra en el terreno.

Veamos cuáles son las proporciones con que así se reparte el agua de lluvia en España, examinando la cuestión en sus tres aspectos enunciados:

### 1.º—Evaporación.

Con ser la evaporación del agua un fenómeno natural de extraordinaria importancia, pasa frecuentemente desatendido, tal vez porque el agua evaporada no se ve reunida en ninguna parte ó porque desaparece de los depósitos, embalses y corrientes tan lenta como seguramente, pero sin aparato ni demostración para el común de las gentes, que suelen atribuir aquella pérdida del agua á que se la *chupa la tierra*, cuando, como se verá, es mucho menor, generalmente, la cantidad de agua absorbida por el terreno que la evaporada.

Cualquiera puede comprobar la gran actividad de la evaporación que en nuestro país se produce en verano, vertiendo una pequeña cantidad de agua sobre una superficie impermeable horizontal, como, por ejemplo, una mesa de mármol, una chapa de hierro ó un trozo de hule, y verá recogerse rápidamente por sus bordes el charco formado, hasta desaparecer por completo en pocos minutos.

Hay que notar desde luego que en la circulación atmosférica del agua se producen dos corrientes generales: una de arriba abajo en forma de lluvia, nieve, granizo, rocío ó escarcha, y otra de abajo arriba, constituida por la evaporación; siendo en España más intensa la segunda que la primera. Pero así como sobre la lluvia poco ó nada puede influir la voluntad del hombre—y aunque es bien dudoso que se llegue á conseguir el obtener lluvias artificiales, si esto se lograra probablemente se producirían multitud de conflictos, porque cuando un labrador quisiese hacer llover, su vecino desearía tiempo seco, respondiendo al refrán de que *nunca llueve á gusto de todos*,—y no puede evitarse la lluvia, ni impedir que caiga sino en lo interior de recintos limitados protegidos con cubiertas, en cambio la evaporación, tan temible para la agricultura, puede suprimirse por completo ó disminuirse considerablemente, con sólo sustraer el agua del contacto del aire atmosférico, sumergiéndola en el terreno ó recogiénola en depresiones naturales ó artificiales que presenten poca superficie de agua y mucha profundidad.

#### LEYES DE LA EVAPORACIÓN

La evaporación del agua libre se verifica exclusivamente por la superficie que está en contacto con el aire, y depende de la extensión

superficial que ocupe en donde esté depositada, del estado higrométrico del aire, de la temperatura, de la presión barométrica, de la velocidad y de la dirección del viento, de la radiación solar, del color del suelo, del espesor y del estado de la atmósfera, de la clase y frondosidad de la vegetación, de la higroscopicidad del terreno y del espacio de tiempo considerado, además de otras pequeñas causas que no vale la pena de examinar aquí.

Cuando está el agua retenida por la tierra, empapándola, influye también el poder absorbente ó higroscópico de ésta para dificultar la evaporación; pues así como hay productos químicos que se apoderan de la humedad del aire, aun en tiempo al parecer seco, y plantas como las chumberas, la ortiga y las pitas, que en terrenos áridos y durante el más riguroso verano están llenas de jugo, de un modo semejante las arcillas y otras rocas, no sólo absorben la humedad del aire, sino que oponen cierta resistencia á la evaporación del agua que contienen.

#### a.—Superficie.

Un cierto volumen de agua extendido en una capa uniforme que ocupe una hectárea de terreno (10000 metros cuadrados), se evaporan cien veces más de prisa que recogido en un estanque de 100 metros superficiales (cuadrado de 10 metros de lado), y mil veces más de prisa que encerrado en un pozo que tenga una superficie de agua de 10 metros cuadrados, ó sea un círculo de 3<sup>m</sup>,60 de diámetro.

Por esto la misma cantidad de agua se evapora mucho más rápidamente extendida sobre el terreno en capa delgada que reunida en el cauce de un río ó arroyo, como que la evaporación va disminuyendo con la anchura y con el incremento de la profundidad de la corriente, y esta ley de la evaporación se expresa diciendo que:

a).—*La evaporación del agua es proporcional á su superficie libre, en contacto con el aire.*

#### b.—Humedad del aire.

Cuando el agua está contenida en un recipiente cerrado, emite vapor hasta que se satura de él el aire de la parte superior del depósito; pero si aquél está abierto y en contacto con la atmósfera, el vapor producido se mezcla con ella y escapa á medida que el aire se

renueva. Si el aire está completamente seco, puede recibir en contacto con el agua la cantidad máxima de vapor de que es susceptible; pero cuando ha adquirido todo el que puede contener, dependiendo de la presión y de la temperatura, lo que se expresa diciendo que *está saturado*, ya no absorbe más vapor de agua, aunque se ponga en contacto con ella.

Un volumen determinado de aire saturado contiene la misma cantidad de vapor de agua que contendría el mismo volumen exento de aire, con tal de que se conserven constantes la presión y la temperatura.

En la naturaleza el aire va siendo cada vez más seco á medida que la presión atmosférica disminuye ó, lo que da el mismo resultado, á medida que nos elevamos en la atmósfera.

Por otra parte, el aire seco es menos absorbente de la radiación solar que el aire húmedo.

A la presión atmosférica ordinaria, la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire saturado, variable con la temperatura, está dado por la tabla siguiente:

| Grados. | Gramos. | Grados. | Gramos. |
|---------|---------|---------|---------|
| — 20    | 1'38    | 25      | 24'84   |
| — 15    | 2'00    | 30      | 39'93   |
| — 10    | 2'87    | 40      | 58'20   |
| — 5     | 4'08    | 50      | 97'50   |
| 0       | 5'66    | 60      | 157'70  |
| 5       | 7'77    | 70      | 246'50  |
| 10      | 10'57   | 80      | 375'80  |
| 15      | 14'47   | 90      | 567'00  |
| 20      | 18'77   | 400     | 805'50  |

Pero no estando el aire saturado, su contenido en vapor de agua suele ser en nuestros climas:

|                                          |              |
|------------------------------------------|--------------|
| En Enero (0'88 de humedad relativa)..... | 5'57 gramos. |
| En Julio (0'57 idem id.).....            | 9'16 —       |
| Media.....                               | 6'72 —       |

La evaporación es débil durante los fuertes aguaceros é inundaciones, por el estado de saturación en que está entonces el aire, y fuerte durante los deshielos.



Ordinariamente el aire ni está completamente seco ni completamente saturado, y puede recibir tanta mayor cantidad de vapor cuanto menor cantidad contenga, es decir, que:

h).—*La evaporación del agua depende del estado higrométrico del aire, y crece á medida que la humedad del mismo disminuye.*

### c. — Temperatura.

Nuestras sensaciones caloríferas rara vez están de acuerdo con el termómetro ordinario, que suele dar indicaciones de menor intensidad de la que nosotros sentimos; porque el frío fisiológico es el resultado del enfriamiento que la piel sufre por causa de la evaporación del agua que por ella transpira, y que está, por consiguiente, en relación con las causas anteriormente consideradas como influentes en la evaporación. Aumenta con la sequedad del aire y la fuerza del viento, hasta el punto de que en atmósferas tranquilas y saturadas de humedad, como suelen ser las polares, refieren los viajeros que han soportado temperaturas de 50 y 40 grados bajo cero, sin gran molestia, y aquéllas se han hecho insostenibles cuando el aire se ha puesto en movimiento.

Por esta razón, los animales y las plantas sienten la temperatura que marca el termómetro de bola constantemente humedecida, y no la que indica el termómetro seco, cuyas indicaciones son 40° y á veces 16° más elevadas.

Esto lo expresan muy gráficamente los franceses diciendo que *el frío es el clavo y el viento es el martillo.*

En tiempo frío la evaporación es menor que en tiempo caluroso por dos razones: porque la tensión del vapor de agua aumenta con la temperatura, y porque la capacidad de saturación del aire también crece con esta temperatura.

La tensión del vapor de agua á diferentes temperaturas es en grados centígrados en milímetros de mercurio, según M. Regnault.

| Grados. | Milímetros. | Grados. | Milímetros. |
|---------|-------------|---------|-------------|
| — 20    | 0'841       | 25      | 23'750      |
| — 15    | 1'284       | 30      | 31'548      |
| — 10    | 1'963       | 40      | 54'906      |
| — 5     | 3'004       | 50      | 91'982      |
| 0       | 4'600       | 60      | 148'791     |
| 5       | 6'534       | 70      | 233'093     |
| 10      | 9'165       | 80      | 354'643     |
| 15      | 12'699      | 90      | 525'450     |
| 20      | 17'391      | 100     | 760'000     |

Aunque en el verano la humedad del aire es mayor que en invierno, la evaporación es más activa por las causas dichas en el párrafo b.

Esto se expresa diciendo que:

c).—*La evaporación crece con la temperatura.*

### d. — Presión atmosférica.

La presión de la atmósfera se opone á la emisión del vapor de agua, y así se ve que en lo alto de una montaña el agua hierve á menor temperatura que en el valle, y en éste á mayor que al nivel del mar.

En el vacío de 4'6 milímetros de mercurio de presión (0'006 de atmósfera) el agua hierve á 0°; á 7'6 milímetros ó 0'01 de atmósfera, hierve á 7°'2; á 530 milímetros ó  $\frac{1}{2}$  atmósfera, hierve á 82°; en Madrid (presión media de 710 milímetros), hierve á 98° próximamente, y á 760 milímetros, ó presión atmosférica normal al nivel del mar, á 100°.

Pero sin necesidad de que llegue á hervir el agua, ésta emite vapores á cualquier temperatura, tanto más abundantes cuanto menor es la presión atmosférica, lo que se conoce por la menor altura barométrica. Por tanto:

d).—*La evaporación del agua varía en sentido inverso que la altura barométrica de cada lugar.*

e.—*Fuerza del viento.*

Cada metro cúbico de aire á determinada presión, temperatura y estado higrométrico, puede admitir una cantidad de vapor de agua hasta llegar á saturación, según se ha indicado.

Si el aire está en calma, una vez saturado el que se halla en contacto con el agua, cesa la evaporación de ésta; pero si el aire se renueva, continúa la evaporación, empleándose en saturar nuevas cantidades de aire, y por esto, si sobre cada elemento superficial de un embalse de agua se desliza una imperceptible brisa de un metro por segundo, la cantidad de vapor de agua sustraída por el viento (aire que se traslada) será veinte veces menor que si el viento corre sobre el embalse dicho con velocidad de 20 metros por segundo.

Por estas razones la evaporación es más fuerte en los equinoccios que en los solsticios (las demás circunstancias iguales), como se puede comprobar en los cuadros de lluvia y evaporación anteriormente estampados <sup>(1)</sup>, en los que se observa un rápido aumento de la evaporación de Febrero á Marzo, y un repentino descenso de Octubre á Noviembre; es también más fuerte en los lugares altos que en los bajos; más en los llanos y descubiertos que en los rodeados de montañas; más en los depósitos cuya superficie está completamente abierta, que en los que sólo comuniquen al exterior por aberturas ó bocas estrechas; menor en los pozos cuya agua esté profunda, que en los que esté somera, y mayor en la superficie del terreno que en lo interior del mismo, por poca que sea la profundidad, lo que se expresa diciendo que:

e).—*La evaporación del agua crece con la velocidad del viento y con la facilidad que tenga el aire para renovarse sobre la superficie del agua.*

f.—*Dirección del viento.*

También influye la dirección del viento de modo muy perceptible en la actividad de la evaporación del agua, especialmente en los parajes próximos á las costas, porque en ellos suele correr unas veces lo que llaman viento terral que, por haber atravesado extensas co-

(1) Páginas 24 á 41.

marcas áridas y caldeadas por el sol, viene seco y cálido, mientras que cuando procede el viento de otras direcciones, da brisas marinas que llegan cargadas de humedad.

Algunos agricultores han observado que si después de la lluvia sopla el terral, queda la tierra peor que antes de la lluvia estaba; lo que expresan diciendo que la tierra se pone como *un adobe*.

En resumen, puede decirse que:

f).—*La dirección del viento influye en la evaporación, según que provenga del lado de tierra ó del mar.*

g.—*Radiación solar.*

La evaporación aumenta con la intensidad de la radiación solar, siendo ésta mayor en los lugares bañados mayor número de horas por el sol que en los que permanecen mucho tiempo ó siempre en sombra, como ocurre respectivamente con las faldas meridionales y septentrionales de las cordilleras (solanas y umbrias). Es también mayor la evaporación en verano por recibir la Tierra más perpendiculares los rayos del Sol que en invierno, lo que también hace que la misma evaporación aumente desde los países glaciales á los tropicales, y sin olvidar además que la radiación solar obedece á causas relacionadas con las manchas del Sol y á otras de variación secular, por lo que se debe tener presente esta otra ley:

g).—*La evaporación del agua aumenta con la intensidad de la radiación solar.*

h.—*Espesor de la atmósfera.*

A pesar de la diatermicidad de la atmósfera, y á causa del vapor de agua que contiene, absorbe 0'2 de los rayos solares luminosos verticales y 0'6 de los oblicuos, según Pouillet. En cambio, de la radiación terrestre, oscura, no atraviesa la atmósfera más que 0'1, empleándose los 0'9 en calentar el aire.

Cuanto menor es el espesor de la atmósfera sobre el lugar considerado, mayor es la evaporación del agua, porque la parte de los rayos solares absorbida por la atmósfera, disminuye, y por esta razón es más débil en el valle que en las montañas que lo rodean, más intensa en verano que en invierno, y, en cada día, más fuerte á la hora de la siesta que por la mañana ó por la tarde (aun á temperaturas iguales), á causa de que los rayos solares atraviesan un es-

pesor de atmósfera menor para llegar á lo alto que á lo bajo del terreno, en verano que en invierno, y al medio día que en las horas próximas á los crepúsculos, en todas las localidades. Esto se expresa diciendo que:

h).—*La evaporación varía en sentido inverso que el espesor de la atmósfera atravesada por los rayos solares.*

#### i.—*Nubes.—Horas de insolación.*

Con un cielo fuertemente cargado de nubes ó en una atmósfera invadida por la niebla, la evaporación es menor que con un aire limpio y cielo despejado, porque en el primer caso los rayos solares son interceptados por las nubes ó la niebla y llegan al suelo debilitados, por lo cual puede establecerse la ley de que:

i).—*Una atmósfera limpia y un cielo despejado de nubes, favorece la evaporación del agua en el campo.*

España es tal vez el país de Europa más combatido por el sol, como lo demuestra la observación de que las horas de insolación en cada año son las siguientes:

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| España <sup>(1)</sup> ..... | 5000 horas. |
| Italia.....                 | 2500 —      |
| Alemania.....               | 1700 —      |
| Inglaterra.....             | 1400 —      |

(1) Debo á la amabilidad de D. Vicente Ventosa, primer astrónomo del Observatorio, un cuadro de horas de insolación en Madrid, correspondiente á los años 1887 á 97, en el cual aparece que el número total de horas de sol descubierto, al año, fué:

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| En 1887.....                   | 2977        |
| En 1888.....                   | 2823        |
| En 1889.....                   | 3064        |
| En 1890.....                   | 3002        |
| En 1891.....                   | 2776        |
| En 1892.....                   | 2806        |
| En 1893.....                   | 2914        |
| En 1894.....                   | 2893        |
| En 1895.....                   | 2631        |
| En 1896.....                   | 3098        |
| En 1897.....                   | 2948        |
| <i>Media de once años.....</i> | <u>2902</u> |

Si á esto se agrega la mayor oblicuidad de los rayos solares en los países del Norte de Europa, se comprenderá cuánto mayor es por una parte la evaporación y por otra la potencia dinámica de la radiación solar en España.

#### j.—*Color del terreno.*

El color del suelo influye en la cantidad de calor solar absorbido. La experiencia demuestra que las tierras de color claro son frías y las de color oscuro cálidas, pudiendo llegar á 7° la diferencia de temperatura de dos parcelas contiguas, con sólo blanquear la una y oscurecer la otra, artificialmente. M. Gasparin refiere <sup>(1)</sup> que, habiéndole consultado un inglés del país de Gales, que hizo expresamente un viaje para ello, qué haría para obtener en sus tierras buenas uvas, que nunca conseguía ver maduras, le dijo que oscureciese el color de su tierra, llenase su campo de guijarros de color negro y pintase también de negro todas las paredes y objetos que estuviesen próximos al mismo terreno y lo resguardase de los vientos del Norte.

En las salinas de Añana (provincia de Álava) se evapora al aire libre el agua salada en balsas caldeadas por el sol y empedradas de piedras generalmente de color claro; pero cuando pueden proporcionárselas negras, las prefieren, por la experiencia que tienen de que las balsas así empedradas rinden más sal que las otras, á causa de

Esta media anual se distribuye en cada uno de los meses del año del modo siguiente:

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Enero.....      | 300 |
| Febrero.....    | 304 |
| Marzo.....      | 374 |
| Abril.....      | 399 |
| Mayo.....       | 447 |
| Junio.....      | 450 |
| Julio.....      | 457 |
| Agosto.....     | 426 |
| Septiembre..... | 374 |
| Octubre.....    | 345 |
| Noviembre.....  | 298 |
| Diciembre.....  | 289 |

*Media anual desde 1887 á 97.....* 2902

(1) *Tratado de Agricultura.*

la mayor actividad de la evaporación que en ellas se produce. Por tanto,

j).—*El color de la tierra influye en la evaporación, siendo tanto más activa cuanto más oscura es aquella.*

### k.—Vegetación.

En la actividad de la evaporación influye también el espesor, altura y clase de la vegetación que cubra el suelo, porque intercepta los rayos solares, dificulta el acceso del aire y disminuye su velocidad.

En cambio, la vegetación misma contribuye á la pérdida de agua por evaporación en tanta mayor cantidad cuanto más rápido y activo sea el desarrollo de la planta, como se ha demostrado experimentalmente y como ya lo explicaremos más adelante al tratar de los riegos.

Seguramente son escasos los datos experimentales sobre la diferencia de evaporación producida en un mismo terreno, según que esté desnudo ó cubierto de vegetación y la especie de ésta, y creo que puede prestar buenos servicios para este estudio el *higrómetro agrícola*, que más adelante explico y propongo.

He aquí algunos datos interesantes sobre la evaporación producida por las plantas:

Según el ilustre Gasparin <sup>(1)</sup>, con relación á observaciones propias efectuadas en Orange (Vaucluse), un quilogramo de mielga verde evapora en veinticuatro horas, á la temperatura media de 21° y á 0'78 de humedad relativa en el aire, 115 gramos de agua.

Una hectárea de tierra sembrada con este forraje, producido y crecido en el mes de Junio, con riego de 470 metros cúbicos (capa de 47 milímetros), dió 8000 quilogramos en verde ó 2000 después de seca. Esto corresponde próximamente al promedio de 4000 quilogramos de la planta verde durante todo el mes, que produjo una evaporación por hectárea de terreno de 452 quilogramos diarios de agua, ó 15560 quilogramos en el mes, equivalentes á la evaporación de 0'0452 milímetros diarios ó 1<sup>mm</sup>,356 en todo Junio; evaporación que, sumada á la que dió el terreno, fué de 850 metros cúbicos, superior en 580 metros cúbicos al riego que recibió en dicho tiempo la tierra.

(1) *Tratado de Agricultura*, tomo VI, pág. 67.

La evaporación producida por la mielga por metro cuadrado de suelo sembrado fué de 45'2 gramos por día, ó sea 1356 gramos en todo el mes de Junio.

Un estanque lleno de agua evaporó en las mismas circunstancias y tiempo 150'8 quilogramos, luego la evaporación producida sólo por la mielga fué 0'01 de la que hubiera experimentado una superficie de agua igual á la sembrada y completamente descubierta.

Como resumen de estos datos resulta que la evaporación de la tierra sembrada de mielga durante el mes de Junio, fué:

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Para la tierra..... | 83'65 milímetros.     |
| Para la planta..... | 4'35 —                |
| <b>TOTAL.....</b>   | <b>85 milímetros.</b> |

Siendo la evaporada en un estanque.. 4308 milímetros.

Según el mismo Gasparin, cada metro cuadrado de hojas vegetales evapora en veinticuatro horas:

|                |             |
|----------------|-------------|
| De morera..... | 453 gramos. |
| De mielga..... | 236 —       |
| De viña.....   | 249 —       |

Según Hales, evapora cada metro cuadrado de hojas en veinticuatro horas:

|                     |            |
|---------------------|------------|
| El girasol.....     | 89 gramos. |
| La viña.....        | 439 —      |
| El limonero.....    | 440 —      |
| El manzano.....     | 308 —      |
| La col ó berza..... | 368 —      |

El girasol absorbe del suelo y evapora en veinticuatro horas un peso de agua igual al suyo, según Hales; pero otros datos determinan una evaporación de 50 gramos de agua por hora y metro cuadrado para el girasol, y 150 gramos por día y metro cuadrado de hojas de árbol, número, el último, muy próximo á los anteriormente consignados para la morera, la vid y el limonero.

Como dato complementario consignaré también el que trae el *Tratado de agricultura* de Girardin, pág. 110 del tomo I, donde dice que la tierra de labor sostenida en el grado de humedad corriente, pierde al año, estando descubierta, una capa anual de 240 milíme-

tros de agua, que llega á 270 si el terreno está cubierto de vegetación.

La diferencia de 50 milímetros anuales ó 0'0822 diarios, sería el aumento de evaporación que produjese la vegetación, si todo el año estuviese ésta en pleno desarrollo; pero como desde que empiezan á germinar las gramíneas en nuestro clima hasta su recolección, no transcurren más que unos ciento cincuenta días, la evaporación producida en este tiempo puede calcularse en la mitad del producto  $150 \times 0,0822 = 6^{\text{mm}},165$ , ó sean 14'50 milímetros al año, resultado inferior al anteriormente consignado para el cultivo de la mielga durante sólo el mes de Junio, en que la evaporación de 1'556 milímetros producida en dicho mes sería para cinco meses de 6'780 milímetros, ó 16'27 al año.

Según afirman algunos forestales, los pinos y demás árboles de hojas persistentes transpiran diez veces menos que los de hojas caducas, y esto lo comprueban las observaciones del Dr. Höhnel en Austria y M. Fautrat en el departamento del Oise.

La evaporación producida en las partes verdes de las plantas rebaja su temperatura y la del aire ambiente, disminuyéndose así la evaporación, tanto por esta causa, como por el aumento de humedad y que en tales casos adquiere el aire.

Además, la transformación que los vegetales hacen sufrir á la energía calorífica de la radiación solar, para cambiarla en acciones químicas—que se manifiestan en la nutrición, desarrollo y crecimiento de las plantas,—hace que las partes verdes de éstas, principalmente, y toda su masa en conjunto, se caldee menos que si fuesen simplemente cuerpos muertos sometidos á la acción del sol.

Por tanto:

k).—*La vegetación aumenta la porción de agua evaporada en armonía con el desarrollo que en un tiempo dado adquieren las plantas y disminuye la producida por el terreno con relación al espesor y frondosidad de su follaje.*

### 1.—Higroscopicidad de las tierras.

Según experimentos de Schübler <sup>(1)</sup>, en 4h,4' de desecación á la temperatura de 18°,75, perdieron de su peso diferentes tierras humedecidas hasta saturación, las cantidades siguientes:

(1) *Tratado de Agricultura* de Girardin, tomo I, pág. 410.

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Arena silicea . . . . .              | 0,884 |
| Idem caliza . . . . .                | 0,759 |
| Yeso . . . . .                       | 0,717 |
| Arcilla seca . . . . .               | 0,520 |
| Idem crasa . . . . .                 | 0,457 |
| Tierra de labor del Jura . . . . .   | 0,401 |
| Idem arcillosa . . . . .             | 0,349 |
| Tierra de labor de Hoffwil . . . . . | 0,320 |
| Arcilla pura . . . . .               | 0,319 |
| Tierra caliza fina . . . . .         | 0,280 |
| Tierra de jardín . . . . .           | 0,243 |
| Mantillo . . . . .                   | 0,205 |
| Carbonato de magnesia . . . . .      | 0,108 |

Los anteriores datos de observación no son suficientes para conocer la influencia del poder higroscópico del terreno sobre la evaporación, por más que establecen una escala gradual de útil conocimiento; pero esta fuerza higroscópica debe tenerse en cuenta al estudiar dicho fenómeno y tratar de medirla, agregando á las anteriores leyes la siguiente:

l).—*El poder higroscópico de la tierra se opone á la evaporación del agua contenida en ella.*

### m.—Humedad del terreno.

Un depósito descubierto, de agua, evapora el máximo por metro superficial en cada localidad; la tierra seca no evapora nada, y entre estos límites han encontrado Saussure, Gasparin y otros experimentadores, que:

m).—*La evaporación del agua contenida en el terreno es tanto más activa cuanto mayor es el grado de humedad de su superficie.*

### n.—Estado eléctrico.

Según los principios y teoría de Peltier:

n).—*Los estados eléctricos favorecen la evaporación del agua sobre la tierra y el mar.*

### o.—Tiempo.

En igualdad de todas las circunstancias anteriores, se evapora en dos horas doble que en una, y en tres triple, etc., lo que se expresa diciendo:

o).—*La evaporación del agua es proporcional al tiempo.*

**p. — Evaporación total.**

Puesto que las corrientes fluviales llevan constantemente á los mares enormes cantidades de agua, que es reemplazada sobre las tierras por las lluvias, cuyo origen es la evaporación, es evidente que p).—*La evaporación total producida en los mares es mayor que la producida sobre los continentes.*

Para concluir haré una importante observación.

Las leyes anteriores indican, y la experiencia confirma, que: *La capacidad de evaporación de una localidad es tanto más intensa cuanto menos lluvioso es el tiempo, ó dicho de otro modo:*

**La evaporación es tanto más temible, cuanto más escasa y más necesaria es el agua.**

DISTRIBUCIÓN DE LA EVAPORACIÓN EN EL GLOBO

Evaporación media anual en milímetros producida en embalses descubiertos, en diferentes partes del mundo.

|                                                  |                 |
|--------------------------------------------------|-----------------|
| Copenhague.....                                  | 210 milímetros. |
| San Petersburgo (media de treinta años).....     | 300 —           |
| Londres (idem id.).....                          | 650 —           |
| <b>Soria</b> (mínima observada en España).....   | 724 —           |
| Astracan (media de treinta años).....            | 740 —           |
| Holanda (idem id.)..... De 600 á                 | 800 —           |
| Escocia, costa Este (idem id.).....              | 800 —           |
| Jersey.—Canal de la Mancha.....                  | 850 —           |
| Inglaterra, en la costa (media de treinta años). | 900 —           |
| Jalapa, Méjico (año 1896).....                   | 912 —           |
| Pequin (media de treinta años).....              | 970 —           |
| Guatemala (1898).—A la sombra, 448. Al sol.      | 985 —           |
| Islas Azores (media de treinta años).....        | 1000 —          |
| Sidney, costa SE. de Australia (idem id.).....   | 1200 —          |
| Adelaida.....                                    | 1410 —          |
| Molteno (Africa).....                            | 1458 —          |
| <b>Evaporación media en España</b> .....         | 1518 —          |
| Nagpur.....                                      | 1646 —          |
| Dunbrody (Africa).....                           | 1668 —          |
| Liorna.....                                      | 1766 —          |

|                                                  |                  |
|--------------------------------------------------|------------------|
| Habana (1897).....                               | 1766 milímetros. |
| Steynsburg (Africa).....                         | 1788 —           |
| Pavia.....                                       | 1810 —           |
| Madera, Isla de la. (Media de treinta años)....  | 2030 —           |
| Santa Elena, Isla de. (Idem id.).....            | 2150 —           |
| León, Méjico (1898).....                         | 2190 —           |
| Manila (media de diez y seis años: 1880 á 95) .  | 2190 —           |
| En el Ecuador.....                               | 2226 —           |
| Marsella (media de treinta años).....            | 2500 —           |
| Madrás.....                                      | 2500 —           |
| Petro-Alexandrewsky (media de treinta años)..    | 2520 —           |
| Kimberley (Africa).....                          | 2466 —           |
| Alice Springs (idem).....                        | 2526 —           |
| <b>Valencia</b> (máxima observada en España).... | 2616 —           |
| Roma.....                                        | 2620 —           |
| Arlés.....                                       | 2700 —           |
| Cumauá, costa de Venezuela, á 10° latitud N..    | 3520 —           |

NOTA. Las cifras de la tabla anterior están extractadas ó calculadas sobre los datos contenidos en los Boletines y Memorias de diversos observatorios, algunos de ellos facilitados por el Director del Observatorio central meteorológico de Madrid, D: Augusto Arcimis.

RESUMEN DE LA EVAPORACIÓN EN ESPAÑA

A continuación reproduzco los datos de evaporación contenidos en los cuadros de las páginas 24 á 42, ordenados de mayor á menor para facilitar la comparación de las cifras:

**Altura en milímetros de la evaporación media anual producida en embalses descubiertos, en diversas localidades de la península ibérica é islas adyacentes.**

|                                         |                 |
|-----------------------------------------|-----------------|
| Llanes.....                             | 659 milímetros. |
| Soria.....                              | 724 —           |
| Santiago y La Guardia (Pontevedra)..... | 751 —           |
| Gerona.....                             | 1014 —          |
| Orduña.....                             | 1022 —          |
| Palma de Mallorca.....                  | 1040 —          |
| Barcelona.....                          | 1040 —          |
| Salamanca.....                          | 1041 —          |
| Burgos.....                             | 1055 —          |
| Alicante.....                           | 1055 —          |
| Bilbao.....                             | 1093 —          |
| Lisboa.....                             | 1150 —          |

|                       |      |             |
|-----------------------|------|-------------|
| Ciudad Real.....      | 1161 | milímetros. |
| Vigo.....             | 1186 | —           |
| Coruña.....           | 1198 | —           |
| León.....             | 1204 | —           |
| Palencia.....         | 1240 | —           |
| Oviedo.....           | 1257 | —           |
| San Sebastián.....    | 1267 | —           |
| Córdoba.....          | 1512 | —           |
| Cádiz.....            | 1526 | —           |
| San Fernando.....     | 1550 | —           |
| Mahón.....            | 1455 | —           |
| Escorial.....         | 1442 | —           |
| Madrid.....           | 1527 | —           |
| Málaga.....           | 1566 | —           |
| Mataró.....           | 1570 | —           |
| Tharsis (Huelva)..... | 1615 | —           |
| Oreense.....          | 1642 | —           |
| Cartagena.....        | 1697 | —           |
| Huesca.....           | 1759 | —           |
| Sevilla.....          | 1778 | —           |
| Pamplona.....         | 1781 | —           |
| Coimbra.....          | 1788 | —           |
| Teruel.....           | 1816 | —           |
| Cazorla.....          | 1825 | —           |
| Badajoz.....          | 1935 | —           |
| Zaragoza.....         | 2078 | —           |
| Segovia.....          | 2114 | —           |
| Cáceres.....          | 2157 | —           |
| Murcia.....           | 2298 | —           |
| Jaén.....             | 2540 | —           |
| Valencia.....         | 2616 | —           |

MEDIA DE LAS ANTERIORES..... 1518 milímetros.

#### MEDIDA DE LA EVAPORACIÓN

##### *Evaporímetro ó atmidómetro.*

La evaporación se mide por medio del instrumento así llamado, que suele ser un *vaso de evaporación*, consistente en una caja cilíndrica y metálica abierta en su parte superior, de poca altura y de superficie conocida, en la cual cada día se pone un volumen medido

de agua, que vuelve á medirse al día siguiente, antes de llenar de nuevo el evaporímetro.

Se coloca cerca del suelo, y se tiene en cuenta la cantidad de lluvia que haya podido haber recibido.

Pero como ni este instrumento, ni ninguno de los propios para medir la evaporación en los estanques y embalses, puede servir para determinar la evaporación realmente experimentada por el agua que está empapando el terreno, propongo á los agricultores y meteorologistas el siguiente instrumento, que creo podrá satisfacer tan apremiante necesidad, y que llamaré

#### HIGRÓMETRO AGRÍCOLA (fig. 3.ª)

Sirve para apreciar y medir la cantidad de agua contenida en la tierra vegetal y sus variaciones por aumento con la lluvia, nieve, granizo, rocío ó escarcha, y por disminución á causa de la evaporación *realmente experimentada por el agua en ella contenida.*

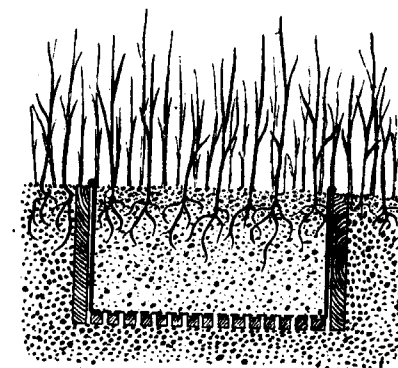


Fig. 3.ª—Higrómetro agrícola  $E = \frac{4}{10}$ .

Consiste en una caja cuadrada de zinc de 516 milímetros de lado (medida interior), y con una profundidad de 12 centímetros, y dos asas de alambre en el borde de dos de sus lados opuestos, estando el fondo perforado por un millar de orificios de un milímetro, uniformemente repartidos.

Esta caja de zinc entra con desahogo, pero sin excesiva holgura,

en un cajón de madera con el fondo agujereado por taladros de un centímetro de diámetro, ó formado por un emparrillado de listones, y enterrado hasta su borde superior en el terreno.

La caja de zinc se llenará con tierra del campo de observación, haciendo en ella el mismo cultivo que en el resto del terreno.

Completará el aparato una balanza capaz de pesar hasta 50 quilogramos, y lo más sensible que sea posible obtener.

La tierra y la plantación contenida en la caja de zinc seguirán las mismas alternaciones de humedad y sequedad que el resto del terreno, y pesándola todas las mañanas y tardes, se observará su aumento de peso cuando reciba agua y su disminución cuando la pierda.

Siendo el cuadrado de 516 milímetros de lado la décima parte de un metro cuadrado, la variación de 100 gramos en el peso de la caja de zinc, corresponde á la altura de un milímetro de agua ganada ó perdida por la tierra en él contenida; 10 gramos á una décima de milímetro y un quilogramo á un centímetro de agua; ó lo que es lo mismo, 10, 1 ó 100 metros cúbicos por hectárea, respectivamente.

Como á medida que la vegetación se desarrolla influye en la evaporación producida en la tierra, disminuyéndola por efecto de la sombra que proyecta y de lo que intercepta y modera la velocidad del viento sobre la superficie, pero produciéndola también ella misma, conviene disponer al lado de uno de estos higrómetros descubiertos y llenos de vegetación, otro sin vegetación alguna, cubierto por una caperuza piramidal tejida de cintas verdes ó de otra materia, cuya sombra y obstáculo á la circulación del viento sean equivalentes á las producidas por la vegetación, y como aquéllas crecen con el desarrollo de las plantas, deben prepararse varias caperuzas de tejidos cada vez más espesos—tres, por ejemplo, que proyecten  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de sombra,—para ir las reemplazando á medida que el desarrollo de la vegetación avance.

Cuando las circunstancias lo permitan, podrían sustituirse estas caperuzas, ventajosamente, por la sombra y abrigo de alguna parra ó enredadera sembrada fuera de la caja, y cuyo follaje se extendiera por encima de ella.

Aunque con un solo higrómetro del modelo descrito se pueden obtener muy útiles indicaciones, la estación completa para la medida de la evaporación en un campo cultivado, debe comprender:

- 1.<sup>a</sup> Caja evaporadora con agua sola y sin orificios en su fondo.
- 2.<sup>a</sup> Caja evaporadora con tierra sola.

3.<sup>a</sup> Idem id. con tierra sola bajo la sombra artificial equivalente á la que den las plantas de la caja cuarta.

4.<sup>a</sup> Idem id. de tierra con vegetación.

5.<sup>a</sup> Una báscula de 50 quilogramos de fuerza.

Todas las cajas se pesarán diariamente por mañana y tarde.

a.—La primera apreciará la capacidad de evaporación del lugar según los días y meses, para lo cual se llenará de agua de vez en cuando con objeto de que nunca esté en ella demasiado bajo su nivel.

Las otras tres cajas no recibirán más agua que la que les corresponda, como parte del terreno de observación, en los mismos días y horas que el resto del mismo. Si se trata de tierras de secano, recogerán el agua meteórica que en ellas caiga al mismo tiempo que en el resto del terreno, y si éste es de regadío, recibirán el mismo riego que el resto de la tierra.

En estas condiciones, y teniendo cuidado de ir cambiando la caperuza de sombra de la caja tercera á medida que la frondosidad de la vegetación aumenta en la caja 4.<sup>a</sup>, y quitando la sombra cuando aun ésta no sobresalga de la tierra, se obtendrá el resultado siguiente:

b.—La segunda caja dará la evaporación realmente producida en la tierra desprovista de vegetación.

c.—La tercera, indicará la evaporación producida sólo en la superficie de la tierra cubierta de vegetación.

d.—La cuarta, la evaporación total producida por la tierra y por la vegetación que la cubre.

e.—La diferencia entre las evaporaciones de las cajas segunda y tercera será la defensa contra la evaporación, en la superficie de la tierra, debida á las plantas.

f.—La diferencia entre las evaporaciones de las cajas tercera y cuarta será la evaporación debida á la vegetación, ó sea la producida por las plantas mismas.

Para calcular exactamente la cantidad total de agua que las plantas extraen del suelo, habría que tener en cuenta, además de la que evaporan, la contenida en ellas al estado libre, en verde; la asimilada y combinada con el carbono bajo la forma de celulosa, azúcar, resina, etc., conociendo para ello su análisis, y también se debería tener presente la cantidad de agua que pueden absorber directamente de la atmósfera y la de carbono y demás cuerpos que entran en la composición de las mismas.



## EVAPORACIÓN EFECTIVA

Hay que observar que una cosa es la capacidad de evaporación de un lugar, que es lo que mide el evaporímetro, y otra es la evaporación efectivamente producida, forzosamente limitada con la última gota de agua líquida (ó sólida); lo que debe tenerse muy presente para interpretar las cifras de los cuadros de las págs. 24 á 42, en los cuales casi siempre es mayor la evaporación que la lluvia. Esto quiere decir que, dejando el agua llovida, al descubierto, en embalses impermeables, se evaporaría *toda* el agua de lluvia, y además la diferencia entre la evaporación observada y la llovida, si se agregase artificialmente al embalse; en el supuesto de que en cada uno no se recogiese más que la lluvia caída directamente en él.

Por ejemplo: en Zaragoza se evaporaría en un año, según las cifras del cuadro respectivo, toda el agua llovida, y además 1745 milímetros de altura de agua (diferencia entre 2078 y 333), si se agregase al embalse.

Los cuadros de las páginas dichas no indican, pues, la evaporación efectivamente producida en la tierra de cada localidad, sino sólo la de aquellos sitios en que no falta el agua en todo el año y en que la superficie de ésta sea completamente libre; como, por ejemplo, en los ríos, lagunas, pantanos y estanques. Pero en el terreno, la evaporación efectiva es extraordinariamente variable, según el modo como se combinen las causas enumeradas anteriormente como influyentes en la evaporación; desde *nada ó casi nada, cuando el agua es sustraída prontamente del contacto del aire*, al máximo indicado por los cuadros anteriores.

Es tal la discordancia de las observaciones hechas hasta el día, que según Schmid, es imposible estimar, ni de un modo aproximado siquiera, la cantidad de agua que pasa á la atmósfera en un lugar y tiempo determinado.

Salvo casos muy particulares y experimentos poco conocidos, la evaporación efectivamente producida en cada localidad hoy no se conoce, por faltar las observaciones necesarias de detalle en suficiente número para cada *día de evaporación*—es decir, de los días en que las superficies evaporantes sometidas á la observación, tienen agua suficiente para ser vaporizada,—ni se sabe tampoco la extensión de

aquellas superficies, que van disminuyendo, á veces, á medida que el agua se evapora.

Son, pues, necesarias muchas é inteligentes observaciones relativas á la evaporación, y á la verdad no hay que extrañar que se carezca de datos suficientes sobre *un fenómeno que influye, más si es posible*, en el régimen hidrológico, *que la misma lluvia*, porque el vulgo (y lo que no es el vulgo) se ha fijado tan poco hasta el día en él, que los encargados de hacer las observaciones meteorológicas lo han olvidado con frecuencia.

Otra razón hay para haber descuidado bastante hasta ahora en España la medida de la evaporación en las aplicaciones á los estudios hidrológicos, y es *la costumbre de imitar* (atavismo, según algunos sabios, confirmatorio del origen simio del hombre) todo lo que del extranjero viene; por lo cual comen muchos de nuestros compatriotas á la francesa, montan á caballo y hacen parques á la inglesa, pretenden organizar ejércitos á la alemana ó á la suiza, y se embuten en gabanes rusos, aunque el peso y el calor los agobien y dispongan á cojer catarros y pulmonías, á la española. Y como en aquellos países tiene poca importancia la evaporación, porque las causas que á ella contribuyen obran débilmente, se ha olvidado que en nuestra península el mayor enemigo de la agricultura es la evaporación; extraordinariamente variable con las circunstancias del lugar, hasta el punto de que mientras en algunas localidades de España excede la lluvia á la evaporación—50 milímetros en Gerona, 46 en Vigo, 181 en Llanes y 719 en La Guardia,—en la inmensa mayor parte del territorio excede la evaporación á la lluvia en las cantidades indicadas por el cuadro siguiente:

**Exceso anual de la evaporación sobre la lluvia  
en embalses descubiertos.**

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| San Sebastián..... | 22 milímetros. |
| Orduña.....        | 197 —          |
| Oviedo.....        | 357 —          |
| Lisboa.....        | 425 —          |
| Burgos.....        | 449 —          |
| Coruña.....        | 514 —          |
| Alicante.....      | 564 —          |
| Ciudad Real.....   | 622 —          |
| Escorial.....      | 625 —          |

|                        |      |             |
|------------------------|------|-------------|
| Palma de Mallorca..... | 627  | milímetros. |
| Cádiz.....             | 758  | —           |
| Mataró.....            | 759  | —           |
| Salamanca.....         | 762  | —           |
| San Fernando.....      | 777  | —           |
| León.....              | 787  | —           |
| Córdoba.....           | 827  | —           |
| Sevilla.....           | 835  | —           |
| Coimbra.....           | 842  | —           |
| Mahón.....             | 950  | —           |
| Tharsis.....           | 975  | —           |
| Málaga.....            | 987  | —           |
| Orense.....            | 992  | —           |
| Madrid.....            | 1037 | —           |
| Cazorla.....           | 1251 | —           |
| Cartagena.....         | 1255 | —           |
| Cáceres.....           | 1395 | —           |
| Badajoz.....           | 1448 | —           |
| Zaragoza.....          | 1745 | —           |
| Jaén.....              | 1759 | —           |
| Murcia.....            | 1856 | —           |
| Valencia.....          | 2051 | —           |

Pero no hay que olvidar que las cifras de evaporación anteriormente consignadas son las que resultan de la observación del *evaporímetro*, es decir, de la capacidad ó potencia evaporadora de la localidad sobre depósitos ó embalses descubiertos, en los cuales el agua se encuentra al estado libre, y que dichos números no son la cantidad evaporada por el terreno y las plantas, pues, como he dicho, no tengo conocimiento de que existan datos sobre esto referentes á España, á pesar de lo muy importante que sería poseerlos, y que es necesario conseguir lo más pronto y lo más completos posible.

**Este inconveniente de la evaporación fuertísima que se produce durante la primavera y el verano en nuestro país** es tan digno de tenerse en cuenta, que **puede estimarse como el mayor que se presenta para el aprovechamiento del agua**, y que, sin embargo, no existe en los embalses subterráneos ni en el agua embebida por las tierras y rocas.

La evaporación efectivamente producida tiene que ser muy variable con las condiciones de los terrenos y localidades, y no hay manera de conocerla sino por medio de la observación.

Hay ocasiones en que puede calcularse la evaporación por proce-

dimientos especiales: por ejemplo, en las salinas, conociendo la capacidad y desarrollo de las eras y tajos, y observando el agua que entra y se evapora en un tiempo y superficie determinados, con objeto de comparar los datos así obtenidos con los resultados de observación directa y las medidas apreciadas por los procedimientos generales.

Cuando las observaciones hechas con el *higrómetro agrícola*, que anteriormente propongo, se hayan multiplicado por todas partes y durante varios años, se tendrán datos muy importantes sobre el régimen higrométrico de los campos, de que hoy se carece, por lo cual no es posible determinar la pérdida real de agua por evaporación, aun cuando se sabe que es muy grande, y que las localidades en que la evaporación anual del agua en España excede de la altura de *dos metros* son: Valencia, Jaén, Murcia, Cáceres, Segovia y Zaragoza, enumeradas por orden de mayor á menor evaporación.

M. Valles la calcula en el Mediodía de Francia en 0'20 á 0'25 de la cantidad de agua llovida.

El dato de observación de la pág. 85 que fija para la evaporación anual de la tierra de labor 240 milímetros, desnuda, y 270 estando cubierta de vegetación, es exagerado, sobre todo para tierras y localidades que reciben poca agua de lluvia.

De todos modos, he aquí algunos datos de observación directa que señala el Conde de Gasparin en su *Tratado de agricultura*.

Según Hales, la evaporación sobre la tierra es 0'3 de la pérdida sufrida por las superficies acuosas.

En el valle del Ródano, la evaporación anual producida en la superficie del suelo es 0'25 de la cantidad de agua llovida (1).

Comparando la evaporación sobre una superficie de agua y sobre la tierra saturada de humedad, en Orange, durante varios días del mes de Agosto, á la temperatura media de 23° á 24°, obtuvo el Conde de Gasparin los resultados siguientes (2):

(1) Tomo I, pág. 449.

(2) Tomo II, pág. 420.

| MILIMETROS DE AGUA EVAPORADA |                       |                          |  | Relación. |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------|--|-----------|
| Primer día..                 | En un estanque, 45'0. | — En la tierra, 4'1..... |  | 0'276     |
| Segundo día..                | — — 42'7.             | — — 2'5.....             |  | 0'496     |
| Tercer día...                | — — 41'5.             | — — 1'8.....             |  | 0'456     |
| Cuarto día...                | — — 42'0.             | — — 1'3.....             |  | 0'408     |
| Quinto día...                | — — 41'7.             | — — 1'3.....             |  | 0'444     |
| Sexto día...                 | — — 41'0.             | — — 1'2.....             |  | 0'490     |
| Septimo día..                | — — 9'4.              | — — 1'3.....             |  | 0'439     |

Al cuarto día, la evaporación de la tierra se redujo, pues, á 0'10 de la de un embalse, y desde el octavo, las plantas, cuyas raíces no penetraban más de 0<sup>m</sup>,10 en el suelo, empezaron á languidecer. Siguió decreciendo la evaporación de la tierra á medida que se secaba su superficie, y al décimo día fué ya inapreciable.

Maurice, en Ginebra, encontró que la tierra perdía por evaporación 0'615 de la cantidad de lluvia retenida, ó sea 0'555 de la ocasionada en la superficie de un estanque (1). Gasparin, en Orange, encontró 0'825 y 0'5, respectivamente, para los mismos casos.

La fracción del agua recibida por la tierra, que no se evapora, fué 0'585 en Ginebra y 0'175 en Orange, debiendo atribuirse las diferencias entre estas cifras á que en Orange los días de lluvia están más separados entre sí, y la temperatura es más elevada que en Ginebra.

**Distribución de la evaporación y absorción del agua por el terreno en diversos países con relación al total de la lluvia, variable en la localidad entre 653 á 852 milímetros al año (2).**

|                                               | Evaporación. | Absorción. |
|-----------------------------------------------|--------------|------------|
| En Hertsfordshire, según Dickinson.....       | 57'3         | 42'7       |
| En Ginebra, según Maurice.....                | 61'5         | 38'5       |
| En Manchester, según Dalton.....              | 74'9         | 25'1       |
| En Orange (3), según el Conde de Gasparin.... | 82'5         | 17'5       |

(1) Tomo II, pág. 422.

(2) Gasparin, tomo VI, pág. 77.

(3) Vaucluse, á 24 kilómetros al Norte de Avignon, en el valle del Rodano.

Según estos datos, relativos á países más fríos y húmedos que España, la evaporación anual del agua no baja de 0'20 de la lluvia, llegando en Orange, Francia (donde la evaporación anual es de 4875 milímetros), á 0'66 ó más. No es, por tanto, exagerado el admitir para España una evaporación de 0'50 ó 0'80 de la lluvia anual, según la permeabilidad y pendiente del terreno y la importancia de las circunstancias locales que influyan en la evaporación, que pasa algunas veces de 2500 milímetros anuales, en embalses descubiertos.

Las condiciones para que la evaporación sea un *mínimo*, son: baja temperatura, cielo cubierto de nubes, poca altura sobre el mar, lugar rodeado de altas montañas que lo preserven de los vientos, aire húmedo, exposición al norte (umbria), gran latitud geográfica, débil velocidad del viento, color claro de la tierra, gran higroscopicidad del terreno, aridez del mismo y vegetación de crecimiento lentísimo, hoja permanente y de poca superficie, como la de las coníferas, por ejemplo.

La evaporación será el *máximo* en las siguientes condiciones: gran temperatura, cielo sin nubes, lugar alto y descubierto á los vientos, los reinantes secos, de gran velocidad y procedentes de áridos desiertos, exposición al sur (solana), lugar próximo al ecuador de la Tierra ó al trópico respectivo, según los meses del año, tierra oscura y poco higroscópica, embalses de agua al descubierto ó terrenos muy húmedos, y vegetación de rápido desarrollo y abundante follaje, como son, por regla general, las plantas ulmáceas, cupulíferas y salicáceas.

Entre ambos extremos la evaporación aumentará ó disminuirá, según que las circunstancias se aproximen á uno ú otro de los tipos señalados.

#### NOTA

He insistido tanto en el estudio de la evaporación: 1.º, porque es fenómeno de la mayor importancia práctica, dependiente de multitud de causas, que todas adquieren en España gran intensidad, puesto que la sequedad del aire (*b*), la temperatura media (*c*), la presión barométrica (*d*), la fuerza ó velocidad del viento (*e*), la radiación solar (*g*), el espesor de la atmósfera (*h*) y las horas de insolación (*i*), son en nuestro país más favorables á la evaporación que en los del Norte de Europa, por su proximidad á los grandes desiertos calcinados del Africa, su mayor altitud sobre el nivel del mar y su menor

latitud geográfica; 2.º, por lo mismo que es fenómeno tan desatendido y descuidado, que las mismas observaciones meteorológicas provinciales vienen careciendo de datos de evaporación, y 5.º, porque ni sus leyes son bien conocidas, ni los autores de meteorología lo estudian con la atención que merece. En prueba de ello, no hay más que observar que en el acreditado y reciente *Tratado de meteorología*, de Alfredo Angot (Paris, 1899), no se dedica al estudio de las causas que influyen en la evaporación más que cinco renglones en la página 174, y carecen de datos de evaporación las Memorias y Boletines de varios observatorios, como los del de Berlín y los del de Upsala correspondientes al año 1898. En muchos otros los datos de evaporación no han empezado á recogerse sino bastante después que los de la lluvia, como ocurre en el de Manila, donde las observaciones de la lluvia datan de 1865, y las de evaporación sólo de 1880.

## 2.º—Corrientes superficiales.

No toda el agua que corre por los cauces de ríos y arroyos procede sin interrupción de la corriente superficial producida por las aguas de lluvia, sino que en buena parte proviene inmediatamente de los manantiales repartidos por toda la cuenca. Para tener, pues, la verdadera corriente superficial, debería descontarse del aforo de un arroyo ó de un río, la cantidad que aportan los manantiales que a ella contribuyen; cosa que no creo se haya hecho hasta ahora con suficiente rigor, y que, sin embargo, es de importancia, puesto que al poco tiempo después de pasados los periodos lluviosos, seguramente que la mayor parte del agua, y á veces toda la que alimenta una corriente cualquiera, es de origen subterráneo.

Observamos, pues, que los arroyos y ríos se proveen de agua por dos causas: las aguas de lluvia que corren superficialmente, con gran rapidez en España por efecto de las fuertes pendientes de nuestro suelo, y las que manan de las fuentes naturales, alimentadas por corrientes subterráneas, y procedentes de la lluvia, la nieve, el rocío ó la escarcha, que con anterioridad cayera sobre terrenos superiores.

Las primeras, dado su curso torrencial, desaparecen pronto de las corrientes de agua; pero las segundas, esto es, las subterráneas, caminan muy despacio, y tardan tanto en escurrir las aguas empapadas en el terreno, que se observan fuentes ó manantiales naturales en España, donde los periodos de abundancia y de sequía se retra-

san, respecto á los de las corrientes superficiales de la localidad, seis ú ocho meses. Es decir, que las épocas de abundancia ocurren durante el verano, y las de escasez en el invierno; como sucede, por ejemplo, al manantial de las huertas de Benamahoma, en la provincia de Cádiz, y al de Liria, en la de Valencia.

Esto depende de que, bastando en un cauce abierto, ancho y profundo con la pendiente de 0'0001 para comunicar al agua velocidad superior á metro y medio por segundo, nuestros ríos principales tienen pendientes medias comprendidas entre 0'0005 para el Ebro, y el Guadalquivir, á 0'02 para lo alto del Nervión, siendo aún mayores las pendientes de los afluentes, y llegando en los arroyos y torrentes hasta el 6 y el 10 por 100, lo que produce velocidades extraordinarias de desagüe para las corrientes superficiales, que pueden llegar, en días de crecida, hasta 12 ó 14 metros por segundo; mientras que la circulación en las corrientes subterráneas, experimenta multitud de resistencias que ha de vencer á su paso y que detienen su marcha.

En prueba de lo expuesto consignaré algunos datos:

|                                                      | Pendientes.      | Velocidad en metros por segundo. |
|------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| <b>RÍOS EXTRANJEROS</b>                              |                  |                                  |
| Amazonas.....                                        | 0'00003          | »                                |
| Po, cerca de la desembocadura.....                   | 0'000033         | 0'35                             |
| Rhin.....                                            | 0'000039         | 1'50                             |
| Mississippi, desde el Ohio al mar.....               | 0'0000474        | 1'25 á 1'50                      |
| Ródano, después de Arlés.....                        | 0'000053         | 0'40 á 1'50                      |
| Sena, desde Conflam á Rouen.....                     | 0'000087         | 0'35                             |
| Sena, en Paris.....                                  | 0'00010          | 0'50                             |
| <b>RÍOS ESPAÑOLES</b>                                |                  |                                  |
| Canal imperial de Aragón.....                        | 0'0001           | »                                |
| Guadalquivir, por bajo de Sevilla.....               | 0'00046          | 0'187                            |
| Canal de Urgel.....                                  | 0'00005          | »                                |
| Ebro, por bajo de Zaragoza.....                      | 0'00005          | 0'16                             |
| Guadalquivir, entre Menjíbar y Córdoba...            | 0'00093          | 1'10                             |
| Canal del Infante (Guadiana).....                    | 0'00105          | »                                |
| Tajo.....                                            | 0'00194          | »                                |
| Ebro, por encima de Miranda.....                     | 0'0029           | 0'80                             |
| Tajo, por encima de la confluencia del Guadiana..... | 0'003            | 1'11 á 3'94                      |
| Guadiana, de.....                                    | 0'00062 á 0'003  | »                                |
| Duero, parte central.....                            | 0'003            | »                                |
| Nervión, de.....                                     | 0'00026 á 0'0087 | »                                |
| Guadalhorce, en el paso de los Gaitanes....          | 0'019            | »                                |

Comparando las pendientes y velocidades de los ríos españoles con las de los extranjeros, consignadas en el cuadro anterior, se ve que siendo las pendientes mayores en los españoles, sus velocidades son menores; lo que es inexplicable, si no se considera que nuestros ríos forman especies de escaleras formadas con *tablas* y *rápidos*, y las velocidades señaladas no son las medias del curso, sino las de los sitios más propios para practicar los aforos en épocas de estiaje. Pero unos de otros se hallan separados por trayectos de muy poco fondo y gran pendiente, estrechos ó tortuosos, en los cuales la velocidad del agua es superior á la consiguada, y en que las secciones son muy pequeñas respecto á los perímetros y líneas de agua, y falta, por lo tanto, determinar la *velocidad media* de la corriente en *trayectos de varios kilómetros*, en el estiaje, en aguas medias y en las crecidas de nuestros ríos.

Tal sucede, por ejemplo, de un modo muy visible, en el Guadalhorce, á su paso por los Gaitanes, entre Gobantes y Álora, en cuyo trayecto unas veces se precipita el río, formando un verdadero *chorro*, y otras se extiende en *tablas* con velocidad imperceptible, y lo mismo ocurre en los ríos Rumbler y Jándula, afluentes por la derecha del Guadalquivir, y en otros muchos, que quedan *cortados* en el verano.

Sin esta consideración, no sería explicable que de los números anteriores, tomados de las *Memorias hidrológicas* del reputado Ingeniero D. Pedro Antonio de Mesa y de otros trabajos oficiales notables, resultase que el Ebro, por bajo de Zaragoza, con pendiente de 0'0005, tuviese una velocidad de 0<sup>m</sup>,16 por segundo, mientras que el Guadalquivir, por bajo de Sevilla, con pendiente menor (0'00046), tuviese velocidad mayor (0<sup>m</sup>,18), lo que demuestra que la relación del perímetro á la sección es mayor en el Ebro que en el Guadalquivir.

Además estas son las velocidades medias; pero en el estiaje nuestros ríos pierden tanta agua, que su gasto queda reducido en los mayores, y cerca de su desembocadura, á 1/20, á 1/500 del de las riadas, y hasta 1/2000 en los ríos de sierra, como el Lozoya <sup>(1)</sup>.

Las corrientes marinas alcanzan una velocidad de 1'50, que es la de un buen caminante.

(1) Un aforo oficial del Lozoya hecho en Septiembre de 1854, dió 249 litros por segundo, y otro, verificado en Enero de 1856, acusó 491 metros cúbicos, para el mismo tiempo.

Un río deja de ser navegable cuando su pendiente es superior á 0'001, y es torrencial desde 0'002 en adelante. La velocidad del Nilo superior, es 1'54 por segundo, casi igual á la del Ganges en aguas medias, llegando, durante las crecidas, á 2<sup>m</sup>,50 y 3<sup>m</sup>,09.

Las velocidades de los ríos de España sufren incrementos considerables durante las crecidas, que por necesidad son generalmente de corta duración á consecuencia, como se ha dicho, de la enorme masa de agua á que dan salida.

Según las observaciones hechas en la inundación de Murcia de 1879, contenidas en la *Memoria* de la Comisión oficial y en el *Informe* del Sr. Botella, la velocidad del agua fué: entre Murcia y Orihuela, de 2<sup>m</sup>,26 por segundo; entre la Parroquia Nueva y Lorca, de 3<sup>m</sup>,88, y entre la destruida presa del pantano de Puentes y Lorca, 4<sup>m</sup>,16.

En el cuadro anterior aparece el Tajo, en el estrecho de Bolarque, con velocidad muy próxima á 4 metros por segundo, determinada por medida directa en un aforo que debo al Ingeniero D. Emilio Pellet.

En tiempos normales, y aun de escasez de agua, suponiendo que antes de coger un cauce algo profundo tenga que recorrer una gota 50 kilómetros á razón de 0<sup>m</sup>,35 de velocidad media por segundo en los arroyos de poco fondo, y sólo de 0<sup>m</sup>,80 en los cauces más profundos hasta llegar al mar, en catorce ó quince días se habrá perdido el agua que haya de recorrer superficialmente de 900 á 1000 kilómetros, y en menor tiempo la que caiga en parajes más cercanos al Océano.

Una gota de agua que marche con la velocidad media de 2 metros por segundo—muy moderada en tiempo de crecidas y regularmente inferior á la realmente producida en España,—correrá, en seis días, más de 1000 kilómetros, longitud superior á la de los ríos de curso más largo de nuestro país.

**De modo que hoy se pierde en el mar, en menos de una semana, toda el agua de las crecidas de los ríos de España.**

Los anteriores datos demuestran que si la pérdida por evaporación del agua en los campos españoles es muy superior á la producida en los demás países observados, la pérdida por curso torrencial debe ser igualmente considerable, y que la absorción de agua por el terreno tiene que ser necesariamente, al estado natural, muy escasa.

En países fríos, bajos, húmedos y brumosos (de poca evaporación)

y con terrenos excepcionalmente impermeables, dice el Ingeniero Paretto que puede recogerse en un pantano hasta 0'69 del agua caída en su cuenca; pero convienen acreditados autores en que en los mejores terrenos no puede contarse con más de 0'50.

En esta cifra influye, naturalmente, la mayor ó menor pendiente del terreno, porque cuando aquélla es fuerte, las aguas corren rápidamente y se reúnen pronto en los cauces, sustrayéndose en gran parte á la evaporación; y en los poco pendientes la mayor extensión superficial que el agua recorre hasta las vaguadas, permite que la evaporación sea más abundante.

Según datos y observaciones del extranjero, puede calcularse que corre superficialmente de 0'50 á 0'30 del agua precipitada (lluvia, nieve, rocío, granizo y escarcha) no absorbida por el terreno, que es de 0'75 á 0'85 ( $\frac{3}{4}$  á  $\frac{5}{6}$ ). Es decir, que el agua corriente superficialmente es de 0'225 á 0'425 del total de agua meteórica <sup>(1)</sup>.

En tal caso la distribución del agua de lluvia sería:

|                               | Caso 1.º | Caso 2.º | Caso 3.º | Caso 4.º |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Evaporada.....                | 0'325    | 0'425    | 0'525    | 0'625    |
| Corrientes superficiales..... | 0'425    | 0'425    | 0'225    | 0'225    |
| Aguas subterráneas.....       | 0'250    | 0'150    | 0'250    | 0'150    |
| TOTAL.....                    | 1'000    | 1'000    | 1'000    | 1'000    |

El Sr. Vallejo calculaba 0'30 para el agua que va á parar al mar en España, y M. Dupin 0'33 para Francia, cantidades que quedan comprendidas entre los límites del cuadro anterior.

En España, donde las pendientes y la evaporación son mucho más fuertes que en los países del Norte de Europa, debe aumentar la proporción del agua evaporada así como de la torrencial, disminuyendo, por el contrario, la absorbida por el terreno, según queda dicho.

El Miño, cuya cuenca está enclavada en una de las regiones más lluviosas y de menos evaporación de España, y con un terreno suelto y permeable que facilita la absorción del agua, estima el señor Vera, en la obra que ya hemos citado, que conduce al mar 0'50 del total del agua caída en su cuenca, y según el mismo autor, el Duero arrastra al Océano 0'40 del agua caída en su cuenca, el Guadiana 0'25 y el Ebro de 0'15 á 0'20.

(1) El Conde de Gasparía la calcula en  $\frac{1}{3}$ , = 0'143, tomo I, pág. 449.

Admitiendo que lluevan en España como mínimo 400 milímetros anuales, lo que equivale á 233730 millones de metros cúbicos, y teniendo en cuenta que nuestros ríos sólo conducen al desaguararse unos 50000 millones de metros cúbicos al año, se observa que el agua corriente es 0'166 del total de la lluvia, ó sea menos de  $\frac{1}{6}$ .

Según el geógrafo Eliseo Reclus, en las cuencas del Miño y del Sil caen 1200 milímetros de agua por año, conduciendo los ríos 0'50 del agua llovida. En el Duero llueven 500 milímetros, conduciendo el río 0'40 de la lluvia. En el Tajo caen 400 milímetros, y conduce 0'33. En el Guadalquivir llueven 480, y conduce 0'30. En el Guadiana caen 350, y conduce 0'25. En el Ebro llueven 450, y conduce 0'20. En el Júcar caen 320, y conduce 0'15. En el Segura llueven 300, y conduce 0'10. Y en término medio para toda la Península, calcula aquel autor que con una lluvia anual de 400 milímetros los ríos llevan al mar 0'33 del total de la lluvia.

Esta proporción deducida por Reclus para la cantidad de agua que corre superficialmente en España, debe disminuirse, porque la lluvia media anual es indudablemente superior á 400 milímetros, pues como se dijo en la pág. 52, la media de las observaciones de menor lluvia correspondientes á la parte central de la Península es de 510 milímetros, y tomada en consideración el agua llovida en todo el territorio peninsular resulta de 643 milímetros ó 321500 millones de metros cúbicos en los 500000 kilómetros cuadrados que mide su superficie, lo que es 6'43 veces los 50000 millones de metros cúbicos que se dice arrojan anualmente al mar los ríos españoles.

Creo, por tanto, que en vista de estos datos, y de los aducidos en el primero y tercer párrafo de este capítulo, pueden admitirse provisionalmente, como máximo, hasta su exacta determinación, las siguientes cifras para expresar la proporción de agua que corre superficialmente respecto á la lluvia media anual:

|                                                                                                                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Llanos de ambas Castillas, en que la evaporación es grande por efecto de las débiles pendientes, mucha altura del terreno, fuerte temple del verano, etc..... | 0'20 |
| Terrenos medianamente permeables y poco pendientes.....                                                                                                       | 0'25 |
| Terrenos poco permeables y de pendientes pronunciadas (montañas).....                                                                                         | 0'50 |
| En el conjunto del país, que es alto, de fuertes pendientes y con terrenos poco permeables.....                                                               | 0'35 |

### 3.<sup>a</sup>—Agua absorbida por el terreno.

El agua puede ser absorbida por el terreno de tres maneras:

Por higroscopicidad.

Por permeabilidad de las rocas (porosidad é infiltración).

Por penetración en las fisuras y cavidades del terreno.

La higroscopicidad es la afinidad que tienen algunos cuerpos sólidos de absorber y retener el agua con avidez, hasta el punto de que la sustraen directamente del aire que los rodea, haciéndola pasar del estado de vapor al líquido ó sólido, formando con ella á veces combinaciones llamadas hidratos. Pierden esta agua con gran dificultad, y depende el fenómeno, probablemente, ó bien de que forman con el agua un compuesto químico definido, ó de que tienen los cuerpos absorbentes constitución capilar delicadísima, formada por una masa cruzada de conductos é intersticios extremadamente finos, donde la adhesión del agua á las moléculas del cuerpo se ejerce con gran fuerza y actividad.

La permeabilidad es la propiedad que presentan ciertas rocas de dejarse atravesar por el agua, y depende de la facilidad que ésta encuentra para penetrar en la masa de aquélla, ya á través de los más menudos granos del cuerpo (porosidad), ó ya pasando entre ellos (infiltración).

La entrada del agua en las fisuras y huecos del terreno, es la forma más aparente y visible de la absorción del agua.

Entre estas tres formas de penetración del agua, aunque muy diferentes entre sí, existen grandes analogías, puesto que no son más que diferentes grados en el fenómeno de la absorción, que siempre depende del hecho de llegar á ocupar dicha agua los espacios huecos que quedan entre las partículas, grandes ó pequeñas, de las rocas.

Las tres pueden coexistir; pero no siempre se presentan juntas, por lo que hay que acostumbrarse á saber diferenciarlas.

Son muy absorbentes las arcillas y margas; pero una vez saturadas de agua y formando con ella pasta, no se dejan atravesar sino difícilmente, y á veces nada: de modo que, aun cuando muy higroscópicas, son casi impermeables.

Por el contrario, las areniscas, las rocas volcánicas porosas, el barro poco cocido y ciertas calizas, son muy permeables y poco higroscópicas.

Los terrenos graníticos y los formados por capas de cuarcita ó pizarra cristalina, son poco higroscópicos y permeables; pero á veces muy fácilmente penetrables por el agua á favor de las quiebras y fisuras que atraviesan el terreno en varias direcciones, lo mismo que sucede á los formados por calizas cristalinas (mármoles), donde también suelen presentarse grandes quiebras ó litoclasas propias para dejar libre paso al agua.

De aquí la división que suele hacerse de rocas permeables en pequeño ó en grande; diciendo que son permeables en pequeño las compuestas de elementos permeables, y en grande las incoherentes, terrosas y muy resquebrajadas.

Combinadas estas tres propiedades dan lugar á cinco fenómenos distintos, que examinaré separadamente.

#### *Higroscopicidad de diferentes tierras.*

Según experimentos de Schübler citados por Gasparin, las tierras húmedas ensayadas perdieron en cuatro horas y cuatro minutos de desecación, á la temperatura de 18°,75, las diferentes proporciones, en peso, consignadas en la pág. 87; números que establecen una escala de higroscopicidad, en la que aparecen la arcilla, la caliza, el mantillo, y sobre todo la magnesia, como elementos propios para aumentar y conservar la humedad del suelo.

Complementarios de los mismos, pero más expresivos y útiles, son los siguientes datos de experimentación del mismo Schübler, el cual sometió en una atmósfera saturada de humedad á temperatura de 15 á 18 grados, 5 gramos de cada muestra de tierra en polvo fino y seco, extendidos igualmente en bandejas de hojalata, ocupando una superficie de 36000 milímetros cuadrados, durante las horas que se indican en el cuadro de la página siguiente. Datos de experimentación que demuestran la posibilidad de que las tierras absorban el agua directamente de la atmósfera ó se apoderen de la procedente del rocío, escarcha ó niebla, y enseñan también las proporciones de líquido que cada una de ellas puede absorber.

| 5 gramos de                | CENTÍGRAMOS DE AGUA ABSORBIDA<br>EN LAS HORAS QUE SE INDICAN |      |      |      |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|------|------|------|
|                            | 12.                                                          | 24.  | 48.  | 72.  |
| Arena silicea.....         | 0,0                                                          | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| Yeso.....                  | 0,5                                                          | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
| Arena caliza.....          | 1,0                                                          | 1,5  | 1,5  | 1,5  |
| Tierra del Jura.....       | 7,0                                                          | 9,5  | 40,0 | 40,0 |
| — Hoffwil.....             | 8,0                                                          | 14,0 | 44,5 | 44,5 |
| Arcilla seca.....          | 10,5                                                         | 13,0 | 14,0 | 14,0 |
| — crasa.....               | 12,5                                                         | 15,0 | 17,0 | 17,5 |
| Tierra caliza fina.....    | 13,0                                                         | 15,5 | 17,5 | 17,5 |
| — arcillosa.....           | 15,0                                                         | 18,0 | 20,0 | 20,5 |
| — de jardín.....           | 17,5                                                         | 22,5 | 25,0 | 26,0 |
| Arcilla pura.....          | 18,5                                                         | 21,0 | 24,0 | 24,5 |
| Carbonato de magnesia..... | 34,5                                                         | 38,0 | 40,0 | 44,0 |
| Mantillo.....              | 40,0                                                         | 48,5 | 55,0 | 60,0 |

*Absorción del agua por las rocas, en masa.*

La cantidad de agua absorbida por las rocas en masa es muy variable, según diferentes ensayos.

Los experimentos de Delesse dau para la absorción de diversas rocas las proporciones de agua que se expresan á continuación, respecto al peso de la muestra seca, de la roca ensayada:

|                                   | En peso.    |        |
|-----------------------------------|-------------|--------|
| Granito.....                      | De 0'0006 á | 0'0012 |
| Pederal.....                      |             | 0'0012 |
| Creta.....                        | De 0'13 á   | 0'20   |
| Creta de Meudon.....              |             | 0'24   |
| Arcilla plástica de Vaugirad..... |             | 0'302  |
| Marga blanca.....                 |             | 0'395  |

La piedra pómez tiene extraordinario poder absorbente para el agua, y según Von Lassaulx, el neis absorbe hasta 1'20 por 100 de su peso de agua.

Los siguientes datos son el resultado de experimentos hechos por Thurmann, tomando 100 gramos de cada roca seca, sumergiéndola por cinco minutos en agua y pesándola después. En tales condiciones, los aumentos de peso proporcional fueron los siguientes:

En peso.

|                                               |        |
|-----------------------------------------------|--------|
| Granito hojoso no alterado de los Vosgos..... | 0'0000 |
| Basalto del Kaisertuhl.....                   | 0'0000 |
| Caliza hidráulica compacta.....               | 0'0000 |
| Caliza oolítica del Jura.....                 | 0'0055 |
| Traquita verdosa de Kaisertuhl.....           | 0'0057 |
| Grauvaca de los Vosgos.....                   | 0'0090 |
| Caliza margosa del Jura.....                  | 0'0120 |
| Pizarras liásicas.....                        | 0'0158 |
| Calizas lacustres del Jura.....               | 0'0220 |
| Granito de los Vosgos, algo alterado.....     | 0'0300 |
| Areniscas de los Vosgos.....                  | 0'0454 |
| Argirófito de los Vosgos.....                 | 0'0476 |
| Granito de los Vosgos, muy alterado.....      | 0'0550 |
| Molasa de Suiza.....                          | 0'0600 |
| Arenisca abigarrada de los Vosgos.....        | 0'0700 |
| Caliza cretácea del Jura.....                 | 0'0750 |
| Tarquín de Alsacia.....                       | 0'0750 |
| Arcilla pura de Limoges.....                  | 0'1194 |
| Pegmatita de Limoges.....                     | 0'1350 |
| Margas oxfordianas del Jura.....              | 0'1550 |
| Creta blanca de la Champagne.....             | 0'2000 |
| Caolin puro de Limoges.....                   | 0'5000 |

A pesar de que los datos de estos experimentos son ya muy expresivos, demostrando el gran poder absorbente de las rocas para los líquidos, no los considero apropiados para formar idea exacta de la cantidad de agua que puede retener el terreno en España, porque se refieren á rocas especiales, y respecto á los del último cuadro, ni considero suficiente una sumersión de cinco minutos para juzgar de la capacidad de absorción de las rocas para el agua, ni el procedimiento empleado me satisface; por lo que he verificado experimentos en el laboratorio de la Escuela de Minas de Madrid con rocas españolas procedentes de las colecciones de la Comisión del Mapa geológico de España y de otras recogidas por mí en el campo.

Teniendo presente que las rocas, en el terreno, se encuentran en masa y no en polvo (como las muestras ensayadas por algunos experimentadores) y que están sometidas á fuertes presiones hidráulicas durante largo tiempo, tomé trozos compactos de procedencia conocida con pesos variables entre 6 y 30 gramos, y los sometí á una sumersión, por espacio de tres días, en agua natural del Lozoya filtrada, calentando un par de horas en cada uno para facilitar la ex-



pulsión del aire contenido en los poros de las rocas, supliendo de este modo la acción del tiempo; precaución tan importante que por su efecto la piedra pómez y la magnesita, que al principio nadaban como el corcho sobre el agua, estaban en el fondo al segundo día de sumersión la primera, y al cabo de una hora la segunda.

Pesadas las rocas húmedas, y después de secas durante siete días, y determinada por diferencia la cantidad de agua absorbida, dieron los resultados del cuadro siguiente, que indica, en la primera columna, la proporción de agua que absorbe cada una respecto á su peso en seco, y la segunda la proporción, en volumen, de agua absorbida, que se deduce de la anterior teniendo en cuenta el peso específico de cada roca, referido á su volumen total ó aparente, que es el que debe tenerse en cuenta y da una proporción menor, en volumen, de agua absorbida, que si se refiriese al verdadero peso específico de la roca en polvo, siempre mayor que 1:

| AGUA ABSORBIDA<br>POR DIFERENTES ROCAS ESPAÑOLAS |                                                           | En peso. | En<br>volumen. |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|----------------|
| 1*                                               | Granito de las Ventas con Peñaguilera, Toledo.            | 0'0044   | 0'0102         |
| 2                                                | Yeso fibroso del cerro Cotoñita, Santander...             | 0'0054   | 0'0120         |
| 3                                                | Mármol de Múcael, Almería.....                            | 0'0056   | 0'0140         |
| 4                                                | Micacita pizarrosa de Sierra Nevada.....                  | 0'0085   | 0'0229         |
| 5*                                               | Cuarcita de Almadén.....                                  | 0'0088   | 0'0244         |
| 6*                                               | Micacita de grano fino de Cervera, Toledo...              | 0'0142   | 0'0302         |
| 7                                                | Basalto del Cerro del Castillo, Puertollano ...           | 0'0129   | 0'0387         |
| 8*                                               | Neis de Hiedelaencina, Guadalajara.....                   | 0'0134   | 0'0327         |
| 9                                                | Dolomía de Reocín, Santander.....                         | 0'0132   | 0'0382         |
| 10                                               | Caliza cavernosa del Pontón de la Oliva, Madrid.....      | 0'0147   | 0'0323         |
| 11                                               | Micacita de la Villa del Prado, Madrid.....               | 0'0452   | 0'0440         |
| 12*                                              | Pizarra silicea de Almadén.....                           | 0'0463   | 0'0407         |
| 13                                               | Granito descompuesto de Cortegada, Orense..               | 0'0174   | 0'0327         |
| 14*                                              | Arenisca de grano fino de Reinosa, Santander.             | 0'0194   | 0'0485         |
| 15                                               | Caliza compacta de Tarancón, Cuenca.....                  | 0'0203   | 0'0544         |
| 16                                               | Argilofiro de Higuera de las Dueñas, Avila...             | 0'0210   | 0'0546         |
| 17*                                              | Granito micáceo de la Villa del Prado, Madrid.            | 0'0254   | 0'0653         |
| 18                                               | Serpentina de Carratraca, Málaga.....                     | 0'0259   | 0'0684         |
| 19**                                             | Pizarra arcillosa de Rivadeo, Lugo.....                   | 0'0285   | 0'0784         |
| 20*                                              | Granito descompuesto de Higuera de las Dueñas, Avila..... | 0'0493   | 0'1282         |
| 21                                               | Caliza de Colmenar de Oreja, Madrid.....                  | 0'0530   | 0'1274         |
| 22                                               | Marga caliza de Iribar, Navarra.....                      | 0'0632   | 0'1675         |
| 23**                                             | Arenisca de grano grueso de Cavada de Vado, Palencia..... | 0'1092   | 0'2730         |
| 24                                               | Toba caliza de Sobrón, Alava.....                         | 0'2004   | 0'4200         |
| 25*                                              | Caliza terciaria de Alcalá la Real, Jaén.....             | 0'2073   | 0'4560         |
| 26*                                              | Marga muy arcillosa de Fuentes de Ebro, Zaragoza.....     | 0'6360   | 1'6874         |
| 27**                                             | Arcilla basta de Fuentes de Ebro (1), Zaragoza.           | 0'6636   | 1'6194         |
| 28                                               | Tiza blanca.....                                          | 0'8563   | 1'8838         |
| 29*                                              | Magnesita de Vallecas (2), Madrid.....                    | 0'8874   | 0'8464         |
| 30                                               | Piedra pómez de Canarias (3).....                         | 1'1523   | 1'0370         |

## OBSERVACIONES AL CUADRO ANTERIOR:

\* Las rocas señaladas con un asterisco son algo higroscópicas.

\*\* Las señaladas con dos asteriscos son más higroscópicas.

(1) Hecho un adobe pequeño con arcilla, secada al aire libre durante siete días del mes de Junio á la temperatura media de 20°, pesó 33 gramos; después de seco en la estufa de vapor, á 95°, perdió 0'520 gramos de peso, y calcinado al rojo, en la mufla, perdió 6gr,820. Lo que indica que, secada al aire libre, retiene la arcilla 0'25 de agua, y después de seca en la estufa 0'22.

La proporción 0'6636 de agua absorbida que indica el cuadro, no es, por tanto, la total, respecto á la arcilla calcinada, sino únicamente la correspondiente al estado de sequedad (relativa) á que puede llegar al aire libre sin una desecación especial. La proporción de agua retenida respecto á la arcilla anhidra, será  $0'25 \times 0'6636$ , mayor.

(2) Aunque el peso específico de la magnesita excede de 2'5, aquí se toma 0'95 respecto al volumen aparente, que da menor absorción en volumen.

(3) El peso específico de la piedra pómez en polvo es 2'4 próximamente, pero aquí se ha tomado respecto al volumen aparente, 0'9, que da menor absorción en volumen.

Estas grandes proporciones de agua absorbida por las rocas, al parecer más compactas, se explican por las innumerables cavidades capilares que contienen. Por ejemplo, el argilofiro (muestra núm. 16) es una roca al parecer tan compacta y homogénea, que parece, por su aspecto, un trozo de ladrillo refractario blanco amarillento, tan tenaz que cuesta gran trabajo el partirlo á golpes de martillo sobre un yunque, y, sin embargo, mirado con una lente fuerte, se ve que su masa está cuajada de agujeritos y cavidades por todas partes.

La extraordinaria cantidad de agua que absorben las arcillas, con el consiguiente aumento de volumen, es causa de las anchas grietas que al desecarse se producen en los terrenos muy arcillosos, y cuéntese que en el sentido vertical la contracción se produce libremente, sin más resultado que un descenso general del terreno, que por ello, á veces, se presenta después en forma de fondo de cazuela.

*Agua absorbida por las tierras y rocas desmoronadas.*

Por el cálculo se demuestra que en un espacio lleno de esferas macizas, quedan entre éstas huecos que son el 0'476 del volumen total, cualquiera que sea el diámetro de las esferas, si todas ellas son iguales.

Si entre los espacios que dejan entre sí una agregación de esferas de igual diámetro, se suponen otras de menor tamaño, tangentes á las primeras, el hueco total disminuirá; y suponiendo otra tercera, cuarta, etc., series de esferas de volúmenes cada vez menores, ocupando los vacíos que sucesivamente van quedando, la fracción hueca en el conjunto irá decreciendo.

Las arenas y tierras se componen de granos informes que no son ni redondos ni poliédricos regulares, y además de diversos tamaños, por lo cual el espacio hueco que dejan entre sí debe determinarse por experimentación, en la seguridad de que siempre será menor que 0'476 del volumen total, aparente, ocupado por las mismas, como en efecto sucede, cuando la materia ensayada puede considerarse impermeable y sin sensible capacidad absorbente para el agua; excediendo, por lo contrario, de la cifra anterior, según queda dicho, el volumen de agua que pueden retener las tierras ó arcillas que son muy higroscópicas y absorbentes.

La experiencia demuestra que el hueco que queda entre los elementos pétreos de los terrenos varía de 0'20 á 0'30 del total.

Según experimentos de Schübler, las diferentes tierras retienen las siguientes cantidades de agua, en peso:

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| Arenas silíceas.....              | 0'25 |
| Yeso.....                         | 0'27 |
| Arena caliza.....                 | 0'29 |
| Arcilla silícea.....              | 0'40 |
| Arcilla plástica.....             | 0'50 |
| Tierra de labor arcillosa.....    | 0'60 |
| Arcilla pura.....                 | 0'70 |
| Tierra caliza fina.....           | 0'85 |
| Tierra de jardín.....             | 0'89 |
| Mantillo.....                     | 1'90 |
| Silice pulverulenta muy fina..... | 2'80 |
| Carbonato de magnesia.....        | 4'56 |

Observado lo elevado de estas cifras y de las anteriores (pág. 111), relativas á areniscas, pizarras, arcillas, margas, tobas y calizas pulverulentas, se explica el fuerte poder absorbente para el agua de las diferentes tierras de labor.

Además, como todas las rocas y tierras silíceas, arcillosas y magnesianas, son higroscópicas, se explica el que el agua pueda pasar directamente del estado de vapor, de niebla ó nube, al líquido, siendo absorbida por el terreno, sin tener la forma de lluvia ni aun la de escarcha ó rocío, y se explica también la existencia de humedad en parajes altos y arenosos donde llueve poco, y la de los manantiales que á veces se encuentran á grandes alturas en las montañas.

#### *Permeabilidad de las rocas en masa y de las tierras.*

Hay rocas que en masa son bastante porosas, como, por ejemplo, ciertas areniscas y algunas rocas eruptivas, por lo cual suelen emplearse para filtros.

Faltan datos sobre la permeabilidad en pequeño de las rocas en masa; pero se sabe, por experimentos de Daubrée, que en vez de oponerse á ella el calor y la presión que puede encontrar el agua á grandes profundidades, el primer agente facilita la penetración, y, por tanto, la permeabilidad del agua, por capilaridad, en las rocas.

Según Gasparin, una capa de agua de medio metro de altura tarda en atravesar un espesor de 50 centímetros de tierra saturada de agua, el tiempo siguiente:

|                                               | HORAS       |
|-----------------------------------------------|-------------|
| Molasa de grano grueso, sin su parte caliza . | 1'20        |
| La misma conservando la caliza . . . . .      | 1'54        |
| Arena cuarzosa fina . . . . .                 | 1'57        |
| Tierra caliza con 11 por 100 de mantillo . .  | 7'94        |
| Polvo fino de mármol . . . . .                | 88'11       |
| Tiza de España . . . . .                      | 201'60      |
| Arcilla de tejar . . . . .                    | 252'00      |
| Caolín . . . . .                              | 603'00      |
| Arcilla refractaria . . . . .                 | Indefinido. |

Según experimentos escrupulosos y recientes, la velocidad en metros por segundo, que llamaré *k*, con que el agua atraviesa verticalmente una capa de tierra ó grava de espesor igual á la altura de carga, bajo la exclusiva acción de la gravedad, es la siguiente:

#### VALORES DE *k*

|                                 |         |                     |
|---------------------------------|---------|---------------------|
| Grava con arena . . . . .       | 0'0353  | metros por segundo. |
| Arena gruesa . . . . .          | 0'01    | —                   |
| Arena de grueso medio . . . . . | 0'0027  | —                   |
| Arena fina . . . . .            | 0'0006  | —                   |
| Arenas con arcilla . . . . .    | 0'00017 | —                   |

Si el agua al atravesar agregaciones porosas descende bajo la acción de la gravedad por un plano inclinado cuya pendiente sea *i*, para el descenso de cada metro medido verticalmente (dirección en que actúa la gravedad), habrá de atravesar y vencer la resistencia de  $1/i$  metros de espesor de arena, grava ó tierra, y su velocidad será en tal caso *ki*, fórmula que volveré muy pronto á considerar cuando trate de las corrientes subterráneas.

Los dos cuadros anteriores dan una idea de la permeabilidad de las diferentes rocas desagregadas así como de las tierras, y demuestran, que á medida que disminuye el grosor de la grava ó aumenta la cantidad y plasticidad de la parte arcillosa, disminuye la permeabilidad de un modo notabilísimo, hasta el punto de quedar anulada en la arcilla plástica pura.

#### *Penetración del agua á través de las fisuras del terreno.*

Aun los terrenos más duros é impermeables están generalmente atravesados por multitud de cruceros, fallas, quiebras y conductos, por donde el agua penetra á grandes profundidades y circula, recorriendo largas distancias.

También las fallas y filones, en los terrenos graníticos, recogen el agua de grandes masas montañosas para formar los manantiales naturales ó los surtidores de agua que suelen inundar las labores mineras ó dar origen á manantiales, tan importantes como el magnífico de Vaucluse, en Francia, que arroja de 7 á 22 metros cúbicos de agua por segundo, según las estaciones.

Cuando los terrenos estratificados han sufrido grandes trastornos en la posición de sus capas, y éstas presentan cierta inflexibilidad, quedan anchos huecos entre los lechos ó superficies de separación de los estratos. Ejemplo de esto se ve, entre otros muchos, en las márgenes del río Otálora, en la provincia de Ciudad Real.

Ciertos terrenos calizos están tan llenos de oquedades chicas y grandes, que forman á modo de una criba ó esponja, como sucede en la faja cretácea que en la provincia de Madrid atraviesa el río Lozoya, en el mismo sitio donde precisamente se construyó la presa del Pontón de la Oliva.

En estos terrenos calizos se hallan con frecuencia tan grandes cavernas y conductos, que dan lugar al curso de verdaderos ríos subterráneos, por donde á veces penetran en parte ó con todo su caudal los ríos superficiales.

Ejemplo de lo primero son los remolinos ó pozos absorbentes que existen en ciertos ríos, y que á menudo cuestan la vida á imprudentes bañistas que, al acercarse á ellos, son arrastrados y sumergidos por la corriente descendente y giratoria de los mismos, y de lo segundo, dan muestra los ríos que se sumergen en el terreno para volver á aparecer de nuevo, á veces á larga distancia, como, por ejemplo: el Záncara, que reaparece en los Ojos del Guadiana; el río Orandi, que surge otra vez en la cueva de Covadonga; el caudal que se hunde en el sumidero de Montejarque, para salir en la cueva del Gato, cerca de Ronda; el río Visoña, en el Bierzo, que se filtra en su álveo y pierde el nombre frente á las minas de hierro de Formigueiros, para reaparecer más abajo con el nombre de Selmo, y las aguas del valle de Barig, en Valencia, que después de penetrar por multitud de sumideros, vuelven á la luz en las fuentes Mayor y Menor, al pie del cerro del Toro, con un caudal de medio metro por segundo.

Otras veces las aguas subterráneas brotan en el fondo del mar, como ocurre frente á Castellón de la Plana, en donde á varios kilómetros de la orilla van los pescadores á surtirse, en pleno Mediterráneo, de agua dulce, lo que también acontece en la costa Sur de la isla de Cuba, á tres millas de la orilla.

Hay en el golfo de Spezzia, á 50 metros de tierra, un manantial que forma sobre la superficie del mar un surtidor de 25 metros de diámetro y 0<sup>m</sup>,30 á 0<sup>m</sup>,40 de altura, y no es éste el único de su clase en dicha costa, pues M. Villeneuve Flayosc ha calculado que las fuentes submarinas existentes entre Perpiñán, Génova y Spezzia desaguan en el mar 50 metros cúbicos por segundo, que viene á ser la tercera parte del caudal que el Sena lleva en el estiaje.

Entre los muchos grandes manantiales que brotan en España, merecen citarse los de:

Fontibre, que da sus primeras aguas al Ebro.

Los Ojos del Guadiana, en término de Villarrubia, en la provincia de Ciudad Real.

El de Covadonga en Asturias.

La fuente de los Santos, en Valencia (2 m<sup>3</sup> por segundo).

El de Liria, idem (1300 litros en invierno con aumento en verano).

Del Brullador, idem (500 litros por segundo).

De Ballus, idem (un m<sup>3</sup> por segundo).

De Buñol (500 litros por segundo).

El de Cella, en la provincia de Teruel (2 m<sup>3</sup> por segundo).

El manantial de la mina, en el Tajo de Ronda.

El de la cueva del Gato, cerca de Ronda.

El de Benaoján, idem id.

El de la fuente del Marco, en Cáceres.

El de Vozmediano, en Soria (1900 litros por segundo).

El de Ucero, en idem (700 litros por segundo).

Las fuentes del Llobregat.

El de Riofrio, origen de las aguas que conduce el acueducto de Segovia.

Las Burgas de Orense.

El de Frailes, en Jaén.

Varios en Loja, Granada.

De los Molinos, en Vélez Blanco, Almería (más de un m<sup>3</sup> por segundo).

Del Marqués, en idem.

Y otros muchos.

#### PROPORCIÓN DE LA LLUVIA REALMENTE ABSORBIDA POR EL TERRENO

Una cosa es la capacidad de absorción por higroscopicidad, filtración y permeabilidad, de las rocas en masa ó al estado terroso, y otra es la proporción del agua de lluvia que realmente absorbe el terreno al estado natural en las diferentes comarcas, sobre lo que no hay suficientes estudios hechos; por lo cual, mientras no se tengan observaciones directas de la cantidad de agua absorbida por los suelos—que podrán obtenerse del modo que dejo anteriormente descrito (pág. 74),—hay que estimarlo por diferencia ó con relación á datos extraños más ó menos inciertos é indeterminados.

La proporción del agua de lluvia ordinariamente absorbida por el terreno, es indudablemente muy variable, según su naturaleza, el

estado y la pendiente de la superficie, y la forma con que caiga la lluvia: torrencial, pausadamente, ó en forma de nieve, escarcha ó rocío.

Con una nevada ó con una lluvia lenta y persistente, y con el rocío en un terreno suelto, labrado, permeable y muy poco inclinado, la proporción de agua absorbida llegará al máximo; y por el contrario, en un terreno duro, impermeable, muy pendiente y con una lluvia corta y torrencial, la absorción del agua será muy escasa.

No es, por tanto, extraño que los datos de que dispongo sobre absorción de agua por el terreno, procedentes de localidades y observadores extranjeros, sean tan diferentes; teniendo que lamentar que cada uno de ellos no haya tenido cuidado de acompañar, á las observaciones, la descripción de las circunstancias particulares en que fueron obtenidas respecto á la naturaleza del suelo, pendiente del terreno, evaporación, fuerza y cantidad con que cayeron las lluvias; condiciones á las cuales se debe indudablemente su diversidad.

Según M. Mathieu, Director de la Escuela forestal de Nancy, el agua retenida por la tierra vegetal es, por término medio, el 7 por 100 de la llovida, siendo indudable que este dato se refiere á un terreno permeable en grado bastante pronunciado, puesto que se trata de *tierra vegetal*, á pesar de lo cual se ve que la absorción de 0'07 es bien pequeña.

Según M. Valles, en las diferentes cuencas francesas el terreno retiene las proporciones siguientes del agua de lluvia:

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| En el Sena.....           | 0'71        |
| En el Saona y Garona..... | 0'49 y 0'48 |
| En el Ródano.....         | 0'37        |
| En el Po.....             | 0'35        |

Cifras que van disminuyendo á medida que se refieren á cuencas más meridionales (mayor evaporación) y de curso más torrencial.

Según otros estudios y datos de Dalton, Dickinson y Charnoch, la proporción de agua retenida por el terreno varía entre  $\frac{1}{3}$ , = 0'443, y  $\frac{2}{3}$ , = 0'60. Esto último para los terrenos muy permeables, como arenales, etc.

El Sr. Bosch y Juliá, en la Memoria de la inundación del Júcar en 1864, aprecia la cantidad de agua de lluvia absorbida por el terreno en la provincia de Valencia, del modo siguiente: 0'25, y á veces mucho menos, en el triás; 0'50 en las rocas terciarias, y 0'70 en las cretáceas.

El Sr. Aragón, en el *Diccionario de Agricultura*, estima que el agua evaporada es 0'50 de la llovida en Madrid (que gradúa en 580 milímetros), la que se pierde por curso torrencial 0'084 y la que penetra en el terreno 0'416 de la misma; pero de estas cifras la única aceptable es la primera (0'50).

La proporción anteriormente calculada (pág. 105) para el agua absorbida por el terreno es de 0'15 ó 0'25.

En donde haya establecidos grandes aprovechamientos de aguas subterráneas para el abastecimiento de poblaciones ó para otros usos, se puede determinar muy bien, como resultado de los aforos frecuentes en la canalización y de las observaciones pluviométricas hechas sobre la cuenca receptora, la relación del agua absorbida por el terreno al total de la lluvia anual caída.

En España la cantidad de agua de lluvia retenida por el terreno tiene que ser menor que en los países del Norte de Europa, puesto que siendo en el nuestro más fuerte la evaporación y mayores las pendientes del terreno, no mayor, sino *menor* que en dichos países *debe ser en España la absorción del agua por el terreno*; por lo cual, en vista de las anteriores cifras y mientras no se tengan otras exactas obtenidas por observaciones directas hechas en el país, creo poder aceptar, para la cantidad proporcional de agua de lluvia que penetra en el terreno, las siguientes cifras como *máximas*, puesto que, además de lo dicho, todas ellas son superiores (debiendo ser menores) que las correspondientes á los casos más análogos de los países á que las anteriores se refieren.

Por esta razón admito, para tener seguridad de no consignar cifras menores de las verdaderas, las siguientes:

- 0'10 en terrenos poco permeables y de pendientes pronunciadas, en los cuales probablemente la absorción en lluvias torrenciales no llegará á 0'07, que calcula M. Mathieu para Francia.
- 0'25 en terrenos de permeabilidad y pendiente media, proporción muy generalmente aceptada.
- 0'30 en los llanos de ambas Castillas, en las cuales, si bien es verdad que el terreno es poco pendiente y medianamente permeable, la misma uniformidad de su pendiente y la escasez de arroyos, rios, lagunas y depresiones próximas en donde el agua pueda acumularse y detenerse, ocupando extensión superficial reducida, su gran altitud sobre el mar, la exposición á fuertes y secos vientos, y la temperatura media más elevada que en la cuenca del Po (donde la absorción se

calcula en 0'35) hace suponer que la evaporación sea fuerte y la cifra 0'50 admitida más bien alta que baja.

Por último: teniendo en cuenta que los terrenos pendientes y poco permeables, que forman la gran masa de nuestras cordilleras, abundan, y que en el resto del país la pendiente y permeabilidad del terreno es media (excepto en las llanuras de ambas Castillas), y la evaporación grande, se puede aceptar, mientras no haya un dato exacto y bien calculado, 0'20 para proporción del agua de lluvia retenida por el terreno, en el conjunto de la parte española de la Península.

## RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN

### DEL AGUA METEÓRICA

Según las observaciones y cálculos que preceden, puede estimarse que la distribución del agua meteórica en España (lluvia, nieve, rocío y escarcha) se verifica del siguiente modo, para 100 unidades:

| DISTRIBUCION DEL AGUA       | En terrenos pendientes y poco permeables. | En terrenos medianamente permeables y poco pendientes. | En los llanos de ambas Castillas. | En conjunto para todo el país. |
|-----------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Evaporada.....              | 40 } 90                                   | 50 } 75                                                | 50 } 70                           | 45 } 80                        |
| Torrencial.....             | 50 }                                      | 23 }                                                   | 20 }                              | 35 }                           |
| Absorbida por el terreno... | 40                                        | 25                                                     | 30                                | 20                             |
| TOTALES.....                | 100                                       | 100                                                    | 100                               | 100                            |

NOTA. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, es probable que las proporciones de agua realmente retenida por el terreno en España sea menor y la pérdida por evaporación y curso torrencial, mayor que lo que aparece en este cuadro.

## XI

### CORRIENTES SUBTERRÁNEAS

Las corrientes subterráneas se producen por el movimiento del agua en lo interior de la tierra, unas veces siguiendo conductos y cavernas naturales, y otras por filtración á través de terrenos poro-

sos ó permeables, ya siguiendo el lecho de arena de los ríos, ó ya fuera de dichos cauces.

La característica útil de estas corrientes es su escasa velocidad, que aunque muy variable, queda generalmente muy por bajo de la que anima á las corrientes superficiales.

Están poco estudiadas las velocidades de estas corrientes, que aunque siempre pequeñas, son muy variables, y para dar algún dato concreto calcularé las velocidades de ciertas corrientes subterráneas de España, con los antecedentes que tengo á la vista.

Según el ilustrado Ingeniero del Cuerpo de Minas D. Pedro Palacios, el *manadero del Ucero*, citado en su *Memoria de la provincia de Palencia*, experimenta muy perceptible crecida á los cuatro días (poco más ó menos, pues no se ha determinado exactamente el tiempo) de llover ó nevar copiosamente en las sierras de Costalago y de San Leonardo, situadas á 12 kilómetros al Norte, y de donde proceden sus aguas. La velocidad de la corriente subterránea que alimenta este manantial es, pues, de unos tres kilómetros por día, ó 34'7 milímetros por segundo, debiéndose advertir que en este caso el agua camina, seguramente, por conductos que, aunque tortuosos, ofrecen bastante sección libre.

Cuando el agua debe atravesar acarreos de guijo ó grava gruesa ó fisuras muy estrechas, la velocidad de la corriente subterránea es todavía menor.

Por ejemplo, en el caso de la Vega de Mecina, en Sierra Nevada, que se cita más adelante, el agua tarda en recorrer subterráneamente una distancia de 2500 metros, 20 días, lo que corresponde á una velocidad de 125 metros en cada uno, ó 1'45 milímetros por segundo; mientras que en el mismo tiempo una corriente superficial lenta, cuya velocidad fuese de medio metro por segundo, ó 43200 diarios, recorrería 864 kilómetros.

Por último, cuando el agua debe atravesar capas de arenas ó gravas colocadas en declive sobre lechos de valles impermeables, las velocidades son mucho menores.

La fórmula  $v = ik$ , anteriormente citada (pág. 115), da para el caso de una pendiente de 0'001 y un lecho de arena gruesa en el que  $k$  sea igual á 0'01,  $v = 0'001 \times 0'01 = 0'00001$  metros por segundo, y como á la pendiente de 0'001, correspondería una velocidad de corriente superficial de varios metros por segundo (2 á 5 por ejemplo), resulta que la corriente subterránea tendría en este

caso una velocidad igual á  $1/200000$  á  $1/500000$  de la superficial.

El distinguido Ingeniero de caminos D. Gonzalo Moragas, en su importante estudio de las corrientes subálveas, dice que las aguas del cauce del Besós, á que ha dedicado sus observaciones, caídas á 40 kilómetros del mar, estarían á los dos días en el mismo si corriesen superficialmente, mientras que subterráneamente con una pendiente de  $0'005$  y un valor de  $k = 0'01$  (ambos muy crecidos), tardarán en llegar al mar 27 años, es decir, que caminan cerca de 5000 veces más despacio que lo harían superficialmente.

Con relación á uno de los ejemplos anteriores, es evidente que con sólo que la corriente subterránea tenga la velocidad de 125 metros por día, bastará un recorrido de 15 kilómetros para retrasar la corriente cuatro meses respecto á las aguas estacionales; pero como se acaba de ver, esta velocidad es muy fuerte para corriente subterránea, y, por tanto, con mucho menor recorrido, el retraso puede ser muy considerable.

El manantial artificial de Cella, en la provincia de Teruel, ofrece otro ejemplo evidente del retardo que las aguas de las corrientes subterráneas experimentan respecto á las corrientes superficiales y á la caída de las aguas estacionales. Examinando el cuadro de observaciones de este manantial (que brota en las calizas jurásicas), hecho por el médico de Teruel, Sr. D. J. Garcés, cuyo caudal medio es de dos metros cúbicos por segundo, y deja de correr después de largas sequías, se observa que sus reapariciones se verifican <sup>(1)</sup> á los 50 ó 60 días de llover abundantemente en los alrededores.

Al retraso que experimentan las corrientes subterráneas se debe, como se dijo, el que los manantiales de Benamahoma, en Cádiz, y de Liria, en Valencia, así como los que cada lector puede recordar, sean más abundantes en verano que en invierno.

En consecuencia con las consideraciones anteriores, resulta que **el agua que en un día penetra verticalmente en un terreno poroso y homogéneo, cuyo desagüe tiene que verificarse á través del mismo, con una pendiente de**

(1) En el verano de 1876, después de haber empezado á disminuir el agua en 8 de Julio, llovió en 25 de Agosto sin que apareciese el agua entonces en el manantial, que dejó de correr desde 12 de Septiembre hasta el 20 de Octubre. Vuelve á llover hacia el 10 de Octubre; cesa de correr el manantial en 20 de Noviembre, y recobra su caudal la fuente en 6 de Diciembre.

**uno por mil, tarda en perderse por curso subterráneo mil días (tres años) por cada metro de descenso vertical de la corriente;** propiedad importantísima de las corrientes subterráneas, que no hay que olvidar ni un momento, y de la cual resulta, por ejemplo, que el agua que penetra por su propio peso en quince días de lluvias del otoño, en terrenos situados á 20 metros de altura sobre el mar, tardarán en perderse en éste, á través de tierras permeables de intersticios estrechos,  $15 \times 20 \times 1000$  días, ó sean 900 años.

Aunque no se alcance este portentoso resultado, es evidente el importantísimo y maravilloso éxito que el estudio, aprovechamiento y **formación artificial de las corrientes subterráneas de agua**, promete á la nación, dirigida en tan importantes cuestiones técnicas por sus brillantes Cuerpos de Ingenieros.

En cuanto á la capacidad de acumulación del agua por el terreno, insistiré oportunamente.

## XII

### INMENZA RIQUEZA PERDIDA

#### POR CAUSA DEL MAL APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA Y DEL DEFECTUOSO RÉGIMEN HIDROLÓGICO EN ESPAÑA

Los daños producidos por el actual régimen hidrológico, son los siguientes:

- 1.º Incompleto aprovechamiento agrícola del agua.
- 2.º Incompleto aprovechamiento de la fuerza hidráulica disponible.
- 3.º Daños causados por el derrubio lento y continuo de las tierras.
- 4.º Daños y estragos en vidas y haciendas, causados con las inundaciones y avenidas de los ríos.
- 5.º Daños causados por el paludismo.
- 6.º Insalubridad y pérdidas de riqueza por el arrastre fluvial de las inmundicias de las poblaciones que tienen red de cloacas.

Tratemos de apreciar la importancia de los perjuicios que por estas seis causas se producen actualmente.

### 1.º—Valor del agua perdida para la agricultura.

Es creencia general la de que la sequía que se deja sentir ordinariamente en gran parte de las tierras peninsulares, es debida á que no llueve lo suficiente, y, sin embargo, voy á hacer notar que á pesar de no ser muy lluvioso el cielo en parte de nuestro país, se pierde en él una inmensa riqueza por falta del aprovechamiento del agua de lluvia y de regularización del curso de los ríos.

Es indudable que si el agua de lluvia no desapareciese en su mayor parte por evaporación y por curso torrencial antes de penetrar algo profundamente en la tierra, como queda demostrado, sobraría para la agricultura con la que cae en forma de lluvia, nieve, escarcha ó rocío en toda la extensión de la Península ibérica, si se utilizase bien, sumada á la que puede tomar directamente el terreno y las plantas del aire húmedo (sobre cuya proporción no hay datos actualmente), puesto que la cantidad realmente gastada por la vegetación más lozana no excede de 5 á 50 milímetros de altura anual, como se verá en su lugar correspondiente, en la segunda parte de esta obra.

Pero es el caso que en las cumbres de nuestras montañas la cantidad de agua caída en forma de lluvia ó nieve no es tan escasa, que no baste con exceso á mantener la vegetación arbórea propia de muchas de ellas, y aun la de los cereales, que no necesitan más que uno á cuatro riegos de á 5 centímetros de altura, es decir, de 50 á 200 milímetros al año sobre la que se debe directamente á la lluvia, perdida en su mayor parte por evaporación directa de la tierra, cantidades de agua inferiores á la llovida ordinariamente en cualquier paraje de España.

Como ejemplo de la inmensa porción de agua perdida en España por causa de la rapidez con que las fuertes pendientes la hacen correr torrencialmente al mar y de lo activo de la evaporación, calcularé la que se pierde en la Mancha, país de sequías, y de aquí podrá deducirse cuánta mayor cantidad se pierde en las demás provincias, en las cuales las lluvias son más abundantes, sin que la fracción utilizada sea mayor.

Llueven en las provincias de Ciudad Real y Albacete 559 y 460 milímetros respectivamente, ó sea unos 500 milímetros, término medio, de altura de agua al año, de la cual puede estimarse que sea

retenida por el terreno la tercera parte á lo sumo, y esto teniendo en cuenta la poca pendiente del mismo en la parte llana considerada. Del agua llovida se pierde en tal caso por quilómetro cuadrado 332000 metros cúbicos, que, en una extensión superficial de 15000 quilómetros cuadrados, representa la enorme masa de 4980.000000 metros cúbicos de agua perdida anualmente sólo en la Mancha, que llegaría á 5250.000000, calculando el 70 por 100 de pérdida, con arreglo al cuadro de la pág. 120.

Extendiendo el cálculo á toda la parte española de la Península, cuya superficie de 500000 quilómetros cuadrados está escasa de agua, excepto en las costas y en algunas vegas, que suman en junto una reducida fracción de la superficie total, puede calcularse que en 400000 quilómetros cuadrados sólo se aprovecha el 20 por 100 del agua, perdiéndose, como se dijo, el 80 por 100 de la lluvia.

Se ha visto que el término medio del agua caída en los 27 parajes más secos de los comprendidos en el cuadro de la pág. 43, después de descontados los del litoral, que son los menos combatidos ordinariamente por las sequías, es de 510 milímetros anuales.

Tomando sólo 400 milímetros de lluvia media para base de cálculo, resulta que en los 400000 quilómetros de tierras escasas de aguas, se pierden anualmente 128000 millones de metros cúbicos, por la evaporación la mayor parte y escapando torrencialmente lo restante al mar.

Admitiendo que de este agua torrencial—que dicho se está que sólo corre cuando no es necesaria en el campo—se aproveche actualmente el 20 por 100, poco más ó menos, quedan definitivamente perdidos más de 100000 millones de metros cúbicos de agua al año.

Limitando la estimación del beneficio perdido al valor en venta del agua, como si perteneciese á una ó varias sociedades de riego, á razón de diez céntimos de peseta el metro cúbico—valor muy aceptable teniendo en cuenta que varía ordinariamente entre 6 y 12  $\frac{1}{2}$  céntimos para esta aplicación,—prescindiendo del producto que el agua puede dar antes aplicada á la industria, resultan

*diez mil millones de pesetas anuales*

definitivamente perdidos para la producción española por causa de falta de aprovechamiento del agua en la agricultura.

Si se temiese que la cifra anterior fuese excesiva, pensando que la



cantidad de agua aprovechable es menor que la calculada, ó que el precio del metro cúbico es algo elevado, debe tenerse en cuenta que, por el contrario, en vez de reducirse debería aumentarse dicho valor (que seguramente es inferior al verdadero), porque aunque se quiera suponer que sólo alcance á la mitad de lo calculado, en las consideraciones anteriores no se ha tenido en cuenta que la lluvia media anual es  $\frac{1}{3}$  mayor que los 400 milímetros admitidos; que la misma agua puede servir varias veces en alumbramientos sucesivos; que no se ha estimado el aumento de producción agrícola que se pierde, muy superior al valor del agua que deja de utilizarse, y que como no se trata de una producción transitoria, sino de una que se reproduce anualmente, debe tenerse en cuenta que á dicho aumento de producción han de agregarse los intereses, siempre crecientes, del capital que cada año va acumulándose, y el incremento de utilidades que indirectamente produciría su aprovechamiento á todas las industrias, y particularmente á la de transportes <sup>(1)</sup>.

(1) Estando compuestos los párrafos anteriores y habiendo consignado la cifra de 40.000 millones en la conferencia y artículos de Febrero á que aludo en el último capítulo de la Introducción, encuentro en una curiosa *Memoria* y en el *Tratado sobre el movimiento y aprovechamiento de las aguas*, publicados en Madrid por D. José Mariano Vallejo en 1839 y 1833, respectivamente, que este sabio é inteligente patricio evaluaba entonces que, *el aumento anual de riqueza que puede producir el aprovechamiento de las aguas que corren por el territorio español de la Península, sin producir ninguna utilidad, y antes por el contrario, causando perjuicios con sus avenidas*, en las aplicaciones agrícolas de fuerza industrial motriz, por el *fomento y cría de la pesca* y la utilidad que pueden proporcionar en la navegación interior para los transportes, asciende (pár. 66 del lib. I de las Aguas) á 4.608.737.426.842 reales vellón.

Cuya evaluación, conocida por mí mucho después de la hecha en el texto, viene á corroborar con el cálculo de persona tan entendida y competente como el Sr. Vallejo: 1.º, que la pérdida actual y el campo de explotación que permite el aprovechamiento de las aguas, no es simplemente de algunos millones, sino de una cantidad casi fabulosa respecto á las cifras y capitales que estamos acostumbrados á manejar, particular ó colectivamente; y 2.º, que mi cálculo no solamente da una cifra que no es excesiva, sino que queda muy por bajo de la calculada por el Sr. Vallejo; ofreciendo la notabilísima particularidad (que me ha admirado al leer la obra de dicho señor), de que el «aumento anual de producción agrícola,» calculado por él, es de 46.349.686.842 reales vellón, superior en  $\frac{1}{6}$  á los 40.000 millones de pesetas encontrados por mí, sin tener la más remota noticia de los cálculos y trabajos relativos á este asunto del autor citado, cuando en mi conferencia

## 2.º—Valor de la fuerza hidráulica perdida.

Si la inmensa riqueza perdida para la agricultura, por falta de aprovechamiento del agua de lluvia, ha quedado puesta en claro en el párrafo anterior, voy en el presente á demostrar que, con ser aquella tan grande, no es tampoco pequeño el valor que representa la fuerza hidráulica disponible en nuestra Península.

Aunque hay otros países en Europa más abundantes en agua, lo que representa para España una causa de inmensa riqueza natural es su gran relieve orográfico <sup>(1)</sup>.

La Península ibérica puede considerarse respecto á Europa como un alto y grande promontorio avanzado sobre el Océano en su extremidad Sudoeste, de mayor elevación sobre el mar que ningún otro país de dicho continente, excepto la parte Norte y central de Suiza, es decir, la situada en plenos Alpes.

La altitud media de España está comprendida entre 600 y 700 metros sobre el nivel del mar, habiendo varios macizos montañosos en ella que pasan de 1000 metros, sobre los cuales todavía se levantan cuumbres más elevadas en los Pirineos, la cordillera cantábrica, el Moncayo, Guadarrama, Sierra Nevada, etc., que no es preciso enumerar aquí.

Poblaciones importantes y capitales de provincia como Avila, Soria, Segovia, Cuenca y Ternel, están situadas por encima de los 1000 metros, alturas á que, en Europa, solamente se encuentran pequeñas poblaciones suizas ó alemanas de los Alpes.

Prescindiendo de los macizos montañosos demasiado elevados, que constituyen para el caso presente reducidas zonas que afectan moderadamente las consideraciones que van á seguir— aunque de un modo más favorable que la parte más extensa del territorio situado á la altura media de 600 á 700 metros ya consignada,— resulta: que en casi toda su extensión y desde muy pequeña distancia de las costas, la Península ibérica se presenta, en conjunto, como una meseta levantada considerablemente sobre el mar.

de 20 de Febrero de 1899 y en el artículo de *La Correspondencia de España* del 26 del mismo mes y año, consigné la cifra dicha.

(1) Lo que sigue fué publicado como artículo de fondo en *La Epoca* de 14 de Julio de 1897 bajo el título de *El porvenir de España*.

Solamente en las desembocaduras de los valles del Ebro y del Guadalquivir se interrumpe de un modo importante la abrupta conformación de las costas de España.

De esta altitud general proviene el que toda el agua que corre por la superficie ibérica tenga que descender, para llegar al mar, de una altura media de 660 metros, habiendo de bajar aún más, como es evidente, la que procede de los macizos más elevados.

Este descenso de las aguas de lluvia antes de su afluencia al mar representa una inmensa fuerza mecánica utilizable, difícil de calcular en cifras exactas, aunque no de un modo aproximado, como más adelante se verá, bastando ahora hacer notar que, siendo tan alto el relieve general de España, las lluvias y cursos naturales de agua por ellas producidos, representan un trabajo motor utilizable superior al que, para igual cantidad de lluvia caída por hectárea, se originaría en otro país de menor relieve orográfico (1).

Para que el agua corra por los ríos hacia el mar sin estancarse, es indispensable en ellos una cierta pendiente mínima, y, por tanto, una altitud, en el país que recorren, en relación con la longitud de sus ríos; cuya altitud mínima es enteramente perdida para la utilización de los saltos de agua, que se pretendan crear.

Pero todo lo que el relieve del país exceda de esta altura mínima indispensable para el curso natural de los ríos, es utilizable para la conversión en fuerza mecánica de las corrientes naturales de agua.

La corriente de agua que se desliza por un terreno situado á 600 metros de altura por encima de la indispensable para el curso natural del agua hasta el mar, supone un trabajo mecánico disponible diez veces mayor que la que circula por otro terreno elevado solamente á 60 metros útiles sobre dicho nivel. Por esto repetimos que el alto relieve orográfico de España es una causa de riqueza considerable y superior por este concepto al de otras muchas naciones europeas.

Claro es que esta caída de 600 metros disponible no puede utilizarse de una vez, ni convendría hacerlo así. Antes por el contrario, dividida en partes por medio de sucesivos saltos de agua, produce en conjunto un efecto equivalente al de la caída de la misma cantidad

(1) El Barón Carlos Dupin, en la lección 8.<sup>a</sup> del tit. III de su *Curso de Geometría y Mecánica de las artes y oficios*, calculó que la fuerza motriz de las aguas de Francia es de 800.000000 de hombres robustos, de cuya fuerza sólo se aprovechaba, hacia el año 1830, la de 4.000000.

de agua desde la altura total, con la ventaja de subdividirse y repararse las instalaciones á lo largo de las corrientes fluviales.

En la vida moderna de las naciones, las fuentes principales de riqueza son la agricultura, la minería y la industria en general; y como los medios de acción de ésta son el trabajo y la habilidad, consumiendo gran cantidad de potencia mecánica, de aquí que la considerable fuerza hidráulica disponible es un elemento de riqueza inagotable, de mucha mayor importancia para España de lo que generalmente se cree, porque las aguas no dejarán de correr nunca y las minas cesarán más pronto ó más tarde de dar carbón.

Es un hecho que fácilmente puede comprobar el que viaje por nuestro país, fuera de los caminos de hierro y carreteras principales, la existencia de un gran número de molinos y artefactos hidráulicos esparcidos por todas partes, aunque en su mayoría de una construcción rudimentaria y primitiva.

Muchos de éstos se van transformando y sustituyendo por mecanismos é instalaciones más perfectas, y nuevos saltos de agua se van aprovechando, especialmente con motivo de las instalaciones de alumbrado eléctrico, más generalizado en España que en país alguno, pues que son muchos los pueblos que han pasado directamente del petróleo á la luz eléctrica, y algunos que hoy tienen este moderno alumbrado carecían antes de iluminación pública; pero aún es muy considerable el número de saltos de agua disponibles, y cada nueva instalación en ellos supone una renta permanente que se suma á la de las producciones locales del punto beneficiado, y, por tanto, hay un aumento cierto y por tiempo indefinido, que se añade á las fuerzas productoras de la nación.

A los numerosos artefactos hidráulicos establecidos en España pueden agregarse muchos más y de muy grandes potencias, aun con el actual régimen natural de las aguas fluviales; pero corrigiendo, como se puede y más adelante se explicará, la irregularidad de éstas, será posible mejorar extraordinariamente las condiciones de su aprovechamiento.

Con los antiguos medios y procedimientos conocidos, no podían utilizarse los saltos de agua más que en la localidad en que existían ó se crearan; pero desde el momento que los adelantos de la electricidad permiten transportar y utilizar las fuerzas naturales á largas distancias del lugar en que se producen, con poco gasto de capital y escasa pérdida de fuerza, la riqueza prodigiosa que representa la hi-

dráulica natural de España, con su alto relieve orográfico, ha pasado de la categoría de un tesoro enterrado ó desconocido, á un capital vivo ó circulante.

Para darse cuenta del relieve de España y la distribución de sus macizos montañosos, debe consultarse el mapa adjunto, al final, y las siguientes listas:

### Alturas de los picos más elevados de la Península

*según el Instituto geográfico y estadístico.*

#### Sierra Nevada.—PICOS CUYA ALTURA PASA DE 3000 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Mulhacen.....                 | 5481 |
| Veleta (picacho de).....      | 5470 |
| Cerro de la Alcazaba.....     | 5314 |
| Cerro de la Caldera.....      | 5289 |
| Cerro de los Tajos Altos..... | 5284 |
| Cerro del Caballo.....        | 5000 |

#### Pirineos.—PICOS CUYA ALTURA EXCEDE DE 3200 METROS.

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| Pico de Aneto.....             | 5404 |
| Pico de Lardana.....           | 5367 |
| Tres Sorores (Mont Perdu)..... | 5351 |
| El Marboré.....                | 5322 |
| Viñamala ó Camachivosa.....    | 5298 |
| Pico de Alba.....              | 5280 |
| Quijada de Pondiellos.....     | 5208 |
| Pico de Moros.....             | 5146 |

#### Montes Vasco-Cántabros.—ALTURAS MAYORES DE 2000 METROS.

|                      |      |
|----------------------|------|
| Peña de Cerredo..... | 2678 |
| Peña Vieja.....      | 2650 |
| Peña-Prieta.....     | 2529 |
| Contes.....          | 2375 |
| Peñas de Pando.....  | 2140 |
| Valdecebollas.....   | 2140 |
| Cueto Cordel.....    | 2076 |

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Puerto de Palombera..... | 2020 |
| Peñastía.....            | 2009 |
| Peña-Labra.....          | 2002 |

#### Sistema central.—ALTURAS MAYORES DE 2000 METROS.

|                              |      |
|------------------------------|------|
| Plaza del Moro Almanzor..... | 2650 |
| Calvitero.....               | 2401 |
| Peñalara.....                | 2400 |
| Hierro.....                  | 2385 |
| Serrota.....                 | 2294 |
| Siete Picos.....             | 2205 |
| Cabeza de la Excomuni6n..... | 2161 |
| Pico de la Cebollera.....    | 2126 |

#### Galicia y Asturias.—ALTURAS QUE PASAN DE 2000 METROS.

|                    |      |
|--------------------|------|
| Espiguete.....     | 2455 |
| Peña-Ubiña.....    | 2500 |
| Mampodre.....      | 2197 |
| Braña-Caballo..... | 2189 |
| Telero.....        | 2188 |
| Moncalvo.....      | 2047 |

#### Cordillera ibérica.—ALTURAS MAYORES DE 2000 METROS.

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Moncayo.....             | 2315 |
| Pico de San Lorenzo..... | 2505 |
| Picos de Urbión.....     | 2246 |
| Cebollera.....           | 2159 |
| San Millán.....          | 2154 |
| Javalambre.....          | 2020 |
| Peñarroya.....           | 2019 |

#### Montes de Toledo.—57 PUNTOS NOTABLES CUYA ALTURA PASA DE 1000 METROS, DE LOS CUALES LOS MÁS ELEVADOS SON.

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| Meseta del Corochó de Rocigalgo..... | 1448 |
| San Vicente.....                     | 1429 |
| Peñafiel.....                        | 1420 |
| Corral de Cantos.....                | 1419 |

**Sistema Bético.—11 PUNTOS NOTABLES QUE EXCEDEN DE 1000 METROS,  
DE LOS CUALES LOS MÁS ELEVADOS SON**

|                        |      |
|------------------------|------|
| Estrella.....          | 1299 |
| Rehollera.....         | 1160 |
| Cabeza de Buey.....    | 1156 |
| Judio.....             | 1107 |
| Tentudia.....          | 1104 |
| Lomas del Horcajo..... | 1100 |

**Altura sobre el nivel del mar de las capitales  
de provincia de España**

*según datos del Instituto geográfico y estadístico.*

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Álava (Vitoria).....              | 524 metros. |
| Albacete.....                     | 686 —       |
| Alicante.....                     | 45 —        |
| Almería.....                      | 40 —        |
| Ávila.....                        | 4126 —      |
| Badajoz.....                      | 483 —       |
| Baleares (Palma de Mallorca)..... | 40 —        |
| Barcelona.....                    | 5 —         |
| Burgos.....                       | 856 —       |
| Cáceres.....                      | 350 —       |
| Cádiz.....                        | 5 —         |
| Canarias (Las Palmas).....        | 40 —        |
| Castellón.....                    | 28 —        |
| Ciudad Real.....                  | 635 —       |
| Córdoba.....                      | 400 —       |
| Coruña.....                       | 8 —         |
| Cuenca.....                       | 323 —       |
| Gerona.....                       | 68 —        |
| Granada.....                      | 689 —       |
| Guadalajara.....                  | 679 —       |
| Guipúzcoa (San Sebastián).....    | 5 —         |
| Huelva (capital).....             | 5 —         |
| Huelva (Tharsis).....             | 240 —       |
| Huesca.....                       | 474 —       |
| Jaén.....                         | 574 —       |
| León.....                         | 802 —       |
| Lérida.....                       | 451 —       |
| Logroño.....                      | 384 —       |
| Lugo.....                         | 462 —       |

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| Madrid.....             | 648 metros. |
| Málaga.....             | 440 —       |
| Murcia.....             | 43 —        |
| Navarra (Pamplona)..... | 450 —       |
| Orense.....             | 126 —       |
| Oviedo.....             | 230 —       |
| Palencia.....           | 720 —       |
| Pontevedra.....         | 20 —        |
| Salamanca.....          | 798 —       |
| Santander.....          | 5 —         |
| Segovia.....            | 4000 —      |
| Sevilla.....            | 40 —        |
| Soria.....              | 4055 —      |
| Tarragona.....          | 49 —        |
| Teruel.....             | 946 —       |
| Toledo.....             | 548 —       |
| Valencia.....           | 43 —        |
| Valladolid.....         | 692 —       |
| Vizcaya (Bilbao).....   | 9 —         |
| Zamora.....             | 654 —       |
| Zaragoza.....           | 200 —       |



La altitud media de la Península ibérica es, según Leiboldt, de 700m'60 sobre el nivel medio del mar, y sólo de 660m'02 según el sabio Ingeniero del Cuerpo de Minas D. Federico de Botella, de cuya obra, *España y sus antiguos mares* (Madrid, 1892), copio los datos que siguen:

Superficie total, en kilómetros cuadrados, de la Península ibérica, emergente sobre diversos niveles:

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| A nivel del mar.....                  | 585959 quilts. cuads. |
| A 500 metros sobre el nivel del mar.. | 356469 —              |
| A 1000 metros sobre el nivel del mar. | 94989 —               |

de los cuales son:

|                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| Españoles.....   | 494946 quilts. cuads. |
| Portugueses..... | 91013 —               |

Para completar los datos sobre altitud, que más tarde utilizaré, á continuación inserto los procedentes de Leiboldt, insertos en la obra del Sr. Botella:

### Altitud media de diversos países.

|    |                             |                 |   |
|----|-----------------------------|-----------------|---|
| 1  | Suiza.....                  | 1299'91 metros. |   |
| 2  | Península ibérica.....      | 700'60          | — |
| 3  | Península de los Balkanes.. | 579'50          | — |
| 4  | Austria.....                | 517'87          | — |
| 5  | Italia.....                 | 517'17          | — |
| 6  | Escandinavia.....           | 428'10          | — |
| 7  | Francia.....                | 393'84          | — |
| 8  | Romanía.....                | 282'28          | — |
| 9  | Gran Bretaña.....           | 217'70          | — |
| 10 | Alemania.....               | 213'66          | — |
| 11 | Rusia.....                  | 167'09          | — |
| 12 | Bélgica.....                | 165'36          | — |
| 13 | Dinamarca.....              | 35'20           | — |
| 14 | Holanda.....                | 9'60            | — |

### ALTURA DE CAÍDA NECESARIA PARA EL CURSO NATURAL DE NUESTROS RIOS

Cuanto más estrecho, tortuoso y lleno de obstáculos es un cauce, tanta mayor pendiente necesita para que el agua por él circulante adquiera una velocidad determinada.

Los grandes canales, y con más razón los ríos de cauce y curso continuo, pueden dejar paso al agua con velocidad moderada que no cause derrubios sensibles en sus márgenes, teniendo una pendiente media de 0'0001, inferior á la pendiente ordinaria de nuestros ríos, como se ve por el estado siguiente:

### Pendiente de los ríos de España.

|                                                            |         |
|------------------------------------------------------------|---------|
| Guadiana, pendiente media.....                             | 0'0012  |
| Tajo, pendiente media desde el nacimiento al mar.....      | 0'0019  |
| Tajo, pendiente desde Talavera á la Isabela.....           | 0'0015  |
| Ebro, pendiente media desde su nacimiento al mar.....      | 0'0028  |
| Ebro, pendiente desde Zaragoza al mar.....                 | 0'0005  |
| Duero, pendiente media.....                                | 0'0030  |
| Guadalquivir, pendiente media desde su nacimiento (1)..... | 0'0031  |
| Guadalquivir, pendiente media desde Sevilla al mar.....    | 0'00046 |

(1) D. Pedro Antonio Mesa (*Estudio hidrológico de la cuenca del Guadalquivir*), dice que la pendiente media es de 0'003 á 0'005, según el origen que se atribuya al río.

Longitudes, altura de los nacimientos sobre el nivel del mar, desniveles necesarios á razón de 0'0001 de pendiente para el desagüe natural, y altura de caída disponible para saltos de agua, desde el nacimiento al mar, de los principales ríos de España.

| RIOS              | Longitud en quilómetros. | Altura del nacimiento. | Desnivel de desagüe. | Caída disponible. |
|-------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|
| Tajo.....         | 720                      | 2402 (1)               | 75                   | 2023              |
| Ebro.....         | 825                      | 4593                   | 85                   | 4505              |
| Guadalquivir..... | 540                      | 4600                   | 53                   | 4545              |
| Duero.....        | 736                      | 2246                   | 75                   | 2170              |
| Guadiana.....     | 725                      | 860 (2)                | 75                   | 780               |

### POTENCIA HIDRÁULICA DISPONIBLE EN ESPAÑA

Para que no se tache de exagerado el cálculo siguiente, al evaluar la altura total de caída, hasta el mar, de las aguas de lluvia procedentes del territorio español, prescindiré de las alturas superiores á 4000 metros y hasta de más de 3000, sobrepujadas por varios picos montañosos de Sierra Nevada y los Pirineos, y, por tanto, despreciaré la gran potencia hidráulica que representa la caída de los ríos principales del cuadro anterior—cuyos nacimientos están comprendidos entre 1500 y 2246 metros y otras muchas corrientes caudalosas que nacen á grandes alturas, como la del Genil (cuyo origen está en la laguna de Vacares, en Sierra Nevada, á 3000 metros, y la del Segura, que empieza á 3700),—hasta entrar en el nivel de 1000 metros.

Consideraré reducida á 100 metros la altura de caída disponible en los mayores cauces de aguas corrientes entre 500 metros de altitud y el mar, cuya caída media es realmente superior á 250 metros; á 600 la altura de descenso útil del agua procedente de niveles comprendidos entre 500 y 1000 metros, cuya caída media es superior á 750, y á 450 metros útiles, hasta el nivel de 500, la del agua procedente de terrenos situados á más de 1000 de elevación; caídas

(1) Peñalabra.

(2) Laguna del Rey, en Ruidera.

que á veces pasan de 5000 hasta el mar, como se ha dicho para las del Genil y del Segura.

Aunque el agua invertida en el movimiento de receptores hidráulicos pueda emplearse después en riegos, y una parte considerable de la dedicada á la agricultura vuelva á surgir en parajes más bajos, permitiendo ser utilizada nuevamente en riegos, ó como fuerza, no voy á considerar aplicable como potencia hidráulica los 510 milímetros de lluvia media anual correspondiente al árido centro de la Península, ni siquiera la mitad ó la cuarta parte de esta altura de lluvia, sino únicamente 40 milímetros en los parajes situados por bajo de 500 metros; 50 en los comprendidos entre 500 y 1000 metros, y 100 en los superiores á 1000 metros, en atención á que los terrenos bajos son más propios para el riego y la agricultura que los altos, á que el agua corriente superficialmente es más abundante en las montañas que en los llanos, y á que el agua de lluvia es más fácil y naturalmente utilizable como elemento agrícola que como motor industrial.

Nadie dudará que con estas bases el resultado que se va á obtener no será la verdadera potencia hidráulica disponible en España, sino un *minimo* de ésta, muy inferior á la verdadera.

Para establecer el cálculo lo dividiré en tres partes: (a), potencia hidráulica desarrollada en la caída del agua procedente de los 91989 kilómetros cuadrados, cuya altura es superior á 1000 metros, bajando de 1000 á 500 metros y dando una caída utilizable de 450; (b), potencia hidráulica obtenida por toda el agua que cae en terrenos superiores á 500 metros (la anterior comprendida), que se verterá en el mar desde una altura de 600 metros utilizables. La extensión superficial de la parte española de la Península, situada á más de 500 metros de altura, puede estimarse en 525000 kilómetros cuadrados, descontando de la superficie total á esta altura (356469 kilómetros) algo más de la tercera parte de Portugal (89356 kilómetros), en lo que seguramente hay error por defecto, y por último, (c), potencia hidráulica desarrollada por el agua caída en los 171603 kilómetros, que de los 229490 (diferencia de 585959 y 356469), corresponden, por lo menos, á la parte española situada á menos de 500 metros de altura, y que podrá utilizarse en una altura de 100 metros.

He aquí el cálculo:

1.º Volumen anual del agua llovida en terrenos superiores á 1000 metros, á razón de 100 milímetros de lluvia, aplicable á motores hidráulicos:

$$0'100 \times 91989 \times 1.000000 = \text{metros cúbicos.}$$

Potencia mecánica anual que puede producir esta agua bajando desde 1000 á 500 metros, con 450 de caída útil:

$$(a)..... 0'100 \times 91989 \times 1.000000 \times 450 \times 1000 = x \text{ quilogrametros.}$$

2.º Volumen anual del agua llovida en terrenos superiores á 500 metros, aplicable á motores hidráulicos y á razón de 50 milímetros de altura de lluvia:

$$0'050 \times 325000 \times 1.000000 = \text{metros cúbicos.}$$

Potencia mecánica anual que puede desarrollar esta agua cayendo de 600 metros de altura útil:

$$(b)..... 0'050 \times 325000 \times 1.000000 \times 600 \times 1000 = y \text{ quilogrametros.}$$

3.º Volumen anual de agua llovida en la parte española de la Península inferior á 500 metros, aplicable á motores hidráulicos, á razón de 40 milímetros de altura de lluvia utilizable para el objeto:

$$0'040 \times 171603 \times 1.000000 = \text{metros cúbicos.}$$

Potencia mecánica anual que puede desarrollar esta agua cayendo de 100 metros de altura útil:

$$(c)..... 0'040 \times 171603 \times 1.000000 \times 100 \times 1000 = z \text{ quilogrametros.}$$

Sumando los valores de *x*, *y*, *z*, dados por las fórmulas (a), (b) y (c), se tendrá para la potencia total utilizable al año,

$$14575.917000.000000 \text{ kilogrametros.}$$

Para reducir este trabajo mecánico á caballos de vapor en el receptor (75 quilogrametros por segundo), hay que contar para cada caballo con 100 quilogrametros por segundo en el de la caída del agua, ó sean 8.640000 por cada 24 horas, ó 2592.000000 en 500

días de trabajo continuo al año. De modo que la potencia hidráulica anual en caballos disponible en España, será, por tanto, superior á

$$\frac{14575.917000.000000}{2592.000000} = 5.625424 \text{ caballos de vapor}$$

trabajando día y noche durante 500 días al año.

Para deducir el valor en pesetas que representa esta potencia hidráulica disponible, tomaré para tipo de comparación el coste del caballo de vapor suministrado por el carbón al precio más bajo que puede obtenerse en España:

| COSTE DE LA TONELADA DE                                                   | A boca mina. | En Madrid. |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
| Hulla de Asturias, pesetas.....                                           | 25           | 46         |
| — de Bélmez, idem.....                                                    | 24           | 44         |
| — de Puertollano, idem.....                                               | 12'50        | 27         |
| Lignito de la cuenca de Utrillas en Teruel, puesto en Zaragoza, idem..... | 15           | »          |

Aceptando, pues, para el cálculo un valor medio de 50 pesetas, que seguramente es inferior al verdadero en la mayor parte de España, y suponiendo un consumo medio de un quilogramo por hora y caballo de vapor—dato muy bajo, porque si bien en grandes máquinas fijas puede ser el consumo menor de un quilogramo, en la mayor parte de los casos resulta bastante más elevado,—tendremos que el consumo de hulla por caballo, trabajando, como los motores hidráulicos, día y noche, en 500 días al año, sería de 7200 quilogramos, que á 50 pesetas la tonelada hacen un gasto anual de combustible de **216** pesetas por cada caballo de vapor, ó 1214.659584 pesetas para la potencia total calculada. De aquí que 1215 millones de pesetas representen, en cifras redondas, el valor anual de los 5.625424 caballos de la fuerza hidráulica disponible con la caída de una pequeña parte del agua de lluvia que anualmente corre por la superficie de nuestra Península, si bien conviene repetir que el valor y la fuerza así deducidos son indudablemente inferiores á los verdaderos, y que sólo representan un mínimo de lo utilizable.

Aunque no creo que exista estadística formada de la fuerza hidráulica actualmente utilizada en España—y sería muy útil el formarla,—seguramente lo aprovechado es inferior á lo que ha sido

despreciado en el cálculo anterior, de modo que el aumento de producción de riqueza nacional, por este solo concepto, bien puede estimarse en más de

**1200 millones** de pesetas anuales.

**5.º y 4.º—Daños causados por el derrubio lento y continuo de las tierras y pérdidas en vidas y haciendas, ocasionadas por las avenidas de los ríos é inundaciones de las vegas.**

Cuando ocurre una de aquellas catástrofes que hacen poner en movimiento á la Nación en socorro de pueblos destruidos y cosechas perdidas, todo el mundo se entera de que el curso torrencial de las aguas es dañino en extremo, sin reparar en que entre una y otra inundación los perjuicios se suceden continuamente, si bien con menos aparato, y aun cuando los primeros daños, que pueden ser comparados respecto á la tierra con los de las epidemias en las poblaciones, son grandes, lo son aún mucho más los producidos por el derrubio lento y continuo de las tierras, comparable á la tisis, que sorda y traídoramente va minando y destruyendo las vidas, sin el ruido y alarma que las epidemias producen.

Dice el Sr. Montenegro, muy acertadamente, que la importancia de los daños causados por las aguas torrenciales está en razón inversa de la apariencia con que se nos manifiestan, sin embargo de que vulgarmente se cree lo contrario. Se habla mucho de las avenidas aun cuando sus daños son tan locales, que la inmensa mayoría del país nada tiene que temer de ellas, y nadie se fija en esos, al parecer, despreciables *hilillos de agua* que en silencio, sin alarma alguna, se están llevando del país entero los principales elementos de producción. Las mejores arcillas, los abonos más preciados y las semillas más útiles, es decir, los principales gérmenes de riqueza del porvenir, en todas partes son arrastrados cuantas veces llueve con alguna fuerza, y el labrador, que se afana en abonar y mejorar sus tierras á costa de grandes sacrificios, los mira impasible salir de sus tierras cargados con la flor y la esencia de lo que aquéllas contienen de más útil para la labranza, pues basta fijarse en el color del agua de los arroyuelos, para comprender que van turbios con lo que debiera dar el pan en años siguientes; ocasionando al labrador igual perjui-

cio que si llevara el bolsillo roto y por él fuese perdiendo las monedas que, á fuerza de sudores y economías, hubiese adquirido.

El Guadalquivir antes de Córdoba, el Tajo desde Talavera, el Ebro por bajo de Zaragoza, el Duero desde Zamora, el Turia y el Júcar en todo el reino de Valencia, y otros muchos ríos, llevan casi constantemente, no turbias, sino *embarradas* sus aguas á causa de los continuos arrastres de tierras de sus respectivas cuencas. ¡Qué inmensa riqueza perdida! Y sin embargo, en vez de preocuparse los labradores de ver si es posible evitar este derroche de riqueza, se contentan con lanzar inútiles lamentos sobre si llueve poco, sobre si la tierra es pobre y sobre el abandono en que los tiene el Gobierno, á cuyos defectos contribuyen con sus intrigas y con el abandono de la acertada elección de sus representantes en Cortes.

El arrastre de materias sólidas por los ríos es un fenómeno general en todo el mundo, y en algunas partes se produce en gran escala, siendo la proporción en peso de materias sólidas arrastradas por diferentes ríos extranjeros la siguiente:

|                |         |
|----------------|---------|
| Elba.....      | 0'00032 |
| Missisipi..... | 0'00055 |
| Rhin.....      | 0'0006  |
| Ganges.....    | 0'00234 |
| Sena.....      | 0'0027  |
| Indo.....      | 0'003   |
| Garona.....    | 0'01    |
| Var.....       | 0'05    |

En general, puede calcularse para media de todos los ríos 0'01 de materias sólidas arrastradas por el agua. Estos tarquines son muy ricos en nitrógeno, pues conteniendo el mejor estiércol de cuadra 0'004 de su peso en nitrógeno, aquéllos tienen desde 0'00071 hasta 0'0094.

El agua arrastra con gran facilidad los cuerpos sólidos, porque al perder una fracción considerable de su peso, cuando están en ella sumergidos, hasta para transportarlos una corriente tanto más débil cuanto mayor superficie presentan por unidad de volumen ó peso; es decir, cuanto menor es el diámetro de los trozos ó partículas.

Según dice Lapparent en su *Tratado de Geología*, siguiendo á otros autores, el agua arrastra á las velocidades en metros por segundo que se indican á continuación, las materias cuyos diámetros en milímetros también se expresan:

|                                                        |         |
|--------------------------------------------------------|---------|
| Con velocidad de 0'15 metros por 1", lodo grueso de... | 0'4 mm. |
| — 0'20 — — arena fina de.....                          | 0'7 —   |
| — 0'50 — — arena gruesa de..                           | 1'7 —   |
| — 0'70 — — granza menuda de.                           | 9'2 —   |
| — 1'50 — — grava gruesa de..                           | 35'0 —  |
| — 2'00 — — cantos ó guijos de.                         | 60'0 —  |

La gran pendiente de nuestros ríos es causa de que en momentos dados aumenten la velocidad y el caudal de su corriente en grado extraordinario, llegando á conducir por segundo volúmenes muy superiores á los que otros de cuencas más extensas aforan en sus crecidas en cuanto alguna lluvia torrencial ó un repentino deshielo acrece sus aguas.

Aunque no cuento con datos suficientes sobre el incremento de caudal que experimentan nuestros principales ríos en días de crecida, consignaré, como ejemplo, algunas cifras al lado de otras relativas á ríos extranjeros para que sirvan de tipo de comparación.

| RÍOS                | Superficie de la cuenca en hectáreas. | AFOROS EN METROS CÚBICOS POR SEGUNDO |           | Relación de las crecidas al estiaje. |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------|--------------------------------------|
|                     |                                       | Estiaje.                             | Crecidas. |                                      |
| Guadalentín.....    | 240000                                | 0'340                                | 4500      | 4400                                 |
| Lozoya.....         | »                                     | 0'249                                | 494       | 2042                                 |
| Júcar.....          | 470000                                | 42'000                               | 42200     | 4046                                 |
| Mundo y Segura..... | 4587750                               | 4'250                                | 2270      | 450                                  |
| Nervión.....        | 493000                                | 4'000                                | 1600      | 400                                  |
| Loira y Allier..... | 44500000                              | 30'000                               | 7300      | 330                                  |
| Tajo.....           | 8400000                               | 4'000                                | 205       | 51                                   |
| Sena.....           | 4430000                               | 44'000                               | 2200      | 50                                   |
| Ebro.....           | 8600000                               | 250'000                              | 40000     | 40                                   |
| Po.....             | 6940000                               | 456'000                              | 5300      | 33                                   |
| Guadalquivir.....   | 6450000                               | 53'000                               | 4500      | 28                                   |
| Rhin.....           | 20000000                              | 500'000                              | 9000      | 48                                   |

Por el cuadro anterior se ve que varios de nuestros ríos, con cuencas de recepción más reducidas que otros extranjeros, alcanzan volúmenes de desagüe en las crecidas, superiores á las de éstos; lo que está bien explicado observando que siendo el relieve de nuestro suelo tan abrupto en algunas partes, que á 40 kilómetros del mar se presentan picos montañosos de 1600 y de 2000 metros de altitud, y cayendo en sus valles lluvias torrenciales que alcanzan á 400 mi-



límetros (pág. 8), ó produciéndose repetidos deshielos de las nieves acumuladas en los picos aludidos, á causa de los vientos cálidos procedentes de las costas africanas que á veces combaten á las provincias de Levante, son inevitables, en el estado actual de las cosas, dichas crecidas, que también se producen en otros países en cuanto las lluvias arrecian más de lo acostumbrado <sup>(1)</sup>.

Considerando que con velocidades torrenciales el agua puede acarrear enormes piedras, así como el mar, en las tempestades, levanta y arroja á las playas cantos de muchas toneladas de peso, se puede imaginar la magnitud de los daños que nuestros ríos pueden producir en días de crecida.

Dice D. Casiano de Prado en la pág. 201 de su *Memoria geológica de la provincia de Madrid*, que el Duero depositó en un día de avenida en el invierno de 1860 á 1861, en las Arribas, una capa de arena blanca y fina de 15 metros de espesor. En el mismo día, el Jarama depositó en San Martín de la Vega una gran capa de aluvión.

También dice en la pág. 202, que el Tajo dejó en una avenida del invierno de 1853 á 1854 un aluvión de bastante espesor, donde creció espontáneamente una alameda de diversas especies de árboles.

Estos arrastres de tierras por los ríos son tan antiguos y conocidos, que ya el Derecho romano se ocupó en ellos con leyes que regulaban los medios de adquirir la propiedad por derecho de accesión.

No me atrevo á intentar el cálculo de la riqueza perdida anualmente por los arrastres de los ríos, porque entre nosotros hay pocos observadores para lo que verdaderamente es útil, y faltan antecedentes para hacer un cálculo medianamente aproximado; pero como ejemplo de la importancia enorme de los arrastres de nuestros ríos, citaré el caso del Guadalete, que conduce anualmente á la bahía de Cádiz, según cálculos del Sr. Benot, 500000 toneladas de tierras finisimas, que además de perderse para la agricultura, perjudican á la bahía, cuyos fondos elevan, y concluirán por cerrar los caños de las salinas y el de la Carraca, á no emplear medios costosísimos para impedirlo.

El Llobregat arrastra, según el Sr. Llauredó, hasta dos quilogramos de cieno por metro cúbico de agua.

(1) Según el *Tratado de Meteorología* de Houzeau, pág. 170, los ríos belgas salen de madre en cuanto llueve 30 milímetros de agua en veinticuatro horas.

Según D. Daniel de Cortázar <sup>(1)</sup>, el Júcar lleva en la provincia de Cuenca 2'8 quilogramos de materias sólidas <sup>(2)</sup> en cada metro cúbico, lo que en 23 metros por segundo, en las avenidas, ó 5.514166 en cada veinticuatro horas, da un volumen de 5000 metros cúbicos de légamos finos arrastrados en cada día de turbias.

El Tajo, según el mismo autor, lleva en análogas circunstancias y en la misma provincia, 5'2 quilogramos por metro cúbico, lo que en 27 por segundo, ó 7.464960 por día, arroja un volumen de más de 6800 metros cúbicos en las crecidas diarias.

Los días de turbias en dichos ríos pueden calcularse en 100 al año, de modo que arrastrarán el Tajo y el Júcar, sólo de la provincia de Cuenca, donde nacen, 1.180000 metros cúbicos de légamos fertilizantes cada año.

También el Sr. Cortázar, en su *Memoria geológica de la provincia de Valladolid*, hace constar que el río Esgueva suele arrastrar, al alcanzar el Pisuerga, 400 metros cúbicos de tarquines al día; el Pisuerga, más de 2000 antes de incorporarse al Duero; el que, á su vez, transporta al salir de la provincia, en cuanto arrecian algo las lluvias en su cuenca, cerca de 9000 metros cúbicos de légamos en veinticuatro horas.

¡Cuántos arrojarán al mar anualmente los ríos de España!

Según Eliseo Reclus, el Loira arrastra anualmente hasta millón y medio de metros cúbicos de légamos, y el Allier seis millones en el mismo tiempo.

Está comprobado que todos los ríos del mundo van levantando el fondo de sus cauces durante la época cuaternaria, á consecuencia de los depósitos de las tierras arrastradas por ellos, por lo que han dejado de ser navegables en todo ó en parte de su curso, muchos de ellos, lo que es á su vez causa de que sean más frecuentes las inundaciones en las vegas por la mayor dificultad de desagüe que experimentan en días de crecida.

Así vemos que en España las desembocaduras del Guadalquivir, del Segura, del Tajo, del Ebro y la bahía de Cádiz están perdiendo fondo desde los tiempos históricos.

(1) *Memoria geológica de la provincia de Cuenca*.

(2) El Sr. Bosch y Juliá, en la pág. 83 de su *Memoria*, estima que las turbias del Júcar en la provincia de Valencia conducen 40 quilogramos de tierras por metro cúbico.

Si se llegasen á reunir datos suficientes para calcular los daños que el régimen actual de las aguas causa en tierras, abonos, semillas, ganados, obras de fábrica, casas, etc., arrastrados ó destruidos, y se estimasen las pérdidas de los terrenos inutilizados para el cultivo, se llegaría á una cifra verdaderamente aterradora.

Como compensación de los perjuicios que causan los arrastres de limos por los ríos se dice, con verdad, que al depósito de ellos deben las vegas las buenas tierras que poseen; pero es el caso que estos depósitos no constituyen más que una parte de los arrastres, habiendo ido los más de ellos al mar.

¿Y qué diré de los daños y estragos causados por las inundaciones de las vegas y avenidas de los ríos?

En la inundación de la vega de Murcia, en Octubre de 1879, fueron anegadas 64065 tahullas de las 94116 que mide la huerta, y fueron recogidos 178 cadáveres. Desaparecieron 13769 animales, quedaron destruidas 2611 casas y 1407 barracas, resultando además ruinosas 997 y 220 respectivamente, todo lo que se estimó en 2.754945 pesetas; y como los perjuicios en las tierras se apreciaron en 5.097622 pesetas, las pérdidas totales subieron á 7.852567 pesetas: esto sólo en Murcia <sup>(1)</sup>; pero además fueron damnificados cinco pueblos en la provincia de Murcia, 41 en la de Almería y 14 en la de Alicante, donde se comprobó que las inundaciones levantan, á causa de los arrastres, el fondo de los valles, y van cerrando, por tanto, el desagüe de los puentes, concluyendo por derribarlos.

Los daños causados por la inundación del Júcar de 1864, según la *Memoria* del Sr. Bosch y Juliá, en los 84 pueblos perjudicados fueron de 56.994945 reales vellón <sup>(2)</sup>.

Los producidos en los pueblos de la provincia de Almería por causa de las inundaciones de 1874, 1879, 1888 y 1891 fueron, según el Sr. López Morales <sup>(3)</sup>: en 1874, 105309 pesetas; en 1879, 3.159660 pesetas; en 1888 se produjeron daños por valor de 2.213500 pesetas, y en 1891 más de tres millones. El número de víctimas personales fué en 1879 de 27, y en 1888 de 65.

(1) Según el informe oficial de los Sres. García y Gaztelu, el valor de los daños causados por la inundación de 1879, fué: en Murcia, 9.041155; en Lorca, 1.716918, y en Cieza, 37356.

(2) Páginas 304 á 365 de la citada *Memoria*.

(3) Páginas 26 á 32 de su folleto, consignando que *gracias á la gran permeabilidad del terreno en las ramblas no se produjeron mayores desastres*.

La inundación que en 1891 produjo el río Amarguillo en Consuegra, ocasionó la muerte de más de 900 personas, la pérdida de 700 casas y edificios y hubo multitud de animales y efectos arrebatados por el agua.

Además de estos daños inmediatos, son temibles las inundaciones por el desarrollo de las fiebres que suelen producir, y el hambre ocasionada por las pérdidas de las cosechas.

Gran cosa sería poder evitar las inundaciones originadas á consecuencia de fuertes aguaceros y rápidos deshielos, ó por la combinación de ambos fenómenos, que comenzando por pequeñas arroyadas, pronto se reúnen en impetuosas crecidas de los torrentes y ramblas, y causan terribles avenidas de los ríos, invadiendo las vegas que de ordinario riegan, y arrastrando cuanto encuentran á su paso: personas, ganados, viviendas y pueblos enteros.

#### 5.º—Daños causados por el paludismo.

Los daños causados por el paludismo, así como los que ocasiona el vaciado en los ríos y en las costas, de las inmundicias procedentes de las poblaciones que tienen alcantarillado, son de dos especies: económicos y de insalubridad.

El *paludismo* es la causa, casi seguramente de origen microbiano, de numerosas enfermedades que presentan, en la mayoría de los casos, forma febril intermitente.

En fuerza del hábito y por el hecho de que generalmente las calenturas intermitentes dejan cierto respiro al enfermo, no se concede á este azote toda la importancia que merece, y, sin embargo, no sólo hay varias localidades verdaderamente inhabitables en España por causa del paludismo, sino que en muchas partes, como en Villagutiérrez <sup>(1)</sup>, provincia de Ciudad Real, en Vadollano en la de Jaén, y en los arrozales de Valencia y Murcia, es grande la mortandad por causa de las fiebres palúdicas.

(1) Las minas de Villagutiérrez, forman un grupo de antiguo conocido por sus buenos minerales, cuya explotación nunca ha tomado gran desarrollo y se hace en la práctica muy difícil, á causa de las calenturas perniciosas que diezman rápidamente á cuantos ingenieros, empleados ó mineros fijan allí su residencia, á pesar de las precauciones que se han tomado contra los efectos del paludismo de aquel valle.

Aunque las intermitentes no alcancen en general bastante gravedad para producir la muerte inmediata, la pérdida de salud, junto con la debilitación orgánica que ocasionan y los jornales que hacen perder en la clase obrera (la más castigada por esta enfermedad en el campo), son daños de extraordinaria importancia que debe tratar de evitarse, para lo cual hay necesidad de estudiar las causas de su desarrollo y los medios profilácticos de saneamiento y prevención de la enfermedad.

Hasta el día, las causas del paludismo no estaban bastante bien estudiadas ni conocidas, y sólo se había observado que se desarrollaba más en los países cálidos que en los fríos, en las comarcas cuyo suelo es arcilloso, que en las que tienen suelo calizo, y que no se producía en sitios completamente secos, ni en las inmediaciones de grandes corrientes de agua, ni en los meses fríos, sino en el fin del verano y en aquellos parajes algo húmedos en los cuales la temperatura es elevada y las corrientes de agua quedan *cortadas* á causa del estiaje.

Siendo los terrenos calizos poco higroscópicos y fácilmente permeables, y los arcillosos y pizarrosos higroscópicos, y por lo general muy poco permeables, y observando que el desarrollo del paludismo requiere humedad y calor, desapareciendo en cuanto el agua es corriente y abunda ó el suelo está completamente seco, parece indudable que la propagación del mal depende de una fermentación ó putrefacción verificada en la tierra que conserva cierta cantidad de materia orgánica y aguas estancadas.

Sabiendo también que las tierras arcillosas son más propensas que las calizas al desarrollo de vegetales y animales que viven de productos en descomposición, como los terrenos pizarreños antiguos y los hipogénicos donde dominan los elementos aluminosos, formando silicatos múltiples, son tan extensos en España que suman una superficie de más de 160000 kilómetros cuadrados, no es extraño—tenidas en cuenta las consideraciones anteriores—que, en unión de la alta temperatura del fin del estío y del defectuoso régimen hidrológico, sea tan grande el desarrollo del paludismo en nuestra Península, advirtiendo que las aguas profundas no son palúdicas, pero si las contenidas en charcas y en las orillas de los pantanos artificiales, sobre todo si están construidos sobre terrenos arcillosos, en los cuales caños llegan á constituir verdaderos focos de paludismo.

El *Boletín* de la estadística demográfica del Ministerio de la Gobernación, contiene pocos datos sobre el paludismo, y si consigna

algunos referentes á otras enfermedades dominantes en unas cuantas localidades, muy escasas, faltan por completo las de la mayor parte de la Península; pero resulta de otros trabajos que en Sevilla causa el paludismo el 6 por 1000 de la mortalidad, y en Valencia el 3'6 por 1000.

De un curioso libro sobre enfermedades infecciosas del Dr. Monmeneu, extracto los datos siguientes:

En todos los hospitales militares de la Península fueron asistidos durante los años 1886 á 88, 90 y 91 (cinco años), 13754 enfermos de paludismo, muriendo 189, ó sea el 1'57 por 100 de los atacados de la enfermedad, y en Madrid produjo el paludismo 1310 víctimas desde 1882 á 90, siendo ésta una de las enfermedades más extendidas en la Corte y que presenta formas más variadas.

Para estudiar las causas y efectos del paludismo en España, escribí varias cartas á diferentes personas residentes en distintos puntos castigados por esta enfermedad, sin haber tenido la suerte de obtener ni una sola contestación, lo que demuestra tanta falta de estudio y conocimiento del azote, como voluntad de interesarse en ello.

Entre las personas á quienes visité en demanda de datos sobre los daños causados por las fiebres palúdicas en España, están mi distinguido amigo el Senador del Reino y doctor en Medicina D. Angel Pulido, que hace algunos años había escrito un folleto sobre el paludismo en Madrid, y D. Angel Fernández Caro, á quien vi por encargo del primero. Ninguno de los dos me pudieron facilitar datos, de que en el día se carece, y tan sólo el segundo, actual presidente de la Sociedad Española de Higiene, pudo indicarme que, siendo presidente de dicha Sociedad el Dr. Martínez Pacheco, presentó al último Congreso de higiene de Londres, un mapa con la distribución del paludismo en España, del cual no he podido obtener copia.

Mi iniciativa respecto al estudio del paludismo no ha sido perdida—como tampoco lo fué, según queda dicho, respecto al aprovechamiento del agua,—que dió lugar á las campañas que *El Imparcial* y la *Revista de Obras públicas* emprendieron dos meses después de mi conferencia en el Ateneo, y que han sido secundadas por diferentes disposiciones oficiales del Ministerio de Fomento,—pues fijada la atención por mis visitas del verano de 1899, de los antes citados señores sobre este importante y descuidado estudio, han presentado en Diciembre último al Senado un proyecto de ley encaminado á que se encargue á la Real Academia de Medicina de Madrid, que en el

plazo de dos años redacte un informe sobre las causas, daños y remedios del paludismo en España, por cuyo proyecto de ley, favorablemente informado por la Comisión nombrada al efecto, me complace en felicitar á sus autores <sup>(1)</sup> al mismo tiempo que me felicito á mí mismo.

En mi opinión el informe encomendado á la Academia de Medicina debe comprender, además de la mortalidad por causa del paludismo, una estadística sobre el número de jornales perdidos por la misma causa.

A falta de los datos de que se carece hoy en España, y que yo he buscado inútilmente, consignaré algunos precedentes de Italia, donde los estragos que causa el paludismo no serán probablemente mayores que en nuestro país.

El profesor Celli, director del Instituto de higiene de Roma, acaba de publicar una obra sobre la *malaria*, y en su trabajo recopila cuanto se ha dicho acerca de este azote, por autores antiguos y modernos.

La malaria constituye, como todo el mundo sabe, una plaga terrible para Italia; tan terrible que cubre con fúnebre crespón á 2023 pueblos, de los 8258 que forman el reino, y amenaza la salud de 11 millones de habitantes. Considerando solamente las estadísticas de diez años á esta parte, se ve que la malaria siega al año 17000 existencias, sin contar, porque no es posible hacerlo, el número de personas cuya salud debilita atenuando sus fuerzas y anulando su vigor

#### (1) PROYECTO DE LEY

Artículo 1.º La Real Academia de Medicina redactará, en un plazo que no excederá de dos años, un informe, lo más detallado posible, donde se determinen las fuentes del paludismo en España, los daños múltiples que causa y los remedios más á propósito para combatirlos.

Art. 2.º La Dirección general de Sanidad proporcionará á la Real Academia, con la mayor diligencia, cuantos elementos de información ésta considere necesarios y sean de procedencia oficial.

Art. 3.º Cuando la Real Academia haya entregado al Gobierno su estudio, el Ministro de la Gobernación, oído el Real Consejo de Sanidad, presentará dentro de la corriente legislativa, ó en la próxima á más tardar, un proyecto de ley donde se determinen los deberes del Estado, las Diputaciones provinciales, los Ayuntamientos y los ciudadanos en lo que concierne á la extinción del paludismo.

Palacio del Senado 14 de Diciembre de 1899.—Alberto Bosch.—Julián Calleja.—Enrique Bushell.—El Marqués de Cervera.—Pedro Lavín.—Angel Fernández Caro. — Angel Pulido, Secretario.

productivo. De esto resulta un notable déficit económico, que reconoce por causa inmediata la desaparición de vidas humanas que no han terminado el período normal de su existencia, la disminución del consiguiente trabajo, y además las cuantiosas sumas que es necesario emplear en medidas preventivas y curativas de la enfermedad. No es posible calcular exactamente dichas pérdidas; pero para formarse idea de ellas, bastará saber que sólo la Compañía de ferrocarriles meridionales experimenta una pérdida de 1.050000 liras al año en 1400 kilómetros de vía férrea, servidos por 6416 empleados, resultando el gravamen á razón de 200 liras por empleado á consecuencia de la fiebre.

#### 6.º—Insalubridad y pérdidas de riqueza causadas por el arrastre fluvial de las inmundicias de las poblaciones que tienen red de cloacas.

No todo ha de ser tratar de aguas limpias, que también de las sucias que arrastran las inmundicias de las poblaciones hay que hablar, con el doble objeto de cortar las infecciones que causan y aprovechar la riqueza agrícola industrial que encierran.

Sabido es que varias enfermedades epidémicas, y especialmente el cólera y el tifo, se propagan con gran facilidad por medio del agua que contenga micro-organismos específicos de aquellas pestes, y por esto, con el régimen actualmente en uso para las aguas sucias de las poblaciones, una vez declarada una de aquellas epidemias en una de éstas, de la cual salga una corriente de agua que arrastre las inmundicias de la misma, es casi inevitable que se infesten las orillas y poblaciones próximas al curso de agua, más abajo que la primera infestada, y en dirección de la corriente.

Estas consideraciones han determinado el que en varios países extranjeros, y especialmente en Inglaterra, se hayan dictado leyes prohibiendo arrojar á los ríos y mares aguas ni líquidos que no posean grandes condiciones de pureza, de inocuidad y de salubridad.

¿Qué diferencia entre esto y lo que ocurre en España, donde, por ejemplo, sabido es el olor fétido y aspecto nauseabundo que las aguas del Manzanares tienen á su salida de Madrid, porque el contenido en materia orgánica se decuplica, y en nitrógeno amoniacal se aumenta en más de 3000 veces respecto á las cantidades que las mismas aguas

del río llevan antes de entrar en la corte, y esto con grave daño para la salubridad pública, sin que nadie trate de poner remedio!

La última epidemia colérica se agravó en Granada por efecto del modo especial de distribuirse allí las aguas potables á pesar de ser conocida la perniciosa influencia de la difusión de los gérmenes contenidos en las aguas fecales, pues cuando se ha producido alarma de epidemias en los alrededores de Madrid, se ha establecido una vigilancia especial en el río Lozoya, que surte de aguas á la población.

No obstante, las deyecciones y excrementos humanos son uno de los elementos más poderosos de fertilización para la agricultura, y por una de esas extrañas anomalías, mientras el agricultor deja empobrecer sus tierras, año tras año, por no restituirles los elementos nutritivos que las plantas sustraen, ó gasta sumas enormes para abonarlas, vemos desperdiciar las inmundicias de las poblaciones, con grave daño para la salubridad y para la riqueza pública.

Sistemáticamente, sólo en civilizaciones adelantadas y entre el pueblo chino desde tiempo inmemorial, se utilizan los excrementos humanos como abono agrícola, y el gran químico Liebig explica la producción agrícola china conservada á través de muchos siglos de intenso cultivo, por el cuidado con que los habitantes del Celeste imperio, procuran devolver á la tierra todos los elementos extraídos de ella, por la vegetación.

Grandeau, Director de la Estación agronómica del Este de Francia, calcula el valor de las deyecciones humanas, por cabeza y año, del modo siguiente:

|                                                             | Quilogramos | Precio del kilogramo. | Total en francos. |
|-------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------|
| <b>SÓLIDOS</b>                                              |             |                       |                   |
| 48 quilogramos 5 gramos, conteniendo...                     |             |                       |                   |
| (Potasa.....)                                               | 4'040       | 2'50                  | 2'52              |
| (Acido fosfórico...)                                        | 0'493       | 0'80                  | 0'39              |
| (Nitrógeno.....)                                            | 0'171       | 0'70                  | 0'12              |
| <b>LÍQUIDOS</b>                                             |             |                       |                   |
| 138 quilogramos 8 gramos, conteniendo...                    |             |                       |                   |
| (Nitrógeno.....)                                            | 4'400       | 2'50                  | 11'00             |
| (Acido fosfórico...)                                        | 0'650       | 0'80                  | 0'52              |
| (Potasa.....)                                               | 0'835       | 0'70                  | 0'58              |
| <i>Valor total de los excrementos por cabeza y año.....</i> |             |                       | 15'13             |

Aunque se reduzca á 10 pesetas por habitante y año el valor de las deyecciones perdidas para la agricultura y empleadas en infestar los ríos, en consideración á que la alimentación en España, como país cálido, sea más escasa que en el que ha servido de base de cálculo al experimentador, resulta que sólo en las poblaciones que exceden de 20000 habitantes en España, y en las capitales de provincia que no llegan á 20000 habitantes, se pierden anualmente la cantidad que más abajo se calcula.

**Poblaciones de más de 20000 habitantes, según el censo de 31 de Diciembre de 1897.**

|                           | Número de habitantes. |                           | Número de habitantes. |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| Madrid.....               | 512150                | Elche.....                | 27975                 |
| Barcelona.....            | 509589                | Orihuela.....             | 26954                 |
| Valencia.....             | 204748                | Reus.....                 | 26752                 |
| Sevilla.....              | 146205                | Jaén.....                 | 25929                 |
| Málaga.....               | 125579                | Lugo.....                 | 25568                 |
| Murcia.....               | 108408                | Tarragona.....            | 25358                 |
| Zaragoza.....             | 98488                 | Manresa.....              | 25121                 |
| Cartagena.....            | 86245                 | El Ferrol.....            | 24957                 |
| Bilbao.....               | 74093                 | La Estrada.....           | 24700                 |
| Cádiz.....                | 70177                 | Antequera.....            | 24344                 |
| Valladolid.....           | 68746                 | Santiago.....             | 24335                 |
| Palma de Mallorca.....    | 62525                 | Salamanca.....            | 24156                 |
| Jerez de la Frontera..... | 60004                 | Ecija.....                | 23992                 |
| Lorca.....                | 59624                 | Toledo.....               | 23465                 |
| Córdoba.....              | 57343                 | Vélez-Málaga.....         | 23453                 |
| Santander.....            | 50640                 | Sanlúcar de Barrameda...  | 23377                 |
| Alicante.....             | 49463                 | Tortosa.....              | 23302                 |
| Almería.....              | 46806                 | Valdés.....               | 23194                 |
| Oviedo.....               | 46376                 | Sabadell.....             | 23044                 |
| Gijón.....                | 43392                 | Cangas de Tineo.....      | 22577                 |
| Coruña.....               | 40504                 | Siero.....                | 22456                 |
| San Sebastián.....        | 35975                 | Tineo.....                | 22233                 |
| Linares (Jaén).....       | 35233                 | La Unión (Murcia).....    | 21594                 |
| Las Palmas (Canarias)...  | 34770                 | Lérida.....               | 21337                 |
| Santa Cruz de Tenerife... | 33421                 | Lucena.....               | 21087                 |
| Castellón de la Plana.... | 31272                 | Villaviciosa.....         | 20995                 |
| Burgos.....               | 30856                 | Puerto de Santa María.... | 20630                 |
| Vitoria.....              | 30514                 | Cuevas de Vera (Almería). | 20344                 |
| Pamplona.....             | 29753                 | La Línea (Cádiz).....     | 20249                 |
| San Fernando (Cádiz)....  | 28951                 | Ubeda.....                | 20026                 |
| Badajoz.....              | 28912                 |                           |                       |
|                           |                       | <b>TOTAL.....</b>         | <b>3.543927</b>       |

Capitales de provincia que tienen menos de 20000 habitantes, según el mismo censo de 1897.

|                    | Número de habitantes. |                   | Número de habitantes. |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| Avila.....         | 44742                 | Logroño.....      | 49475                 |
| Cáceres.....       | 45433                 | Orense.....       | 45250                 |
| Ciudad Real.....   | 44769                 | Palencia.....     | 46498                 |
| Cuenca.....        | 40946                 | Pontevedra.....   | 49986                 |
| Gerona.....        | 46084                 | Segovia.....      | 44738                 |
| Guadalajara.....   | 44522                 | Soria.....        | 7200                  |
| San Sebastián..... | 49686                 | Teruel.....       | 9938                  |
| Huesca.....        | 42264                 | Zamora.....       | 46453                 |
| León.....          | 45300                 |                   |                       |
|                    |                       | <b>TOTAL.....</b> | <b>246842</b>         |

EN JUNTO

|                                                                | Habitantes.     |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|
| Poblaciones de más de 20000 habitantes.....                    | 5.545927        |
| Capitales de provincia que no llegaron á 20000 habitantes..... | 246842          |
| <i>Suma.....</i>                                               | <b>5.790769</b> |

Teniendo en cuenta que ésta no es más que la sexta parte de la población total, no es exagerado admitir una

**pérdida anual en pesetas de 40.000000.**

No solamente se pierde en España el valor fertilizante de las aguas sucias, sino que de Extremadura se arrancan anualmente y exportan al extranjero cerca de 200000 toneladas de fosforita ó más de 60000 de ácido fosfórico, que representan (al contenido de 0'011) 5.454540 toneladas de trigo, esto es, unas 152.000000 de fanegas, que valen por lo menos

**264 millones de pesetas cada año (1).**

(1) Véase la *Memoria geológica de la provincia de Cuenca*, por D. Daniel de Cortázar, pág. 270.

RESUMEN

Puede estimarse que la riqueza no aprovechada anualmente en España, además de las muchas vidas sacrificadas con las enfermedades infecciosas debidas al paludismo y á la impurificación de las aguas de los ríos, representa mas de

|                                                              | Pesetas anuales. |
|--------------------------------------------------------------|------------------|
| Pérdida para la agricultura.....                             | 10000.000000     |
| Pérdida para la industria.....                               | 1200.000000      |
| Derrubios é inundaciones.....                                | 125.000000       |
| Jornales perdidos por causa del paludismo, á una peseta..... | 40.000000        |
| Valor fertilizante de las aguas sucias.....                  | 40.000000        |
| Idem de la explotación de fosfatos.....                      | 260.000000       |

**Total anual en pesetas..... 11665.000000**

Para darse cuenta de la inmensidad de esta cifra y del amplisimo campo en que la riqueza pública y privada de España puede desarrollarse y aumentarse, basta tener presente que, según el Sr. Cortázar en la citada *Memoria*, el capital agrícola y forestal de España (Península) excede poco de 8000 millones de pesetas, y toda la propiedad rústica y urbana, incluyendo caminos, minas, etc., es de unos 20000 millones de pesetas.

## SEGUNDA PARTE

### PLAN DE OBRAS Y REFORMAS NECESARIAS

PARA COMBATIR LOS DEFECTOS  
DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL DE ESPAÑA, MEJORA DEL SUELO  
Y SANEAMIENTO RURAL Y URBANO

#### I

#### BASES PARA LA FORMACIÓN DEL PLAN

Se ha visto en la primera parte de esta obra <sup>(1)</sup>, como conclusiones de las diferentes cuestiones tratadas, que el total del agua llovida en todo el mundo en un periodo suficientemente largo de tiempo, es igual al de la evaporada en el mismo periodo; que la lluvia media anual en la parte central de la Península ibérica es 510 milímetros; que la lluvia es un fenómeno extraordinariamente irregular considerado en cortos periodos de tiempo, pero de cantidad sensiblemente constante considerado en periodos de más de diez años, y que vencidos los inconvenientes de las irregularidades en un largo periodo de tiempo, se puede estar seguro de que en España no faltará agua para la buena explotación agrícola; que la evaporación es tanto más temible cuanto más escasa y más necesaria es el agua; que la fuerte evaporación producida durante el verano en nuestro país es el mayor inconveniente que se presenta para el aprovechamiento del agua, hasta el punto de que, á pesar de sus velocidades torrenciales y de la escasa proporción que penetra en el terreno las pérdidas de agua en España por curso torrencial y por evaporación representan más del 80 por 100 del agua llovida, de las cuales la mayor parte se producen por evaporación y que en menos de una semana van á parar al mar todas las aguas de las crecidas de nuestros ríos.

(1) Págs. 4, 52, 73, 88, 96 103, 120, 122, 123 y 153.

También se ha consignado que, si bien el agua penetra difícilmente en la actualidad en la tierra, al estado natural, por causa de la rapidez con que las corrientes superficiales y la evaporación se disputan su presa, la que penetra en un solo día necesita mil para descender verticalmente un metro, siguiendo un terreno poroso que tenga una pendiente de conjunto de un milímetro por metro, y que en la práctica el agua que llega á penetrar en el terreno, no sólo está exenta de la pérdida por evaporación, sino que busca su salida al exterior con tal lentitud, que produce manantiales de régimen permanentes, ó de mayor caudal en verano que en invierno, ó camina tan despacio en busca del Océano, que puede considerarse como estacionaria y embalsada en el mismo terreno, sin que para ello hayan de prepararse enormes capacidades ni cóncavos subterráneos; que el enriquecimiento que representa lo que hoy se pierde por causa del defectuoso régimen hidrológico natural de España, asciende á una cantidad fabulosa y que la formación artificial de corrientes subterráneas, promete á la nación un éxito maravilloso.

Conocidos estos antecedentes y establecidas estas conclusiones, bien fundamentadas en hechos y observaciones experimentales, fácilmente puede ya proyectarse lo necesario para conseguir el objeto de esta obra, que consiste en proponer un plan general de mejora del régimen hidrológico de España, con el aprovechamiento de las aguas y de la fuerza hidráulica, mejora de su suelo, saneamiento del campo, aprovechamiento higiénico de las aguas fecales, todo seguido de algunas indicaciones sobre las medidas administrativas y legislativas necesarias para conseguir el resultado apetecido.

## II

### NECESIDAD DE DETENER EL AGUA DE LLUVIA

#### SUSTRAYÉNDOLA DE LA EVAPORACIÓN Y DEL ESTANCAMIENTO.

Sin humedad, sin agua, no hay agricultura posible, y apartándose de las costas, la mayor parte del territorio de la Península es árido, seco y poco productivo, por falta de agua.

Sin agua no hay industria, ni aseo, ni higiene, ni vida posible, y son muchos en nuestra patria los pueblos escasos de aquella y las regiones donde no hay pueblos por falta de agua.

Suprimida el agua, queda extinguida la vida, y con ella todas sus manifestaciones; y, aunque sólo disminuya, á compás menguan la fuerza individual y nacional, y hasta los ideales religiosos y políticos, porque disminuyen progresivamente las condiciones de vida y sus manifestaciones.

Sin agua no se concibe más que la muerte; pero con agua desigual é irregularmente circulante por ríos y arroyos, no sólo no obtiene la agricultura el producto que de ella debiera, sino que se perjudica, y es además imposible, ó difícilísimo é ineficaz, el aprovechamiento de los innumerables saltos de agua, que en un país de topografía tan quebrada como la de España, podrían dar alimento á multitud de motores aprovechables.

España, ya queda expuesto, es un país en que se pierde la mayor parte del agua por evaporación y el resto por curso torrencial, durante cortas temporadas, y, sin embargo, podría tener agua en cantidad suficiente y corriente con bastante más regularidad que en la actualidad; pero no solamente haciendo canales y pantanos, que de nada sirven cuando falta el agua que ha de llenarlos, sino aprovechando y deteniendo la de lluvia, que hoy no sólo se pierde casi inútilmente en su mayor parte, sino que, como ya se ha dicho, se emplea, sin intervención de nadie y con desconocimiento de mucha gente, en empobrecer el suelo, arrastrar la tierra vegetal, las substancias solubles contenidas en ella y los abonos que tan necesarios son para la agricultura.

Se habla con frecuencia del modo de enriquecer la tierra, sin reparar que sería más racional y conveniente evitar su empobrecimiento.

El país que tuviese los mejores terrenos del mundo, sometido al régimen hidrológico y con las pendientes y el relieve que tiene España, concluiría, á consecuencia del *lavado secular* á que nuestras tierras están sometidas, por empobrecerse y esterilizarse completamente.

Si los llanos de ambas Castillas y nuestras sierras del interior tuviesen la humedad y frondosidad que las provincias del litoral cantábrico y que las vegas de Granada, Murcia, Valencia, Sevilla y Málaga, sería verdad la ilusión de que España es un país de suelo privilegiado, como seguramente lo ha sido en otros tiempos y puede de nuevo volverlo á ser; pero hoy la triste realidad dista, desgraciadamente, mucho de tan halagüeña ilusión.

Estamos cansados de oír decir y de leer que hacen falta canales de riego y de navegación, pantanos y alumbramientos de aguas; pero vuelvo á repetir que lo que hace falta aquí, antes que canales, panta-



nos y alumbramientos de agua, es tener ésta empapando nuestras montañas y corriendo en nuestros arroyos y ríos, y esto puede conseguirse *deteniéndola* en los mismos parajes en que las lluvias caen y *haciéndola infiltrar* en el terreno; con lo cual se obtendría además la importante ventaja de evitar que las aguas torrenciales—que son casi todas las corrientes en España—arrastrasen la tierra vegetal y los elementos solubles, mantillo, sales, etc., que son indispensables en ella para la vida vegetal.

Una lluvia, como hay á veces en España, que en pocas horas arroja una capa de agua de 80 ó más milímetros de altura sobre la cuenca de un río de curso torrencial y de extensión de 15000 (1) quilómetros cuadrados, podría detenerse en la misma región con un conjunto de obras repartidas convenientemente, y que, sin daños apreciables, acumulase, dejando en depósito, los 1200.000000 de metros cúbicos de agua que, siguiendo el estado en que actualmente se hallan nuestros campos, todo lo arrastrarían, invadirán y destruirán inevitablemente; pues es claro que como el agua de lluvia torrencial procede de 8 ó 10000 metros de altura, al caer sobre un terreno seco, desprovisto de vegetación y pendiente, antes de llegar á empapar el suelo, sacude, levanta y arrolla la tierra más fina, la mejor dispuesta para las labores agrícolas y poco más tarde acarrea también la tierra gruesa y los cantos menudos, con que se acrecientan rápidamente los torrentes, se ciegan los cauces de los ríos y la cavidad de los embalses en ellos

(1) Superficies en quilómetros cuadrados de las cuencas de los principales ríos de España.

| RÍOS                 | SUPERFICIE SEGÚN |          |
|----------------------|------------------|----------|
|                      | Réclus.          | Botella. |
| Duero.....           | 100000           | »        |
| Duero y Mondego..... | »                | 413059   |
| Tajo.....            | 75000            | 84000    |
| Ebro.....            | 65000            | 86000    |
| Guadiana.....        | 60000            | 68400    |
| Guadalquivir.....    | 55000            | 64500    |
| Miño y Sil.....      | 25000            | 22500    |
| Segura.....          | 22000            | »        |
| Mundo y Segura.....  | »                | 27400    |
| Júcar.....           | 15000            | »        |
| Júcar y Turia.....   | »                | 38000    |

practicados artificialmente, y se lleva por delante árboles, puentes, casas y cuanto encuentra á su paso en las vegas y valles, produciendo terribles inundaciones, y conduciendo al mar todo ello, hasta que, una vez pasada la lluvia, la abundante y rápida evaporación que en nuestro país se produce, deja el terreno completamente *seco* y *lavado*; es decir, en las peores condiciones imaginables para la agricultura en todas sus formas y manifestaciones y pésimamente dispuesto para recibir nuevas lluvias, que agravan de día en día el mal. Y como esto se viene repitiendo por años y por siglos, y además las materias fertilizantes que extraen de la tierra las plantas no vuelven á ellas, sino que *son arrojadas insensatamente, como inmundicias*, á los ríos que las conducen al mar, no es extraño que nuestras montañas sean en gran parte de rocas peladas, nuestras tierras áridas, *cansadas* y estériles, nuestros ríos escasos de agua, nuestros pueblos sedientos y nuestros campesinos poco aseados en algunas comarcas (1).

Por esto la lluvia, que debiera ser un beneficio celestial cayendo en terrenos bien preparados para recibirla y retenerla, cuando cae en las condiciones dichas sobre terrenos montuosos, secos, desprovistos de vegetación y sin preparación de ningún género, es como el infierno—conjunto de todos los males sin mezcla de bien alguno;—mientras que si aquélla quedase retenida inmediatamente sobre el mismo terreno en que cae, y antes de engrosar los torrentes, arroyos y ríos, se facilitara su infiltración en el terreno, quedarían húmedas las montañas por la enorme cantidad de agua que, como se ha visto en la pág. 111, pueden absorber las rocas y por la que penetraría en las fisuras y cavidades del suelo; correrían todo el año los manantiales, arroyos y ríos; disminuiría el paludismo; la tierra vegetal aumentaría continuamente por la descomposición lenta de las rocas; se evitarían las inundaciones, que tantos estragos causan; la vegetación de todas clases, árboles, cereales y pastos abundaría, dando grandes utilidades á los propietarios de las tierras altas; se evitarían enormes perjuicios á los de las bajas; podrían instalarse y multiplicarse por todas partes motores hidráulicos; y el Estado acrecería grandemente sus ingresos, por el incremento del importe de las contribuciones, sin necesidad de recargar el tipo contributivo, en vez de producirse el espectáculo (cuando llega una de estas catástrofes), de desatarse las lenguas y periódicos en lamentaciones inútiles, remediando lo me-

(1) Véanse los trabajos de los Sres. Benot, Mallada, Montenegro y otros.

nos mal que se puede los daños, concluyendo la campaña con esperar tranquilamente á que venga otra inundación.

¿Acaso es posible evitar los daños actuales ni tal vez disminuirlos de un modo sensible y regularizar el régimen hidrológico del país? se preguntará. Indudablemente que es posible, y la empresa, aunque difícil, no lo es tanto ni tan costosa que no pueda compensar con creces los gastos y los esfuerzos que para realizarla son indispensables.

Para conseguir la regularización del régimen hidrológico y evitar las pérdidas considerables de agua por curso torrencial y evaporación, es indispensable *detener* el agua de lluvia en el mismo sitio en que cae ó con el menor curso posible (sustrayéndola á la evaporación), ya en balsas superficiales, ó haciéndola penetrar en el terreno, cuyas rocas son susceptibles (como se vió en el cap. X, pág. 111) de absorber grandes cantidades de agua.

En un país tan montuoso y de altitud tan elevada como España, y en que además la lluvia no es escasa, aunque sí irregular y torrencial (con especialidad en el centro del territorio), tiene grandísima importancia el detener el mayor tiempo posible las aguas de lluvia en el mismo terreno en que caen, dando lugar á que éste se impregne de humedad abundante, no en los terrenos bajos, donde frecuentemente perjudica el exceso de ella, sino en los altos y montañosos, es decir, precisamente en aquéllos donde más difícil es su retención y de donde han de surgir más adelante los veneros y manantiales que han de devolver á los arroyos y ríos lenta, pero seguidamente, el agua caída en pocas horas, pero con largos intervalos de tiempo.

El plan á que debe obedecer el conjunto de obras superficiales y subterráneas necesarias para el objeto, ha de responder al principio de *hacer*, **CON EL MENOR GASTO POSIBLE DE TIEMPO Y DE DINERO, tanto más eficaz la detención é infiltración de las aguas de lluvia en el terreno, cuanto más elevados, escarpados y secos sean los parajes, y facilitar la salida de aquéllas en los bajos y pantanosos.**

Para obtener tan importantes resultados, basta repoblar de árboles y arbustos los montes, donde falten y sean convenientes; labrar la tierra por surcos horizontales; plantar bardales á lo largo de las curvas de nivel del terreno; ejecutar zanjas, muretes y bancales en las laderas de las montañas; establecer obstáculos, ya por medio de líneas de árboles, ó de otra manera, á los vientos secos estacionales; construir presas en seco en los orígenes de los cauces; hacer plantaciones en las márgenes de los arroyos; construir muros de estrecha-

miento en los barrancos más altos; adicionar substancias higroscópicas á las tierras que las necesiten; disponer embalses pequeños y grandes al descubierto, ya en los valles de los ríos ó fuera de ellos; excavar pozos, cisternas y galerías subterráneas en las cumbres de las colinas y montes, y en los bordes de los barrancos; utilizar también como depósitos de agua las cavernas naturales, las fallas y las antiguas minas; limpiar y encauzar arroyos, ríos y ramblas; desviar de unas cuencas á otras las corrientes torrenciales; derivar canales de los cursos de agua permanentes; hacer alumbramientos de aguas subterráneas, ya por medio de pozos ordinarios y elevaciones mecánicas, perforando pozos artesianos, ó por alumbramientos de pie á favor de galerías, presas enterradas ó avenamientos; verificar elevaciones de las aguas de los ríos; desecar lagunas y pantanos; formar y aprovechar multitud de saltos de agua, y, en general, construir toda clase de obras y ejecutar los trabajos que tengan por objeto proporcionar agua allí donde hace falta, sustraerla de la acción de la evaporación en cuanto sea posible, y dar salida hasta los cauces de los ríos y arroyos á la que perjudica, saneando los lugares bajos y encharcados, aprovechando siempre la fuerza hidráulica é impidiendo que lleguen á los ríos las inmundicias de las poblaciones, utilizándolas y purificándolas antes, y mejorando la composición de las tierras siempre que sea necesario.

Todas estas obras deberán ejecutarse con arreglo á tres principios:

1.º Sujetar, detener y hacer infiltrar en el terreno, lo más prontamente posible, el agua de lluvia caída en los parajes elevados.

2.º Almacenar, regularizar, descubrir y distribuir las aguas en los parajes de altitud media.

Y 3.º Desecar, sanear y facilitar la salida de las aguas en los parajes bajos, encharcados ó pantanosos.

Conseguido lo anteriormente propuesto, se obtendrán los resultados siguientes:

1.º Sustraídas las aguas de lluvia prontamente de la superficie del terreno, quedarán preservadas de la enorme pérdida producida por la evaporación y por el curso torrencial.

2.º Empapada el agua en el terreno, quedará éste húmedo y dispuesto para mantener la vegetación lozana, aunque falten lluvias y riegos, y se sostendrán largo tiempo corriendo las fuentes y manantiales de los lugares más bajos, aun en las épocas de sequía.

3.º Detenidas las aguas *in situ* en los parajes elevados, se evita-

rá el arrastre lento y continuo de las tierras y los estragos producidos por las inundaciones.

4.° Se regularizarán extraordinariamente las corrientes de los ríos, puesto que el agua que penetra en el terreno jamás es perdida, porque ó puede sacarse al exterior tanto más fácilmente cuanto más superficial se halle, ó surge naturalmente en las fuentes y manantiales que dan alimento á los arroyos y ríos. Y como estas fuentes naturales son de régimen más constante que las corrientes superficiales, y cuando sufren disminución en su caudal, esta disminución experimenta un retraso que puede ser de varios meses después de cesar las lluvias, permiten que los ríos, de donde los canales se han de derivar, aumenten sus aguas en los meses menos lluviosos, haciendo posible la utilización de sus aguas para el riego y fuerza motriz en proporción muy superior á la actual.

5.° Se ganará para la agricultura gran parte del terreno que ocupan las ramblas.

6.° Se reducirá el costo de las obras de los puentes.

7.° Se harán útiles y saludables muchos parajes hoy casi inhabitables por efecto del paludismo, y podrán aprovecharse terrenos actualmente improductivos, por exceso de humedad ó mala calidad de la tierra.

En resumen: aunque los lectores lo habrán comprendido perfectamente, conviene hacer constar que no hay que confundir la detención y la infiltración del agua con su estancamiento en sitios determinados, donde la inamovilidad del agua causa la putrefacción, por falta de oxígeno, de las materias orgánicas, y por esto lo que se necesita es sustituir el movimiento irregular y torrencial por el lento y regularizado á medida de las necesidades, con lo cual, disminuidas considerablemente las pérdidas de agua por evaporación y por curso torrencial, se regularizarán los cursos de los ríos, haciendo que la mayor parte del agua se aproveche en riegos ó suministro de potencia hidráulica; los arrastres de tierras y las inundaciones desaparecerán, el paludismo disminuirá, la salubridad de las aguas potables mejorará, y á las tierras serán restituidas las materias fertilizantes que el cultivo les arrebató; siendo consolador pensar que con sólo aprovechar tanta riqueza perdida, el país se saneará y heroseará extraordinariamente, como lo permiten su altitud, su buena latitud geográfica, su circuito de mares, y su cielo y su sol, más espléndidos que en ningún otro país de Europa.

Para realizar este plan colosal y magnífico, más fácil de ejecutar que de imaginar (por grandes que sean los obstáculos que haya que vencer), es necesario el concurso de muchas iniciativas é inteligencias que, obedeciendo á un mismo fin, se dividan el trabajo geológico, agrícola y de ingeniería en todas sus ramificaciones, así como el concurso de las Cortes, para la labor de reformas legislativas también indispensables, á fin de aplicar á cada cuenca y paraje los medios más adecuados para alcanzar el objeto deseado, cuyo planteamiento y el estudio de todas las cuestiones con él relacionadas, así como su completo desarrollo, exigirá un trabajo extensísimo y extraordinariamente variado.

Pero persistiendo en la indole del presente trabajo, que es de iniciación, de preparación y de propaganda de tan importantes ideas y demostración de su utilidad y posibilidad, paso á exponer muy brevemente, y por el orden en que han sido enumeradas, las obras y labores que hay que ejecutar en España para conseguir el fin que persigo en este libro.

### III

#### MONTES

La falsa opinión (que para muchos es un axioma) de que la propiedad de la tierra permite al propietario disponer de ella y de sus frutos á su antojo (lo que nunca ha ocurrido ni ocurrirá), basada antes en el poder absoluto de los reyes y señores, y después en principios de libertad individual igualmente omnimoda, y la venta por el Estado de los montes á precios tan reducidos que muchas veces no excedieron del valor de la renta en un año, han dado lugar en España á que desde largo tiempo, y especialmente en este siglo después de la desamortización, se haya dedicado todo el mundo, así los particulares como los pueblos y el Estado, á destruir nuestros montes por diferentes y variados procedimientos. Labor verdaderamente asombrosa y admirable por lo insensata—que también lo malo es admirable á su modo,—y destrucción que es sólo comparable á la conducta del pródigo que se dedica á derrochar, en pocos meses, la fortuna acumulada por sus mayores en muchos años de actividad y economía.

El extenso y hermoso valle de la Alcodia, situado entre Ciudad Real y Jaén, estaba hace pocos años poblado por magníficos encina-

res. Muchos de sus quintos fueron vendidos á plazos y á compradores, algunos de los cuales tuvieron que tomar dinero á préstamo para pagar al principio. Con el producto del carboneo, á razón de *dos cuartos* (moneda antigua) *la arroba* de leña, se pagaron los plazos que estaban en descubierto, los préstamos y sus intereses, quedando al fin los nuevos propietarios dueños de extensos terrenos, pero empobrecidos, mal dispuestos para las labores agrícolas y en las condiciones deplorables de régimen hidrológico anteriormente explicadas.

Cito este caso, no porque sea único ni especial, sino para demostrar que no hablo por referencia, sino por propio y directo conocimiento adquirido sobre el terreno; y lo mismo, poco más ó menos, ha ocurrido en todas partes donde había montes que se han enajenado.

Las ventajas que proporcionan los montes en los parajes apropiados para ellos, son:

- 1.º La madera, leña ó carbón, y á veces resinas.
- 2.º Los pastos.
- 3.º El benéfico influjo en las lluvias que á los terrenos arbolados atribuyen algunos agrónomos y forestales como Mathieu, el cual cree que en una región de bosque llueve 6 por 100 más que si no existiesen los árboles, lo que puede tal vez ser cierto, y tiene la explicación de que es posible que al contacto de las ramas de los árboles se rompan las vesículas de las nubes bajas, empujadas por el viento.
- 4.º El interceptar y detener con las copas de los árboles del 8 al 25 por 100 de la cantidad de agua caída en forma de lluvia, y evitar que ésta, al descender á veces de 8 á 10000 metros de altura, sacuda y arrastre la tierra seca, para llevársela después mojada, efecto muy variable, puesto que la cantidad de agua de lluvia interceptada por las copas de los árboles tiene necesariamente que ser dependiente del espesor del bosque, de la clase del ramaje y de la forma en que caiga la lluvia, mansa ó torrencialmente; pues según el Profesor alemán de Meteorología, Krutzsch, de las *lluvias menudas* del alto Erzgebirge sólo llega al suelo el 25 por 100 del agua vertida por las nubes, mientras que con lluvias torrenciales y bosques ralos, la proporción de agua interceptada por los árboles, es casi insignificante.
- 5.º Cambiar la temperatura del terreno, pues en el bosque es más baja en el verano y templada en invierno.
- 6.º Disminuir la evaporación en la superficie del suelo, que es menor de tres á cuatro veces en invierno, y hasta siete en verano, en el bosque que fuera de él, y contribuir á condensar el rocío; aun cuan-

do hay en el bosque una causa de pérdida de agua que no existe fuera de él, y que consiste en la evaporación producida por las hojas de los árboles, muy variable con las especies, y que se ha observado en los pinos y otros de maderas resinosas, ser la décima parte de la producida por árboles de hojas anchas y caducas, como se dijo en la pág. 86.

7.º El mantillo que siempre hay en el bosque retiene una cantidad de agua doble de su propio peso, llegando á absorber una hectárea de bosque hasta 15000 metros cúbicos de agua, quedando en la tierra vegetal detenido el 85 por 100 de la lluvia que no es interceptada por las hojas de los árboles, pues el mantillo formado por la descomposición de la vegetación leñosa y por los elementos minerales que van dejando las hojas, ramillas y ramas, puede alcanzar, en montes bien cuidados, un metro de espesor, que, como se vió en la pág. 113, puede absorber 1'90 de su peso de agua. Esta y la restante, en las grandes lluvias, resbalan lentamente ó penetran en la tierra ó en la roca del subsuelo <sup>(1)</sup>, alimentando las fuentes y regularizando el curso de los ríos, hacia los cuales van marchando, en varios meses de viaje, manteniendo entre tanto la humedad del terreno.

8.º La humedad, el mantillo, el césped y las raicillas sostienen la tierra vegetal en su sitio, contribuyendo esto á favorecer la absorción de la lluvia por el terreno.

9.º Efecto de lo anterior es que la tierra conserve constantemente más fresca bajo los árboles, y como la que proviene de la infiltración en grandes extensiones de terreno mantiene los manantiales, se producen con la humedad del monte dos beneficios: pastos en él y agua en las fuentes y arroyos.

10. Los bosques son en general saludables y se ha aconsejado la plantación de árboles de muy rápido crecimiento, con especialidad los eucaliptos, entre otras ocasiones, en las localidades palúdicas, para combatir las fiebres; no obstante que se ha puesto en duda últimamente su beneficioso influjo á consecuencia de las nuevas investigaciones sobre esta enfermedad infecciosa.

11. Parecen ser muy eficaces para contener los aludes de nieve en los sitios en que son temibles.

(1) La tierra vegetal puede absorber de 0'6 á 0'9 de su peso de agua. En cuanto á la absorción de agua por las diversas rocas, véase el cuadro de la pág. 114.

12. Son compatibles con los embalses subterráneos que más adelante se describirán, y aun favorécese mutuamente ambos sistemas de defensas contra los defectos del actual régimen hidrológico de España.

15. La mayor ventaja de los bosques es la subdivisión y difusión de los efectos del agua, así como lo permanente de la influencia de aquélla en los parajes que éstos ocupan.

Por todas las razones dichas, en los países en que se reconocen estas ventajas, y en que se saben apreciar, ordenar y dirigir las cosas de interés general, se concede gran importancia á la conservación y á la repoblación de los montes. Así lo practican Alemania, Suiza y otros países, y Francia, en los últimos treinta años, ha repoblado 300000 hectáreas de bosque, mientras que en España los montes públicos son una de las presas que la política suele entregar á la voracidad de los partidos.

Pero la repoblación forestal, como todas las cosas, hay que dirigirla, no sólo con la *ciencia*, que está reconocida en nuestro personal técnico, sino con *buen sentido*, que ha escaseado más entre los que hasta aquí han tratado desde los altos cargos políticos y administrativos de esta cuestión y de la venta de montes, que la ciencia entre los ingenieros.

Digo lo anterior porque cuando se habla de repoblar montes es frecuente la proposición de sustituir directamente las especies arbóreas desaparecidas, de un lugar, por otra generación de las mismas, aunque sean de crecimiento muy lento ó de difícil arraigo, como, por ejemplo, el roble, la encina ó el pino, en contra de lo que entienden conmigo personas de talento y competencia, que piensan por el contrario, que, á reserva de cambiar paulatinamente más tarde las especies arbóreas, debiera tratarse de hacer las repoblaciones, *por el pronto*, con especies fácilmente vivaces; y cuando el terreno sea suficientemente húmedo y suelto, con especies de crecimiento rápido <sup>(1)</sup>, como el eucalipto, las welingtonias, el monte bajo ó cualquier plantación que, en el terreno que se deba repoblar, cumpla con las condiciones dichas.

Al amparo de estas vegetaciones, que pueden ser simples matorra-

(1) Como ejemplo de crecimiento rápido pueden citarse eucaliptos de siembra en Galicia que en nueve años alcanzaron 30 metros de altura y dos de circunferencia en el tronco.

les, muchas veces, se plantarían otras de desarrollo más lento y difícil, á medida que hubiera adquirido desarrollo y protección al terreno.

El precio de repoblación por hectárea, en Francia, durante los últimos años, según el Sr. D. Esteban Nagusia, Inspector general de Montes, fué de 125 pesetas.

Pero si los montes son útiles y convenientes en circunstancias y parajes determinados, no hay que exagerar su importancia, por las razones dichas en la pág. 72, ni esperar que la repoblación alcance extraordinarias proporciones, ni que concluya por sí sola con los males presentes.

Además presentan los montes las siguientes desventajas:

Los efectos de la repoblación tienen que ser lentos, y además limitados á muy reducidas extensiones superficiales, so pena de disputar campos á la agricultura; siendo de advertir que, según algunos observadores, las raíces de los árboles, en vez de hacer poroso el terreno, lo comprimen y endurecen.

Si la evaporación debajo de los árboles disminuye, en cambio, sus raíces extraen el agua de la tierra y las hojas la evaporan en la atmósfera, sin lo cual no vivirían y crecerían, ni darían el resultado de sanear los terrenos húmedos y pantanosos, como lo hacen con tanta más eficacia cuanto su follaje es de mayor superficie evaporante.

Cuando un terreno es susceptible de una buena explotación agrícola ó de una buena explotación forestal, á voluntad del agricultor, siempre es más productiva la primera que la segunda é inmoviliza menor capital. Sin embargo, cuando el terreno no es propio para la agricultura, es insensato extinguir la riqueza forestal á cambio del producto de un descuaje y un par de buenas ó medianas cosechas, y debe limitarse en este punto la libertad individual de los propietarios en la forma que se dirá al final de esta obra.

Los efectos de los montes, aunque difundidos, sólo alcanzan á evitar las irregularidades pequeñas ó lentas en producirse; pero no las grandes, muy prolongadas ó repentinas. ¿Qué bosque ni qué encespedamiento sería susceptible de detener y de impedir los estragos de las lluvias torrenciales de medio metro y más de altura á que se hace alusión en la pág. 8 de esta obra?

Dice el Dr. Hauser en su excelente estudio médico-topográfico de Sevilla (pág. 15):

«Sin poder negar la importancia que tiene para la temperatura de una comarca la abundancia más ó menos grande de la vegetación,

asi como la existencia de bosques en las faldas de las montañas, creo más lógico y más conforme con las leyes de la naturaleza, admitir que ni la falta de arbolado puede producir las inundaciones ni su existencia impedir las; pues las lluvias en toda Andalucía obedecen á causas cósmicas, generales y múltiples, entre otras la procedencia de los vientos, que si soplan de la zona tórrida, del *Gulf-Stream*, donde la evaporación es inmensa, forman borrascas, ciclones ó tempestades que, impelidas por los vientos SO. y S., alcanzan á las regiones meridionales, y no pueden ser modificadas en sus efectos por causas locales. Lo mismo se puede decir de las inundaciones: éstas llegan periódicamente á Sevilla bajo la concurrencia de lluvias prolongadas, con SO., que impiden que el río pueda vaciarse con la misma rapidez que se llena.»

Y también el Sr. Rico dice en la pág. 380 de su Memoria:

«Que nuestro clima y los accidentes meteorológicos favorecieron en otros tiempos y favorecerian hoy, en el clima penibético, el crecimiento de la vegetación arbórea, es un hecho positivo bien demostrado; pero que la falta de bosques ha cambiado el clima, es una opinión no demostrada.»

Conviene tener presente una observación demasiado conocida para que yo la presente como descubrimiento, aunque creo que es la clave del problema de la conservación, de repoblación de los montes y de su desaparición, y es que: unos terrenos son propios para huerta, otros para cereales, algunos para pastos y prados artificiales, y ciertos para montes; los cuales, aunque sean improductivos, contribuyen de un modo indirecto, pero eficaz, á que produzcan los demás cultivos; así como las carreteras, los caminos de hierro, y á veces los canales y pantanos, no siempre son empresas productivas directamente, pero sin ellas decrecería la producción en otros ramos.

Pueden ser útiles los montes en las tierras altas, pedregosas y secas, de difíciles comunicaciones, y en las laderas demasiado pendientes para dedicarlas á la agricultura, además de la vid y el olivo, tan generalizados en España; así como el cultivo de la higuera, el algarrobo, el nogal y el castaño, no tan abundantes, como lo son el manzano en las provincias del Norte y el almendro en las del Mediodía, y en muchas ocasiones pueden ser preferibles estas especies arbóreas ó las simplemente maderables, que se suelen preconizar para la formación de bosques; pero ni conviene exagerar las ventajas de los canales y pantanos, de que más adelante hablaré, ni las excelencias de

los montes son tan evidentes é indiscutibles que se los pueda recomendar como procedimiento salvador y general; si bien es indudable que en todo caso deben estar cubiertas de monte, ó de algunas de las plantas dichas, las crestas de las cordilleras, por lo menos en una faja de algunos quilómetros por cada vertiente y en los lugares más escarpados.

#### IV

### PEQUEÑAS OBRAS Y TRABAJOS SUPERFICIALES

#### Surcos horizontales.

Quando los terrenos están dedicados á la labor, son inclinados y escasos de agua, lo más sencillo que se puede hacer para retener la de lluvia, es labrar la tierra de modo que la última reja deje la tierra con los surcos producidos por el arado próximamente horizontales, siguiendo las líneas curvas de nivel del terreno.

Ordinariamente se ara la tierra procurando que los surcos sean rectos y dirigidos en cualquier dirección, que á veces es la de la mayor pendiente del terreno, y en ocasiones siguen alineaciones rectas muy bien trazadas por largas longitudes, subiendo, bajando ó faldeando las colinas indistintamente, puesto que el gañán de labranza sólo se preocupa de hacer los surcos derechos; lo que se tiene á gala y se ejecuta con gran perfección.

Este modo de labrar la tierra debe desterrarse en los terrenos secos y ser sustituido por el de surcos *curvos* horizontales, faldeando las colinas de modo que ni suban ni bajen; porque siendo los surcos inclinados, cuando llueve el agua corre fácilmente por ellos, arrastra la tierra y á veces la semilla y queda prontamente seco el suelo, mientras que si los surcos son horizontales, permanecerá el agua detenida en ellos y no llegando á llenarlos y á rebasarlos—lo que exigiría aguaceros torrenciales extraordinarios á poca profundidad que tengan los surcos—como no correrá ni saldrá del campo, no podrá arrastrar las tierras y las semillas y habrá lugar á que penetre el agua en la tierra, que de este modo podrá aguantar largas temporadas de sequía, especialmente siendo profunda y arcillosa.

Es evidente que costará algún trabajo hacer comprender esto á

los gañanes de labranza y acostumbrarlos al nuevo método de labor; pero con constancia y paciencia se logrará que pongan tanto cuidado y habilidad en hacer los *surcos horizontales* como la que hoy ponen en hacerlos rectos.

Debe completarse este modo de labrar la tierra con la ejecución, por medio de la azada, de pequeños caballetes de tierra que de trecho en trecho interrumpen los surcos horizontales, siguiendo las líneas de máxima pendiente, con objeto de impedir que el agua pueda correr á lo largo de los surcos, si éstos no estuviesen perfectamente horizontales en toda su extensión; como es fácil y natural que suceda estando hechos á ojo y al paso ordinario del ganado ocupado en la labor.

Algunos agricultores inteligentes, y á veces sin darse cuenta exacta de ello, suelen labrar sus tierras de este modo, y el sabio Ingeniero de Montes, D. Máximo Laguna, en su *Memoria sobre repoblación de la Sierra de Guadarrama*, aconseja labrar la tierra á mano ó con el arado, siguiendo surcos y fajas horizontales de un metro de anchura, alternando con otras sin labrar, del mismo ancho.

### Zanjas horizontales.

Cuando el terreno no está destinado á la labor, ó cuando se quiera conducir el agua de lluvia á embalses ó depósitos próximos, deben hacerse zanjas que, siguiendo las curvas de nivel del terreno, detengan las aguas que bajan por las faldas de las colinas y montañas, ya para dar lugar á su inmediata infiltración, ó ya para conducir el líquido á donde convenga, reforzando su borde inferior con el escombro sacado de las mismas, como demuestra la figura 4.<sup>a</sup>, y plantando en lo exterior olivos, cepas, árboles ó zarzales que, además de servir para consolidar la obra, aprovechen la humedad procedente de la zanja, y de este modo podrán conseguirse frondosas líneas de olivos ú otros árboles en los terrenos más áridos.

Así se hace en Tharsis por la Compañía escocesa que explota las minas de cobre, y en Gibraltar para recoger las aguas de lluvia y conducir las á donde hacen falta.

En terrenos de rocas sedimentarias duras y compactas, como cuarcitas, areniscas ó mármoles, pero de capas muy inclinadas, podrán cortarse éstas por medio de zanjas horizontales que, atravesando la estratificación, faciliten la penetración del agua por los lechos de jun-

ta (que con frecuencia pueden constituir verdaderos sumideros), para conducir y repartir el agua á grandes distancias.

Cuando las capas son casi verticales y sus crestas no ofrecen mucha inclinación sobre el horizonte, dejando entre sí, como es frecuente, fajas más hondas, producidas ya por capas blandas que se han desagregado por el contacto de los meteoros, ó con la separación y abertura de los lechos de junta, se podrán interrumpir de trecho en trecho estas verdaderas zanjas ó trincheras naturales, por medio de



Fig. 4.<sup>a</sup>

muretes transversales de mampostería que, deteniendo las aguas, faciliten su infiltración por entre las capas, con tanta más facilidad cuanto mayor sea la altura que alcance el líquido en estos pequeños embalses escalonados.

### Muretes en seco.

Pueden construirse con la piedra suelta que se encuentre á mano, siguiendo las curvas del nivel del terreno.

Los arrastres naturales de la tierra se encargarán de cerrar al paso del agua la parte superior de los mismos, especialmente si se tiene cuidado de sembrar zarzas ó chumberas á lo largo del borde de los muretes que mira á la parte alta del terreno y también pueden plantarse por encima ó por debajo de ellos olivos ó cepas.

Pueden combinarse las zanjas, surcos y muretes en seco en un mismo campo, puesto que ni por su trazado, siguiendo las curvas horizontales de nivel, ni por las necesidades del cultivo, se estorban unas á otras obras, ni dificultan la explotación agrícola.

### Mamparas, empalizadas y telones.

Así como en muchos lugares se construyen vallas de tabla, quitanieves, para defender los caminos y otros parajes, de las ventiscas de

nieve, se podrían construir muros, vallas, mamparas y empalizadas destinadas á resguardar de los vientos fuertes y secos ó del sol las tierras y cultivos expuestos á sufrir mucho por parte de la evaporación, ó establecer velas ó telones verticales, sostenidos por armaduras sólidas, durante los meses de más viento y mayor temperatura.

También se podrían plantar líneas de árboles de mucho follaje, como chopos, transversalmente á la dirección de los vientos secos y cálidos reinantes, para detenerlos y defender las tierras protegidas, de la desecación excesiva que puede producirse por causa de la evaporación.

### Hoyos.

Cuando el destino del campo no se opone á ello, pueden distribuirse por su superficie una serie de hoyos colocados al tresholillo, haciendo con la tierra que de ellos se saque y por debajo de los mis-

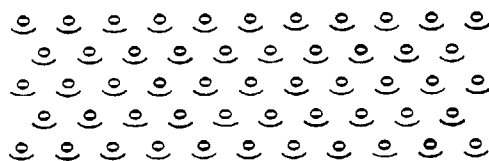


Fig. 5.<sup>a</sup>

mos, unos caballones en curva para detener y conducir á los hoyos el agua de lluvia que corra por el terreno, como indica la figura 5.<sup>a</sup>, disposición especialmente útil en los terrenos plantados de viña, olivos ó arbolado, en cuyo caso los hoyos se deberán hacer uno al pie de cada tronco, y si fuesen de nueva plantación, plantar cada cepa en el borde de los mismos.

### Balsas y llamadas.

En las orillas de arroyos ordinariamente secos, de ramblas y de caminos, se preparan en algunas localidades balsas dispuestas para que por medio de zanjas y regueras se llenen de agua en cuanto llueva lo suficiente para que por dichos arroyos, ramblas ó caminos corra la de lluvia.

Así se practica en Águilas <sup>(1)</sup> (Murcia) y en otros puntos, construyendo las balsas por medio de la *tragilla*, que es un cajón de hierro, ó de madera forrada, de 70 á 80 centímetros de ancho, 65 de largo y 16 de alto, abierto por la parte de delante y provisto de un mango por la de detrás, en forma de cogedor, y arrastrado por una mula que se engancha de dos muñones fijos á los costados laterales del cajón.

Con esta *tragilla* se transportan las tierras de los lugares altos á los bajos hasta dejar la balsa horizontal, se hacen los caballones de tierra que las rodean y se preparan las balsas unas á continuación de otras, comunicándose en cascada por medio de vertederos empedrados con cal y canto, cuyas crestas quedan de 20 á 60 centímetros por encima del piso de la balsa.

### Bardales.

También pueden formarse bardales, con ó sin zanjas, ó muretes, siguiendo las líneas de nivel, empleando las plantas más vivaces y pujantes que se produzcan espontáneamente en la localidad, ó se aclimaten con más facilidad en ella.

### Barreras de árboles.

En ocasiones determinadas, convendrá plantar líneas ó barreras transversales de árboles de mucho tronco y arraigo, normales, paralelas, convergentes ó divergentes á los cauces y ramblas torrenciales, según los casos, con objeto de estorbar el curso de las aguas, encauzarlas ó esparcir las por ancha extensión.

### Bancales.

La ejecución de *bancales* en las laderas de las montañas tiene por objeto sustituir la superficie inclinada de las mismas por una serie de mesetas horizontales, ó ligeramente inclinadas en sentido inverso á la pendiente natural del terreno, bien dispuestas para el cultivo y para retener el agua de lluvia; que de este modo, en vez de correr por dichas laderas, arrastrando la tierra, se detiene en los bancales, los humedece y se infiltra en el terreno.

(1) Allí se llaman piezas ó bancales.



Estos bancales, que son frecuentes en las provincias del Norte de España, y más raros en las del Mediodía, deben generalizarse en todos los parajes elevados y de pendientes pronunciadas.

La construcción es muy sencilla. Un muro de piedra en seco inferior, relleno de piedra menuda ó tierra, y, sobre todo ello, tierra suelta, formando con ella la superficie superior del bancale.

Pueden construirse: 1.º, con la piedra suelta y tierra que se encuentre á mano; 2.º, limitarse á hacer los muros el primer año muy

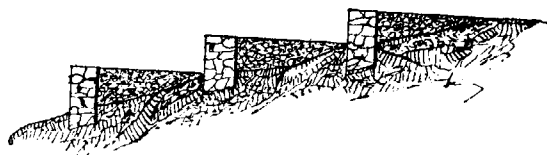


Fig. 6.ª

bajos, dejando que el descenso natural de las tierras rellene el bancale y elevando los muros de sostenimiento, cada año, á medida que vaya quedando nueva piedra suelta al descubierto; y 5.º, empleando en hacer bancales los materiales que resulten de las excavaciones de pozos, cisternas y galerías subterráneas que en la proximidad se hagan, y que más adelante explicaré.

La disposición de estos bancales está indicada en la figura 6.ª

### Matorrales y chumberas en los barrancos.

En los orígenes de los barrancos de los terrenos más elevados, donde no corre el agua sino en los días de fuertes aguaceros, puede cerrarse parcialmente el paso á las aguas, promoviendo la formación de matorrales que ocupen ambas márgenes del barranco, sin más paso libre que un callejón de un metro ó menos de anchura en su línea central, que se tendrá siempre limpio y expedito, con objeto de que el agua no se encharque jamás en ellos, puesto que el objeto de estos matorrales es *disminuir* la velocidad de las aguas y procurar su infiltración en el terreno; pero no estancarla.

En las peores tierras y en los más secos y calurosos parajes, donde ninguna otra planta prospere, podrán emplearse jaras y chumberas.

### Presas en seco.

Las presas en seco deben construirse cortando los cauces de los arroyos torrenciales en sus orígenes y durante un cierto trayecto de su curso á partir de los mismos. Deben construirse con piedras bastante grandes para que no sean arrastradas por el agua, y ser de

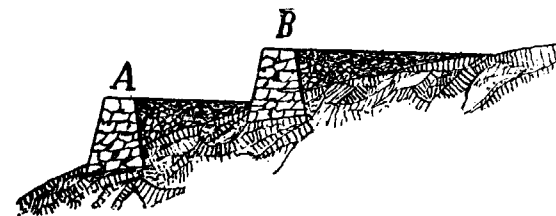


Fig. 7.ª

suficiente resistencia para soportar el empuje del embalse producido por ella, durante los fuertes aguaceros.

Su objeto, como el de los matorrales en los barrancos, es detener

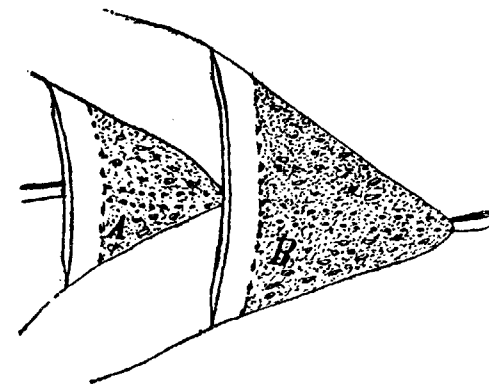


Fig. 8.ª

y refrenar el curso de las aguas torrenciales; pero no el formar embalses permanentes, puesto que el agua pasará con relativa facilidad á través de su obra de mampostería, en seco. Por su medio, el agua de un aguacero tardará en pasar por el cauce un tiempo tantas

veces superior al que emplearía corriendo libremente, cuanto mejor concertada esté su mampostería y más alta y fuerte sea la presa; y como el mismo efecto se ha de repetir en cada una de ellas, el retardo de la corriente torrencial será tanto mayor, cuantas más presas se hayan construido en un mismo arroyo ó torrente.

Así como los bancales construidos en las laderas de las montañas serán utilizados directamente por la agricultura, haciendo en ellos plantaciones y siembras, las presas en seco producirán también bancales, cortados por el curso de los arroyos y formados por los materiales arrastrados por los mismos (como indican en corte y plano las figuras 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup>), en los cuales pueden acondicionarse pequeñas huertas.

### Muros de estrechamiento.

Partiendo de cada una de las laderas de un barranco, pueden construirse muros de piedra en seco, ó con mezcla de tierra, ó de tierra sola, que podrán reforzarse con plantaciones de mucho arraigo y que avancen por uno y otro lado, sin llegar á juntarse, sino dejando un paso central, que tiene el mismo objeto anteriormente explicado.

Estos muros serán más eficaces si se combinan con anchos matorrales que pueden quedar comprendidos entre cada dos de ellos.

Prodigados discretamente, todos estos trabajos y obras, producirán el efecto de detener el agua en las tierras altas, conservar la humedad en las mismas y moderar su curso torrencial en los barrancos y arroyos.

Cuando la tierra vegetal se encuentra separada del subsuelo por alguna capa de roca impermeable que no esté muy profunda, puede convenir el romper ésta por varias partes, agujerearla con taladros de sonda ó extraerla por completo, con objeto de que el agua interior pueda llegar ascendiendo por capilaridad á la superficie, así como penetrar profundamente el agua de lluvia, durante los fuertes temporales, y así lo recomienda el Conde de Gasparin en su *Tratado de Agricultura*.

### Substancias higroscópicas.

Así como hay plantas que en el verano más seco y caluroso se mantienen lozanas absorbiendo la humedad del aire por escasa que sea, tales como la jara, la ortiga, la higuera ordinaria y la chumba (nopal), y la *tapena* ó alcaparra, existen substancias minerales, llamadas higroscópicas, que conservan tenazmente el agua que contienen y absorben la humedad del aire, al parecer, más seco.

Basado en esta observación, voy á exponer una idea para que la recoja el que quiera.

Si se encontrase una ó varias substancias, baratas, que no perjudicando á los cultivos, ó favoreciéndolos, fuesen higroscópicas, su mezcla con la tierra, daría por resultado el convertir en frescas y húmedas las naturalmente secas.

Una substancia muy higroscópica es el cloruro de calcio <sup>(1)</sup>. Si resultase inofensivo ó útil para la vegetación y bastante barato, podría ensayarse en las tierras muy secas, aunque es de temer que por su gran solubilidad se perdiese pronto con las lluvias. Sin embargo, el nitrato de sosa (nitro del Perú) es también higroscópico y muy soluble, y, no obstante, se usa en agricultura como abono nitrogenado.

Las arcillas son también bastante higroscópicas y pueden agregarse á los terrenos poco arcillosos y muy secos; mas para que su empleo sea económico deberán abaratare los transportes de estas tierras en los ferrocarriles, así como de otras substancias destinadas á la labor, que sean de poco valor intrínseco.

Por medio de estos materiales podrían poco á poco irse mejorando, ó formando, las tierras de labor, empresa utópica para el que no haya visto acarrear en las provincias del Norte de España las tierras bajas á los parajes altos por medio de cestas ó narrias arrastradas por ganado vacuno.

Con todas estas obras, laderas y barrancos escuetos y pelados hoy, podrían convertirse en campos agrícolas, bosquecillos, huertas y jardines en número considerable.

(1) No lo que general é impropriamente suele llamarse cloruro de cal, que abrasaría la vegetación.

## V

## EMBALSES Y PANTANOS AL DESCUBIERTO

Innecesario es que me detenga á demostrar el objeto y utilidad de los embalses y pantanos al descubierto, en vista de que tanta propaganda se viene haciendo en favor de su formación, hasta el punto de que á la construcción de éstos, y á la de canales, se ha reducido casi en absoluto, hasta el día, la atención pública, en materia de aprovechamiento de aguas, con desconocimiento ú olvido de las más importantes obras subterráneas, que formarán el tema del capítulo siguiente de este libro.

El objeto de los embalses y pantanos es, como nadie ignora, almacenar el agua que irregularmente corre por los arroyos y ríos durante las épocas de crecidas, para darles salida y curso en las de sequía, á medida que el agua va siendo necesaria en la agricultura.

Estos embalses pueden ser de todos tamaños, desde pequeñas charcas á grandes pantanos de riego y reguladores.

**Pequeños embalses ó charcas.**

Se distinguen de los pantanos de riego y reguladores, no tanto por sus menores proporciones, como por su instalación y objeto.

Estos embalses pequeños se deben construir en las cañadas ó depresiones de los parajes elevados para detener y acumular las aguas de lluvia caídas en sus inmediaciones, á fin de procurar su infiltración en el terreno y evitar que, acumuladas á otras, engrosen rápidamente los arroyos y ríos contribuyendo á las inundaciones.

Se forman cerrando la cañada con un dique de mampostería ó de tierra, conviniendo, á mi parecer, si el terreno es muy impermeable, dejar en su parte inferior abierto un desagüe pequeño permanente, que puede consistir en un tubo recto de hierro, de diámetro lo bastante reducido para que el desagüe, en combinación con la absorción del terreno, produzca la desecación del embalse en el tiempo medio que tardan en reproducirse las lluvias más abundantes de la localidad, con objeto de que el agua no se estanque y corrompa, fomentando el paludismo.

El Ingeniero Sr. Montenegro, que recomienda mucho estos embalses, ha obtenido muy buenos resultados con ellos en Tembleque y en otras localidades, con aplauso y aprobación de la Comisión oficial que informó acerca de ellos, y el Sr. Ruiz Amado, Ingeniero de Montes, también se ha declarado partidario, en la *Revista de Montes*, de los embalses pequeños.

No me detengo en la explicación de las dimensiones de los diques de tierra, ni en los procedimientos de construcción, porque no es éste el objeto del presente trabajo; puesto que si á cada una de las cuestiones en él tratadas hubiese de dar todo el desarrollo que merece y necesita para su ejecución, no un grueso tomo, sino una extensa biblioteca de ingeniería tendría que escribir, por lo cual el que quiera detalles que no encuentre aquí, debe buscarlos en obras especiales, ó consultar con ingenieros de su confianza.

Sólo diré que el Sr. Montenegro aconseja dar á los malecones de tierra un espesor en su coronación de 0<sup>m</sup>,80 á un metro, dando al talud de aguas arriba vez y media la altura, y al de aguas abajo una vez la altura del dique, que llega en algunos casos á tres metros.

Además deja á cada uno de los extremos del malecón, excavado en terreno firme, un *derramador* ó vertedero cuyo fondo esté 20 centímetros más bajo que la coronación del malecón, para que, al llenarse el embalse, el agua no salte nunca por encima y lo destruya.

Algunos de estos embalses cuestan á los propietarios solamente de 10 á 15 pesetas, produciendo á los mismos utilidad indiscutible é inmediata.

Cuando el terreno sea poco permeable, no estará de más dejar á través del dique los desagües inferiores permanentes, de que hablo más arriba, y que el Sr. Montenegro no menciona.

**Embalses á lo largo de las carreteras y ferrocarriles.**

Se sabe que cuando los ferrocarriles y las carreteras van faldeando montañas, hay que salvar los barrancos y cañadas, que se van cortando, con terraplenes atravesados por puentes y alcantarillas.

Revistiendo la falda de aguas arriba de estos terraplenes con muros de mampostería, dejando pequeños desagües inferiores permanentes, en la forma dicha, cuando el terreno es muy poco permeable, y cerrando las alcantarillas ó los puentes en la mitad ó el tercio inferior de su altura, se obtendrán á poca costa multitud de

embalses esparcidos á lo largo de las extensas vías de comunicación que cruzan terrenos montañosos.

Dicho se está que estos embalses sólo se han de producir cuando puedan hacerse sin detrimento de la estabilidad y solidez de los terraplenes, *dejando extensos vertederos excavados en las extremidades de los mismos*, sobre terreno firme y en los puntos en que la línea pasa de terraplén á trinchera, vertederos salvados por el ferrocarril ó carretera con pequeños pontones de vigas metálicas.

### Pantanos de riego y reguladores.

Es muy importante y poco notado, aunque por demás evidente, que tanto estos embalses como los canales, de nada sirven si no hay agua que embalsar ó conducir; lo que, en general, en España es muy frecuente, y continuará siéndolo mientras no se procure que el terreno retenga el agua y que las crecidas de los arroyos y ríos *queden regularizadas desde los orígenes de las vaguadas*; porque de otro modo, durante las crecidas resultarán con demasiada frecuencia insuficientes los embalses de los mayores y más costosos pantanos, saltando por encima de la coronación de sus presas ó de sus vertederos el agua, que se perderá en consecuencia, causando desperfectos más ó menos considerables, aguas abajo del pantano.

Por otra parte, los inconvenientes de estos grandes embalses ó pantanos son muchos y de consideración, y entre ellos se encuentran los siguientes:

1.º Son obras caras, difíciles de hacer y de conservar, que no pueden construirse más que por el Estado ó por grandes empresas.

2.º Cuando se construyen por empresas de riegos, difícilmente remunerar el capital invertido en ellas, consumiendo infructuosamente las subvenciones del Estado.

3.º No preservan de la sequía á los terrenos superiores á ellos, que tienen que ser muy extensos para que den, descontadas las pérdidas por evaporación, suficiente cantidad de agua para llenarlos.

4.º Dejan la mayor parte de los terrenos de la cuenca en que se construyen fuera de su acción, porque no libran á los superiores de las sequías, de los derrubios ni de la fuerte evaporación, ni favorecen á los inferiores, sino parcialmente respecto á las avenidas procedentes de más arriba de la presa, pero no valen en las que por la amplitud de la cuenca inferior del río, ó por la afluencia de

algún otro cauce, engruesan la corriente, en las grandes crecidas.

5.º Ocupan estos embalses mucha superficie en los valles y cauces de los ríos, robando á la agricultura los mejores terrenos de las márgenes, inundadas por ellos de un modo permanente.

6.º Las pérdidas de agua por evaporación son en los pantanos considerables, tanto antes de que el agua los alcance en los varios kilómetros que tiene que correr para llegar á ellos, como dentro de los mismos embalses.

Es lamentable que no se tengan datos directos de observación (ó á lo menos no sean públicamente conocidos) de la cantidad de agua perdida en los embalses españoles por evaporación; mas cabe decir que un depósito pequeño, aislado y rodeado de árboles ó situado en umbría, evaporará, proporcionalmente, menos que otro grande en terreno descubierto á los vientos y al sol, y si las aguas son claras, se evaporarán menos que si son turbias y oscuras, conforme á las leyes de la evaporación señaladas en la primera parte de esta obra.

En el de Nagpur (India), en donde la evaporación es comparable á la producida en algunos lugares de España, calculan los ingenieros ingleses que en la estación seca, se evaporan 4 pies de altura de agua, lo que representa 0'54 de la cantidad líquida que recibe aquel embalse en todo el año.

En España, donde la evaporación es mayor en muchos lugares que en la India <sup>(1)</sup>, y donde no puede aceptarse que sea superior al 50 por 100 de la lluvia la cantidad de agua que llegue al pantano, como se dijo en la pág. 104, no podrá utilizarse por este medio más de 0'25, puesto que en el pantano se ha de perder por evaporación la mitad de la que á él llegue.

Fácil es demostrar que la pérdida de 0'50 por evaporación, consignada, y la de 0'54 observada en los pantanos de la India, son normales para España, en los sitios, demasiado numerosos, en que la evaporación libre anual llega á 2500 milímetros.

Suponiendo un pantano cuyo embalse tenga una superficie triangular de 100 metros de ancho en la presa y 2000 de largo, ó 100000 m<sup>2</sup>, evaporará al año  $100000 \times 2'5 = 250000$  metros cúbicos.

Si el embalse tiene 15 metros de profundidad, su volumen será próximamente 500000 metros cúbicos, y la cantidad de agua evaporada, según el párrafo anterior, será *la mitad* de su capacidad.

(1) Véanse las págs. 88 á 90 de esta obra.

Pero en realidad, la evaporación producida antes de llegar el agua al embalse debe ser mayor de 0'50; porque las condiciones evaporantes son las mismas que en él, excepto la mayor extensión superficial que el agua ocupa antes de alcanzar el pantano, contando además con que el viento y el sol han de combatir más en los terrenos altos y abiertos, que en el barranco ocupado por el pantano.

Este inconveniente de la evaporación, que es insignificante en los países húmedos como, por ejemplo, Inglaterra, es de la mayor importancia en España, porque el agua que se pierde por filtración surge de nuevo al exterior en parajes más bajos, pero la pérdida por evaporación es definitiva para la agricultura del lugar.

7.º También pierden agua por filtración, y aunque ésta es aprovechada en otros lugares, resulta perdida para el embalse y aprovisionamiento del pantano. En el receptor del Midi, en Francia, se pierde por filtración 3 á 4 centímetros por día. En el canal del Centro de la misma nación desaparecen por filtración 2'5 á 3'5 centímetros por día. Es decir, que en estos casos se pierde al año un metro ó metro y medio de altura de agua en el embalse.

8.º Los pantanos son focos de paludismo, especialmente en las orillas que no están cubiertas con más de un metro de agua, y sobre todo cuando el terreno es arcilloso ó las aguas arrastran tarquines de esta clase.

9.º Los grandes pantanos exigen altas presas de embalse, en las cuales el agua ejerce fuertes presiones sobre los materiales de construcción y sobre el terreno; presiones que en unión á la acción disolvente del agua, trabajan incesantemente para destruir la obra y para abrirse paso, ya por las juntas ó hiladas de la presa, ó á través de las fisuras y oquedades del terreno; efectos que han destruido y destruirán muchas grandes obras hidráulicas, y de los cuales están casi exentas las pequeñas.

Algunas veces se ha llegado á fracasos, no por mala construcción de la obra, sino por estar instalada sobre terreno permeable, como la del Pontón de la Oliva, ó por no llegarse con el cimiento al terreno firme, como en las antiguas de Lorea y Mezalocha, por lo cual se ha atribuido la ruina de las presas de estos pantanos á no quedar bien cimentadas; pero conviene notar que también se hubiesen arruinado aunque se hubieran cimentado y construido perfectamente.

En efecto: todo pantano cuya presa sea medianamente elevada, es obra destinada á destruirse en breve plazo, si el agua no tiene las

condiciones que se dirán, puesto que actúan causas naturales y permanentes, que no pueden evitar ni la más exquisita vigilancia ni las continuas obras de reparación, como que afectan á la totalidad y á lo interior de la obra, lo mismo, ó más, que al exterior ó á los mismos cimientos.

Las filtraciones más pequeñas, inevitables por la porosidad de los materiales, aunque la fábrica de la obra sea inmejorable, producen vías de agua, y, con éstas, arrastres y disoluciones que desagregan los elementos de la construcción.

Las acciones físico-químicas destructivas, de empuje, arrastre, filtración y disolución, aumentan considerablemente con la profundidad del agua en el pantano, es decir, con la altura de la presa, porque con ella crece la presión, y porque todos los materiales pétreos son más ó menos solubles en grandes cantidades de agua, y especialmente los morteros de cal, de cualquier clase, lo que dá la seguridad de que desaparecerán con el tiempo por la acción disolvente del agua, que es tanto más demoledora cuanto menor cantidad de sales tiene en disolución.

Un litro de agua puede contener:

|                                                                          | Gramos. |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| Carbonato cálcico ( $CaCO_3$ ) al estado de bicarbonato á 0º. ....       | 0'70    |
| Idem id. id á 40º.....                                                   | 0'88    |
| Idem id. después de expulsado el anhídrido carbónico por ebullición..... | 0'036   |
| Cal ( $CaO$ ) $\frac{1}{778}$ á 45º, ó sea.....                          | 1'28    |
| Sulfato cálcico ( $CaSO_4$ ) en frío, que es cuando es más soluble. ...  | 2'20    |
| Sílice (el agua de los geisers de Islandia).....                         | 0'519   |

El agua del Lozoya, que no contiene más que 0'0241 gramos de substancias fijas por litro, es una de las aguas naturales que tienen mayor poder disolvente, como se demuestra en el siguiente estado, indicador de la cantidad de substancias que puede disolver un litro de agua:

| SUBSTANCIAS                  | Cantidad que puede disolver un litro de agua.<br>Gramos. | EL AGUA DEL LOZOYA |               |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------|---------------|
|                              |                                                          | contiene.          | admite.       |
|                              |                                                          | Gramos.            | Gramos.       |
| CaO.....                     | 4'28                                                     | 0'0000             | 4'2800        |
| CaCO <sup>3</sup> á 0°.....  | 0'70                                                     | 0'0064             | 0'6936        |
| CaSO <sup>4</sup> .....      | 2'22                                                     | 0'0004             | 2'2196        |
| SiO <sup>2</sup> más de..... | 0'05                                                     | 0'0016             | 0'0484        |
| <b>TOTALES.....</b>          | <b>4'25</b>                                              | <b>0'0084 (1)</b>  | <b>4'2416</b> |

De modo que el agua del Lozoya podrá disolver, sólo en carbonato y sulfato cálcicos, en sílice ó silicatos y en cal de los morteros, 4'2416 gramos por litro, lo que daría para el total de agua que discurre por el río, diariamente, una cantidad enorme de materias. Pero en vez de calcular el total de ésta determinaré, en gramos, la que puede disolver *sin dejar de ser potable*:

|                                            | CaCO <sup>3</sup> . | CaSO <sup>4</sup> . | SiO <sup>2</sup> . |
|--------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Un agua potable puede contener, por litro. | 0'20                | 0'15                | 0'05               |
| La del Lozoya contiene.....                | 0'0064              | 0'0004              | 0'0046             |
| Puede admitir, sin dejar de ser potable... | 0'1936              | 0'1496              | 0'0484             |

Luego el agua del Lozoya puede admitir en disolución, sin dejar de ser potable, de sólo las tres substancias dichas, 0'3916 gramos por litro, ó sea unos 4000 quilogramos en 10000 metros cúbicos y como pasan por el canal de Lozoya cuando menos 100000 metros cúbicos diarios, el agua *puede disolver cada día*, tomándola de la presa, del canal ó de donde las encuentre, próximamente las siguientes cantidades de las substancias que se indican:

|                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| De carbonato cálcico..... | 20 toneladas métricas. |
| De sulfato idem.....      | 15 — —                 |
| De sílice.....            | 5 — —                  |

(1) El resto hasta 0'0241 está formado por cloruros sódico (0'0029) y magnésico (0'0047); sulfatos sódico (0'0040) y magnésico (0'0045); y carbonato magnésico (0'0086).

¿No es cierto que hay que confesar, en vista de estos datos, que el agua es un terrible agente destructor de las obras de fábrica, difícil de evitar?

Sólo se explica que no destruya el agua más rápidamente las obras, porque la mayor parte de ella no llega á ponerse en contacto con los materiales, ni contiene bastante anhídrido carbónico para disolver todo el carbonato cálcico que puede admitir.

Ignoro si existen análisis comparativos (y pienso que no) del agua del Lozoya tomada antes de entrar en las obras y al encauzarse en la distribución general de Madrid, lo que sería muy útil conocer; pero los análisis hechos antes de la construcción del canal demostraron el gran incremento de sales que adquiriría el agua al ponerse en contacto con las tierras que constituían la caja del antiguo canal de Cabarrús, que tomaba las aguas del Lozoya poco más arriba de la presa del Pontón de la Oliva, puesto que siendo 0'0241 gramos la cantidad de materias fijas por litro que contenía el agua en el río, llegaba en dicho canal, á la distancia de 8250 metros antes de su embocadura, frente á Torremocha, á contener 0'0371 gramos en igual volumen.

10. Desde el momento en que se produce una pequeña fuga de agua, ya sea á través de la obra de fábrica ó del terreno, por causa de la gran presión á que en los altos embalses llega con frecuencia, los arrastres, disoluciones y acciones violentas de dislocación son terribles y sorprendentes por causa de la gran velocidad que adquiere el agua debida á la altura; velocidades que están consignadas en el siguiente cuadro:

Velocidades del agua debidas á diferentes alturas de caída.

| Caída.<br>Metros. | Velocidad.<br>Metros. | Caída.<br>Metros. | Velocidad.<br>Metros. | Caída.<br>Metros. | Velocidad.<br>Metros. |
|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 0'004             | 0'140                 | 0'500             | 3'132                 | 25'000            | 22'146                |
| 0'010             | 0'443                 | 0'750             | 3'836                 | 30'000            | 24'260                |
| 0'050             | 0'990                 | 1'000             | 4'429                 | 35'000            | 26'203                |
| 0'060             | 1'085                 | 5'000             | 9'904                 | 40'000            | 28'043                |
| 0'100             | 1'404                 | 10'000            | 14'006                | 45'000            | 29'712                |
| 0'150             | 1'74                  | 15'000            | 17'154                | 50'000            | 31'329                |
| 0'250             | 2'245                 | 20'000            | 19'808                |                   |                       |

Se comprende por estas cifras, en las que se ve que á una altura de carga de 25 metros corresponde una velocidad de 22 por segun-

do, la enorme fuerza viva, ó potencia dinámica, que representa cada metro cúbico de agua animada de aquella velocidad, que multiplicada por el número de metros cúbicos por segundo, que en tales casos se escapan de los embalses, explican los desastres y efectos destructores con que amenazan los embalses grandes y profundos, hechos que desgraciadamente se verifican con demasiada frecuencia.

11. La posibilidad de rotura de la presa de un gran embalse constituye un grave peligro para las tierras y pueblos inferiores, como lo demuestran los estragos causados por la del pantano de Puentes más arriba de Lorca, ocurrida en 30 de Abril de 1802, mencionada en la pág. 17 de esta obra, en cuya ocasión «se vió salir una montaña de agua en figura de arco, de una vista horrosa, que aturdió á los espectadores por parecer de fuego su color, causado sin duda por los tarquines de que estaba cargada, alumbrados por los reflejos del sol: este arco venia á extender ó derramar sus aguas sobre un monte pequeño enfrente del mismo pantano, destruzándolo considerablemente, y medida su distancia resultó ser de 1700 varas;» «arrastró peñascos, árboles y cuanto encontró á su paso, causando la muerte á más de 608 personas y la destrucción de 809 edificios (1).»

12. A las causas de destrucción anteriormente mencionadas, debería, tal vez, agregarse algunas veces la de las heladas, que no sólo pueden desagregar lentamente las superficies de los materiales pétreos y los morteros húmedos, del paramento de aguas abajo, sino también por el empuje que, al congelarse el agua de los embalses, dilatándose como es sabido, produce en la parte alta del paramento del muro de la presa.

Los ejemplos de presas de larga duración (2) son escasos, lo que es fácilmente explicable, en vista de que los motivos que pueden in-

(1) Relación de un testigo presencial que copia D. J. Musso y Fontes en su *Historia de los riegos de Lorca*.

(2) La presa construida en el Segura á 8 quilómetros aguas arriba de Murcia, ha resistido—según parece—ocho siglos, y tiene 200 metros de largo; ancho en la base, 50 metros; en la coronación, 37; altura del muro, 22 metros, y del embalse, 8. Se dice que aprovecha el 90 por 100 del caudal fluvial, cosa que me permito dudar si se refiere esta proporción al agua caída en la cuenca del río, pues quizás se trate de una errata, y sea el aprovechamiento total 0'09, teniendo en cuenta la gran evaporación, propia de la localidad.

fluir en la destrucción ó en la conservación de una presa son múltiples y complejos: quizás las que se construyen en cauces que conduzcan aguas *incrustantes*, estén menos expuestas á la destrucción; pero las tales aguas ofrecen pocos alicientes para ser embalsadas. También podrán estar mejor protegidas las construidas sobre ríos ó arroyos de régimen interrumpido ó que conduzcan muchos limos arcillosos; pero en tal caso, se presenta en grado sumo otro inconveniente, que es demasiado repetido, y que es el siguiente:

13. Los grandes embalses concluyen por rellenarse en parte, y á veces hasta la coronación de la presa, con los tarquines procedentes de las turbias acarreadas por el agua, aunque se dejen salidas inferiores y se hagan limpias frecuentes; porque éstas no pueden llevarse más que las tierras próximas á las galerías de desagüe de las presas—dejando detrás acumulados los lodos con el tendido talud propio de las tierras y lodos húmedos,—á menos de hacer un movimiento de tierras especial ó perder la corriente del río por varios días, para dedicarla al arrastre de los fangos.

Los pantanos de Tibi (Alicante) y de Valdeinfierno (Murcia) están constantemente rellenos de tierras. El de Puentes (Lorca) tenía 20 metros de altura de sedimentos, junto al muro, en 1889 (1).

Las presas construidas sobre el Genil en la proximidad de Granada, están constantemente enrasadas por las tierras que se acumulan detrás de ellas.

Lo mismo ocurrió en el primer año después de concluida la obra dirigida por mí en una presa del río Eresma, aguas arriba de Segovia, con objeto de aprovechar un salto de 12 metros destinado á alumbrado eléctrico de la población; é igual efecto se produce constantemente por todas partes, y se producirá mientras no se impida con multitud de obras pequeñas que los ríos conduzcan tan enormes cantidades de lodos, como se vió que llevan en el capítulo XII, página 142 de la primera parte de esta obra.

14. Los tarquines depositados en los pantanos, difíciles de aprovechar, son excelentes abonos, perdidos para la agricultura.

Las causas de destrucción señaladas en los números 9, 10, 11 y 12, en vez de desaparecer con el tiempo, van siempre en progresión creciente y cada día son más temibles, desde el comienzo de las obras,

(1) Según D. Juan A. de Madariaga, *Revista de Montes* de 15 de Mayo de 1899.

por lo cual la química y la geología han de ser constantemente consultadas en tan difíciles problemas, que no pueden resolver la mecánica ni la construcción por sí solas.

15. Además de los inconvenientes generales de los pantanos, los tienen especiales muy grandes los que se destinan á acumular agua, que se ha de aprovechar en el abastecimiento de poblaciones, cuyos proyectos recuerdan mucho el cuento de la lechera.

Se dice: Puesto que la población necesita *A* metros cúbicos de agua diarios en el verano, y el río no trae más que *B* (menor que *A*) en dicha estación, y otra muy superior corriente en el invierno, hagamos un pantano y acumulemos durante los meses lluviosos el agua que se necesita y falta en los del estío.

Suponiendo que la idea es aceptada con aquella ligereza y falta de reflexión acostumbrada de que al principio me lamenté, en la Introducción, y que el pantano se proyecta para 20 ó 30 millones de metros cúbicos, apenas empieza la construcción, la naturaleza, que no se equivoca, ni ilusiona, ni se deja engañar, se impone y hace ver que lo que se embalsa para el verano no es agua, sino barro, y que hasta una turbia de un par de millones de metros cúbicos, que pasaría por el río en uno ó dos días no existiendo el pantano, para enturbiar 10 ó 15 millones de metros cúbicos, y en tal caso sucede que la turbia, que podría evitarse con sólo cerrar la entrada del agua en el canal mientras dura la crecida, se prolonga por quince ó veinte días; los necesarios para vaciar el pantano, es decir, para perder, por el desagüe de la presa, el barro embalsado.

Y como no hay más medio de acortar la duración de la turbia que acelerar el desagüe del pantano, no disponiendo de grandes medios de filtración (que á veces son además ineficaces, porque el agua pasa turbia á través de los filtros comunes), se hacen algunas galerías de desagüe sobre la roca firme á ambos lados de la presa, para que en pocos días pueda darse salida al agua turbia del embalse, dejándolo en seco; por cuya razón cada vez que una turbia del río se produce, hay que dejar vacío el embalse, y de este modo, los millones de metros cúbicos del proyecto se reducen á poco más de nada: al agua que se ha podido acumular desde la última turbia á que hubo que dar salida, en una estación en que las lluvias y el caudal del río van escaseando.

Mas como después de las últimas turbias de primavera ó de verano disminuye el caudal del río, y así continuará sucediendo en nuestro

país mientras no se ejecuten las obras propuestas en el capítulo siguiente de esta segunda parte, y entonces no sólo lleva el río muy poco ó ningún excedente de agua, sino que, al contrario, tiene defecto de ella, *resulta que la población fluctúa entre este dilema: NO TENER AGUA SUFICIENTE, Ó TENERLA TURBIA.*

Además, en tales casos resultan la presa y el embalse, no sólo inútiles, sino perjudiciales. Lo primero, porque no permiten embalsar agua, sino barro; y lo segundo, porque estorban al curso natural del río y alargan la duración de las turbias, que si no pasarían rápidamente, por el río, en estado ordinario (1).

En tal caso, no queda más remedio que prescindir de la presa, derribándola ó esperando que el tiempo y el agua se encarguen de destruirla, y HACER GRANDES DEPÓSITOS FUERA DEL CAUCE DEL RÍO, en los cuales no se encierre más que agua clara. Pero en tal caso, ¡adiós los millones de metros cúbicos que se reservaban para la estación seca!

16. A todos estos inconvenientes se agrega el de que, necesitándose depósitos reguladores del régimen hidrológico *capaces de acumular el agua durante varios años* para compensar sus anomalías, los embalses descubiertos difícilmente alcanzan á salvar las irregularidades anuales estacionales, y de ningún modo á conservar las de varios años ni á recoger el agua de las grandes lluvias torrenciales, que son demasiado frecuentes, y que pueden causar grandes daños si llegan á saltar por encima de las presas de los embalses.

El problema así planteado no puede ser más desfavorable á la construcción de pantanos, porque ¿qué pantano es capaz de *recoger y conservar aguas durante siete años* que pueden durar las sequías? ¿Ni qué pantano puede detener lluvias de 300 á 800 milímetros que pueden caer en un día en las provincias de Levante y del Norte? Sin que esto sea negar que pueden retrasar y regularizar los fuertes golpes de agua, evitando ó disminuyendo las inundaciones.

Todas estas consideraciones demuestran que las presas y los embalses al descubierto, hechos en los cauces de los ríos, son obras útiles que deben generalizarse allí donde sean precisas, *cosa no muy sencilla de determinar*; pero que *ni son únicos* remedios para regula-

(1) ¿Serán debidas á estas causas las frecuentes y largas turbias del canal del Lozoya, que antes eran tan pasajeras y cada día son más prolongadas desde la construcción de la gran presa y pantano de embalse del Villar?



rizar las corrientes de los ríos, *ni suficientes, ni tan exentos de inconvenientes que puedan multiplicarse* demasiado, ni se debe esperar de ellos más de lo que pueden dar de sí y queda explicado; habiendo otras obras que hacer más convenientes que los dichos pantanos.

## VI

### DEPÓSITOS Y EMBALSES SUBTERRÁNEOS

Después de haber examinado los procedimientos y obras superficiales encaminados á detener las aguas de lluvia en el mismo terreno en que caen y á facilitar su infiltración en él, voy á considerar los efectos de los depósitos y embalses de agua subterráneos, que pueden ser naturales ó artificiales.

Estos son los que alimentan los manantiales y fuentes naturales, los que están completamente libres de la evaporación, los que dan el agua clara y á veces purísima, los que no ocupan superficie alguna del terreno, los que están exentos de los daños del paludismo; y si estuviesen bastante repartidos y con suficiente capacidad, el problema de la reforma hidrológica de España estaría resuelto fácil y prontamente; porque el único inconveniente de los embalses subterráneos es la dificultad y coste de ejecución, que no existen cuando el terreno presenta cavidades naturales de capacidad suficiente.

Los naturales son de dos especies: cavidades existentes en el terreno, y capacidad de absorción hidráulica de las diferentes rocas.

#### Cavidades naturales preexistentes en el terreno.

Cuando se encuentran en la localidad cavernas, cuevas, simas, fallas, grietas, anchas separaciones de los lechos de junta de las capas, quiebras del terreno ó antiguas minas abandonadas, bastará para utilizarlas como depósitos y embalses subterráneos, conducir á ellas por medio de zanjas que recorten las laderas de las montañas, y, en caso necesario, con algunas galerías que atraviesen las fallas ó la estratificación, ó que sigan las grietas naturales del terreno, el agua de lluvia, *cerrando total ó parcialmente, ó elevando el nivel de sus actuales puntos de desagüe.*

Estas cavernas y simas suelen tener grandes capacidades, y aun-

que con aberturas exteriores pequeñas, alcanzan con frecuencia enorme desarrollo, especialmente en los terrenos calizos.

Según cálculos y experimentos hechos por D. Joaquín Castel, farmacéutico en Cáceres, la caverna que alimenta el manantial del Marco, próximo á dicha población, tiene una superficie horizontal que excede de cuatro kilómetros cuadrados, y no serán pocas las que en España alcancen tanta y mayor superficie.

Las fallas, grietas y quiebras, aunque de poca capacidad aparente, alcanzan grandes desarrollos en longitud en los terrenos antiguos, especialmente en los granitos, neis, cuarcitas, areniscas, y calizas cristalinas (mármoles), de donde se origina que, como á ellas concurren multitud de fisuras pequeñas, el agua que se haga penetrar en dichas fallas se distribuirá por la masa del terreno como si desaguará en depósitos de capacidad indefinida, y este agua mantendrá las fuentes naturales durante las épocas de sequía, actuando á veces á muy grandes distancias.

Así pueden utilizarse muchas cavernas en España, tales como la del Gato, cerca de Ronda, y la ya dicha que alimenta el manantial del Marco en Cáceres, como muy acertadamente propone el mencionado Sr. Castel en dos folletos que tuvo la atención de mandarme á consecuencia de la publicación de mi artículo del 26 de Febrero de 1899.

#### Antiguas minas.

Las trincheras á cielo abierto, algunas colosales formando inmensos anfiteatros, y los pozos y galerías de antiguas minas abandonadas, pueden igualmente utilizarse como depósitos de agua, conduciendo á ellas las de lluvia, cerrando si es preciso en todo ó en parte sus salidas inferiores, y así se utilizan algunas antiguas excavaciones en Tharsis (Huelva) como embalses, para el agua de lluvia que recogen para el lavado de los minerales.

#### Embalses subterráneos artificiales.

A esta clase de obras, que sólo por rarísima excepción se encuentran en España fuera de poblado y para usos que no sean los propios de las viviendas, fuentes para las personas y abrevaderos para

el ganado, hay que dar gran importancia y desear como propongo, y espero que se generalicen en considerable número, por todos los parajes altos y montuosos, con grande y sorprendente resultado, hoy casi incomprensible é inverosímil, sin una atención detenida sobre su importancia, consecuencias naturales y precisas, y consiguiente utilidad (1).

Los trabajos ú obras subterráneas pueden tener por objeto el alumbramiento de aguas; pero no es de esta clase en las que ahora me ocupo y á las que concedo mayor importancia, sino en las que tienen por objeto detener, acumular y facilitar la infiltración en el terreno de las aguas de lluvia en combinación con las obras superficiales ya enumeradas en los dos capítulos anteriores, y especialmente en el primero (IV), dedicado á explicar lo relativo á bancales y presas en seco.

El objeto de los embalses subterráneos naturales ó artificiales es doble. Principalmente facilitan la infiltración del agua, y accesoriamente acumulanla en sus cóncavos.

El efecto de estas excavaciones, cuando estén dedicadas á la detención é infiltración *in situ* de las aguas de lluvia, será semejante al de las altas cumbres en que se acumulan las nieves perpetuas, con las ventajas sobre éstas de que:

1.º Detendrán é infiltrarán lo mismo la nieve que el agua líquida.

2.º La descarga lenta del agua acumulada no estará expuesta á las crecidas procedentes de rápidos deshielos, causados por bruscas elevaciones de la temperatura ambiente, sino que será lenta y casi uniforme é independiente de dicha temperatura.

Y 3.º Es aplicable á todo lugar algo elevado, aunque tenga poco ó ningún relieve montañoso, siendo, por tanto, general, puesto que no se limita á las altas cumbres y macizos montañosos, donde únicamente reinan las nieves perpetuas.

Conocido el objeto y el principio á que estos pozos, cisternas y ga-

(1) Decía el Sr. Rico y Sinobas en la pág. 267 de su *Memoria sobre las inundaciones de las provincias de Levante*:

«Podríamos decir que el centro español robaba ó repelía el agua de las nubes á nuestro clima penibético; pero fué para devolver lo que se depositó en su seno, representando en este caso un lago ó pantano inmensamente grande y subterráneo, donde la evaporación se encuentra detenida, conservando un líquido que es el todo, la vida y la fuerza de la agricultura.»

lerias han de obedecer, fácilmente se pueden deducir las circunstancias, condiciones, formas y dimensiones con que deben ser ejecutados, debiendo hacer notar, con respecto á este punto, los preceptos siguientes:

1.º Deben excavarse en los parajes en que la roca sea bastante consistente para que se sostenga el terreno con poco ó ningún gasto de fortificación, cosa no difícil de conseguir, porque la mayor parte de nuestros macizos montañosos son de rocas compactas y duras.

2.º Deben preferirse las excavaciones de gran sección á las de sección pequeña, por resultar la unidad cúbica de aprovisionamiento de agua más económica en el primer caso que en el segundo.

3.º Conviene que las excavaciones tengan bastante profundidad desde sus bocas hasta el nivel á que el agua suele hallarse en el terreno, porque la presión debida á la altura de la columna líquida sobre dicho nivel tiene gran influencia en la penetración del agua por las fisuras y poros de las rocas.

Y 4.º Deben combinarse las citadas excavaciones con las obras superficiales, dando mayor desarrollo á éstas cuando la blandura, desagregación y porosidad del terreno sean evidentes, y desarrollando más lo subterráneo en el caso contrario.

La forma y condiciones de los embalses subterráneos artificiales y de las obras superficiales anteriormente explicadas, todo destinado á facilitar la infiltración del agua en el terreno y á acumularla dentro de él mismo, pueden ser variadísimas, según las condiciones topográficas, geológicas y climatológicas de la localidad, y á la habilidad, perspicacia y pericia de los ingenieros queda ancho campo para el proyecto y ejecución de las obras (1). Las que en un terreno duro, hipogénico y sensiblemente horizontal sean convenientes, no lo serán en otro estratificado, de capas muy inclinadas ó trastorna-

(1) En corroboración de lo acertado de la idea de la construcción de depósitos subterráneos destinados á almacenar el agua, citaré lo que el señor Rico dice en las págs. 384 y 385 de su ya citada *Memoria*, publicada en 1851.

«Tal vez llegue á demostrarse la posibilidad de establecer en algún punto pantanos ó depósitos subterráneos, con la ventaja de disminuir más notablemente la evaporación, evitando por otro lado las pérdidas y los inconvenientes higiénicos ó de avenidas que pudieran ser temibles con la existencia de esta clase de obras hidráulicas aplicadas á los usos agrícolas.»

«.... y si el Gobierno, convencido de las ventajas y posibilidad de algún pozo artesiano ó pantano subterráneo.....»

das; las que convengan en un terreno muy permeable no serán propias para ejecutadas en otro impermeable, y las útiles en un terreno poco pendiente no lo serán en otro fuertemente inclinado; recordando siempre que si por una parte la evaporación y las fuertes pendientes en España dificultan la penetración del agua en la tierra, por otra los grandes trastornos geológicos, que han roto y levantado los terrenos más duros y compactos, aseguran fácil infiltración del agua, si se sabe atacar la dificultad, hábilmente, en cada caso.

Como ejemplo de las obras subterráneas, convenientes, describiré algunas, tales como entiendo que deben ser ejecutadas en determinadas circunstancias.

### Pozos.

Deben construirse en las cumbres de los cerros, montañas y colinas, en los collados y algunas veces en las laderas altas y en las confluencias de arroyos y regatos que, situados en parajes elevados, no llevan agua más que durante las lluvias.

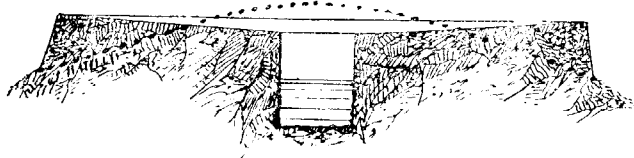


Fig. 9.ª

En lo alto de las cumbres redondeadas se abrirán pozos cilíndricos de 6 á 12 metros de diámetro y de 3 á 16 de profundidad, formando alrededor de ellos con los escombros unas plataformas circulares de superficie cóncava hacia el pozo situado en el centro, con objeto de que á él concurren las aguas de lluvia caídas en la explanada.

La figura anterior indica la forma y disposición de estos pozos.

Cuando la cumbre sea peñascosa y muy aguda, pueden situarse los pozos algo desviados de la misma, como lo indica la fig. 10.ª, rodeando el picacho de una reguera ó cuneta que conduzca al pozo toda la lluvia caída en el mismo.

En los collados se podrá, por medio de pozos, recoger el agua pro-

cedente de las lomas que el collado separa, construyendo zanjas que recorten las faldas de aquéllas y que conduzcan las aguas á los pozos, como se indica en la fig. 11.ª

En las laderas y en las confluencias de arroyos pequeños, ordinariamente secos, se procederá análogamente.

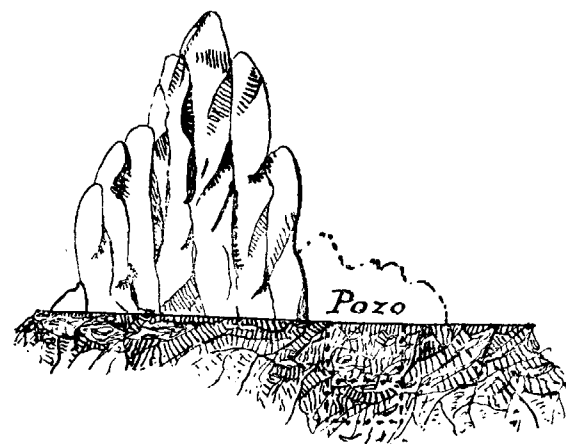


Fig. 10.ª

En todos los casos, las explanadas que rodeen á los pozos se cubrirán más ó menos pronto y espontáneamente de vegetación, y para acelerar este resultado podrán plantarse árboles ó matas propias del terreno y clima, cuando esto pueda hacerse sin demasiado gasto.



Fig. 11.ª

Los pozos deben rodearse de pretilos de piedra en seco de la sacada con la misma excavación, contruidos de modo que al propio tiempo que eviten las caídas de las personas ó del ganado, permitan el libre paso del agua del exterior á través de la obra. Estos pretilos no están representados en las figuras, para evitar confusiones.

La capacidad y profundidad de los pozos será variable con el clima, las circunstancias del lugar y clase de roca. Más adelante indicaré algunos números; pero desde luego se puede decir que los pozos deberán ser de tanta mayor capacidad cuanto la irregularidad de las lluvias en la localidad sea mayor y el terreno menos permeable.

En los terrenos muy resquebrajados y permeables, como la absorción del agua será rápida, los pozos, y en general las demás excavaciones hechas con objeto de infiltrar las aguas, podrán ser relativamente pequeños; pero si se hacen con objeto de acumular en ellos el agua, deberán ser mayores.

Los pozos pueden excavar hasta la profundidad en que se encuentre el agua; pero aun pasando de aquella serán utilizables si el terreno es bastante permeable, puesto que por los mismos conductos por donde penetra el agua en ellos, podrá salir la que á los mismos se arroje procedente de lo exterior.

Mi amigo D. Lucas Bravo, teniente coronel de Inválidos, perforó recientemente cerca de Orgaz (Toledo), un pozo en seco de 10 metros de profundidad y dos y medio de diámetro en el granito, que le costó unas 150 pesetas, con objeto de recoger el agua de lluvia para regar un olivar durante el verano, con tan buen resultado, que á su imitación se han perforado después otros.

### Pozos perdidos ó absorbentes.

Son aquéllos en que por haberse encontrado una capa muy permeable ó alguna gran fisura, pueden absorber ó recibir mucho mayor volumen de agua que el suyo propio, y son frecuentes en Cataluña y Valencia; pero es de advertir que cuando se establecen dentro (ó fuera) de las poblaciones para recibir las aguas de las calles, llegan á ofrecer serios inconvenientes por causa de la suciedad infecciosa de las aguas que en ellos penetran.

### Cisternas.

Pueden hacerse en forma de pozo ó de mina.

Deberán ser pozos en las mesetas altas, aunque de relieve plano, donde las aguas acumuladas sobre el terreno perjudicarían, y dejadas correr por el mismo, arrastrarían las tierras y plantíos.

En tales casos, las cisternas deben calcularse para acumular el

agua que no se infiltre espontáneamente durante la lluvia, descontada de ésta la que podrá dejarse correr por la superficie del terreno sin inconveniente.

Su construcción se reducirá, cuando tengan la forma de pozo, á uno ó más de poco diámetro, cuyos fondos se ensanchen en forma de bóveda, formando una gran capacidad separada de la superficie del suelo por el techo de la cisterna, según lo indican las figuras siguientes:

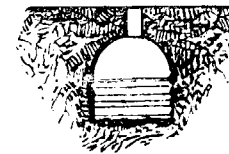


Fig. 12.ª

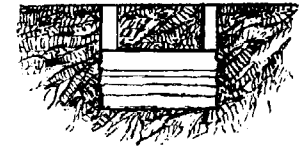


Fig. 13.ª

El diámetro, profundidad y capacidad de estas cisternas dependerá de la clase de roca, del espesor de la tierra vegetal y de la cantidad de agua que se haya de acumular; debiéndose considerar, como para los pozos, que serán tanto menores cuanto menor sea la irregularidad de las lluvias y mayor la porosidad del terreno.

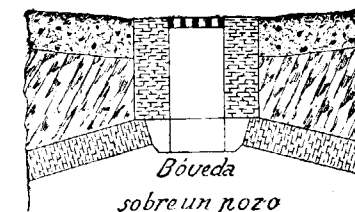


Fig. 14.ª

Cuando las cisternas ó los pozos estuviesen situados cerca de parajes habitados ó de algún tránsito, deberán cubrirse con una bóveda coronada en su clave por un pocillo de 60 á 80 centímetros de diámetro, cerrado por una reja de hierro, como indica la figura 14.ª

Para facilitar la infiltración del agua, en el caso de que el terreno se componga de capas inclinadas, de rocas duras y poco permeables, pero separadas por lechos donde el agua encuentre fácil entrada, pue-

den hacerse en el fondo de las cisternas y de los pozos, galerías horizontales cortando la estratificación, como indica la fig. 15.<sup>a</sup>

Las cisternas en forma de mina ó galería se excavarán en las laderas de las montañas y en las orillas de los barrancos y arroyos en la forma que se dirá para las galerías, con las circunstancias de ser cerradas y de tener un desagüe artificial, cuando la roca sea completamente impermeable y no se quiera almacenar en ellas el agua.

Estas cisternas, conocidas con el nombre de *aljibes* en muchas localidades de España, donde únicamente sirven de depósito de agua cuando recogen las aguas de lluvia de azoteas y tejados, fueron prodigadas por los moros con gran inteligencia y en los sitios más elevados, como en lo alto del cerro que domina al Castillo de Gibralfaro en Málaga y en las ruinas de otro castillo conocidas en la localidad con el nombre de *Salas de Galiarda* (ó de los Aliardos) en

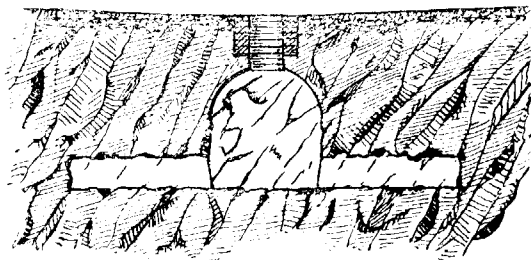


Fig. 15.<sup>a</sup>

la Sierra de Baños, provincia de Jaén; son también notables el gran aljibe de la Alhambra de Granada, los dos existentes en el patio de honor del palacio de los Marqueses de Santa Cruz, en el Viso del Marqués (Ciudad Real); y los extraordinarios de 600 y 800 metros cúbicos existentes bajo el patio del Alcázar de Toledo, así como los del Alcázar de Segovia. También hay antiguas obras subterráneas hechas con el objeto de que hablamos, en muchos pueblos de las provincias de Cádiz, Córdoba, Jaén, Granada, Toledo, Almería, Valencia y Cataluña, siendo muy dignos de mención la cisterna de sillería de piedra construída en Singra, partido de Albarracín; el aljibe que desde 1575 existe en la plaza de Teruel, y los dos, de 8000 metros cúbicos de capacidad cada uno, construídos recientemente entre Gracia y San Martín, cerca de Barcelona, para el abastecimiento de aguas de esta ciudad.

Además deben citarse, no porque sean únicos, sino por lo renombrados, los aljibes construídos por los ingleses en Gibraltar y en Adén, para abastecer á las respectivas poblaciones con las aguas de lluvia acumuladas en ellos, todos los cuales cito para testimoniar que los grandes y pequeños embalses subterráneos no son una quimera de la fantasía.

### Galerías subterráneas.

Deben excavar en los casos siguientes:

1.º En el fondo de los pozos y cisternas, cuando así convenga para aumentar su capacidad y la superficie infiltrante, procurando seguir en tales casos alguna capa permeable, ó cortando la estratificación del terreno, como se indica en la figura 15.<sup>a</sup>, ó cuando, siendo el terreno demasiado impermeable, haya necesidad de buscar un desagüe lento al exterior ó comunicación con alguna quiebra, pozo

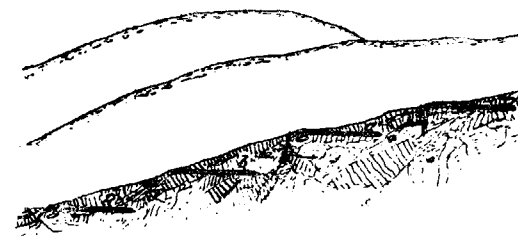


Fig. 16.<sup>a</sup>

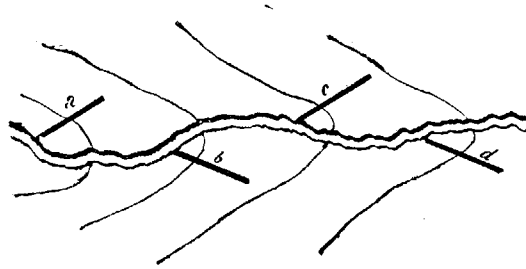
ó mina existente en las inmediaciones y siempre que lo indiquen las circunstancias, apreciadas por el ingeniero geólogo.

2.º En las laderas de las montañas, cuando no se consideren suficientes para detener é infiltrar las aguas, los bancales, muros y zanjas.

Y 3.º En las márgenes de los arroyos muy pendientes, disponiéndose series de ellas distribuidas de trecho en trecho á uno y otro lado del barranco, como indican las figuras 16.<sup>a</sup> en corte y la 17.<sup>a</sup> en planta, en las cuales las rectas *a, b, c, d*, son las galerías.

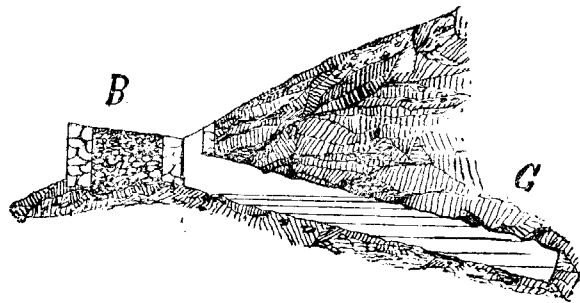
Las galerías serán horizontales en unos casos, con muro de cerramiento en la boca, y un pocillo descubierto para la entrada del agua, ó inclinadas descendentes en otras ocasiones, especialmente cuando el terreno sea seco y no moleste el agua al hacer la excavación, según lo indican las figuras 18.<sup>a</sup> á 21.<sup>a</sup>

En todos los casos, los escombros sacados de la excavación se dedicarán á formar en la boca de la galería *G* un bancale *B*, figuras 18.<sup>a</sup>, 19.<sup>a</sup>, 20.<sup>a</sup> y 21.<sup>a</sup>, extendido lateralmente y siguiendo una curva de nivel, destinado á detener el agua que corra por la ladera y condu-

Fig. 17.<sup>a</sup>

ciria á la galería, después de servir de aprovechamiento directo para la agricultura.

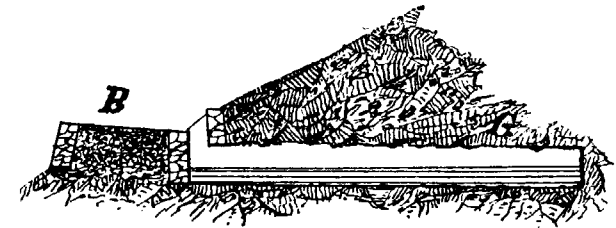
Las galerías excavadas en las laderas de las montañas deben tener un pocillo de entrada rodeado de pretiles ó cerrado con losas de piedra y cantos gruesos, y una capa de piedra suelta menuda, con objeto

Fig. 18.<sup>a</sup>

de evitar la caída de cuerpos extraños, al mismo tiempo que su enlodamiento; procurando que el agua entre en ellos lo más limpia posible, aunque estas obras en las figuras 18.<sup>a</sup> á 20.<sup>a</sup> no se hayan representado para simplificarlas.

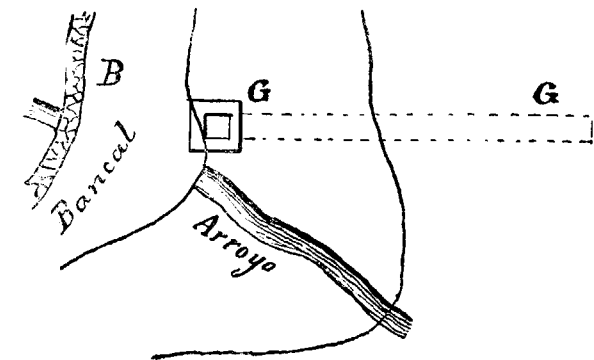
Cuando el terreno fuese completamente impermeable, deben pro-

longarse las galerías fuera y por debajo del bancale, con una bóveda de mampostería de piedra y mortero de cal, colocando en la extremidad de su parte inferior un caño recto de hierro (para facilitar su limpieza), el calibre del cual sea lo bastante reducido para que el agua acumulada en la galería durante los días de lluvia, se evacúe

Fig. 19.<sup>a</sup>

en el tiempo medio que en la localidad separe los períodos lluviosos: por ejemplo, que el agua almacenada en la galería durante dos días de lluvia fuerte, pueda descargarse, por el caño de hierro, en treinta ó cuarenta.

Los detalles de esta disposición están indicados en la fig. 21.<sup>a</sup> en

Fig. 20.<sup>a</sup>

la cual el caño *c* constituye una fuente artificial, que puede ser muy útil en determinados parajes, donde por otra parte, como rara vez habría de adoptarse esta disposición para una sola galería, sino para series de ellas correspondientes á los mismos barrancos, la suma de

sus desagües formaría una corriente superficial, continua, en el cauce del mismo (1).

Aunque no con el objeto aquí perseguido, sino con el de sustraer el agua á la evaporación y emporcamiento, son dignas de mencionarse las largas canalizaciones subterráneas citadas por D. Alfredo de Rivadeneyra en el relato de sus viajes por Persia, así como la que en Ciudad Real se atribuye á los árabes, y que tiene por objeto dar salida al

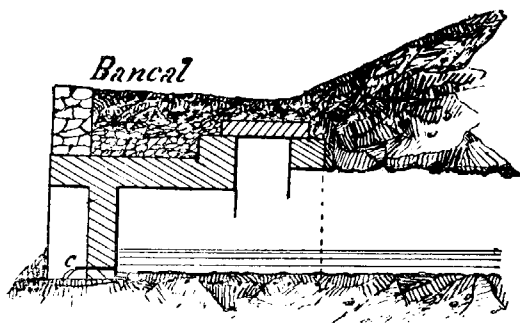


Fig. 21.ª

agua de lluvia acumulada en la Plaza del Pilar, sitio más bajo que todos los de la población y sus alrededores, y que pasando por la Puerta de Alarcos y por detrás del Hospital, va á desaguar, después

(1) Hacia varios meses que estaban escritos los párrafos anteriores y concluidos los grabados de las figuras 16.ª á 21.ª, cuando en un folleto titulado *Las Inundaciones*, publicado en 1892 por D. Enrique López Morales, y que me facilitó el Sr. Cortázar en Agosto de 1899, lei en su pág. 6 lo siguiente: «Recientemente, según *The Railroad Topic*, de Nueva York, M. C. D. Durban, inteligente agricultor establecido en el valle de Mesilla (California), ha construido un depósito subterráneo en forma de túnel en la falda de un cerro, y asegura que éste es el medio más económico y el más eficaz, no sólo para recoger, sino para conservar el agua de lluvia destinada á regadío.»

«Según M. Durban, por cada peso que se gasta en la construcción de estos depósitos se obtiene espacio para conservar 125 pies cúbicos de agua, la cual no se evapora, como ocurre en los depósitos descubiertos, que pierden en el verano un 30 por 100 de su contenido, como la experiencia ha demostrado en los miles de depósitos descubiertos, construidos durante los últimos años en los Estados centrales, meridionales y occidentales de los Estados Unidos.»

de un recorrido de varios kilómetros, en el valle del Guadiana; siendo de notar que esta mina y su canalización no están señaladas en el mapa del Instituto geográfico.

#### OTRAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

Quando las capas superficiales del terreno sean impermeables, como ocurre cuando están constituidas por arcilla casi pura, y debajo de ellas ó lateralmente hubiese otras permeables ó fisuradas, pueden perforarse pozos estrechos, figura 22.ª, ó galerías inclinadas como la que representa la figura 23.ª, revestidas en los trozos que lo necesiten, por medio de las cuales se atravesará el terreno impermeable, para conducir las aguas recogidas en la superficie, á las capas permeables, por las cuales se introducirán en el terreno.

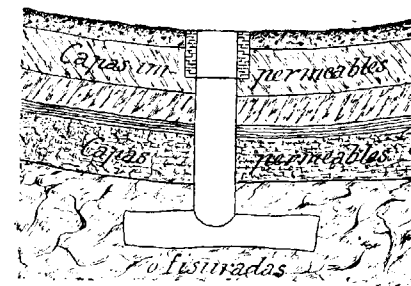


Fig. 22.ª

Puede también convenir, en ocasiones determinadas, construir verdaderos canales ó galerías subterráneas, no por imposición del trazado ni para salvar obstáculos, sino expresamente para evitar la evaporación del agua, objeto que también se consigue con la conducción por cañería cerrada ó canalización cubierta.

De estos canales existen, como se ha dicho, en Persia y el Afganistán muchos, con longitud hasta de 60 kilómetros.

Puede también convenir servirse de los pozos y estanques de noria existentes para recibir en ellos las aguas de lluvia, después de reposadas ó filtradas groseramente con objeto de detener los lodos, que de vez en cuando se devuelven á las tierras de labor.

Tales son las obras subterráneas que considero necesario prodigar

por todos los lugares montuosos y por las mesetas elevadas, así como en las de Castilla y la Mancha, las cuales, además de satisfacer al objeto indicado de regularizar el régimen de las aguas, sustraer las de lluvia á una rápida evaporación y mantener corrientes las fuentes, manantiales, ríos y arroyos, tendrán la ventaja secundaria, pero no menos importante, de permitir generalizar los motores hidráulicos por todas partes y aumentar su potencia, y *contribuirán el perfecto reconocimiento geológico minero de todo el país*, si se colocan al frente de estos trabajos personas competentes que se cuiden, al verificar las excavaciones, de hacer las observaciones necesarias.

Como ya se ha indicado, en la mayor parte de los casos estas excavaciones no necesitarán revestimiento por ser el granito, neis, cuar-

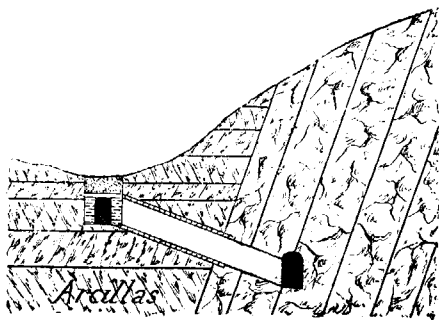


Fig. 23.ª

cita, areniscas, calizas y pizarras duras, las rocas predominantes en casi todos los macizos montañosos ó en las mesetas elevadas en que deben ejecutarse las obras.

La limpieza y salubridad de las aguas acumuladas en los embalses subterráneos descritos, permitirán establecer fuentes como la de la figura 21.ª en multitud de parajes, en que prestarán excelentes servicios y en que satisfarán apremiantes necesidades, las cuales podrán correr todo el año, con sólo tener cuidado de hacer la mina de capacidad suficiente.

La escasa cantidad de limos arrastrados por el agua en su corto recorrido superficial se depositará en ellos, y haciendo limpias cuando sean precisas, volverán á las tierras de que proceden, fertilizándolas.

Otra de las ventajas que estos embalses subterráneos ofrecerán es la de que no solamente no sustraen tierras á la agricultura, sino que con las explanadas ó bancales á ellos anejos, y con sus escombros, se aumentarán, por el contrario, las superficies laborables.

Y por último, las condiciones de éstos embalses (en que falta al desarrollo de los micro-organismos y á las larvas de los mosquitos la luz y el aire necesarios) los sustraen á los efectos del paludismo, que tantas víctimas hace en nuestros campos y que tanto conviene combatir.

### Dimensiones de las excavaciones.

Las dimensiones de las obras subterráneas depende de la extensión superficial, cuyas aguas están destinadas á recoger, de la cantidad de lluvia en el lugar de que se trate, de la irregularidad con que caiga, y de la rapidez mayor ó menor con que el terreno absorba el agua que penetre en la excavación.

A pesar de la aparente complicación del problema, puede resolverse con bastante facilidad.

En primer lugar, hay que tener presente que la infiltración del agua en ellos debe hacerse con tanta rapidez que la absorción anual de que sean susceptibles sea igual ó mayor que el total de lluvia caída en el lugar de que se trata. Tiene que ser, por lo menos, igual para que al cabo del año no resulte sin absorber una parte del agua acumulada, lo que exigiría recipientes de dimensiones cada año mayores, y conviene que sea mayor la capacidad de absorción, para que el volumen disponible en las excavaciones sea lo más grande posible.

La capacidad de absorción depende de la naturaleza del terreno, más ó menos poroso ó resquebrajado, y de las dimensiones y disposición de las excavaciones donde se acumule el agua; especialmente de la extensión de su superficie mojada.

En lo que sigue supondré que la absorción ánuua es igual á la cantidad media de lluvia de la localidad.

Si la lluvia cayese con regularidad, el volumen y superficie de las obras subterráneas sería indiferente. Bastaría con que fuese el suficiente para favorecer la absorción; pero como cae distribuida con irregularidad en periodos en que unas veces excede á la lluvia media, separados por otros en que no alcanza á ésta, habrá que calcular las excavaciones con volumen suficiente para acumular el exceso de la



lluvia media del agua caída en las temporadas lluviosas más largas del año, descontada la cantidad de agua que naturalmente se infiltra en el terreno, sin llegar á correr por la superficie.

Llamando  $L$  á la altura de agua caída en el periodo lluvioso más largo del año, y  $l$  á la parte de lluvia media correspondiente al mismo periodo,  $S$  á la superficie en metros del terreno de que se trata,  $d$  á la fracción del agua detenida naturalmente en el mismo sin llegar á correr por su superficie, y  $V$  al volumen de la excavación, el valor de ésta quedará determinado por la fórmula

$$V = (L - l) S \times (1 - d).$$

Apliquemos la fórmula á algún ejemplo y supongamos que se trata de recoger el agua procedente de una hectárea de terreno en una localidad en que el régimen hidrológico fuese el siguiente:

Altura de lluvia anual, 565 milímetros.

Lluvia media diaria, un milímetro.

$L$ , lluvia caída desde el 15 de Noviembre al 20 de Abril (temporada durante la que en la localidad excede la lluvia á la media), 280 milímetros.

$d$  (proporción de agua detenida en el terreno), la cuarta parte de la llovada.

En tales condiciones, se tendrán los valores siguientes:

$$S = 10000 \text{ metros cuadrados.}$$

$$L = 0'280 \text{ metros.}$$

Lluvia media correspondiente al periodo de 15 de Noviembre á 20 de Abril (155 días), á razón de un milímetro diario,

$$l = 0'155 \text{ metros.}$$

$$d = 0'25 \quad \text{»} \quad (1 - d) = 0'75.$$

De donde

$$V = 0'125 \times 10000 \times 0'75 = 937'5 \text{ metros cúbicos.}$$

Volumen que se obtendría con un pozo redondo de 10 metros de diámetro y 12 de profundidad, ó con dos galerías de 5 metros cuadrados de sección y 95 de desarrollo en longitud, cada una.

Si se tratase de una localidad expuesta á grandes lluvias torrenciales, el volumen de los embalses debería calcularse bastante grande para poder acumular toda el agua caída en días de temporal.

Por ejemplo: si se pretendiese poder detener una lluvia excepcional de 200 milímetros, ó 2000 metros cúbicos por hectárea, bastaría disponer en cada una de dos pozos de 1000 metros cúbicos de capacidad ó cuatro de 500, cuyas dimensiones no resultan exageradas, con la circunstancia de que disponiéndolos á distancias recíprocas de 70 á 50 metros en sitios convenientes, el mayor recorrido *superficial* del agua en el caso más desfavorable sería de 75 á 50 metros, que puede descender á 25 con una buena distribución de los mismos, y aun mucho menos si el agua se recoge y conduce á los pozos por medio de atarjeas y atanores enterrados y bien repartidos.

Análogamente podrían calcularse otros casos que omito en obsequio á la brevedad.

En los terrenos cubiertos de monte, el volumen de los embalses subterráneos podrá ser muy reducido á causa de la gran proporción de agua retenida por el follaje y mantillo, que dará un gran valor para  $d$ , y lo mismo debe advertirse para los terrenos cubiertos de bancales y zanjas horizontales ó preparados de cualquiera de los varios modos descritos.

La infiltración media diaria debe ser, como queda dicho, igual ó mayor que la cantidad media diaria que de agua se debe recoger. Cuando los pozos ó galerías tuviesen un desagüe artificial como el caño de la figura 21.<sup>a</sup>, habrá que tener en cuenta el agua perdida por esta causa, al calcular el agua absorbida por filtraciones.

La fórmula propuesta no debe tomarse ni como perfecta ni como definitiva, sino como suficiente para dar un valor aproximado para los primeros embalses de cada localidad, dejando que las observaciones posteriores permitan operar en adelante con mayor conocimiento de las condiciones de la misma, siendo conveniente recordar que pueden ensancharse las excavaciones siempre que sea necesario.

#### Capacidad de absorción de las rocas en masa y de los aluviones.

La utilidad de las cavidades naturales del terreno para embalses subterráneos es evidente; pero no en todas partes se puede disponer de cavernas, antiguos minados, fallas, etc.

Sin embargo, la posibilidad y aun facilidad de conseguir las ventajas del embalse natural subterráneo del agua no desaparecen aunque falten dichas cavidades, porque las tierras y rocas en masa pueden acumular grandes cantidades de agua, como se vió en el capítulo dedicado á la absorción de agua por las rocas (págs. 111 y 113), que trata de la permeabilidad de los materiales pétreos.

Antes por el contrario, el embalse por excelencia, el que en todas partes se encuentra disponible, el más extenso, el que no ocupa ni roba terreno á la agricultura, el que se encuentra siempre hecho y no cuesta nada, el que menos obras y gastos exige para ser aprovechado, el que no está sujeto á la evaporación ni á los daños del paludismo, el que no está expuesto á destruirse con el tiempo, ni á cegarse, ni á producir estragos por la rotura de sus diques, es el embalse producido en el mismo seno de las tierras y rocas por la imbibición de agua en sus poros y oquedades.

Para utilizarlo no hay más que facilitar la infiltración del agua en el terreno, sacándola á la superficie por galerías á nivel ó por elevación desde el fondo de los pozos cuando es necesario, y de su excelencia viene haciendo propaganda el Sr. Montenegro hace ya algunos años, el Sr. Rico y Sinobas mucho antes, así como el Sr. Botella y otras personas tan competentes como de clara inteligencia, que han comprendido ó entrevisto el *quid* del problema hidráulico de España.

Se vió en el cuadro de la pág. 111, en que aparece el poder absorbente de treinta rocas diferentes de España, á cuyos datos pueden agregarse los de la pág. 113 sobre absorción de agua por los terrenos de labor, que la capacidad en volumen para la absorción de agua varía de 0'01 á 1'68, según las rocas y tierras.

Claro está que no puede contarse con toda esta capacidad de agua absorbida por las rocas como volumen disponible; porque si es fácil hacerles absorber toda el agua indicada por el cuadro, no lo es el utilizar, por filtración y escurrimiento del terreno, sino una fracción de ella, que supongo sea, como media general y á reserva de lo que demuestre la experiencia, *una cuarta parte* del agua contenida.

En tal caso, por cada metro de espesor del terreno se tendrán disponibles los espesores de agua que se dirá, en las rocas y tierras más extendidas en nuestro país en las diferentes formaciones geológicas cuyas superficies totales y proporcionales estampo á continuación, tomándolo de las publicaciones de la Comisión del Mapa geológico de España.

|                            | Quilómetros cuadrados. | Por 100 del total. |
|----------------------------|------------------------|--------------------|
| <b>ÉPOCAS GEOLÓGICAS</b>   |                        |                    |
| Terciaria.....             | 170508                 | 3½                 |
| Paleozóica.....            | 122467                 | 25                 |
| Secundaria.....            | 92142                  | 18 ½               |
| Hipogénica.....            | 49665                  | 10                 |
| Cuaternaria.....           | 49473                  | 10                 |
| Azóica.....                | 10690                  | 2 ½                |
| <b>TOTAL.....</b>          | <b>494942</b>          | <b>100</b>         |
| <b>PERÍODOS GEOLÓGICOS</b> |                        |                    |
| Mioceno.....               | 137877                 | 27'85              |
| Siluriano.....             | 92635                  | 18'78              |
| Hipogénico.....            | 49665                  | 10'00              |
| Cuaternario.....           | 49773                  | 10'00              |
| Cretáceo.....              | 47002                  | 9'50               |
| Eoceno.....                | 23564                  | 4'80               |
| Jurásico.....              | 22697                  | 4'55               |
| Triásico.....              | 22443                  | 4'55               |
| Cambriano.....             | 42754                  | 2'60               |
| Carbonífero.....           | 11304                  | 2'22               |
| Plioceno.....              | 9064                   | 1'80               |
| Metamórfico.....           | 8996                   | 1'80               |
| Devoniano.....             | 5780                   | 1'10               |
| Estrato-cristalino.....    | 1694                   | 0'35               |
| <b>TOTAL.....</b>          | <b>494942</b>          | <b>100'00</b>      |

Las cantidades de agua de saturación disponibles en cada una de las tierras y rocas más abundantes en estos terrenos, suponiendo sea ¼ de la contenida, calculadas para cada metro de espesor, con los datos de los cuadros de las páginas 111 y 113, son las siguientes:

|                                                                                            | Metros. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Epoca azóica.</i> —Neis, micacitas, argirófiros, etc., de 0'008 á....                   | 0'0136  |
| <i>Epoca paleozóica.</i> —Cuarcitas, areniscas, pizarras, mármoles, etc., de 0'0035 á..... | 0'0682  |
| <i>Epoca secundaria.</i> —Calizas, margas, areniscas, etc., de 0,008 á.....                | 0'422   |
| <i>Epoca terciaria.</i> —Calizas, yesos, maciños, gredas, arcillas, etc., de 0'03 á.....   | 0'40    |
| <i>Epoca cuaternaria.</i> —Margas, arcillas, arenas (1), etc., de 0'10 á..                 | 0'420   |
| <i>Epoca hipogénica.</i> —Granitos, basaltos, serpentinas, etc., de 0'002 á.....           | 0'047   |

(1) Dice el Sr. Moragas en su *Memoria sobre las corrientes subálveas* que en los diez últimos quilómetros del Bessós, concretando el cálculo al volu-

A las cuales hay que agregar el agua contenida en las grietas y quiebras del terreno, que en ninguna parte faltan por completo.

Para acumular un espesor de medio metro de altura de agua, muy suficiente para compensar en las necesidades agrícolas las irregularidades de la lluvia en un par de años, se necesitará poder disponer del agua excedente ( $\frac{1}{4}$  de la contenida) en los espesores máximos que se indican de las siguientes especies de terreno:

|                                                    |                          |
|----------------------------------------------------|--------------------------|
| 17 metros de espesor en el terciario, que ocupa... | 170505 km <sup>2</sup> . |
| 145 — — — paleozóico — ...                         | 122467 —                 |
| 62 — — — secundario — ...                          | 92142 —                  |
| 250 — — — hipogénico — ...                         | 49665 —                  |
| 5 — — — cuaternario — ...                          | 49475 —                  |
| 62 — — — azóico — ...                              | 10690 —                  |

Por cuyos números se ve que dentro de un espesor de terreno variable de 5 á 17 metros, se tiene seguridad de obtener un embalse subterráneo suficiente en los terrenos cuaternario y terciario, y de 60 á 250 en los secundario, azóico, paleozóico é hipogénico.

¿Qué cantidades de agua no podrán acumular los mismos en los cientos de metros utilizables de ellos en España, á causa del elevado relieve del suelo?

### Presas subterráneas ó enterradas.

Cuando un terreno sea muy permeable y descansa en una cuenca constituida por otro de rocas menos porosas, pueden construirse presas subterráneas que, interceptando el cauce de la cuenca y descansando en el terreno firme, detengan y embalsen el agua infiltrada en el terreno de aluvi6n superior.

Ejemplo de estas presas las tenemos en las inmediaciones de Barcelona, en donde existen dos en los valles de Alfart y Canyamás, que acumulan 60000 metros cúbicos la primera y 240000 la segunda, habiendo proyecto de construir otra que recogerá 60000 metros cúbicos

determinado por la fracción de la cuenca limitada á 20 metros de profundidad aguas arriba de la desembocadura, y con anchura de 100 metros y hueco entre las arenas de 0'30, se almacenan 9.000000 de metros cúbicos de agua, suficientes para alimentar un año el caudal de 280 litros por segundo, cálculo sin duda exagerado, porque hay que tener presente que no toda el agua contenida entre las arenas puede utilizarse.

bicos en el valle del Rials, y que será análoga á la que cerca de Cádiz se construyó en el siglo XVIII con 481 metros de largo.

Una de las ventajas de estas presas subterráneas es que no necesitan tener tanta resistencia como las construidas sobre la superficie del terreno, porque estando enterradas, la presión que el agua ejerce en una cara es contrarrestada por la resistencia del terreno que sujeta el muro por el lado opuesto. Pueden tener una ó más aberturas de paso, cerradas ó no por medio de compuertas, ó estar perforadas por series de mechinales, según convenga, y pueden construirse de mampostería, hormigón ó simplemente de arcilla apisonada, de conformidad con las circunstancias.

Las inmensas ventajas que los embalses subterráneos, naturales ó artificiales, tienen sobre los superficiales, son tan evidentes, que no hay más que indicarlas para que la persuasión se apodere del ánimo.

En primer lugar, están exentos de la pérdida por evaporación, que es el mayor inconveniente de los embalses superficiales. ¿Qué embalse superficial podría conservar el agua en el Sahara? Y sin embargo, las aguas subterráneas se encuentran en aquel desierto á poca profundidad y con abundancia, dando lugar, cuando se iluminan, á la formaci6n de oasis.

En segundo, ¿qué embalse superficial, por grande y costoso que fuese y por mucho terreno que arrebatase á la agricultura, podría acumular y conservar el agua para varios años? Y sin embargo, los embalses subterráneos, naturales y artificiales, son tan capaces de acumular y conservar, casi indefinidamente, enormes cantidades de agua, que pueden considerarse como de capacidad y duraci6n indefinida.

Y en tercero, ¿qué embalse superficial no está expuesto á la destrucci6n de su presa, con los peligros consiguientes? En cambio, los subterráneos no tienen muros que destruir ni hacen temer nada, por esta causa.

Además, todo embalse superficial roba cierta extensi6n de terreno á la agricultura, y, por el contrario, con los embalses subterráneos no sólo no se distraen campos al cultivo, sino que éstos se mejoran por la humedad ascendente que reciben del agua acumulada debajo, habiendo también la ventaja de no estar expuestos los embalses sub-

terráneos á sufrir por causa de los repentinos deshielos ni por el desbordamiento de los ríos.

## VII

### CANALES Y ENCAUZAMIENTOS

Grande es la utilidad de estos trabajos cuando están justificados, bien concebidos y concurren para ellos los múltiples elementos indispensables, y como existen tantos Tratados, Memorias y artículos sobre la materia, considero ocioso preconizar su conveniencia, limitándome á decir que pueden ser de tres especies las obras en cuestión: encauzamientos de arroyos, ríos y ramblas sobre su curso natural; derivaciones de aguas corrientes á otras cuencas distintas de las suyas, y canales para riegos, navegación ó fuerza hidráulica.

#### Encauzamientos.

Tienen por objeto limitar y dirigir el cauce de arroyos, ríos ó ramblas, y pueden hacerse excavando y rectificando á pico ó pala los someros ó que se secan total ó parcialmente en el verano, dragando los profundos y conteniendo unos y otros por medio de estacadas y zarzas, con malecones de tierra ó con muros de mampostería.

Los encauzamientos de estacadas deben hacerse con ramos frescos de árboles que crezcan fácilmente en el agua, como los sauces por ejemplo, que se plantan en agujeros previamente practicados con fuertes estacas ó con barras de hierro. Después se entrelazan las estacas con zarzas, cuyos extremos se hacen penetrar en la tierra, con lo cual las estacas y las zarzas agarran y siguen vegetando, concluyendo por formar vallados fuertes bien sujetos al terreno, detrás de los cuales los tarquines, arrastrados por el agua en las crecidas, que penetran fácilmente á través de estos zarzales, se depositan lentamente, elevando el terreno de las orillas hasta que sube por cima del nivel de las crecidas ordinarias y forman buenas tierras de labor. El relleno se acelera y facilita construyendo empalizadas ó malecones transversales por ambas márgenes, desde los terrenos siempre secos hasta las líneas de estacadas que forman el encauzamiento.

Cuando el encauzamiento se hace por medio de muros de mam-

postería ó de malecones, deben interrumpirse de trecho en trecho y unirse á los bordes del cauce natural por medio de otros diques transversales, con tres objetos: 1.º, para que los malecones ó muros no estén sometidos á fuertes empujes del lado del río, sin contrarresto exterior; 2.º, para que los fangos, arrastrados por las aguas en las crecidas, vayan rellenoando las márgenes hasta enrasar con la coronación de los diques; 3.º, para que si el agua sube más alto que éstas, no destruya los diques é inunde repentinamente las tierras.

La impaciencia por tener desecados inmediatamente los terrenos que á ambos costados del encauzamiento del río quedan detrás de los muros ó diques, ha hecho que éstos se hagan con frecuencia continuos y con suficiente solidez y altura para resistir á las mayores crecidas; pero como estas obras no se deben emprender para satisfacer una necesidad del momento, sino con miras más elevadas y previsoras, será conveniente atenerse á lo dicho en el párrafo anterior, procurando que por medios económicos, siquiera sean lentos, se vayan rellenoando los terrenos que detrás de los malecones estaban á nivel más bajo que el cauce del río, en las crecidas.

Decía el Sr. Vallejo en la notable Memoria que publicó en 1839, pág. 285: «Antes de publicada dicha obra (*el Tratado de las aguas*), cuando se trataba de los medios de fomentar la prosperidad de España, no se veía otro arbitrio que *abrir canales*. En el primer libro de la expresada obra, desde el párrafo 35 al 41, tengo demostrado hasta la mayor evidencia, que el promover por medio de canales las comunicaciones interiores de España es absolutamente imposible, excepto en algunas pocas localidades; y que lo que es adaptable á nuestro terreno tan quebrado, desigual y montuoso, es canalizar nuestros ríos. Desde entonces ya ha cesado el prurito de los canales y se han puesto las miras en las canalizaciones de nuestros ríos, de lo cual es una prueba nada equívoca el estar ya decidida por un decreto especial la canalización del Duero.»

Corresponden á la clase de obras en que nos ocupamos, la limpia, rectificación y excavación de los arroyos y ríos de sierra, que de ordinario quedan cortados ó medio secos en verano, con objeto de evitar que el agua se detenga y forme las tablas que constituyen focos de paludismo, y procurando al mismo tiempo que el agua continúe corriendo en el estiaje, sin interrupción por el cauce, canal ó zanja que constituya la vaguada, á favor de un declive, por pequeño que sea con tal de que sea continuo, pues así, al mismo tiempo se con-

sigue que las crecidas del río no produzcan desbordamientos é inundaciones en las épocas lluviosas.

Actualmente existen encauzamientos en España, en el Daró (Gerona), Zapardiel (Valladolid), Zánacara (Ciudad Real), Valdeginete (Palencia), Pas (Santander), Limia (Orense), Turia (Valencia), Cinca (Huesca), Guadalquivir (Sevilla), Nervión (Bilbao), Almanzora y Segura (Murcia, Almería y Alicante), etc., etc.

### Canales de derivación.

Cuando el exceso de agua que pueda acumularse en una vega haga temibles las posibles inundaciones, y exista posibilidad de dar paso á parte del agua por una trinchera ó túnel á otra cuenca próxima menos combatida por las avenidas, ó donde estas puedan causar daños menores, pueden construirse canales de derivación, como el que en la vega de Murcia se ha construido para desaguar 200 metros cúbicos por segundo en la rambla de Mazarrón.

También pueden construirse estos canales de derivación de una á otra cuenca, cuando siendo una de ellas abundante de aguas, presente la otra más facilidades para el cultivo, tenga mejores tierras ó esté más falta de riego.

Estas derivaciones pueden hacerse aprovechando alguna depresión de la divisoria, como en Murcia, siguiendo una línea de nivel del contrafuerte montañoso que las separa, ó por medio de túneles; de cuyo último caso son ejemplos notables la mina natural por donde pasa el Ródano del territorio español al francés en los Pirineos, y la artificial atribuida á los romanos, á través de la cual pasa el Sil en Montefurado.

### Canales de riego.

Ya hemos dicho, y no nos cansaremos de repetir, que no con canales, sino con agua, se riegan los campos, y si ésta falta, aunque abunden aquéllos, continuarán los predios situados en las márgenes del sediento canal siendo tan de secano como antes de construirlo.

Verdades son éstas que todo el mundo conoce; pero que olvidan los que pretenden resolver el problema agrícola en España con la

construcción á diestro y siniestro de canales de riego y pantanos, sin preocuparse de averiguar si habrá agua suficiente para llenarlos, antes de regularizar las corrientes naturales con arreglo á un plan general, en el cual los canales y pantanos formen sólo una parte, aunque importante del conjunto, sin lo que no se tendrá con frecuencia más que *canales de secano*, como ha ocurrido más de una vez, arruinando á las empresas constructoras y consumiendo en ocasiones infructuosamente las subvenciones del Estado.

Para patrocinar la construcción de canales suele razonarse así: con *A* quilómetros de canal, en tal localidad se pueden regar *B* hectáreas de tierra de labor; pero en este planteamiento de la cuestión se olvida el agua, que suele faltar en el río de donde ha de derivarse el canal, en los meses en que más precisa es para el riego.

De aquí que la más elemental previsión aconseje, antes de pensar en el canal, pensar en el agua necesaria para el riego y en la que se ha de reservar para el río.

Como se verá al tratar de los riegos (cap. XII), por cada hectárea que se dedique á regadío debe contarse con un consumo de agua de medio á un litro por segundo, según los casos, y aunque el río lleve la suficiente en el punto donde convenga hacer la toma, es necesario respetar una parte del caudal circulante, para los usos que en el mismo río deban hacerse siguiendo su curso inferior.

Las tierras, al pasar de secano á regadío, aumentan de valor y de producción en España de tres á diez, y hasta cien veces <sup>(1)</sup>, en algunas localidades; pero el problema de convertir en tierras de regadío las de secano no se reduce simplemente á una cuestión de agua, sino que implica un considerable incremento en todos los elementos que intervienen en el cultivo, incluso el capital necesario, y un cambio radical en los procedimientos y costumbres agrícolas.

A favor del riego las plantas asimilan tan ávidamente las materias

(1) Precios en pesetas de la hectárea de tierra.

|                               | Secano. | Regadío. |
|-------------------------------|---------|----------|
| En Totana.....                | 500     | 4000     |
| — Orihuela.....               | 600     | 7000     |
| — Murcia.....                 | 750     | 8000     |
| — Almería, algunas veces..... | 400     | 40000    |

fertilizantes de la tierra, que si no se reparan con abundantes abonos pronto sobreviene el empobrecimiento; por lo cual las vegas exigen de ocho á diez veces más estiércol que los terrenos de secano, y el cultivo en regadío exige buen abono general, por lo menos cada dos años, gastando el equivalente de 30 á 40 toneladas de estiércol por hectárea.

Las grandes dificultades con que lucha el agricultor para convertir en regadío un terreno de secano, son, falta de capital y el cambio radical en procedimientos y costumbres; lo segundo es más dominante, y si se pudiese empezar la transformación con poco dinero, mejorando sólo una parte de la finca, con los mayores productos podrían aumentarse los recursos, extendiendo el riego sucesivamente al resto de la propiedad.

En corroboración de esto voy á recordar lo que dice en síntesis el Ingeniero D. Ramón García en el prólogo de la *Memoria de proyecto de obras de defensa contra las inundaciones del valle del Segura*, formado por él mismo en colaboración con mi querido amigo el señor D. Luis Gaztelu:

«La transformación que la propiedad sufre al pasar de secano á regadío es muy brusca, y lleva consigo la creación de una industria nueva desconocida en algunas comarcas, cuyos procedimientos tienen que ser dirigidos y ejecutados por millares de personas sin instrucción y sin aprendizaje previo.»

El riego que se recibe por acequia no es equivalente de ningún modo al que proviene de la lluvia natural ó de la artificial por manga de riego ó regadera. La primera exige un terreno horizontal, pues las desigualdades hace acumular el líquido en los puntos más profundos á expensas de los más elevados, que pueden así recibir poca agua. Además, el riego menudo y continuo que viene de arriba lava y limpia las hojas de las plantas, y se reparte tan bien, que una lluvia de un centímetro equivale con frecuencia á un riego por acequia cuatro veces mayor.

Por otra parte, los labradores, en ocasiones, suelen no querer regar, con la intención de que la empresa de riegos se vea obligada á bajar los arrendamientos en vista de la inutilidad de sus obras y de la pérdida del capital invertido en caso de mantener buenos precios para el agua, lo que no puede evitarse sino adquiriendo, voluntariamente ó por expropiación forzosa, todas ó la mayor parte de las tierras que se han de regar, y esto produce aumento extraordinario

del capital social y grandes complicaciones en la administración de la empresa, que en tal caso no es simplemente de riegos, sino gran agricultura.

El Sr. Llauradó, en su obra de riegos, dice que la mayor parte de las empresas de canales de riego de España han quebrado, porque necesitándose gran capital para su construcción, el desarrollo del riego y beneficio producido por la venta del agua es muy lento, y los productos no cubren en muchos años, ó nunca, el interés y amortización del capital social y de la conservación de las obras.

Suele suceder, además, que el capital invertido en la obra excede con mucho, y á veces en proporciones colosales, al presupuesto, ya por error ó malicia al constituir la empresa, ó ya por las dificultades imprevistas que surgen al realizar el proyecto.

Entiéndase bien que todo lo anterior no quiere decir que los pantanos y los canales de riego son inútiles, sino que antes de pensar en construir éstos, es necesario preocuparse de multitud de cuestiones y detalles, bastante descuidados generalmente, y, sobre todo, de asegurarse de que el río de donde hayan de derivar corra con la menor irregularidad posible.

Como ejemplo del éxito que suelen alcanzar los canales y de las contingencias que surgen en su explotación, puede citarse el de Urgel.

Bien trazado y construido, y en explotación hace más de cincuenta años, no ha dado todavía una peseta á sus accionistas, ni se espera que empiece á producir hasta muy entrado el próximo siglo.

El primer efecto del canal fué que en cuanto empezaron á correr por él las aguas se inundó la comarca, no de riegos, sino de calenturas palúdicas perniciosas, que en dos ó tres accesos mataban á los invadidos. Hubo que hacer grandes gastos en enormes plantaciones de eucaliptos, empezó á despoblarse el país, y los muchos hacendados que habían adquirido terrenos y construido granjas en sus inmediaciones, se arruinaron. Los labradores no podían ni querían regar; el cultivo intensivo esquilmba las tierras, hacían falta abonos y no los había, ni tampoco los medios más eficaces y potentes de labranza necesarios para el caso; y así, de dificultad en dificultad y de contratiempo en contratiempo, se han pasado los años infructuosamente para los accionistas, para los labradores en gran parte, y hasta cierto punto en perjuicio para la comarca.

Según el Ingeniero de caminos, canales y puertos, D. Pedro Antonio Mesa, el presupuesto fué de 51.395677 reales vellón; la Compa-

nia recibió en tres anticipos una subvención del Estado de 36.500000 reales, y costaron las obras más de 100 millones de reales.

De estos datos se deduce que no se puede señalar un negocio más equivocado y desastroso, en que los imprevistos duplicaron al presupuesto, á su vez excedido por la subvención, con todo lo cual, después de medio siglo, no se ha obtenido interés alguno para el capital de los accionistas.

### Canales de navegación.

Han perdido gran parte de su importancia desde la generalización de los ferrocarriles. Sin embargo, pueden ser muy estimables cuando se forman sobre los mismos cauces de los ríos por dragado ó encauzamiento de los mismos, como queda dicho, y sobre todo cuando comunican directamente con el mar.

En tales casos, el precio del transporte de la tonelada por quilómetro puede ser de 0'14 pesetas ó menos, siendo el de los antiguos procedimientos de 0'5 á 0'6 pesetas, y se puede contar con una velocidad económica del transporte en canales de poca sección, de 2 á 4 quilómetros por hora.

### Canales para aprovechamiento de fuerza hidráulica.

Pueden formarse, no sólo excavados en la tierra ó roca á cielo abierto, sino con acequias en mina ó hechas con gruesas tuberías de hierro ó acero, como más adelante se dirá.

## VIII

### MEDIOS DE DEFENSA PROPUESTOS

#### CONTRA LOS DERRUBIOS DE TIERRAS Y LAS INUNDACIONES

Aun cuando en los capítulos anteriores quedan consignados todos los medios, obras y procedimientos que considero eficaces para regularizar el régimen hidrológico en España, y, por tanto, para evitar ó aminorar los arrastres de tierras y las inundaciones, á conti-

nuación enumero los propuestos por las personas más notables que han tratado de estos asuntos.

El Sr. D. Mariano Vallejo, en su *Tratado de las aguas*, proponía, en 1835, encauzar y canalizar los ríos.

El Sr. Rico y Sinobas, en la *Memoria sobre las causas de las sequías de las provincias de Levante*, premiada por la Academia de Ciencias en 1851, dice (pág. 352): «En lo humano creo imposible el destruir las acciones de la Naturaleza que juegan en Alicante, Murcia, Cartagena y Almería,» pero propone los siguientes medios de remediar los efectos de las sequías:

Robustecer la agricultura, y estudiar y dictar una ley de propietarios y colonos agrícolas.—Construir caminos generales y transversales.—Aclimatación y adaptación de cultivos.—Construir canales de riego y navegación.—Abrir pozos artesianos.—*Excavar depósitos subterráneos.*

No recomienda los pantanos de embalse superficial, y dice que los montes no remedian las grandes sequías, y que conviene estudiar las ventajas é inconvenientes del establecimiento de los franceses en la Argelia, respecto á la influencia que su establecimiento ha tenido para las provincias de Levante.

D. José Echegaray (padre), en la Memoria premiada con el accésit en el mismo certamen de 1851, atribuye cierta influencia en la abundancia de lluvia á los bosques, así como á los terremotos, aun después de pasados y por largo espacio de tiempo, y propone:

Canales de riego.—Pozos artesianos.—Pantanos.—Pozos de Himalaya ó en hilera <sup>(1)</sup>.—Molinos de viento y otras máquinas elevadoras de agua.—Fomentar la vegetación.—Abonos higroscópicos.—Abonos verdes.—Montes.—Plantas barrilleras.—Tornasoles.—Nopales (*chumberas*).—Pitas (abacá).—Alcaparras <sup>(2)</sup>.—Olivos.—Vides.—Almendros <sup>(3)</sup>.—Higueras.—Granados.—Moreras.—Algarrobos, etc.

El Ingeniero de Montes Sr. Bosch y Juliá, en su *Memoria sobre la inundación del Júcar de 1864*, propone:

Montes.—Canales de riego y de derivación.—Encauzar y rectifi-

(1) Conocidos en Persia con el nombre de *cariz*. Son galerías de investigación y alumbramiento de aguas, de varios quilómetros de longitud, excavadas por medio de alineaciones de pozos separados de 50 á 100 metros.

(2) Por su fresca vegetación en medio del verano más seco y cálido.

(3) Su raíz recta y profunda permite vegetar en terrenos muy secos.

car los ríos.—Fomentar la vegetación en las laderas.—Reglamentar los cultivos y los transportes fluviales de maderas, y cita los siguientes proyectos:

El de D. Juan B. Peyronnet, que proponía un gran canal de derivación, el cual, tomando las aguas torrenciales del Júcar, las condujese á los campos secos de la de Alicante.

El de D. Manuel Beixet, que proponía el fomento de montes y canales de derivación, lo mismo que D. Pablo Becerril y D. F. Llorente.

Añade el Sr. Bosch que, siendo causa la paja de arroz y la de maíz arrastrada por el agua, del derribo de muchos árboles, debe quemarse después de recogida la cosecha, y, sobre todo, debe prohibirse la edificación en los cauces de los ríos y ramblas <sup>(1)</sup>.

La Comisión oficial nombrada para estudiar la inundación de Murcia de 1879 y los medios de prevenir su repetición, en el informe redactado por los Ingenieros del Cuerpo de Caminos, D. Ramón García y D. Luis Gaztelu, aconsejan para aquellos ríos y valles: la construcción de pantanos; diques longitudinales de defensa; canales de riego y de derivación; combinar las obras de modo que las crecidas de los distintos afluentes no coincidan en un momento dado en donde sus efectos puedan ser temibles, y conceden poca importancia á los montes, entendiendo que sus efectos, en caso de hacerse sensibles, tienen que dejarse esperar por mucho tiempo á causa de la lentitud de la repoblación forestal.

El Sr. D. Federico de Botella, en el informe dado á la Sociedad geográfica sobre la misma inundación, propone: Montes.—Embalses escalonados.—Presas de estacas, mimbreras, atochas ó esparto y cañas de maíz.—*Red de canales y galerías subterráneas*.—Canales de riego y de derivación.—*Presas subterráneas*.—Malecones diagonales.

Y por último, D. Antonio Montenegro, que tiene una competencia especial en las cuestiones de aguas, niega influencia á los bosques en el régimen de las lluvias, impugna la construcción de grandes pantanos, y aconseja la construcción de embalses pequeños superficiales, caminos, alumbramientos de aguas y *estudios geológicos* con aplicación á estas cuestiones.

(1) A la falta de este precepto fueron debidos la mayor parte de los daños ocurridos en la inundación de 1891 en Consuegra.

## IX

## PROCEDIMIENTOS Y OBRAS DE SANEAMIENTO

## PARA LA MEJORA DEL SUELO AGRÍCOLA Y EXTINCIÓN DEL PALUDISMO

Con un mismo orden de obras puede conseguirse, con frecuencia, los diversos é importantes objetos enunciados en el anterior epígrafe, como vamos á ver.

La composición química de los elementos constitutivos de la tierra y el grado de humedad de ésta, necesitan estar comprendidos entre variables dependientes de las diferentes especies vegetales y cultivos; pero siempre encerrados dentro de ciertos límites.

Los componentes que entran en mayor cantidad en la capa superficial del terreno para que sea apto para sostener la vegetación, son: la arcilla, la caliza pulverulenta, la sílice y el mantillo, aunque sus proporciones pueden variar extraordinariamente y tienen íntima relación, no sólo con la especie de cultivo apropiada á la localidad, sino con la existencia y desarrollo del paludismo.

El predominio de la arcilla en el terreno y cierto grado de calor y de humedad, especialmente si el agua está estancada, son causa del desarrollo de los microbios palúdicos; en cambio, la abundancia de caliza en la tierra, el frío y la sequedad, ó mejor la renovación y aireación del agua corriente, contrarian la existencia del paludismo, como acreditan las observaciones siguientes:

En corroboración de que el asiento del paludismo radica en las tierras arcillosas compactas, y nunca en las calizas, se ha observado que siempre que se ha incorporado caliza á las tierras arcillosas en los departamentos de Puy-de-Dôme, Allier, Cher y otros de Francia, ha desaparecido el paludismo, de modo que el encalado de las tierras arcillosas, además de mejorar las tierras y aumentar por este concepto la riqueza pública, ha saneado la comarca.

La incorporación de calizas al estado de marga, hecho con objeto agrícola exclusivo, hizo desaparecer el paludismo en el llano de Châtillon-sur-Loire (Loiret).

Conocido allí el *margage* desde tiempo inmemorial, pero poco prac-



ticado, y luego abandonado, se emprendió en 1824 continuándose con empeño, y cuando en 1840 llegó á extenderse á todas las tierras, desaparecieron las calenturas.

No se practicó ningún saneamiento ni desecación de los fosos, estanques, pantanos, charcos y demás sitios en que pudiera haber aguas estancadas, y los mismos había antes que después de haber desaparecido el paludismo de la localidad.

El contraste entre las condiciones palúdicas de los terrenos arcillosos y los calizos es notable en el Loira, cuya orilla derecha (en Beauce), caliza, no es palúdica, mientras que la izquierda, enfrente al mismo punto (en Sologne), constituida por arenas y arcillas, lo es.

El mismo contraste entre los terrenos calizos y los arcillosos se observa en las costas del canal de la Mancha; en la desembocadura del Loira; en la Vendé; en Aunis y en Saintougeuz, en las Landas.

Que tampoco el paludismo es exclusivo de los países cálidos, sino de la calidad del terreno, lo demuestra el hecho de que los países fríos son ó no palúdicos, según que las tierras sean arcillosas ó calizas: por ejemplo, en el Escalda (Holanda), con aluviones arcillosos, sobre subsuelo granítico, se desarrolla el paludismo, mientras que en el Támesis, con la misma latitud y humedad, donde el terreno y el agua son calizos, no se conocen las fiebres intermitentes.

De igual manera, mientras que en las cálidas provincias de Levante en España, con terrenos arcillosos, está muy desarrollado el paludismo, en Argelia, sobre terrenos calizos no es conocido el paludismo, y está muy desarrollado donde predomina la arcilla.

La ausencia del paludismo en la Polinesia, á pesar de lo pantanoso y cálido del suelo, es, sin duda, debido á las madréporas calizas de que están formadas muchas islas.

No es, por tanto, la humedad la causa del paludismo, como bien claramente lo previó D. José Mariano Vallejo en 1853, y como lo demuestra, entre otras muchas observaciones, el hecho de que el bajo Egipto, con sus inundaciones periódicas, sus pantanos, su alta temperatura y falta de higiene, que debería ser muy palúdico, si el paludismo no dependiese, principalmente, de la calidad de la tierra, es, sin embargo, por lo contrario, muy saludable; consecuencia de que las aguas del Nilo llevan en disolución mucha cal, lo mismo que los limos arrastrados por el río.

Del mismo modo los estuarios del Loira y del Sena, que contienen mucha cal, no son palúdicos.

La acción de la cal se explica por ser como es antiséptica, y también parece que ejercen acción antipalúdica los abonos amoniacales, potásicos y fosfalados, estos últimos con especialidad si están incorporados á la cal.

Se atribuye el paludismo de algunas poblaciones al riego sobre el sedimento de la multitud de micro-organismos que se depositan en calles y paseos, y á la remoción de la tierra superficial con motivo de las canalizaciones de agua, gas y electricidad; lo que muy bien puede ser, y no está en contradicción con lo dicho antes, porque en los grandes trabajos de desmontes y túneles que se hicieron al N. del Escorial y en Despeñaperros al construir los ferrocarriles, se desarrolló extraordinariamente el paludismo y con él la mortandad ocasionada en la población obrera dedicada á los trabajos; siendo de observar que el suelo de Madrid, del Escorial y de Despeñaperros es arcillo-silíceo y no calizo, y que M. Zielgen ha demostrado experimentalmente que los micro-organismos pueden abandonar el agua y ser arrastrados por la evaporación en una atmósfera tranquila, sobre todo si el aire está agitado, y especialmente si, como ha confirmado la experiencia, el viento fuerte arranca de las superficies líquidas pequeñas pero numerosas gotas de agua.

En resumen (1): 1.º, los terrenos calizos no son palúdicos; 2.º, los pantanos sobre caliza no son palúdicos; y 3.º, puede sanearse un terreno, contra el paludismo, incorporándole cal.

Durante mucho tiempo se ha intentado hallar el microbio de la enfermedad; pero la verdadera causa no se ha descubierto hasta hace unos doce años, y se vió que la fiebre no atacaba sólo al hombre, sino á muchos animales batráceos, pájaros y mamíferos, resultando que el vehículo de la enfermedad no es el agua ni el aire, como se había creído, sino ciertas especies de mosquitos cuyas larvas se desarrollan en los humedales pantanosos, y que inoculan en la sangre de las personas, á quienes pican, los microbios del paludismo, que llevan adheridos á sus trompas, desde su salida del charco de que proceden. De aquí se deduce que el origen de las fiebres intermitentes, llamado en unas partes *paludismo*, por atribuirse su desarrollo á las lagunas, y en otras *malaria*, por creer que es debido á un aire malo ó viciado, es propiamente *telúrico* y procedente de los terrenos arcillosos.

(1) Comunicación hecha en 1899 por E. J. Crellet á la Academia de Medicina de París.

llosos húmedos, de donde las corrientes superficiales de agua y las filtraciones subterráneas transportan los microbios á las lagunas, de las cuales, y de los mismos terrenos húmedos arcillosos, los difunden los mosquitos y otros insectos, tales como los *izodos* (garrapatas), que atacan al hombre y á varias especies de animales.

Demostrado que el origen del paludismo es *telúrico* y que depende de la falta de cal ó sales calizas, potásicas y amoniacaes en el terreno, que por esta razón resulta *ácido*, enumeraré los siguientes hechos que confirman son los mosquitos y otros insectos *los mensajeros del paludismo*:

Se han distinguido dos clases de fiebre en el hombre: la de primavera y la de otoño, siendo esta última mucho más grave que la primera, y la que causa accidentes seguidos de muerte en muchas ocasiones. Como el microbio productor es idéntico en ambos casos, resultaba muy difícil determinar las causas de tal diferencia. Los experimentos de los sabios italianos Grassi, Bastianelli y Bignami, repetidos por Koch, evidenciaron la influencia de los mosquitos en la transmisión de la malaria, y de dichos experimentos se dedujo un doble ciclo de vida del microbio: uno asexual en la sangre del hombre, que produce la ligera fiebre de primavera, y otro sexual desarrollado en el intestino de cierto género de mosquitos, que si se inocula al hombre da origen á la fiebre de otoño, siempre muy grave.

Los dípteros ó mosquitos agentes del paludismo son de tres especies: *Anopheles claviger*, *Culex penicillaris* y *Culex malariae* ó *palludica*.

La primera especie se encuentra constantemente en las regiones castigadas por el paludismo, y sus individuos son muy numerosos cuando la epidemia es más fuerte. Vive desde mediados de la primavera hasta Septiembre, en cuya fecha le sustituyen las especies de *Culex*. Puede conocerse este mosquito observando sus tenues alas donde hay una serie de puntos oscuros dispuestos en forma que dibujan una T.

El *Anopheles* pica principalmente una hora antes y una hora después de la postura del sol, y en ese intervalo puede dar más de cien picaduras, mientras que en el resto del día y de la noche no pasan generalmente de cinco. Las dos especies de *Culex* pican también durante los crepúsculos más que en alguna otra hora, y es hecho curioso que estas observaciones coinciden exactamente con la idea que ya se tenía de que el crepúsculo es la hora más peligrosa en las regiones palúdicas.

Hay además la circunstancia de que las tres especies, y principalmente la primera, entra en las casas con más frecuencia que ninguna otra clase de mosquitos.

Chocó á los sabios italianos el hecho de que, en cualquier parte donde se declaraba la malaria, había mosquitos en abundancia, coincidencia que desde luego indicaba relación íntima entre ambos fenómenos; pero la recíproca resultó no ser cierta, es decir, que la presencia de los mosquitos no acompaña siempre al desarrollo de las fiebres, y ahondando en este estudio, reconocieron los observadores que no todos los mosquitos son capaces de transmitir la malaria. Tal sucede con el género *Aedes*, muy abundante en Alemania y desconocido en Italia, donde, en cambio, abundan otros dos géneros: el *Culex* y el *Anopheles*, de los que el último se estima como el verdadero culpable de la infección.

De esto se deduce que donde quiera que haya mosquitos del género citado, es de temer la afección malárica, y que librarse de las picaduras de dichos insectos vale tanto como oponer un obstáculo á la difusión del veneno palúdico.

Como hemos dicho, los antiguos atribuían al aire ó al agua la propiedad de ser el vehiculo de las fiebres, y esta creencia se explica, hasta cierto punto, por la naturaleza del agente verdadero de la infección. Si se tiene cerca de casa un foco húmedo donde se desarrollen los mosquitos *Anopheles*, habrá la amenaza de una epidemia local, que atacará á determinadas personas y respetará á otras, según el lugar en que se encuentren. Así, por ejemplo, en Sezze todas las casas que miran á las lagunas pontinas son maláricas, y las que dan al lado opuesto son indemnes; lo que se comprende porque los mosquitos abundan en el primer caso (Mediodía y Oeste) y escasean en las orientaciones contrarias, de difícil acceso para ellos.

En una nota publicada por los tres investigadores italianos ya citados, Bastianelli, Bignami y Grassi, dicen éstos que han seguido paso á paso el desarrollo del bacilo del paludismo en una parte del tubo digestivo del *Anopheles* después de haber visto á ejemplares de esta especie picar á enfermos atacados por la fiebre. Añaden que en una habitación donde había cuatro atacados de esta enfermedad, fueron cogidos seis *Culex penicillaris* y cuatro *Anopheles*, y en dos de estos últimos se encontraron bacilos palúdicos en diferentes períodos de desarrollo.

Los mismos investigadores afirman que han producido una de las

variedades de la fiebre palúdica, en un individuo, con sólo hacer lo picasen los *Anopheles*.

El verano de 1898, un médico romano, deseando probar en sí mismo la verdad de esta teoría, marchó con toda su familia á una casa de campo de los alrededores de Roma, y allí pasó ocho días en pleno foco de la malaria de carácter más grave. Como única precaución adoptó la de cubrir con finas telas metálicas las puertas y las ventanas de su habitación provisional, y gracias á tan sencilla medida, ni él ni ninguno de los suyos sufrió la fiebre, que hacía verdaderos estragos alrededor.

*La Semaine Medicale* ha publicado hace poco tiempo una carta de León Vaillant, donde se dice que el académico francés Abadie había podido librarse del ataque de las fiebres palúdicas durante su viaje en Abisinia por un procedimiento que le enseñó un cazador de hipopótamos, consistente en darse una fumigación diaria con humo de azufre quemado, estando completamente en cueros bajo una manta ó tienda que lo cubría completamente durante algunos minutos.

Cuando se creía que la infección palúdica se verificaba por la vía digestiva ó por la respiratoria, el relato anterior merecía poco crédito; pero hoy que se considera la picadura de los mosquitos como causa de la infección, es verosímil que la fumigación sulfurosa, no sólo obre como desinfectante, sino que también, impregnando la epidermis y las materias grasas de la superficie cutánea, pueda ahuyentar los mosquitos, resultando así un eficaz preservativo del paludismo; y el método también podría ensayarse contra las pulgas, portadoras de la peste.

En contra de la opinión de ser el agua potable la conductora del mal suponiendo que los gérmenes maláricos residen en ella y con ella se absorben, con producción de la funesta enfermedad, está el hecho de que las Compañías férreas italianas hicieron construir depósitos de agua de manantial para uso de sus empleados en todos los lugares infectados, sin que la malaria disminuyese en nada por esto, y la villa de Sermonetta, que creyó haber encontrado el remedio del paludismo trayendo aguas de manantiales lejanos, ha visto aumentar la enfermedad y ha quedado casi despoblada por las fiebres, después de avenar incompletamente las lagunas pontinas, á consecuencia de los charcos que se forman en las zanjas no concluidas para las galerías.

Pero lo más decisivo son los experimentos directos: se ha hecho

beber agua palúdica á unas sesenta personas y hasta se les ha administrado bajo la forma de enemas y de inhalaciones, siendo el resultado siempre negativo, pues no adquirieron la malaria ninguna de aquéllas. *En cambio, la acción de los mosquitos se ha comprobado, y como para las metamorfosis de éstos se exige agua estancada, allí donde el charco exista natural ó artificialmente, allí también se desarrollará la plaga, si el agua ó el terreno no son bastante calizos*, pues no debe olvidarse que si los mosquitos no pueden criarse en los ríos de rápida corriente, éstos siempre forman remansos y salidas muertas que favorecen el desarrollo de las larvas.

Tenemos, pues, que si el viento no transporta consigo directamente la malaria, lleva á los mosquitos que la comunican; y si el agua estancada no es la madre del paludismo, sí es indispensable para el fomento del microbio y de los mosquitos que lo transportan. *La influencia de los bosques en general es nula*, excepto por su acción desecante del terreno ó por las condiciones insecticidas de algunas especies vegetales, *y hasta puede ser perjudicial*, porque los lugares húmedos ocultos entre la espesura de los árboles, pueden ser focos de mosquitos propagadores del mal.

De modo que, según los descubrimientos actuales, conocemos ya el agente principal de propagación del paludismo, quedando duda de si este agente será único, lo cual es muy difícil comprobar en el actual estado de la ciencia, que hoy enseña cómo la primera condición para preservarse de la malaria es librarse de los mosquitos.

No todos los individuos picados por un mosquito adquieren necesariamente la fiebre: hay organismos que resisten más que otros por su mayor vigor ó por circunstancias especiales, y se sabe, sin que se haya explicado aún la razón, que un enfriamiento predispone á la fiebre; por lo cual, quien pasa el verano en la campiña romana no prescinde nunca de un gran gabán negro forrado de verde, colores tradicionales, en el que se envuelve en cuanto desciende un poco la temperatura.

De todo lo dicho se deduce, en definitiva, que la causa eficiente del paludismo no está en el agua ni en el aire, sino en la tierra, y que se difunde por medio de los mosquitos y otros insectos; pero como los primeros necesitan *agua estancada, no caliza*, para reproducirse, de aquí que *los terrenos húmedos, pantanosos y arcillosos son los propios para el desarrollo de las fiebres intermitentes y los mosquitos el vehículo de su difusión*.

### Profilaxia y extinción del paludismo.

Los medios de combatir todas las enfermedades ó infecciones son preventivos (higiene) y curativos (terapéutica); de cuyos dos procedimientos, puestos por la ciencia en las manos del hombre para combatir las enfermedades parasitarias, aprovechamos ordinariamente el de influencia más limitada y de resultado menos ventajoso, cual es el encaminado á destruir los gérmenes morbosos introducidos y propagados en el organismo, ó á dificultar ó impedir su propagación, descuidando el profiláctico ó higiénico. Es decir, que esperamos á *curar* el mal, una vez declarado en el individuo, y apenas si se piensa en utilizar lo que por su virtud preservativa y por su acción más extensa podría extirpar muchas infecciones, como el paludismo y el tifo, ó hacer menos sensibles sus luctuosos efectos.

Los medios que se pueden aconsejar para combatir y prevenir el desarrollo del paludismo en una localidad, son:

#### 1.º—Mejora de la tierra.

Para combatir el paludismo y *mejorar al mismo tiempo la tierra*, se puede mezclar cal, marga ó caliza pulverizada á los terrenos arcillosos, lo que es tan conveniente para la agricultura como para la salubridad de la comarca donde se haga.

Según Babilie, se ha comprobado en Chantyllon, durante setenta años de experimentos, en los cuales se ha conseguido desterrar las fiebres intermitentes, al mismo tiempo que mejorar la tierra, agregándole cal, que basta emplear 27 toneladas por hectárea para conseguir este beneficioso resultado, y como el cultivo sustrae anualmente y á lo más 270 quilogramos en la superficie dicha, hay con esta cantidad para suministrar cal á las cosechas durante cien años.

Cuando la tierra contiene cal en cantidad insuficiente, basta adicionar la necesaria para hacerla indemne. Por ejemplo, en Lapeyrouse y en sus alrededores, la dosis media de cal que hay que adicionar es 6400 quilogramos por hectárea en tierras poco profundas, graníticas, y 8800 en las arcillosas, debiendo advertirse que el efecto del encalado es más persistente en las primeras que en las segundas.

Para que una tierra deje de ser palúdica, basta que contenga un tanto por 100 de cal, variable con la climatología y otras circuns-

tancias locales; pero puede admitirse como suficiente, en nuestro clima, el contenido de 5 por 100 y á veces menos.

La huerta de Murcia, con una climatología muy propia para el desarrollo de las fiebres intermitentes, pero cuyas tierras son muy calizas <sup>(1)</sup>, no es palúdica, mientras que en localidades próximas, con terrenos arcillosos ó silíceos, azota bastante la malaria, y en el Horcajo, la Alcudia y Villagutiérrez (Ciudad Real), así como en buena parte de las provincias de Badajoz, Cáceres, Córdoba, Jaén y Toledo, donde el suelo es de tierras silíceo-arcillosas, es muy intenso el paludismo.

La proposición de modificar la composición de la tierra agregándole grandes cantidades de cal, parecerá quimérica á muchos agricultores españoles, y, sin embargo, cuando la tierra es de mala calidad por falta de cal, es lo mejor que puede hacerse y lo único eficaz; estando la empresa, por lo general, al alcance de cualquier propietario si se dedica pacientemente á reformar cada año la composición de la tierra de una pequeña parte de su finca. Para esto no necesita sino un desembolso á menudo insignificante; pero es indispensable que tenga ilustración para comprender la conveniencia y posibilidad de hacerlo, así como voluntad y perseverancia para llevarlo á la práctica.

Por otra parte, no es la cosa tan extraordinaria que en España misma carezcamos de numerosos ejemplos de labradores que mejoran, cambian y hasta dan tierra, de que carecen, á sus campos. En Asturias es frecuente el transporte artificial de la tierra de los lugares bajos á los altos, de donde es arrastrada continuamente por el agua, á las hondonadas. En Almadenejos (Ciudad Real), mi querido amigo y compañero D. Juan Aspiunza, recientemente hizo una huerta, llevando tierra, que pagó por cargas á buen precio, á un terreno de poco fondo y mucha roca, y en Carcagente (Valencia), algunos propietarios han hecho huertas en lo más alto de ciertos montes, pagando á dos reales la carga de tierra, obteniendo feliz resultado económico en su empresa.

(1) Véase más adelante el capítulo XII sobre riegos.

2.º — *Desecación de pantanos y marismas y encauzamiento de ríos y arroyos.*

El estancamiento del agua es perjudicial á las plantas, porque las pudre, y á las personas (y también á algunos animales), por el desarrollo del paludismo que ocasiona.

Tanto como tiene de útil el retener el agua en los parajes altos del terreno, puede ser perjudicial en los bajos cuando carecen de desagüe fácil y natural, y para evitar los inconvenientes del exceso de humedad en tales casos, conviene hacer la desecación de los terrenos encharcados por medio de avenamientos ó encañados de tuberías enterradas, cuyas aguas salgan al exterior por medio de pozos, zanjas ú otras formas de desagüe naturales ó artificiales, como bombas ó norias movidas por fuerza hidráulica, por vapor, viento, el calor solar y, alguna vez, por la fuerza de las mareas <sup>(1)</sup>.

Otras veces convendrá elevar el nivel del terreno para sacarlo fuera del encharcamiento, haciendo grandes transportes de tierras ó rellenos, valiéndose de los tarquines arrastrados por las corrientes fluviales; como se dijo al tratar del encauzamiento de los ríos en las págs. 212 y 215.

Si las aguas son saladas ó salitrosas, puede combinarse la desecación con el aprovechamiento de las sales disueltas en el agua; y si hay que hacer la elevación del agua mecánicamente, puede conseguirse el riego de terrenos superiores con las aguas cargadas á veces de materias fertilizantes y procedentes de la desecación de los inferiores; aguas que también servirán para la provisión de las obras subterráneas de los terrenos altos.

Para combatir el paludismo, mejorando al mismo tiempo las tierras, debe, pues, evitarse el estancamiento y acumulación del agua, facilitando su circulación, tanto en sentido horizontal, encauzando los ríos que se secan en el verano y desaguando las lagunas de escasa profundidad, como en sentido vertical haciendo permeables los terrenos encharcados y desecándolos, por medio de encañados subterráneos.

Como ejemplo del pernicioso efecto producido por los lugares pantanosos y la posibilidad de su saneamiento artificial, puede citarse el caso de los *terrereros* de Ciudad Real, donde existía fuera de la po-

(1) Véase la obra de D. Eduardo Benot, antes citada.

blación, á corta distancia de la calle de Calatrava, una hondonada del terreno, en la cual se acumulaban, sin salida, las aguas de lluvia de los alrededores, produciéndose miasmas palúdicos que diezaban la población del barrio próximo, hasta que en 1868 D. Agustín Salido, Gobernador civil entonces, que dejó muy buenos recuerdos de su mando en la provincia, hizo desecar por aterramiento, desde Enero á Septiembre de dicho año, las charcas que allí se formaban, construyendo un modesto paseo con árboles, que desde entonces se llama de *Las Terreras*, consiguiendo hacer desaparecer, casi por completo, las fiebres que tanto daño causaban en el barrio.

En los alrededores de Roma se han hecho grandes obras para disminuir los efectos del paludismo, que, como ya se ha repetido, conocen allí con el nombre de *malaria*, y el medio se ha reducido á hacer desaparecer los lagunajos que formaban las aguas de lluvia, en los barrancos que se han aterrado. También por medio de colosales obras de saneamiento se ha hecho descender en Inglaterra la mortalidad anual de sus 28 mayores ciudades, desde 55 á 20 por 1000.

5.º — *Dstrucción de los mosquitos palúdicos y evitación de sus picaduras.*

Todos los procedimientos eficaces para impedir el desarrollo de las larvas de los mosquitos, el nacimiento de éstos y su extinción, así como los conducentes á evitar sus picaduras, serán útiles para combatir el paludismo; pero habria de salirme del cuadro propio de esta obra si me detuviese á describir los medios para obtener dichos resultados.

NOTA. Entre las medidas propias para dotar de agua á nuestras montañas, estudiaríamos lo propuesto por el Oficial del Cuerpo de Artillería Sr. López Larraya en un folleto publicado en 1899 con el título *Aguas altas artificiales*, si, de acuerdo con muy competentes personas, no creyéramos que carece de interés industrial; bastando, para comprenderlo así, consignar que consiste en descomponer, por electrolisis, el agua del mar, y conducir, por medio de cañerías, el hidrógeno resultante, á los lugares elevados, en donde por su combustión con el oxígeno del aire se regeneraría el agua necesaria, con independencia de la meteórica.

## OBRAS PROPIAS PARA EL MEJOR EMPLEO DEL AGUA

## X

## ALUMBRAMIENTO Y ELEVACIÓN DE AGUAS

Las aguas contenidas en las cavidades subterráneas y las que empanan los terrenos, buscan salida por las fisuras y conductos naturales ó por las capas permeables que encuentran á su paso, y al exterior salen, cuando la inclinación de los suelos lo permite, formando los manantiales naturales, si es que no continúan su curso subterráneo por valles y cauces, entre arenas ó terrenos permeables, extendidos sobre otros que impidan su marcha descendente.

## Alumbramientos.

Los antiguos creían que las aguas que brotan en las montañas eran allí llevadas por medio de conductos subterráneos que tenían su origen en el mar, abandonando las sales en su paso por la tierra <sup>(1)</sup>; opinión absurda—que ha sido general hasta mediado el aspirante siglo, en que Degouscé <sup>(2)</sup> y el abate Paramelle <sup>(3)</sup> expusieron la teoría que va en cabeza de esta obra.—De lo antiguo parece ser reminiscencia el que aún piensen algunas personas que el alumbramiento de aguas es un modo de *crearlas*, pues, según ellos, el tener mucha agua sólo depende de hacer bastantes alumbramientos (con especialidad en forma de pozos artesianos), y como prueba puede citarse la recomendación de *hacer alumbramientos de aguas en las cabeceras* de las cuencas hidrológicas para aumentar el caudal de los ríos, que consigna el Sr. Macías Picavea en su reciente libro *El problema nacional*, publicado en 1899 (págs. 47, 48, 52, 382 y 425), sin advertir que iluminar corrientes subterráneas, así como hacer canales, son

(1) Lucrecio, *De natura rerum*: siglo I.

(2) *Guide du sondeur*: París, 1847.

(3) *L'Art de découvrir les sources*: París, 1856.

procedimientos para *gastar* agua, y prodigados unos ú otros, sin ser precedidos de las obras aconsejadas en los capítulos II á VI, en vez de ser beneficiosos, resultarían altamente perjudiciales, pues á veces su efecto será el de secar el terreno más y más cada día, trasladando el nivel hidrostático de las aguas subterráneas, desde las capas próximas á la superficie á otras más profundas; conforme ha sucedido en el valle de Puertollano, donde á consecuencia de la explotación, por el método de hundimiento, de las minas de carbón, cuyas labores se extienden á una hondura de 60 á 80 metros, se ha quebrantado el terreno y desecado la superficie tanto, que se dice falta humedad para las viñas allí existentes, aun cuando es sabido, y se consigna en el capítulo sobre riegos (XII), que la vid es de las plantas menos exigentes para el agua.

Los alumbramientos de aguas y la construcción de canales son útiles y necesarios; pero no debe desconocerse que deben ser precedidos y acompañados con la ejecución, en vasta escala, de las obras de detención é infiltración del agua, enumeradas anteriormente. Observación que por muy clara y elemental que sea debe tenerse siempre presente.

Pueden hacerse las iluminaciones de agua por medio de pozos ordinarios con elevación artificial mecánica, ó, lo que es preferible cuando se puede, por medio de zanjas, galerías ó presas enterradas y atarjeas, caños de barro, ó tuberías de hierro ó plomo que las conduzcan al exterior, consiguiéndose así alumbramientos de aguas de pie.

Muchos son los casos, en España, de tierras que podrían tener riego de pie con una obra de insignificante costo, y que, sin embargo, por desidia ó por ignorancia, ó por ambas cosas, permanecen sin riego.

Como ejemplo citaré el caso de un terreno en el pueblo de Frailas, donde había dicho yo repetidas veces que se obtendría fácilmente agua de pie para hacer una huerta, hasta que un día, accediendo á mis instancias, se descubrió, con sólo el gasto de *dos jornales*, invertidos en hacer una zanja en sitio determinado, aguas manantiales en cantidad de más de tres metros cúbicos diarios.

También se iluminan aguas hasta que surgen naturalmente al exterior, por medio de *pozos artesianos*, de que pronto hablaremos.

El examen de las condiciones propias de los parajes en que pueden encontrarse aguas manantiales ó alumbrables por medio de pozos,

no entra en el plan de esta obra y exigiría demasiada extensión, por lo cual á las obras especiales y á las personas competentes, remito al que desee resolver los casos concretos en la práctica.

#### *Pozos ordinarios.*

Como ejemplo de los muchos casos en que por apatía y falta de iniciativa, ó por miseria, deja de tenerse agua á pesar de lo fácilmente que se podría conseguir por medio de pozos ordinarios, conviene observar que muchos de los pueblos de Castilla la Vieja, que carecen de ella, van á buscarla á algunos de los 116 pozos que, distribuidos en las 120 casillas de paso á nivel del ferrocarril, contienen agua de buena calidad á la profundidad de 10 á 15 pies.

Sin embargo, en los campos de Daimiel y Manzanares se han excavado hasta 10000 pozos de noria, en los cuales el agua está, á veces, á 80 pies de profundidad, y en cambio en El Vierzo son muy numerosos los pozos que por muy someros se utilizan con cigoñales.

#### *Pozos artesianos.*

Así se llaman los que una vez perforados producen una corriente ascendente de agua subterránea, que surge al exterior.

Para que esto suceda, se necesita que el pozo corte una capa acuífera comprendida entre otras impermeables donde el agua se encuentre contenida y con presión suficiente para vencer el peso de la columna hidráulica de elevación, lo cual exige una regularidad y conformación especial en las capas y disposición particular en la superficie del terreno que difícilmente se reúnen en España, pues las formaciones sedimentarias están muy trastornadas por regla general, lo que obligará á examinar detenidamente por personas competentes la geología de la localidad cada vez que se intente la perforación de un pozo artesiano, para en virtud del examen resolver con

(1) El fracaso del pretendido pozo artesiano de Victoria, que más adelante se cita, fué señalado por el sabio geólogo D. Daniel de Cortázar, que consignó en el *Boletín* de la Comisión del Mapa geológico la imposibilidad de encontrar aguas artesianas en la localidad en cuestión antes de los 4000 metros de profundidad, idea compartida por el Sr. Zuarnavar, inteligente Ingeniero de minas, que expresó repetidas veces en la *Revista Minera* su opinión contraria al éxito del intento.

acierto, ó la existencia del agua ascendente y la profundidad á que se hallará, ó la improbabilidad y tal vez la *imposibilidad* de encontrar aguas artesianas.

Con semejantes datos previos, se pudieron señalar los favorables resultados de los pozos artesianos de Murcia, aconsejados por el difunto y sabio ingeniero de minas D. Federico de Botella, y á no haberse hecho el estudio hidro-geológico necesario por persona inteligente, deben atribuirse los muchos fracasos de ensayos de pozos artesianos, algunos con pérdidas de considerables capitales, puesto que en la mayor parte de los casos se ha dejado que el azar sea el único criterio en la busca de las aguas ascendentes.

En cuanto á los modernos procedimientos de perforación de pozos con la sonda, puede consultarse la serie de artículos que publiqué en Julio y Agosto de 1880 en la *Revista Minera* sobre un nuevo método que dió excelente resultado en Puertollano, y que ofrece grandes ventajas en economía y celeridad del trabajo, sobre los procedimientos antiguos.

He aquí una reseña de los principales resultados obtenidos en España con la perforación de pozos artesianos.

*Albacete.*—La Compañía del ferrocarril consiguió en 1859 aguas ascendentes en un pozo de la estación que surgen desde los 87 metros y da 18'58 litros por minuto de agua, ascendente á medio metro sobre el suelo; pero en la posesión de *Los Llanos*, á 8 kilómetros de la estación, se llegó á 187 metros de profundidad sin encontrar aguas surtidoras.

*Alicante.*—Un pozo que se abrió en la capital hasta alcanzar 583 metros, no dió resultado. En la misma provincia, en Zaricejo se perforaron recientemente 16 pozos artesianos que, á la profundidad de unos 40 metros, encontraron una capa de aguas ascendentes, de muy buena calidad, que llegan á 2 metros bajo la superficie del terreno, dando entre todos 400 litros por segundo. Once de ellos son propiedad de una sociedad minera formada con el pretexto de la explotación de lignitos, y los cinco restantes, de 28 á 52 centímetros de diámetro, pertenecen á D. Luis Penalva, inteligente agricultor que, recogiendo en una acequia cubierta los 150 litros que alumbran los pozos, los conduce á sus tierras situadas á 4 kilómetros de distancia, donde, con riegos semanales, se utilizan en 120 hectáreas, de las cuales 20 están dedicadas al cultivo del arroz, habiendo hecho para ello en solo el año 1899, además de los pozos, importantes

obras, entre las cuales hay un puente acueducto de hierro de 12 metros de longitud.

Recientemente se alumbraron aguas artesianas en el término de Sax, por medio de cinco pozos que dan unos cien litros de agua por segundo, que se aplican al abastecimiento de la capital, distante cerca de 60 kilómetros.

*Almería.*—El Sr. Cortázar hizo indicaciones sobre los parajes de esta provincia donde se podían hallar aguas artesianas.

*Barcelona.*—En 1854 se hizo una tentativa infructuosa.

*Cádiz.*—Se intentó desde 1851 á 1854, hacer un pozo artesiano, sin resultado, y el mismo negativo éxito se obtuvo en el sondeo practicado en San Carlos, cerca de San Fernando, el año 1876.

*Ciudad Real.*—En 1859, la Compañía del ferrocarril perforó en Alcázar de San Juan un taladro que alcanzó la profundidad de 105 metros, sin haber encontrado aguas ascendentes.

En Puertollano se perforó en 1899 un pozo rectangular de dimensiones ordinarias, en arcilla llena de cantos sueltos, al Sur de la vía ferrea y á pocos metros á Poniente del cementerio, en busca de agua para una fábrica de luz eléctrica, sin encontrar apenas humedad hasta los 55 metros de profundidad, en que se cortó una capa permeable que dió aguas ascendentes que han llenado casi toda la cavidad del pozo, subiendo hasta tres ó cuatro metros por bajo de la superficie del terreno.

*Cuenca.*—Según D. Daniel de Cortázar, es probable encontrar aguas artesianas en el Campichuelo de Rivatejada, Belmonte, San Clemente, Los Hinojosos, Mota del Cuervo, al Oeste de Motilla del Palancar y en algunos puntos de la Mancha.

En término de Henarejos se hizo un sondeo que dió aguas artesianas desde 114 y 140 metros de profundidad.

*Huelva.*—La Compañía minera de Riotinto perforó con resultado feliz un pozo artesiano en su zona de explotación en las inmediaciones de su gran muelle de hierro, sobre la ría.

*Jaén.*—En Linares se está perforando un pozo en busca de aguas artesianas, hallándose el taladro á 120 metros con diámetro de 0'51. A los 19'45 se halló una capa de agua, á los 59 otra, y la última á los 106; pero todas sin fuerza ascensional.

*Madrid.*—Tres tentativas infructuosas en 1857, 1849 y 1850, habiendo llegado con la última á 195 metros de profundidad.

*Málaga.*—En los tejares se perforó un pozo que á 45 metros dió

aguas ascendentes á 2 metros sobre el nivel del suelo, en cantidad muy variable. En cambio, el que en la plaza de la Victoria, á poca distancia del anterior, llegó á 125 metros, no dió resultado.

*Murcia.*—En las cercanías de la capital se han perforado muchos pozos (más de ciento), de unos 35 metros de profundidad, con surtido medio de 8 á 9 litros por segundo y elevación máxima de 6 metros sobre el terreno.

En Cartagena, con un pozo de 30'25 metros de profundidad se encontró una capa de agua salada, surtidora á un metro sobre el suelo; pero en otro sondeo, no lejos de la ciudad, se llegó á 142'50 metros de profundidad sin encontrar aguas artesianas.

*Palencia.*—Se llegó á 90 metros, sin resultado.

*Teruel.*—El manantial de Cella, que da origen al río de su nombre, es un verdadero pozo artesiano perforado en 1729 á unos 100 metros al N. del pueblo, con un diámetro de un metro y profundidad de 20, en calizas jurásicas, dando ordinariamente 2 metros cúbicos por segundo, con las variaciones mencionadas en la pág. 122.

Deben tenerse en cuenta las indicaciones hechas por el geólogo Sr. Vilanova sobre los sitios que en esta provincia y en la de Castellón podrían dar aguas artesianas.

*Valencia.*—Un pozo de 50 metros en Alboraya, y en la fábrica de mosaicos de Nolla, da 193 litros por segundo.

*Valladolid.*—Fracasó el intento de pozo artesiano, allí realizado.

*Vitoria.*—En Noviembre de 1879 se empezó la perforación de un pozo, que llegó en Febrero de 1882 á la profundidad de 1021 metros sin encontrar aguas artesianas, habiéndose gastado en los trabajos 150000 pesetas y quedado dentro del taladro un verdadero herramental de sondeo.

Algunos otros pozos que han dado aguas surtidoras se pueden citar; pero es mayor el número de las tentativas fracasadas en Alicante, Figueras, Alcoy, Játiba, Castellón, etc., y como ejemplo y lección á los ilusos que creen es bastante ahondar para encontrar aguas artesianas, obsérvese que son muchas las minas profundas en España (de varios cientos de metros) que no han encontrado aguas ascendentes.

#### *Galerías de investigación y alumbramiento de aguas.*

Se practican en las laderas montañosas, en el fondo de los valles, en los terrenos de aluvión y á veces bajo el cauce de los ríos, sacán-



dose el agua al exterior por las mismas galerías ó por medio de pozos, tubos y encañados; siendo ejemplos notables en España de esta especie de galerías, las excavadas para los abastecimientos de aguas de Ávila, Cádiz, Barcelona, Burgos, Gerona, Mérida y Madrid, la mayor parte descritos en el capítulo siguiente.

También son muchas las galerías ó minas hechas en España con objeto de alumbrar aguas para riegos, y muchísimas más las que se pueden hacer con resultado.

#### *Encañados, atarjeas y zanjas empedradas.*

Cuando la importancia de los alumbramientos es pequeña, el capital disponible escaso ó el captado del agua haya de ser demasiado superficial para que convenga hacer galerías ó minas, pueden sacarse al exterior las aguas por medio de encañados de barro y tubos de hierro enterrados, por atarjeas de ladrillo ó mampostería, y con el auxilio de zanjas cuyos fondos se rellenan de piedra gruesa, acabando de cerrarlas con tierra para que entre los cantos corra el agua interceptada por el corte hecho por la zanja en el terreno.

A veces convendrá emplear en estas atarjeas ó encañados canalizos hechos con tablas de maderas resinosas en sustitución de los tubos, atanores y atarjeas de ladrillo.

La explicación del porqué es mucho más fácil encontrar aguas de pie por medio de galerías que con pozos artesianos, me detendría en una digresión ajena al objeto de esta obra, bastándome repetir que los pozos artesianos no pueden conseguirse más que en terrenos estratificados con cierta regularidad, y las galerías pueden alumbrar aguas en casi todos los terrenos inclinados hipogénicos ó sedimentarios, antiguos y modernos, si se saben proyectar y dirigir aquéllas, eligiendo bien su emplazamiento y dirección.

#### **Elevaciones de aguas.**

Cada litro de agua elevado á un metro de altura exige un quilogrametro de trabajo mecánico, cualquiera que sea el tiempo empleado y la inclinación y cambio de dirección del tubo ó intermedio de la elevación; pero el tiempo invertido influye en el sentido de que, con un motor determinado, la cantidad de agua elevada es proporcional á la duración de la marcha del mismo.

Un número  $A$  de litros de agua elevada á  $B$  metros, exige un número de quilogrametros igual al producto de  $A$  por  $B$ , cualquiera que sea el tiempo en que se haga la elevación; pero generalmente se hace intervenir en el cálculo el tiempo empleado, para determinar  $a$ , ó sea el número *de litros por segundo* que se elevan, siendo en tal caso necesario para hacer la elevación, un número de *quilogrametros por segundo* igual al producto de  $a$  por  $B$ .

Los diferentes artefactos y máquinas empleadas para elevar el agua consumen *en pura pérdida*, por frotamientos diversos, desgastes, etc., cierta fracción del esfuerzo que se les comunica, de modo que todos los procedimientos, sin excepción, *elevan menos agua* de la que corresponde al trabajo mecánico que reciben. Esta fracción es variable según las mejores ó peores condiciones del conjunto; pero tratándose de artefactos y de procedimientos usuales, y no muy defectuosos, se puede calcular que desperdician una tercera parte del trabajo útil, por lo cual debe disponerse siempre de un motor que dé los cuatro tercios del esfuerzo necesario. Es decir, que siendo  $A \times B$  ó  $a \times B$  el trabajo útil que necesitamos desarrollar en la elevación, debemos disponer de un motor que produzca

$$\frac{4}{3} A \cdot B \quad \text{ó} \quad \frac{4}{3} a \cdot B,$$

según que se calcule sin ó con atención al tiempo.

Por esta razón, siendo el trabajo de 75 quilogrametros por segundo lo que se llama caballo de vapor, por cada caballo necesario en la elevación de agua debemos contar con un gasto de 100 quilogrametros por segundo en el motor.

Por ejemplo: si se quieren elevar 450 metros de agua á 15 metros de altura, ya sea verticalmente, desde un pozo, ó, siguiendo la inclinación del terreno, desde un río, se calculará así:

$$450 \text{ metros cúbicos} = 450000 \text{ litros,}$$

necesitándose consumir para ello

$$450000 \times 15 = 6.750000 \text{ quilogrametros,}$$

que exigen un esfuerzo motor de

$$\frac{4}{3} \times 6750000 = 9.000000 \text{ quilogrametros,}$$

cualquiera que sea el tiempo empleado.

Si se quiere tener en cuenta el tiempo, y, por ejemplo, se han de elevar 65 metros cúbicos en 12 horas, ó 43200 segundos (puesto que cada hora tiene 3600), deberán elevarse

$$\frac{65000}{43200} = 1'505 \text{ litros por cada segundo.}$$

Este litro y medio (ó quilogramo y medio) exige, para ser elevado á 15 metros,

$$1'505 \times 15 = 22'575 \text{ quilogrametros por segundo,}$$

ó

$$\frac{4}{5} \times 22'575 = 50'1 \text{ efectivos en el motor,}$$

cuya fuerza, dividida por 75, da 0'4 de caballos de vapor, que debe desarrollar el motor en todo el tiempo que trabaje.

Conocido el trabajo mecánico necesario, el que puede desarrollar cada especie de motor, los precios de coste de elevación que se consignarán más adelante, y las condiciones particulares de la elevación de los motores y de los aparatos más apropiados al caso, se podrá elegir y trazar la instalación más conveniente.

Las elevaciones de agua pueden hacerse por medio de fuerza humana (á brazo, ó mejor á pie), por fuerza animal ó por fuerza mecánica de viento, vapor, hidráulica, etc., aplicada al movimiento de cubas, cigñoales, achicadores, rosarios, artes, norias, tornos de manubrio ó de ruedas de clavijas, bombas de pistón, rotatorias ó centrifugas, tornillos de Arquimedes, ruedas elevatorias, arietes, pulsómetros é inyectoros de chorro de vapor, etc.; pero hay que desconfiar de los comerciantes y constructores que ofrecen aparatos por medio de los cuales, con un esfuerzo insignificante, se puede elevar grandes cantidades de agua á considerables alturas, porque, como queda dicho, la cantidad de agua elevada, la altura de elevación y la fuerza necesaria, están enlazadas por relaciones invariables, salvo fracciones ó coeficientes poco variables, con independencia de los artefactos empleados, y la elección de éstos se reduce á su mejor adaptación en cada caso, según las circunstancias locales, el precio de coste y de conservación y el mayor rendimiento útil.

PRECIO DE ELEVACIÓN DEL METRO CÚBICO DE AGUA Á LA ALTURA DE 10 METROS  
Y CAPACIDAD ELEVATORIA DE LOS PRINCIPALES PROCEDIMIENTOS

**Fuerza del hombre.**

*Trabajando con los brazos.*

El coste de elevación por metro cúbico de agua elevado á diez metros de altura y la capacidad elevatoria de cada procedimiento, pueden calcularse del modo siguiente, poco más ó menos, según la importancia de la elevación y el procedimiento empleado.

1.º Por medio de un cubo, cuerda y polea, un peón no sube diariamente más que 7'75 metros de agua en seis horas de trabajo.

El precio del metro cúbico elevado es en estas condiciones 0'16 pesetas si gana 1'25 de jornal, y 0'26 si gana 2 pesetas de jornal.

Por este procedimiento no se pueden alzar más que 15 metros cúbicos diarios en doce horas, con relevo de dos peones.

2.º Por medio de un torno de mano y zaques, un peón eleva diariamente 25'5 metros cúbicos con ocho horas de trabajo.

El precio del metro cúbico, en tal caso, varía entre 0'049 y 0'08 pesetas, según que el jornal sea de 1'25 ó de 2 pesetas.

Por este procedimiento, y con dos relevos, se pueden subir en 16 horas 51 metros cúbicos; pero como el torno es susceptible de utilizar á la vez dos, tres y cuatro hombres, se pueden alzar en diez y seis horas hasta 200 metros cúbicos de agua á 10 metros de altura.

*Marchando.*

3.º Empujando en un baritel ó malacate de mano, lo mismo que en un cabrestante, un peón eleva en ocho horas de trabajo diario, 20 metros cúbicos de agua al precio de 0'064 á 0'10 pesetas, según que el jornal sea de 1'25 ó de 2 pesetas.

Este procedimiento es susceptible de subir grandes cantidades de agua, porque pueden empujar en el baritel muchos hombres. Con dos relevos de 10 hombres cada uno, se podrán alzar 400 metros cúbicos de agua diarios á 10 metros de altura en diez y seis horas de trabajo.

*Trabajando con los pies.*

4.º Un peón, en un torno con rueda de clavijas, eleva cada día, en ocho horas de trabajo, 26 metros cúbicos de agua á 10 metros,

resultando el metro cúbico subido de 0'048 á 0'077 de peseta, según que el jornal varíe de 1'25 á 2 pesetas.

Como se ve, este es el procedimiento más económico de elevación por fuerza humana.

En cada rueda de clavijas difícilmente podrán trabajar más de dos hombres á la vez; pero se pueden fijar dos ó más ruedas sobre el mismo eje, y en diez y seis horas, con dos relevos de dos hombres cada uno, se elevarán unos 100 metros cúbicos de agua por día.

Son propios también para la elevación de aguas por fuerza de hombre, los cigüñales, achicadores, rosarios, tornillos de Arquímedes y otros artefactos conocidos.

#### Fuerza animal.

##### Gasto de manutención.

El gasto diario producido en un tranvía de Madrid por cada mula, es de 1'44 pesetas, promedio de 5366 estancias, distribuidas de este modo: importan las 5366 estancias, pesetas 7731'78, invertidas 5084'25 en cebada, 1859'59 en paja, 253 en habas, 457'82 en asistencia y herraje, 21'05 en medicinas y 56'27 en esquilado. Agregando á este gasto 0'10 por amortización, en diez años, de una mula que cueste 365, resulta un gasto total en Madrid de pesetas 1'54 diarias.

En el campo, con menos trabajo al cabo del año y pienso más barato, podrá descender el gasto diario á 1'00 ó 1'25 pesetas.

##### En Puertollano (Ciudad Real).

|                                           | Mula.       | Caballo.    |
|-------------------------------------------|-------------|-------------|
| Valor de compra..... Pesetas.             | 300'00      | 365'00      |
| Amortización en diez años de trabajo..... | 0'08        | 0'10        |
| Pienso.....                               | 1'35        | 1'35        |
| Herraje y asistencia.....                 | 0'11        | 0'13        |
| Conservación y engrasación de arreos..... | 0'20        | 0'20        |
| <b>TOTALES DIARIOS.....</b>               | <b>1'74</b> | <b>1'78</b> |

##### En Asturias.

|                                           | Buey.       | Mula.       | Caballo.    |
|-------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Valor de compra..... Pesetas.             | 400'00      | 400'00      | 400'00      |
| Amortización en diez años.....            | (1)         | 0'11        | 0'11        |
| Pienso, herraje, asistencia y arreos..... | 1'65        | 1'74        | 1'94        |
| <b>TOTALES DIARIOS.....</b>               | <b>1'65</b> | <b>1'85</b> | <b>2'05</b> |

##### Coste y capacidad de elevación á 10 metros.

*Mula.*—Puede elevar en ocho horas 78 metros cúbicos, que salen de 0'0128 á 0'0237 pesetas, según que el coste diario varíe de 1'00 ó 1'85 pesetas.

Con tres relevos diarios se pueden subir con una noria ó bomba movida por mula, 230 metros cúbicos cada veinticuatro horas.

*Caballo.*—Puede elevar en ocho horas 100 metros cúbicos, que salen de 0'0175 á 0'0205 pesetas, según que el gasto de manutención sea de 1'75 á 2'05 pesetas diarias.

Con tres relevos diarios se podrán subir 500 metros cúbicos cada veinticuatro horas.

*Buey.*—Puede elevar en ocho horas 110 metros cúbicos al precio de 0'015, siendo el gasto diario de manutención 1'65 pesetas.

Con dos relevos diarios se pueden elevar 215 metros cúbicos cada veinticuatro horas.

**NOTA.** No conviene que varios animales trabajen en un malacate simultáneamente, sino que debe cada uno ser enganchado solo en la máquina para que dé el producto máximo; porque cuando trabajan varios á un tiempo, algunos aflojan á expensas del cansancio de los demás.

Por esta razón la capacidad de la elevación por fuerza animal resulta algo reducida; pero su empleo tiene la ventaja de que en los meses durante los cuales el labrador necesita menos del ganado, es

(1) El valor de compra y venta del buey es el de su peso en carne, por lo cual no se cuenta nada para amortización; pero si se quisiese tener en cuenta el riesgo de muerte por enfermedad, podría aumentarse en 5 céntimos el gasto total diario.

precisamente la época del riego, y la elevación de aguas en tal caso le resulta casi gratis, puesto que de todos modos habría de mantener su ganado, aunque no trabajase.

Las máquinas en las cuales se puede emplear la fuerza animal son: artes, norias, malacates de cubas ó bombas, ruedas de paletas y canjilones, tímpanos y grandes tornillos de Arquímedes.

#### Motores de vapor.

La elevación de cada metro cúbico de agua elevada á 10 metros de altura con una máquina de vapor de ocho caballos, puede calcularse, incluyendo amortización, maquinista, combustible, etc.:

|                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| Trabajando 10 horas diarias..... á | 0'0840 pesetas. |
| — 20 — — .....                     | 0'0225 —        |

Con un motor de 20 caballos:

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| Trabajando 10 horas diarias..... á | 0'060 pesetas. |
| — 20 — — .....                     | 0'045 —        |

En Tharsis se elevan diariamente para el tratamiento de minerales cobrizos, en crudo, 2200 metros cúbicos de agua á 19 metros de altura, con una maquinaria de vapor que tiene una potencia de 40 caballos, y con un coste de pesetas 0'055 por cada metro cúbico elevado á 19 metros, ó sean 0'0184 el metro cúbico elevado á 10 metros, igual altura de los ejemplos anteriores; datos que debo á la amabilidad del inteligente Director de las minas, el escocés D. Guillermo Ruthérford.

Según cálculo del Ingeniero de Caminos D. Jaime Font, el precio de la elevación, en gran escala, del agua del Guadalquivir en Sevilla á nivel más alto que las azoteas, puede presuponerse en 0'02 pesetas por metro cúbico.

Se ve que la elevación por vapor, en pequeña escala, no es más económica que la efectuada con fuerza animal; lo que depende del recargo que sufre el costo por amortización del edificio y maquinaria y jornal del maquinista, quedando reducida su ventaja á la mayor capacidad elevatoria, muy limitada cuando se hace por fuerza de sangre.

El vapor debe emplearse, para obtener resultados económicos,

uniendo directamente el motor con una bomba; pero también suelen emplearse, aunque con más gasto de vapor, inyectoros y pulsómetros.

#### Arietes, motores hidráulicos y de viento.

El precio de coste de la elevación de agua por medio de estas máquinas, se reduce casi exclusivamente á la engrasación y á amortizar el valor de las obras y maquinaria necesarias; y como el importe de ellas es extraordinariamente variable según los casos, el coste de la elevación por estos procedimientos es imposible fijarlo de antemano, aunque se puede afirmar que para una elevación importante, y marchando muchas horas al día, los motores hidráulicos—entre los cuales el más sencillo y propio para el caso es el ariete,—darán el resultado más económico, aunque sea algo costosa la instalación, cuando hay que construir presas ó canalizaciones importantes, y además es el procedimiento de marcha más constante y seguro.

Los motores de viento serán también muy convenientes en ocasiones determinadas y con especialidad cuando el viento sea frecuente en la localidad ó no muy extremas sus irregularidades.

Quando se tienen animales de tiro que hay que mantener y no tienen trabajo en la primavera ni en fin de invierno, la elevación más económica, como se ha visto, es por fuerza animal, siempre que no exceda para cada pozo ó cada malacate de 300 metros cúbicos diarios, volumen suficiente para dar un riego de 500 metros cúbicos por hectárea, cada quince días, á 9 hectáreas.

Según Gasparin, el precio de elevación del metro cúbico de agua á 10 metros de altura, en Francia, en 1850, podía calcularse en las cantidades siguientes:

|                                  | Francos.      |
|----------------------------------|---------------|
| Empleando fuerza humana.....     | 0'449         |
| Idem id. animal.....             | 0'027 á 0'032 |
| Idem motor de viento.....        | 0'02 á 0'05   |
| Idem de vapor de 5 caballos..... | 0'0449        |
| idem de id. de 45 caballos.....  | 0'0098        |

### Albercas.

El agua elevada, rara vez (casi nunca), se podrá gastar á medida que se eleva, á no ser que la subida se haga directamente de un río ó cauce que sea abundantísimo, y que el motor pueda funcionar, seguramente, todo el tiempo que deben durar los riegos; mas lo general será que el agua elevada se haya de acumular para gastarla cuando se necesite, por lo que son precisas las albercas.

Estas deben ser de buena mampostería impermeable, de hormigón trabado, ó tanques de hierro, y de forma cuadrada ó mejor redonda, por ser éstas, y especialmente la segunda, la que con el mismo volumen de material produce mayor capacidad y solidez en la obra.

Deben tener su piso un poco más alto que el nivel del terreno, y estar rodeadas de un terraplén de tierra, en talud, de dos metros de base por uno de altura. En estas condiciones se puede reducir mucho el espesor de los muros, pues el Sr. Montenegro dice que para albercas de 1'50 de profundidad, basta un muro de 0<sup>m</sup>,40.

La determinación de la profundidad y el diámetro de las albercas está sometida á las condiciones siguientes:

Para que la obra cueste lo menos posible, y para que la evaporación superficial sea escasa, conviene que la profundidad sea grande y el diámetro pequeño, en la relación aproximada de 1 á 2. Pero como el agua entra por arriba y sale por abajo, resulta perdida para la elevación toda la profundidad de la alberca, por lo que, si el terreno es muy poco inclinado y la elevación costosa, debe dársele poca hondura, reduciéndola con frecuencia á un metro. Si el terreno es más inclinado y la elevación barata ó gratuita (especialmente cuando el agua se tenga naturalmente corriente al borde superior de la alberca), ésta debe ser profunda, en el cual caso, la alberca ha de tener dos ó tres caños de desagüe á diferentes alturas, que regarán los diferentes niveles de las tierras de las fincas, empezando por el más alto y concluyendo por el más bajo.

El volumen de las albercas cilíndricas es:

|                                                      |                    |
|------------------------------------------------------|--------------------|
| Con 5 <sup>m</sup> de diámetro y 2 de profundidad... | 40 metros cúbicos. |
| — 10 <sup>m</sup> de — y 3 de — ...                  | 240 — —            |
| — 15 <sup>m</sup> de — y 4 de — ...                  | 700 — —            |
| — 20 <sup>m</sup> de — y 5 de — ...                  | 1570 — —           |

Utilísimos son los alumbramientos de aguas subterráneas y la elevación de la de los ríos y lagunas, por vapor, viento ó por un salto de agua de los mismos ríos cuyas aguas se han de elevar; elevaciones más fáciles y baratas, con frecuencia, que la construcción de canales, sobre todo para riegos parciales de fincas situadas en sus orillas; pero, como se dijo antes, para que los alumbramientos de agua den resultado, es necesario que el terreno la contenga en suficiente cantidad y á poca profundidad, lo que deja de suceder con frecuencia actualmente, porque muchas de nuestras montañas están secas y sedientas.

## XI

### ABASTECIMIENTO DE AGUAS Á POBLACIONES

#### Necesidad del consumo de agua.

La primera necesidad humana es alimentarse para sostener la vida, reemplazando los elementos físicos que se pierden por eliminaciones y secreciones, entre los cuales es el más abundante el agua, que se exhala al estado líquido ó al de vapor.

Un hombre elimina las siguientes cantidades de agua cada veinticuatro horas:

|                                                   | Gramos. |
|---------------------------------------------------|---------|
| En la orina (de 4300 á 4600).....                 | 4500    |
| En la respiración (de 800 á 1000).....            | 900     |
| En el sudor ordinario (1).....                    | 500     |
| En el excremento sólido (0'74 á 0'75 de 430)..... | 400     |
| TOTAL.....                                        | 3000    |

ó sean tres litros diarios.

La alimentación es gaseosa (consumiendo un adulto 15 metros cúbicos de aire por día), líquida y sólida. Y aunque es para mucha gente cosa de buen gusto despreciar el agua y hasta vanagloriarse de no haberla bebido en mucho tiempo, el consumo del agua se impone, porque es de primera necesidad, y aquél que menos agua cree ingerir, introduce en su estómago mucha más de la que se figura,

(1) Se cita un caso de sudor extraordinario, que en hora y media llegó á 2560 gramos.

no solamente con las bebidas (leche, café, vino, cerveza, etc.), sino con los mismos alimentos sólidos, puesto que el contenido en agua de las materias alimenticias es el siguiente, según muy notables químicos:

|                                             |           |       |             |
|---------------------------------------------|-----------|-------|-------------|
| Trigo (en grano).....                       | De 0'09 á | 0'46  | de su peso. |
| Pan de trigo bien cocido, el que menos..... |           | 0'45  | —           |
| Jamón de cerdo.....                         |           | 0'586 | —           |
| Carne de animales viejos (bucy, etc.).....  | 0'72 á    | 0'75  | —           |
| Carne de aves diferentes.....               | 0'69 á    | 0'79  | —           |
| Carne de animales jóvenes.....              |           | 0'80  | —           |
| Infusión de café, azucarada.....            |           | 0'85  | —           |
| Pescados diferentes.....                    | 0'67 á    | 0'86  | —           |
| Leche de vacas.....                         | 0'82 á    | 0'876 | —           |
| Vino tinto, puro.....                       |           | 0'877 | —           |
| Cerveza.....                                |           | 0'947 | —           |
| Verduras.....                               | 0'89 á    | 0'96  | —           |

A semejantes cantidades hay que agregar, para las substancias sólidas, el agua que se emplea en su condimento, como salsas, etc., siendo notable, según se ve en la lista anterior, que varios comestibles contienen más agua que las bebidas usuales.

La necesidad del agua es tan imperiosa porque, además de ser necesario reemplazar la que se pierde constantemente por la orina, transpiración cutánea y respiración, hay que entretener en la economía humana el contenido en agua del 0'72 ó 0'75 del peso total del cuerpo (1).

El agua no sólo es útil por sí misma, sino porque es el vehículo por medio del cual penetran en el organismo y se asimilan varias substancias indispensables para la vida, como son la cal y los álcalis, que están contenidas en la potable en las pequeñas dosis en que son precisas: por esto, un agua excesivamente pura resulta debilitante y requiere un exceso de alimentación que la misma economía reclama, reaccionando (á consecuencia del defecto de las sales que necesita) bajo la forma de exacerbación del apetito, que, una vez pasada, da lugar á un estado de atonía.

(1) Proporción del agua contenida en diferentes partes del cuerpo humano: huesos, 0'22; médula espinal, 0'697; cerebro, 0'750; músculos, 0'757; sangre, 0'794; leche de mujer, de 0'87 á 0'89; saliva y sudor, 0'995.

Según Berceilius, la carne de hombre contiene 0'7246 de agua, y la de la mujer 0'7445.

Además de la invertida en bebida, es también indispensable el agua para el aseo personal, cocina, lavado, riegos, etc., para el consumo de los animales domésticos y para la industria.

En las grandes poblaciones se invierten considerables cantidades de agua en el riego de calles, jardines y paseos públicos y en las fuentes monumentales ó de adorno, por lo cual el gasto llega en ocasiones á lo siguiente:

**Litros diarios, por habitante, disponibles en poblaciones extranjeras.**

|                        |      |                               |     |
|------------------------|------|-------------------------------|-----|
| Roma.....              | 4000 | Brooklyn.....                 | 205 |
| Washington.....        | 700  | Colonia.....                  | 200 |
| Detroit.....           | 575  | Habana.....                   | 478 |
| Lausana.....           | 500  | Londres.....                  | 460 |
| Marsella.....          | 450  | San Petersburgo y Sydney...   | 450 |
| Chicago.....           | 430  | Buenos Aires y Méjico.....    | 420 |
| Carcassonne.....       | 400  | Liverpool.....                | 410 |
| Boston.....            | 350  | Bristol.....                  | 405 |
| Nueva York.....        | 300  | Tolosa de Francia.....        | 400 |
| Bou.....               | 290  | Calcuta y Manchester.....     | 95  |
| Cincinnati.....        | 285  | Bombay, Valparaiso y Breslau. | 90  |
| Aurillac.....          | 280  | Florencia y Alejandria.....   | 85  |
| San Luis.....          | 275  | Cambridge.....                | 80  |
| Filadelfia.....        | 255  | Bruselas, Berlín y La Haya... | 75  |
| Limoges y Dijon.....   | 240  | Nápoles, Stockolmo y Berlín.. | 70  |
| Glasgow.....           | 235  | Nerwick y Nuremberg.....      | 60  |
| Dresde y Adelaida..... | 230  | El Cairo y Amsterdam.....     | 50  |
| París y Francfort..... | 225  | Venecia.....                  | 40  |
| Meliun.....            | 220  | Atenas.....                   | 35  |

**Litros diarios, por habitante, disponibles en algunas poblaciones españolas.**

|                 |     |                  |     |
|-----------------|-----|------------------|-----|
| Segovia.....    | 400 | Cádiz.....       | 27  |
| Valencia.....   | 356 | Avila.....       | 14  |
| Jerez.....      | 283 | Gerona.....      | 10  |
| Madrid (1)..... | 265 | Soria.....       | 9   |
| Sevilla.....    | 405 | Ciudad Real..... | 6   |
| Huelva.....     | 400 | Jaén.....        | 5   |
| Mérida.....     | 80  | Murcia.....      | 3'7 |
| Toledo.....     | 40  | Madridejos.....  | 3'3 |
| Barcelona.....  | 30  | Morella.....     | 2'4 |

(1) Según la Dirección del Canal de Isabel II, el consumo de agua del Lozoya en Madrid fué de 2000 metros cúbicos diarios en 1858; 8000 en 1862; 15000 en 1866; 24000 en 1874; 85000 en 1885, y 130000 en 1898; habiendo aumentado en este tiempo la población desde 250 á 500000 habitantes, y el

### Consumo real de agua en las poblaciones.

Una buena parte del agua empleada en las poblaciones para usos públicos y privados no se consume, y vuelve á los ríos y á la tierra por las alcantarillas, riegos, etc., porque solamente la evaporada en calles y paseos, en máquinas de vapor, etc., y la eliminada en sudor y respiración de sus habitantes, es realmente consumida.

El caudal de agua invertido en los abastecimientos de poblaciones se utiliza, por tanto, para los usos agrícolas, industriales y de fuerza hidráulica en gran parte, antes y después de haber servido en los usos urbanos.

En las poblaciones pequeñas, donde se gasta poca agua en los servicios públicos, bastan ordinariamente de 36 á 42 litros diarios por habitante; pero la tendencia actual es dotar á los pueblos con aguas suficientes hasta tener 100 litros por cabeza.

### Condiciones de las aguas potables.

Sin detenerme demasiado á enumerar las condiciones que necesita un agua para ser potable, consignaré, como las más precisas y fáciles

consumo de agua de 60 á 260 litros diarios por cada uno, siendo 3 litros por habitante lo que suministran los antiguos viajes.

Pero hay que notar que de la canalización del Lozoya se toma agua para fincas y pueblos próximos á Madrid, en Carabanchel, Vista-Alegre, Real Casa de Campo, Moncloa, Escuelas militares de Valdemoro, y también se gasta en riegos por medio de los canalillos, en el Retiro, etc.; de modo que si sólo se computa para consumo del agua la gastada en la población por sus habitantes en las necesidades domésticas ó públicas, el consumo es mucho menor de lo indicado.

D. J. Madrid Moreno, en su *Memoria sobre las aguas potables de la villa de Madrid*, publicada por el Ayuntamiento, consigna un gasto diario de 8 litros de agua del Lozoya por habitante, en el supuesto de una población de 450000, y que se reduciría para mayor población, admitiendo, sin embargo, un consumo de 15 litros, por la mucha que se pierde en las cocinas durante el verano, para tener el agua fresca.

¿Cómo conciliar los datos de la Dirección del Canal con los del Sr. Madrid Moreno?

de comprobar, que deben ser claras y diáfanas, casi insípidas, completamente incoloras y contener en cada litro de 25 á 50 centímetros cúbicos de aire y de 10 á 50 centigramos de sales minerales disueltas, siendo las mejores las que tienen de 20 á 30, de los cuales los  $\frac{2}{3}$  sean de carbonato cálcico <sup>(1)</sup>.

El ácido silícico existe en las aguas potables en cantidad que varía de 8 á 50 miligramos por litro, siendo perjudicial si pasa de esta cifra, mientras que otro tanto, ó algo más, de ácido carbónico es benéfico en el agua de bebida.

El carbonato cálcico, en cantidad superior á medio gramo por litro, y el sulfato, pasando de un cuarto de gramo, son perjudiciales para la salud, y además dificultan la cocción de las legumbres y cortan el jabón.

Puede añadirse que el agua, para ser potable, no debe marcar más de 25 á 30 grados hidrotimétricos <sup>(2)</sup> ni bajar mucho de estos tipos.

El aire en disolución es de tanta necesidad, que sin él las aguas son indigestas, y Boussingault atribuye las paperas que se padecen en países montañosos, al consumo de agua procedente del derretimiento de la nieve, que carece casi completamente de aire disuelto.

Hacen las aguas impotables el amoniaco, las sales amoniacaes, los nitratos y nitritos, aunque sea en corta cantidad, y las materias orgánicas, en disolución ó en suspensión, son perjudiciales en cualquier proporción en que se encuentren en el agua.

Los micro-organismos, observables al microscopio, denotan suciedad en el agua y descuido en el captado, en la canalización ó en los depósitos, y algunas veces son portadores de terribles epidemias de cólera, tifus y otras enfermedades infecciosas.

Las aguas de los ríos que corren cerca de poblaciones, las que se alumbran á menos de 6 ú 8 metros de profundidad y las que se depositan ó corren en las cercanías de los cementerios situados á mayor altitud que los depósitos y cauces, contienen siempre micro-organismos patógenos, si no se adoptan precauciones muy rigurosas y eficaces.

Suelen ser *finas* ó potables las que surgen y corren en terrenos

(1) Las aguas del Lozoya no contienen más que 2'4.

(2) En Villarreal de la Plana (Castellón) se beben aguas que marcan 68° hidrotimétricos.

silíceos, y *gordas* ó *impotables* las que nacen, ó corren por largo trecho, sobre terrenos calizos, yesosos, magnesianos ó alcalinos, por causa de la gran cantidad de substancias que en tal caso disuelven, que puede llegar á 2'2 gramos de yeso por litro de agua, y 0'88 gramos de carbonato de cal á 10°, ó 0'70 á 0°, disuelto á expensas de un exceso de ácido carbónico (1).

En estos casos, las aguas no solamente son *impotables*, sino *incrustantes*, formando concreciones en las superficies bañadas por ellas, que concluyen por obstruir las cañerías por donde circulan.

### Precio del agua.

El precio del agua varía extraordinariamente de una á otra localidad.

En muchas partes las fuentes públicas dan el agua gratuitamente al vecindario que acude á ellas; en otras, los Municipios ó las empresas particulares cobran el agua, á caño libre, por aforo ó á contador, á los precios siguientes:

#### Precio, en pesetas, del metro cúbico de agua en el extranjero.

|                     |      |               |      |
|---------------------|------|---------------|------|
| Constantinopla..... | 0'90 | Florenca..... | 0'40 |
| Rennes.....         | 0'68 | París.....    | 0'35 |
| Lyon.....           | 0'66 | Tolosa.....   | 0'25 |
| Versalles.....      | 0'60 | Berlin.....   | 0'25 |
| Tarbes.....         | 0'50 | Marsella..... | 0'20 |

#### Precio, en pesetas, del metro cúbico de agua en España.

|                         |      |                               |         |
|-------------------------|------|-------------------------------|---------|
| Jaén.....               | 3'50 | Barcelona y Valencia.....     | 0'35    |
| Madrid (por cubas)..... | 2'34 | Burgos.....                   | 0'30    |
| Madridejos.....         | 4'50 | Madrid. Del Lozoya, de 0'40 á | 0'30    |
| Ciudad Real.....        | 4'40 | Huelva.....                   | 0'20    |
| Rota (Cádiz).....       | 4'00 | Toledo.....                   | 0'12    |
| Cádiz.....              | 0'90 | Segovia.....                  | 0,02    |
| Sevilla.....            | 0'50 | Ávila.....                    | Gratis. |

(1) Las de Mérida contienen 5'60 gramos de sales por litro, según análisis y notas comprobadas, procedentes de inteligentes personas de la localidad.

## Medios empleados para suministrar agua á las poblaciones.

### ABASTECIMIENTOS PARTICULARES

#### POZOS

Cuando en el subsuelo de la población existen aguas de buena calidad, suelen sacarse por medio de pozos abiertos en el solar de cada vecino, y á veces en la linde ó medianería de cada dos, por razón de economía; pero este sistema no es aplicable más que á poblaciones pequeñas cuyas casas sean de uno ó de dos pisos, y suele dar aguas infectas de micro-organismos, especialmente en las poblaciones, como Sevilla y otras, donde alternan los pozos negros con los de agua dulce.

#### ALJIBES

También se pueden recoger las aguas de lluvia en aljibes excavados bajo el piso de los patios y en las plazas de armas de las antiguas fortalezas. Notables son, como hemos dicho, los aljibes de Cádiz, Murcia, Ronda, Granada, Toledo, Gibraltar, Viso del Marqués (en el palacio de los Marqueses de Santa Cruz), los de los Alcázares de Toledo y Segovia y otros muchos.

Como las aguas de lluvia toman de la atmósfera amoniaco, ácido nítrico y carbonato ó nitrato amónico (aunque en cortas proporciones), durante las tormentas, conviene que las aguas sean conducidas á los aljibes por atarjeas de piedra caliza ó que caigan sobre losas de dicha especie, en la cual, por doble descomposición, pierden las propiedades nocivas propias del agua que contiene dichas substancias.

Este sistema, que por ser algo molesto por la necesidad de cuidarse de la limpieza de los aljibes, tejados, azoteas y patios, por tener que ocuparse, cada vez que llueve, en dejar correr las primeras porciones de agua, sin darles entrada en el aljibe hasta que no corra clara, y por tener que elevar el agua desde el depósito á los diferentes pisos de la casa ó á uno superior, va descuidándose en España más de lo debido, y sería de desear que en vez de abandonarlo se perfeccionase y mejorase, empleando para ello los recursos modernos de la mecánica; sobre todo en las plazas fuertes que están expuestas á su-



frir sitios de guerra y que no poseen abundancia de aguas subterráneas ni fluviales dentro de su recinto, como, por ejemplo, Ceuta, donde deben establecerse grandes y diferentes cisternas, que se conserven constantemente limpias y en servicio, como se hace en Gibraltar <sup>(1)</sup>.

#### ABASTECIMIENTOS PÚBLICOS

##### MANANTIALES

Los manantiales que surgen dentro del recinto de las poblaciones constituyen la solución más sencilla del problema del abastecimiento de aguas, y si son de régimen constante, basta elevarlas cada vecino en su casa ó á un depósito común y distribuir las por tubería, para tener el agua en presión y bajo grifo, que se abre en el momento oportuno; pero ordinariamente los manantiales están situados lejos de las poblaciones y exigen una conducción.

##### RÍOS

Otras veces se toma el agua para el abastecimiento de las poblaciones, de los ríos que la tienen en la abundancia y pureza necesarias.

Esto exige una conducción del agua, á veces, desde muy largas distancias, porque aunque el río atraviese la población, hay que ir á buscar el agua lejos de ella y aguas arriba, para precaverse contra la impurificación que sufren las aguas desde que se aproximan á la urbe, y el alejamiento del captado es también indispensable para ganar la altura necesaria á la conducción y distribución.

##### ALUMBRAMIENTOS DE AGUA

Con frecuencia, aunque no se cuente para el abastecimiento de la población con ninguno de los medios de suministro anteriormente enumerados, suele haber en la proximidad ó á moderada distancia, medio de hacer abundantes alumbramientos de aguas de buena calidad.

En tal caso, el alumbramiento y conducción, y á veces una elevación, resolverán el problema, con frecuencia, del mejor modo posible.

(1) Véase mi estudio *Presente y porvenir de Ceuta y Gibraltar*, 1894.

Los casos de abastecimientos públicos de agua para el consumo de poblaciones por medio de alumbramientos artificiales, sin elevación mecánica, son muy frecuentes en España, mucho más de lo que á primera vista puede parecer, en prueba de lo cual obsérvese que de los treinta y nueve casos descritos más adelante y que no han sido escogidos, en veinticuatro se toma el agua de un alumbramiento artificial.

Como ejemplos de abastecimientos de aguas por medio de alumbramientos, con elevación mecánica y conducción, pueden citarse los ejemplos siguientes:

*Elevación por caballerías.*—En Ciudad Real se sacan aguas de norrias movidas por caballerías, que se conducen por tubería de unos tres kilómetros de longitud y muy poca pendiente, á la capital, en donde se distribuyen en tres fuentes públicas.

*Elevación por medio de motor de viento.*—En dos pueblos contiguos á las posesiones de Lord Spencer, en Northamptonshire, el agua se eleva desde un pozo de 60 metros de profundidad por una bomba y motor de viento sistema Tilts, conduciéndola á un depósito á 139 metros sobre el mar, desde donde se distribuye por tubería. El depósito es doble, y su capacidad 748 metros cúbicos. El consumo diario en invierno, 22715 litros, y en verano 28000. El costo del depósito fué de 530 libras, el del motor 275 y el total de la obra con tubería de hierro, 2250. Abastece á 600 habitantes.

*Elevación por vapor.*—El importante viaje de la Fuente de la Reina, cerca de la Puerta de Hierro, de Madrid, que más adelante se describe, es elevado por máquina de vapor desde la estación del Norte á las fuentes públicas que se dirán.

El importante pueblo minero de Linares, en la provincia de Jaén, se abastece de agua desde 1878, por medio de una elevación por vapor y conducción por tubería de hierro, del agua de una antigua mina, situada cerca de la ermita de la Virgen de Linarejos.

##### ACUEDUCTOS Y CONDUCCIONES DE AGUA

Desde la más remota antigüedad los asirios y egipcios, y más recientemente los romanos en Europa y los aztecas en América, hicieron grandes obras para abastecer de agua sus poblaciones.

Desconocidos en aquellos tiempos los tubos metálicos de hierro ó bronce de gran diámetro, hacían las conducciones de agua siguientes

do un declive continuo, á veces muy fuerte (0'005 en los más antiguos acueductos de Roma), salvando las elevaciones del terreno por medio de acequias que, rodeando las montañas, seguían su contorno por las curvas de nivel, ó atravesándolas en mina, y salvando las depresiones del terreno por medio de los notables *acueductos* de dos y tres pisos de arcos, como los de Segovia y Nimes, construidos por los romanos, y aún hoy en perfecto estado de servicio, así como los muchos que encontraron los españoles en Méjico, al tiempo de la conquista.

Más recientemente, los árabes adelantaron extraordinariamente el problema de la conducción de aguas con sus minas, acequias y cañerías de barro cocido, que conocieron probablemente en Asiria, de cuyo sistema es notable ejemplo la distribución de aguas de Granada.

#### TUBERÍAS DE HIERRO Ó BARRO

La facilidad, baratura y perfección con que hoy se construyen las tuberías de hierro fundido ó forjado, permite vencer las dificultades de canalización, que antiguamente exigían costosos y monumentales acueductos y profundas minas, ó largos rodeos en canal, por medio de una ó varias series de tubos enterrados, ó en sifón invertido, cuando deban saltarse profundos barrancos, y á veces encerrados en galerías subterráneas mamposteadas, que por sí solos, ó en combinación con los canales de piedra sillería ó mamposteada, salvan los mayores obstáculos que se puedan presentar.

Las pequeñas conducciones, y cuando la presión del agua no es grande en ningún punto del trayecto, pueden hacerse con simples caños ó atanores de barro, colocados en una, dos ó más filas, empujados á veces, para mayor solidez, en macizos de fábrica de ladrillo, como se ha hecho en muchos antiguos viajes de aguas de fuentes.

Cuando la conducción se hace por tubería, puede ésta seguir las ondulaciones del terreno, proporcionando la resistencia de los tubos á las presiones que deben sufrir por parte del agua, con tal de que en ningún punto se encuentre la tubería más alta que la línea de presiones hidrostáticas, y, si puede ser, que la de presiones hidrodinámicas del agua en movimiento.

Cuando el perfil longitudinal de la cañería ofrece elevaciones y depresiones, es conveniente situar en los puntos más altos conductos verticales abiertos por su parte superior, llamados *ventosas*, para

dar entrada ó salida al aire, que de otro modo perturbaría en la cañería el movimiento del agua y aun podría ser un peligro para la solidez de ésta.

Estas ventosas pueden ser pocillos y chimeneas de mampostería, ó simplemente tubos verticales de hierro ó barro.

#### ACEQUIAS Y ATARJEAS

Cuando pueden conducirse las aguas con una ligera pendiente continua y se trata de volúmenes pequeños de agua, pueden emplearse acequias al descubierto excavadas en el mismo terreno, siguiendo las faldas de las colinas ó las laderas de los valles, y sin revestimiento alguno interior; como lo están las varias que, partiendo del Darro, conducen aguas á la Alhambra y á la ciudad de Granada.

Otras veces pueden hacerse pequeñas atarjeas de ladrillo, colocado de plano en el fondo y de canto en los costados, cubiertas ó no con otra hilada de ladrillos; de cuyas atarjeas algunas están extendidas en los antiguos viajes de aguas de Madrid, en el fondo de galerías de minas abiertas en la tierra <sup>(1)</sup> y con ó sin revestimiento interior.

También pueden emplearse, en pequeños abastecimientos, canales subterráneos de madera, superficiales ó elevados, sostenidos en este último caso sobre postes de madera ó mampostería.

#### DEPÓSITOS

Casi siempre que se trata de conducciones de agua de importancia, es necesario disponer de grandes depósitos en las proximidades de la población ó edificio abastecido.

Puede, sin embargo, prescindirse de estos depósitos en casos determinados en que no haya peligro de interrupción en la corriente de agua y ésta sea por demás abundante y clara en todo tiempo, en el punto de toma, como ocurre con el agua de Torremolinos, en Málaga, conducida á la capital desde los manantiales próximos al pueblo de aquel nombre, por medio de tubería de hierro, en pendiente casi uniforme y á presión moderada.

Los depósitos más grandes, ó pantanos, que pueden hacerse en la

(1) Una de las ramas del viaje de la Alcubilla va de este modo por el paseo de Santa Engracia hasta la antigua Puerta de Santa Bárbara.

misma cuenca de los ríos que suministran el agua, son perjudiciales por las razones dichas en las págs. 188 y 189, cuando el río está sometido á crecidas y arrastre de tierras y lodos, como ocurre al Lozoya, el curso del cual es tan vario y torrencial, que, según datos oficiales, mientras en Enero de 1856 llevaba 491000 litros por segundo, en Septiembre de 1851 sólo conducía 249.

Además tienen el inconveniente de que los lodos depositados se remueven y son arrastrados por el agua, produciendo turbias persistentes, cuando bajando el agua en el pantano ó depósito, no puede dejarse perder el agua, á causa de su escasez.

Por esto se recomendó muy eficazmente en la pág. 189 que los depósitos de agua destinados al abastecimiento de poblaciones, se construyesen fuera de los cauces de los ríos que conduzcan lodos ó limos en suspensión.

#### ELEVACIÓN DE AGUAS

Puede combinarse la conducción con la elevación mecánica del agua por medio de todos los procedimientos y recursos conocidos, con tal de que sean suficientemente económicos y seguros.

En tal caso, la instalación de las máquinas elevadoras puede situarse en el origen de la conducción, en su extremidad terminal ó en cualquier punto intermedio, según las circunstancias del caso, y también puede subdividirse la instalación en dos ó más parajes, si no pudiese ó conviniere hacer la elevación de una vez, por la demasiada altura, ó por otras razones.

#### FILTRACIÓN, EN GRANDE, DEL AGUA

Después de ensayados varios sistemas de filtración, resulta lo más eficaz y conveniente el hacerla pasar verticalmente de abajo arriba á través de capas de arena, con velocidades excesivamente reducidas, con lo cual los limos y substancias en suspensión quedan separadas del agua y retenidas por la arena.

La velocidad del agua á través del filtro suele ser de 8 á 10 centímetros por hora, y cuando se quiere limpiar, se invierte la corriente comunicándole una velocidad de 25 centímetros en el mismo tiempo.

En estas condiciones, la capacidad filtrante de cada metro cuadrado de filtro es de 3'90 metros cúbicos por día en Londres; 5'50 en

Lambeth y Chelsea; 5'66 en Liverpool; 2 á 2'6 en Altona; 2'4 en Magdeburgo y 3'78 en Valencia.

Cuanto más lenta es la filtración resulta más eficaz, y Samuelson aconseja que no pase de 1'5 metros cúbicos por metro cuadrado de filtro y día, sin que tan mínimas velocidades tengan más inconvenientes que el exigir filtros de gran superficie que llegan hasta 4050 metros cuadrados cada uno ( $90 \times 45$ ), siendo 2 metros su espesor.

#### Ejemplos de abastecimientos de aguas, á poblaciones.

Como ejemplos de abastecimientos de agua en España, citaré algunos casos.

##### Alicante.

Después de haber procurado suministrar agua á la población por destilación de la del mar, y después también de otras varias tentativas infructuosas, al fin se ha resuelto el problema satisfactoriamente, conduciendo la que brota de cinco pozos artesianos, perforados en término de Sax, en cantidad de unos 100 litros por segundo, por medio de una tubería de hierro de 58 kilómetros de longitud, correspondiendo 173 litros diarios por habitante.

##### Avila.

Proceden las aguas de Avila de ocho fuentes, situadas en la dehesa de las Herrerías, á diferentes distancias de la población, la mayor de las cuales es de tres kilómetros, y á diversas alturas, que alcanza en una de ellas á 40 metros y que suministran en épocas normales 150 metros cúbicos diarios, consumidos gratuitamente por 11000 habitantes, correspondiendo á cada uno 14 litros.

Las conducciones consisten en tuberías de hierro y de barro, con un diámetro interior, las primeras, de 15 centímetros, y de 8 á 10 las segundas.

##### Barcelona.

Las aguas que la Compañía belga suministra á la capital catalana, proceden de Dosrius, Rial, Canyamias y Sans Llojo, de cuyos ríos se

toman por medio de 2099, 177, 517 y 532 metros de galerías subterráneas, respectivamente, que se conducen por 1508 metros de galerías subterráneas y 40570 de acueductos cubiertos, de los cuales son en mina 3486, en puente 806, y en sifones de 60 y 75 centímetros de diámetro, 8175 metros, y por una red de tubería de distribución de 115000 metros de longitud.

Dos de estos sifones, en la riera de Argenton y en el Besós, soportan una presión estática de 85 metros de altura en su parte inferior. El primero tiene una longitud de 1486 metros, y el segundo 998.

Con objeto de aumentar el caudal de aguas recogido por las galerías y producir embalses subterráneos, se han construido grandes presas enterradas, cimentadas sobre el granito compacto, en los valles del Alfart, Canyamas y Riales, que acumulan en junto 360000 metros cúbicos, suficientes para aumentar durante ciento veinte días, en 5000 metros cúbicos diarios, el régimen de las minas, supliendo la deficiencia de las lluvias durante la estación seca.

Existen entre San Martín de Provensals y Gracia dos depósitos subterráneos de 8000 metros de capacidad cada uno, cuya solera está situada á una altura de 95 metros sobre el nivel del mar.

El caudal de agua que proporcionan estos alumbramientos subterráneos es de 8000 metros cúbicos diarios en tiempos normales, y se cree que no bajará de 5000 durante las mayores sequías.

El precio del agua en Barcelona, aforada por contador, cuyo alquiler se paga aparte, es de 0'55 de pesetas el metro cúbico.

### Burgos.

Abastecen de aguas á la población de Burgos varias canalizaciones antiguas pertenecientes al Municipio y la realizada poco tiempo há por la Compañía de Aguas de Burgos, Sociedad anónima que por Real orden de 31 de Agosto de 1889, sin subvención alguna del Estado ni del Municipio, obtuvo la concesión para conducir 100 litros de agua potable, por segundo, procedente del río Arlanzón con destino al abastecimiento de la ciudad, para usos domésticos, industriales, riego ó fuerza motriz.

Desde el punto de toma del agua á la población hay 24 kilómetros, de los cuales dos próximamente son en acueducto, y los 22 restantes de tubería de hierro, siendo la diferencia de nivel, en toda la conducción, de 65 metros.

Tomadas las aguas del *subálveo del río*, por filtración natural de su lecho cascajoso, concurren en galerías de paredes permeables, que más adelante forman el acueducto que conduce las aguas á un pequeño depósito, desde el cual, sin detenerse, aunque vertiendo al mismo río el excedente de los 100 litros concedidos, entra en la tubería de hierro de 40 centímetros de diámetro, por la que, y con las correspondientes ventosas y válvulas de desagüe, van las aguas á un depósito de dos compartimientos situado cerca de la población, y á 50 metros sobre ella, que de este modo tiene agua en presión hasta en las habitaciones más elevadas.

El agua de Burgos es de excelente calidad, pues sólo contiene 21 miligramos de residuo fijo por litro, constituido por carbonato cálcico disuelto á expensas de 15 centímetros cúbicos de ácido carbónico en litro, conteniendo también 28 centímetros cúbicos de aire.

Los 8640 metros cúbicos diarios de agua se consumen por un número variable de habitantes y por diferentes abonos para riego y fuerza motriz.

El precio del agua está regulado por una tarifa provisional á tanto alzado, en relación al precio de la habitación. Cuando se consume para usos domésticos, aforada por contador, el precio es de 30 céntimos de peseta el metro cúbico.

### Cáceres.

El surtido de aguas de Cáceres es notable por la escasez y mala calidad de las aguas.

Las de lluvia se recogen en cisternas y se emplean en ciertos usos, y para la bebida cuentan allí con seis fuentes, situadas todas extramuros y más bajas que la ciudad, que ocupa una colina, siendo su caudal tan escaso, que entre todas no excede de 2 litros por segundo en estío, siendo sus grados hidrotimétricos 3, 6 y 14, correspondiendo el último á la fuente más abundante, que da 0'83 litros por segundo.

En Agosto último se trataba de utilizar el agua de las minas procedentes del próximo calerizo devoniano, cuyo grado hidrotimétrico es 47  $\frac{1}{2}$ , con auxilio de una elevación de 70 metros.

D. Joaquín Castel, ilustrado farmacéutico de Cáceres, ha propuesto, con insistencia, la utilización de la próxima fuente del Marco, para usos distintos de la alimentación, que por medio de una pe-

queña obra de *embalse subterráneo*, podía dar, según el mismo, un caudal permanente en todo tiempo de 100 litros por segundo, que á favor de la creación de un salto de agua, permitiría elevar parte de ésta á Cáceres, con la ventaja de que el grado hidrotimétrico de la misma no es superior al de las minas, que necesitan fuerza de vapor para su elevación.

#### Cádiz.

El abastecimiento de aguas á Cádiz procede de los manantiales de la Piedad ó Valle de Sidonia, en el Puerto de Santa María, y de sus depósitos enclavados en la sierra de San Cristóbal.

Las aguas que alumbran los manantiales son recogidas por medio de galerías filtrantes construidas con piedras y cemento, las cuales afluyen á un pozo central para ser elevadas después por las máquinas á tres depósitos, dos de la capacidad de 7250 metros, y uno de 1000. El sifón ó cañería general, que distribuye el agua á las poblaciones que abastece <sup>(1)</sup>, es de hierro fundido, con un diámetro de 0'41 metros, no existiendo más que una sola tubería general de una longitud de 58400 metros, con una diferencia, sobre el nivel del mar, entre sus extremidades, de 72 metros.

Un litro de agua contiene:

|                                       |                      |
|---------------------------------------|----------------------|
| Carbonato de cal .....                | 0'438 gramos.        |
| Sulfato de cal .....                  | 0'045 —              |
| Cloruros de sodio y de magnesio ..... | 0'053 —              |
| Hierro y materias orgánicas .....     | Indicios.            |
| <b>TOTAL.</b> .....                   | <b>0'206 gramos.</b> |

Puede calcularse en 5500 metros diarios como máximo el agua consumida al día en todas las atenciones públicas y particulares, en las cuatro poblaciones abastecidas, y como término medio, debe estimarse que el número de habitantes consumidores de estas aguas ascenderá á 150000, resultando un surtido de 27 litros por cabeza.

El metro cúbico para el consumo doméstico se vende á 0'90 pesetas.

(1) Puerto de Santa María, Puerto Real, San Fernando y Cádiz.

#### Ciudad Real.

El agua consumida en esta capital procede, en su mayor parte, de un pozo de noria situado en una de las huertas que existen cerca del camino á Poblete, en las afueras de la Puerta de Alarcos, á tres kilómetros de la población, y que elevadas del modo ordinario, por una mula, corre en tubería de barro de 12 centímetros de diámetro interior, con una pendiente media de un milímetro por metro.

Esta conducción de aguas carece de un verdadero depósito y abastece á unas 15000 personas, por medio de 75 metros cúbicos diarios, de un agua en la que predomina el bicarbonato de cal.

El precio del agua, de 3 céntimos el par de cántaros de 12 litros, viene á ser de 1'25 á 1'50 pesetas el metro cúbico.

Como agua más fina, se consume en ciertas casas la de la fuente del Arzoyal, situada cerca del Guadiana, á la izquierda de la carretera á Piedrabuena, que se trae á la población en cubas de madera, montadas en carros especiales tirados por caballerías.

Actualmente se proyecta una conducción de agua, tomada á larga distancia, al Norte de la capital de la provincia, en Fuente del Fresno.

#### Gerona.

En Gerona sólo hay una conducción de agua que procede de cuatro minas hechas en término del pueblo de Aiguaviva, distantes 6700 metros de la población, con un desnivel total de 3 metros, correspondiente á una inclinación media de 0'0005.

Tomada el agua en minas de una longitud total de dos kilómetros, situadas á la profundidad de unos 7 metros y en cantidad de 4500 metros cúbicos, penetra en una tubería de hierro de 25 centímetros de diámetro interior, que salva el trayecto entre el manadero y la ciudad, donde se distribuye por una red de tubería de diversos diámetros, decrecientes hasta 3 centímetros, todas del sistema Soujol, de Barcelona, sin ningún depósito ni aljibe; por cuyo motivo falta el agua en muchas partes.

El número de viviendas surtidas es de 1200, y el precio del agua es de 50 á 60 pesetas anuales.

**Habana.**

El Ingeniero militar D. Francisco Albear proyectó el acueducto del manantial de Vento, para un consumo diario de 102000 metros cúbicos y población de 300000 habitantes, con una pendiente de 0'0005 y velocidad de 0'60 metros por segundo, capaz de un gasto de agua de 1'2 metros cúbicos por segundo, ó 105680 por día.

|                                                    |    |        |          |
|----------------------------------------------------|----|--------|----------|
| Corresponde por habitante para uso particular..... | 68 | litros | diarios. |
| Idem id. para uso público.....                     | 40 | —      | —        |
| Limpieza de calles y cloacas.....                  | 70 | —      | —        |

Riegos: 8 litros por metro cuadrado.

Se proyectó la sección del cajero del canal, rectangular; pero después se ha construido ovoide, disminuyéndose con esto la pendiente y aumentando la velocidad del agua, por la menor resistencia que presenta esta forma al movimiento de aquélla.

**Huelva.**

Desde hace más de veinte años existe una empresa abastecedora, cuyas aguas proceden de manantiales de propiedad particular, distantes 8 kilómetros de la capital, y que son elevadas á 50 metros de altura por bombas de vapor á dos depósitos de 800 metros de cabida en junto, situados á 1700 metros de distancia del pozo de extracción, y conducidas desde allí por tubería de hierro de 7 pulgadas de diámetro interior á un depósito de 1000 metros de capacidad construido en las afueras; de este depósito arrancan las tuberías de distribución, cuyos calibres varían de 2 á 7 pulgadas.

Este agua tiene 19 grados hidrotimétricos, y su precio por metro cúbico es de 20 céntimos de peseta.

A más de estas aguas existen las propias del Municipio, procedentes de unas galerías de filtración construidas en tiempos antiguos en unos cabezos inmediatos á la población, y que recogen las aguas caídas en una extensión de 2 kilómetros cuadrados.

Estas aguas tienen 17 grados hidrotimétricos, y surten por medio de tubería de hierro dulce de 2 pulgadas de diámetro interior, además del Asilo de ancianos y el de huérfanos, cinco fuentes públicas, cuatro de ellas convenientemente repartidas por la ciudad y una en las afueras.

Hay también una concesión particular para el abastecimiento del ferrocarril de Zafra á Huelva, que toma el agua de un arroyo á dos kilómetros de la estación de Peguerillas, distante 9 kilómetros de la población, y después de elevarla la conduce por tubos de hierro, colocados en el terraplén de la línea férrea.

La Compañía de Riotinto se surte de aguas artesianas, alumbradas en su zona de explotación, en las inmediaciones de su muelle sobre la ría; y la Compañía de Madrid á Zaragoza y á Alicante también tiene aguas propias para su servicio.

El total de metros cúbicos que llegan á Huelva es de 2000 próximamente, siendo, por tanto, de 100 litros la proporción diaria por habitante.

**Irún.**

Los elementos de su abastecimiento de aguas son los siguientes: longitud de la conducción, 3 kilómetros por tubería de 5 centímetros de diámetro interior, que suministra 5 litros de agua por segundo, con 3 grados hidrotimétricos. El importe del presupuesto del proyecto, hecho por D. Mariano Zuazuavar, ascendía á unas 80000 pesetas.

**Jaén.**

Las aguas consumidas en Jaén proceden de la fuente de la Magdalena, que nace en la misma población, al pie del cerro de Jabalcuz; la de Santa María, que mana á unos 300 metros de la ciudad, á la cual se conduce el agua por atarjea y tubería de barro; El Acho, próximamente á igual distancia, cuya conducción es análoga á la anterior; Caño Quebrado, que está situada á dos kilómetros; El Alamillo, también á dos kilómetros, y la fuente de D. Diego, que nace en la población.

Las alturas ó desniveles respectivos son: la Santa María, 25 metros; El Acho, 10; Caño Quebrado, 380, y El Alamillo, 200.

Con estas fuentes se abastecen unos 30000 habitantes, á razón de unos 5 litros diarios por cada uno, ó sea en total 150 metros cúbicos al día, siendo su precio de 3'50 pesetas.

Las conducciones son todas de atanores de barro de 8 á 10 centímetros de diámetro interior, y atarjeas en algunas partes.

Las aguas son todas calizas, muy limpias y de buen sabor.

## Jerez de la Frontera.

El acueducto del Tempul, proyectado por el insigne Ingeniero del Cuerpo de Caminos D. Angel Mayo, tiene una longitud de 46 kilómetros. Toma el agua en el manantial de dicho nombre y la deja en el depósito doble construido en las afueras de Jerez, cuya capacidad total es de 19500 metros cúbicos.

Conduce 17000 metros cúbicos diarios; pero puede conducir hasta 50000 duplicando los seis sifones, hoy de un solo tubo, con longitud total de 30 kilómetros.

Las demás obras, que consisten en 11 minas (que suman una longitud de 6 kilómetros) y 12 puentes-acueductos, no necesitan ampliación.

## Linares.

Tiene un imperfecto abastecimiento de aguas procedente de una antigua mina situada cerca de la ermita de la Virgen de Linarejos, elevadas por bomba de vapor y conducidas á la población por tubería de hierro.

## Madrid.

*Antiguos viajes* (1).

Del tiempo en que Madrid pertenecía á los reyes moros de Toledo datan las primeras minas hidráulicas, y ya Juan II pensó en dotar á la villa con abundancia de aguas traídas del Jarama, que habían de llegar al pie de la torre de la parroquia de San Pedro, junto á la calle de Segovia.

Felipe II también pensó en proveer de aguas á Madrid, aumentando el caudal del Manzanares con las del Jarama, y Felipe III hizo algunos trabajos que dieron por resultado los viajes del Abroñigal y de Amaniel.

Después de diversos trabajos y mejoras hechas en diferentes tiempos, se hicieron por Carlos III los viajes del Pósito y el de Pajaritos, y por Fernando VII los del Rey, Retiro y Retamar; quedando hoy los siguientes, á pesar de haberse perdido varios de ellos:

(1) *Las aguas potables de Madrid*, 1896, folleto por el Doctor en Ciencias naturales D. J. Madrid Moreno, Jefe del Gabinete micrográfico municipal.

*Fuente de la Reina.*—Data del año 1855, y tiene su nacimiento en el camino del Pardo, en sitio próximo á la Puerta de Hierro, donde principia la mina, de 4113 metros, que la conduce hasta la estación del ferrocarril del Norte, en donde se instaló la máquina elevadora de vapor, ascendiendo por tubería de hierro á varias fuentes públicas y particulares, en cantidad de 580000 litros diarios. Están surtidas con estas aguas las fuentes de San Gil, la Encarnación, el Sacramento y las Capuchinas.

*Bajo Abroñigal.*—Tiene su origen en mina, entre los términos de Canillas y Canillejas; atraviesa la misma el arroyo Abroñigal, y, siguiendo paralela á la carretera de Aragón, termina en la calle de la Reina Mercedes, donde tiene el arca de registro y de donde sale parte en mina y parte en cañerías. Su longitud es de 7 kilómetros y medio, y su caudal 1.129000 litros diarios.

*Alto Abroñigal.*—Procede de una mina en el término de Canillas y es conducida por galería paralela á la anterior al arca de distribución que está en el paseo de la Castellana, y continúa en mina hasta la calle de la Aduana, en donde empieza la distribución de sus aguas por medio de tuberías, con una longitud de unos 14 kilómetros, siendo su volumen de 292000 litros diarios.

*Pajaritos.*—Tiene su origen en el zanjón del Retiro, al Norte de la carretera de Aragón, y llegan sus aguas por mina hasta la calle de Goya, donde empieza su distribución por tubería, con un caudal de 3600 litros y longitud de unos 700 metros.

*Conde de Salinas.*—Empieza en la cañada del Lagarto, término de Madrid, y viene por mina hasta la inmediación del edificio dedicado á Bellas Artes, donde empieza la distribución por tubería. Su longitud es de unos 2 kilómetros, y la cantidad de agua diaria 10000 litros.

*De San Dámaso ó Butarque.*—Empieza la mina revestida de ladrillo (como las anteriores), en término de Carabanchel bajo, en el sitio llamado Cerro Negro, y viene hasta una huerta, donde empieza la tubería que conduce el agua al extremo del puente de Toledo. La longitud de este viaje es de dos kilómetros y medio, y su caudal 26000 litros diarios.

*Bajo del Retiro.*—Empieza en el término de Chamartín y viene por mina hasta el arca situada á espaldas de la antigua Fonda de la Castellana, siguiendo después por tubería hasta la entrada del Retiro, donde hay otra arca de distribución, siendo su longitud de unos 4 kilómetros y medio, y su aforo de 38000 litros en 24 horas.

*Alto del Retiro.*—Nace en el término de Chamartín, á Poniente del pinar de la Castellana, donde empieza la mina que, atravesando el barrio de la Guindalera y calle de Alcalá, lleva sus aguas á las fuentes del Parque del Retiro, siendo su longitud de 15 quilómetros, y su volumen diario 247500 litros.

*Castellana.*—Empieza á Poniente de la carretera de Francia, en el término de Fuencarral, y conduce las aguas por mina hasta la Cuesta de Santa Bárbara, donde comienza la distribución del agua para el interior de Madrid, con una longitud de 8 quilómetros y medio y un aforo de 285000 litros diarios.

*Alcubilla.*—Tiene su origen en el término de Fuencarral, al Poniente de la Carretera de Francia, donde empieza la mina, que pasa paralelamente á la misma, por debajo del barrio de Tetuán, hasta la Glorieta de los Cuatro Caminos, desde donde se divide en dos ramales, de los cuales uno marcha en mina por la calle de Santa Engracia hasta la Glorieta de Santa Bárbara (hoy Plaza de Alonso Martínez), y el otro sigue paralelamente á la calle de Fuencarral hasta la Glorieta de Quevedo, en la cual vuelve á dividirse de nuevo, bajando uno de los ramales por la calle dicha, y entrando el otro por el paseo de San Rafael y calle Aucha de San Bernardo.

Las distribuciones por cañería empiezan en los extremos de estas minas, siendo su caudal diario de 557500 litros, próximamente.

*Retamar.*—Empieza en el Monte del Pardo, sitio llamado Arroyo de la Peña Grande, y viene por mina paralelamente á dicho arroyo, hasta el Puente de la Reina, donde empieza la distribución por tubería. Su caudal diario es 40500 litros, y su grado hidrotimétrico oscila entre 11 y 26 grados.

El volumen total diario que recibe Madrid de los antiguos viajes enumerados es, por lo tanto, de unos 5000 metros cúbicos que corresponden, para medio millón de habitantes, á cerca de 6 litros de agua por cabeza y día.

#### *Aguas del Lozoya.*

El canal de Isabel II, concluido en 1858, toma el agua del río Lozoya, que nace en la laguna de Peñalara, en la Sierra de Guadarrama.

Según datos oficiales, tiene una longitud de 68100 metros y fué construido para conducir 5256 litros de agua por segundo, afectan-

do cuatro formas diferentes, el acueducto, según las circunstancias del terreno; la corriente en caja rectangular de sillería ó de ladrillo; en mina; en sifón de tuberías de hierro y en puente-acueducto de fábrica, con las siguientes

#### *Dimensiones.*

|                            | Corriente. | En mina. | En sifón.    | En puente. |
|----------------------------|------------|----------|--------------|------------|
| Número de obras.....       | »          | 38       | 4            | 29         |
| Longitudes en metros.....  | 54959      | 44878    | 2786         | 4477       |
| Ancho en metros.....       | 2'22       | (1) 4'39 | 4 tubos de   | 4'39       |
| Profundidad del agua.....  | 4'80       | 4'39     | 0m'92 diám°. | 4'39       |
| Sección mojada en m².....  | 3'99       | 2'45     | 2'66         | 4'73       |
| Pendiente.....             | 0'0002     | 0'00067  | ?            | 0'00150    |
| Velocidad por segundo..... | 0'57       | 0'92     | 0'84         | 1'29       |

La capacidad de conducción en estas condiciones es de 200000 metros cúbicos diarios.

Las obras hechas para recoger las aguas del río fueron las siguientes: primero se construyó una presa en el Pontón de la Oliva, que hubo que abandonar por causa de las filtraciones que se produjeron á través de la caliza cavernosa que forma el cauce del río. En vista de esto, se construyó algunos quilómetros más arriba la pequeña presa de Navarejos, que suele denominarse *de toma* por las pocas personas que tienen conocimiento de ella; la cual, recogiendo el agua del río, la conduce en túnel que sigue, paralelamente á la margen derecha del río, hasta la *casa-partidor* de la presa del Pontón, en donde el canal tiene origen, por la cual parece que el agua procede de la presa del Pontón de la Oliva, que desde poco tiempo después de su construcción quedó reducida á una obra, puramente decorativa; siendo extraño que aun las personas que se preocupan del abastecimiento de aguas del Lozoya, supongan que esta obra produce algún embalse útil (2).

(1) Ancho en el fondo, 4'39 con talud de  $\frac{1}{10}$  á cada costado.

(2) En una exposición reciente dirigida al señor Ministro de Fomento por 600 vecinos de Madrid, en queja y crítica del servicio y obras del canal del Lozoya, se supone que la presa del Pontón embalsa cuatro millones



Posteriormente, en el terreno estrato cristalino, y más arriba de la presa de toma, se construyó la gran presa y embalse del Villar, con objeto de embalsar y almacenar el agua del río en los periodos de abundancia y gastarlos en los de estiaje, cuyos resultados han sido los que corresponden á un río sometido á fuertes y frecuentes turbias, y quedaron explicados en la pág. 188.

Cerca de Madrid, y en los altos de Amaniel y del Campo de Guardias, se construyeron dos depósitos y está en construcción un tercero inmediato al cementerio de San Martín y más bajo que éste; posición que no parece ser muy recomendable para el objeto.

El primer depósito situado á la izquierda de la carretera de Francia, saliendo de Madrid, tiene 58000 metros cúbicos de capacidad; el segundo á la derecha y enfrente del mismo, de 183000 metros cúbicos, y el tercero á la izquierda, y más lejos de Madrid que el primero, tendrá 471500.

Siendo la capacidad de los dos primeros depósitos de 241000 metros en junto, cuando se acabe el tercero sumarán en junto una capacidad total de 712500 metros cúbicos, suficiente para abastecer la capital durante *cuatro* ó *seis* días á razón de 150000 metros cúbicos diarios, que, según la Dirección del Canal, es el actual consumo; reserva demasiado pequeña, dado que no puede contarse con el embalse del pantano del Villar.

Según la *Revista de Obras Públicas*, el coste del segundo depósito resultó de 17'76 pesetas por metro cúbico, que es bastante reducido para esta clase de obras, y se espera que el del tercero no pase de 12'98 pesetas, aún más ventajoso.

La composición del agua del Lozoya, según el análisis verificado en 1849 por D. Manuel Ríoz en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Madrid, tomado de la Memoria escrita de Real orden por los Ingenieros de Caminos Sres. Rafo y Rivera, es la siguiente:

de metros cúbicos, con los cuales se cuenta para el consumo de Madrid, á pesar de ser lo cierto que en dicha presa no hay embalse disponible ni de cuatro litros, por la causa dicha en el texto.

*Composición de la parte sólida contenida en 1000 gramos del agua tomada en*

|                                              | El Pontón<br>de la Oliva. | El Canal<br>de Cabarrús (1). |
|----------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
|                                              | Gramos.                   | Gramos.                      |
| Cloruro sódico.....                          | 0'0029                    | 0'0035                       |
| — magnésico.....                             | 0'0047                    | 0'0038                       |
| Sulfato cálcico.....                         | 0'0004                    | 0'0016                       |
| — sódico.....                                | 0'0040                    | 0'0020                       |
| — magnésico.....                             | 0'0045                    | 0'0068                       |
| Carbonato cálcico.....                       | 0'0064                    | 0'0440                       |
| — magnésico.....                             | 0'0086                    | 0'0046                       |
| Silice.....                                  | 0'0046                    | 0'0038                       |
| TOTALES.....                                 | 0'0244                    | 0'0374                       |
| AIRE EN CENTÍMETROS CÚBICOS POR CADA LITRO.. | 20                        | 17'6                         |

El agua del Lozoya marca 5 grados hidrotimétricos (2).

*Precio.*

El precio del agua en Madrid era antiguamente, servida por aguadores á domicilio, el de 9 reales al mes, por una cuba diaria de pie y medio cúbico de capacidad, ó sea á 4'35 pesetas el metro cúbico.

Actualmente ese mismo servicio se hace por 6 reales mensuales, tomando el agua en las fuentes públicas ó las del Lozoya, establecidas en los patios, lo que equivale á 2'90 pesetas el metro cúbico.

Las concesiones de la empresa del Canal son al precio de 0'211 á 0'069 de peseta el metro cúbico, por aforo, y de 0'30 á 0'10 de peseta tomada por contador.

*Turbias del Lozoya.*

No es posible tratar del abastecimiento de aguas á Madrid sin mencionar las turbias del agua, que han ido aumentando en intensi-

(1) A 8250 dentro del canal de tierra de Cabarrús.

(2) Véase lo dicho en la pág. 254.

dad, duración y frecuencia con el transcurso del tiempo, desde la construcción del canal, ó mejor desde la construcción de la presa y embalse del Villar.

El Sr. D. Santiago Olazábal, distinguido Ingeniero de Montes, las atribuye al acarreo, producido por algunos arroyos que corren por terrenos de arcilla roja y que desaguan en el Lozoya entre la presa del Villar y la de Navarejos, donde nace el acueducto ó canal que trae las aguas á Madrid, que, según él, se ha desarrollado á consecuencia de la venta y descuaje de los montes que había en su cuenca.

Sin discutir la afirmación del Sr. Olazábal, ¿no podría tal vez influir en estas turbias la construcción de la presa del Villar, por las razones dichas en las págs. 188 y 258?

De todos modos, resulta extraordinario que, siendo cosa tan fácil de averiguar la causa de que las turbias del Lozoya tomen cada día mayor gravedad, se sepa tan poco de ella, y que, por lo visto, no haya de saberse jamás.

#### Consumo de agua por habitante.

Según datos de la empresa del Canal de Isabel II, el consumo de agua del Lozoya por cabeza era en 1860 de 60 litros diarios, y en 1898 fué de 260, siendo el de los antiguos viajes 5 litros por día.

Contra los cálculos corrientes sobre el consumo de agua en Madrid, dice el Sr. Madrid Moreno que no llegando el abastecimiento diario á 7000 metros cúbicos (5000 de los antiguos viajes y 4000 del Lozoya en 243 fuentes públicas) <sup>(1)</sup>, y siendo la población de 450000 habitantes, no pasa el *verdadero consumo* personal de 15 litros por cabeza, siendo el excedente desperdiciado; y si se calcula medio millón de habitantes, el consumo diario no pasa de 14 litros por cada uno.

Según los cálculos consignados en la exposición aludida en la nota de la pág. 269, el consumo máximo de agua del Lozoya por habitante, en Madrid, es el siguiente:

|                                      |          |                 |
|--------------------------------------|----------|-----------------|
| (1) De los antiguos viajes. ....     | 2.999562 | litros diarios. |
| Del Lozoya en 243 fuentes públicas.. | 3.992562 | — —             |
| TOTAL .....                          | 6.983562 | litros diarios. |

#### Uso doméstico:

|                                              |    |         |
|----------------------------------------------|----|---------|
| Lavado y aseo personal. ....                 | 7  | litros. |
| Preparación de alimentos. ....               | 2  | —       |
| Bebida. ....                                 | 4  | —       |
| Fregado y limpieza de casa. ....             | 7  | —       |
| Lavado de ropas, dos veces á la semana. .... | 8  | —       |
| Retretes, además del agua sucia. ....        | 6  | —       |
| SUMA .....                                   | 32 | litros. |

#### Otros usos:

|                                                  |       |         |
|--------------------------------------------------|-------|---------|
| Riego de calles, paseos y jardines públicos. ... | 2'54  | litros. |
| Limpieza de alcantarillas. ....                  | 4'27  | —       |
| Ascensores. ....                                 | 4'73  | —       |
| Fuentes monumentales. ....                       | 4'95  | —       |
| Establecimientos de bebidas. ....                | 9'44  | —       |
| Urinaros y quioscos de necesidad. ....           | 4'24  | —       |
| Acequias ó canalillos de riego. ....             | 45'98 | —       |
| SUMA .....                                       | 63'85 | litros. |

Total por habitante, 95'85 litros, de los cuales supone que hay que descartar 12 litros suministrados por los antiguos viajes, y hechos los descuentos necesarios, queda reducido el verdadero consumo diario por habitante á 50 litros.

Difícil es saber qué hay de cierto en tan contradictorios datos.

#### Madridejos.

Proceden sus aguas de dos manantiales: el mayor en el arroyo Montero, y el menor, Goachín, situado en la vertiente oriental del cerro de Cavalgadero. La conducción se hace por tuberías de barro de 10 centímetros de diámetro interior, con una pendiente de 0'001 y longitud de 12 quilómetros la primera é igual pendiente, y 3 1/2 á 4 quilómetros de extensión la segunda, hasta unirse á aquella.

Un volumen de 30 metros cúbicos diarios abastece á 9000 habitantes; la calidad de las aguas es buena aun cuando algo caliza, siendo su precio, vendido á 2 céntimos el cántaro, de 1'50 pesetas el metro cúbico.

El consumo llega á 3'3 litros por habitante.

### Mérida.

Las conducciones de aguas existentes en la población son dos: la galería romana y la de Valhondo, terminando ambas en el depósito de Rabo de Buey.

La primera se compone de una galería de toma de 80 centímetros de ancho y altura variable entre 1'50 á 5 metros, con fondo ó caja de hormigón hidráulico, y con los muros revestidos de la misma clase de fábrica, en una altura de 20 á 30 centímetros. Estos muros son de mampostería en seco en el terreno flojo, no existen en los trayectos en roca, y se han construido con hormigón ordinario en los trozos en que van sobre la superficie del terreno, ó sea después de los Arcos de la Godina, empalme de la antigua galería del Borbollón. La bóveda está formada con piedras acuñadas y una torta de mortero en el trasdós. La longitud actual de la galería es 4031 metros lineales, conteniendo en su trayecto 99 registros y cuatro entradas con escaleras de sillería: tiene origen en el punto llamado Val de los Linos, y termina, como se ha dicho, en el depósito de Rabo de Buey. La pendiente media del acueducto es de unos 0'035.

Las obras de la conducción de Valhondo se terminaron en 1896, siendo Director facultativo y autor del proyecto el Ingeniero de Caminos D. José Rodríguez Spiteri. Se compone de una galería de *cautación* en la vaguada del arroyo Valhondo, formada con machones sucesivos que sirven de pilas á arcos de ladrillos; los vanos están cubiertos con mampostería en seco, y sobre esta obra, que sirve de muros, va la bóveda de ladrillos. La luz de la galería es de un metro y la altura de 2'20. La longitud de la galería es de 276 metros lineales. A la terminación de la galería está colocado el frontón con puerta de hierro y unión de la tubería de hierro fundido de 10 centímetros de diámetro interior, terminando ésta, como se ha dicho, en el depósito de Rabo de Buey, teniendo una longitud de 3009 metros lineales, con sus llaves correspondientes de entrada y salida y una de limpia en el sifón de Matarromeras.

La diferencia de nivel entre los puntos extremos es de 5'17 metros.

Desde el depósito de Rabo de Buey de 36 metros cúbicos de capacidad arranca una tubería de hierro fundido de 0'20 metros de diámetro interior, terminada en el depósito de la Puerta de la Villa, donde se bifurca en dos ramales de 0<sup>m</sup>,10 de diámetro, y en un ter-

cer tubo abierto, por donde el agua sobrante cae en dicho depósito, que tiene 120 metros cúbicos de capacidad.

En la población hay 16 fuentes públicas, cinco de servicios municipales, dos de adorno, cinco abrevaderos y 94 instalaciones particulares. El pago mensual de éstas es de 2 pesetas por piso, para uso doméstico, siendo el caño libre.

El caudal de aguas es, en verano y por término medio, de 300 metros cúbicos en Valhondo y 500 en la galería romana, ó sea un total de 800000 litros cada veinticuatro horas, correspondiendo á 80 litros por habitante.

### Análisis de las aguas (1).

|                                          | GRAMOS POR LITRO |               |
|------------------------------------------|------------------|---------------|
|                                          | Valhondo.        | Rabo de Buey. |
| Carbonatos (cal).....                    | 2                | 2'50          |
| Cloruros (sodio, magnesio y calcio)..... | 1'80             | 2'10          |
| Sulfatos.....                            | 0'50             | 1'00          |

### Morella.

Hay en Morella una sola conducción de aguas procedente de un manantial, distante de la población 2400 metros. En los primeros 700 metros á partir de la fuente, conduce el agua un acueducto con canales de piedra, de pendiente media de 15 por 100, y en los 1700 restantes una tubería de hierro de 11 centímetros de diámetro interior, cuya diferencia de nivel, desde el punto en que principia hasta su terminación, es de 25 metros.

El caudal de aguas es muy variable, pues depende de la mayor ó menor *sazón* del terreno, variando entre *tres* metros cúbicos diarios como mínimo, y *veinte* como máximo.

(1) La cantidad excesiva de sales consignada en estos análisis, hechos según noticias por el actual catedrático de física y química del Instituto de Badajoz, me hizo pedir revisión de sus cifras, que han sido confirmadas, y que estampo bajo la responsabilidad del autor de los análisis.

El número de habitantes que se abastecen con estas aguas son los del casco de la población, en número de 4200, por medio de las fuentes públicas, sin que se dé agua á los particulares.

Las obras de mano que existen en esta conducción de aguas son: un aljibe cubierto en su nacimiento; el acueducto de piedra, también cubierto; un filtro rectangular al principio de la tubería, y otro á su terminación; tres depósitos en distintos puntos de la población, con una cabida total de 250 metros cúbicos, cuatro fuentes y dos lavaderos en el interior de la población.

El agua es lo que vulgarmente llaman fuerte, y no reúne buenas condiciones de potable por hallarse muy cargada de sales calizas, que llegan á veces á obstruir la tubería con su sedimentación.

#### Murcia.

El reciente abastecimiento de aguas potables de Murcia procede de la fuente de Santa Catalina, en la sierra de Carrascoy, distante 7 kilómetros al Sur de la ciudad.

Al pie del alumbramiento artificial, hecho por D. Antonio Hernández Crespo, hay un depósito de 1000 metros cúbicos de capacidad, situado á 50 metros de altura sobre la población, del que parte una tubería de hierro de 15 centímetros de diámetro interior que conduce 400 metros cúbicos de agua cada día.

La distribución del agua se hace por ocho fuentes públicas y 700 instalaciones particulares, al precio de 3 céntimos el cántaro, ó sea 1'50 pesetas el metro cúbico.

El agua tiene 25 grados hidrotimétricos, y su análisis al pie del manantial es como sigue:

#### Composición en un litro.

|                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Aire.....                           | 33 cm <sup>3</sup> .  |
| Acido carbónico.....                | 22'5 —                |
| Carbonato cálcico.....              | 0'0772 gramos.        |
| Cloruro y sulfato cálcicos.....     | 0'0070 —              |
| Sulfato magnésico.....              | 0'1342 —              |
| Sales alcalinas.....                | 0'0621 —              |
| <b>TOTAL DE MATERIAS FIJAS.....</b> | <b>0'2775 gramos.</b> |

No contiene materia orgánica.

El caudal de esta fuente no basta para el consumo de agua potable de la población, que consume además la del río Segura, reposada, generalmente un año, en aljibes ó en grandes tinajas.

#### Rota (Cádiz).

El agua potable de Rota procede de los antiguos pozos existentes en la huerta de Espantaperros, á corta distancia de la población, de los cuales el principal, ó de *concentración* (obra notable por su solidez y capacidad) debe datar de varios siglos, á juzgar por los emblemas y escudos que se encontraron esculpidos en los muros de la alberca que se destruyó al levantar el depósito actual.

Tanto la parte cilíndrica del pozo como la bóveda que lo cubre, están construidas de sillería perfectamente labrada y ajustada; á los 10 metros de profundidad descansa sobre un robusto anillo ó cadena de madera, que á su vez lo hace sobre terreno totalmente impermeable. En dirección NO., y muy cerca del anillo, están abiertos en algunos sillares varios orificios de dimensiones pequeñas, salvo uno de ellos mayor, por los cuales brota con fuerza y abundancia el agua manantial.

El origen de dichas aguas es conocido. Las lluvias, al caer en los extensos terrenos situados al N. y al E. designados con el nombre de *caletas*, filtran por las arenas, pasan luego por terrenos gredosos y arenosos, poco compactos, y llegan á la capa impermeable, sobre la cual descansa el pozo.

Repetidos ensayos hidrotimétricos de estas aguas han dado de 15 á 15 grados, y en el verano, cuando disminuye la cantidad de agua, llega á marcar 18 grados, lo que todavía indica muy buena calidad.

El consumo es de 75 á 80 metros cúbicos diarios, al precio de una peseta. Antes costaba por aguadores 3'75 el metro cúbico.

#### Segovia.

El agua que conduce el acueducto de Segovia se toma de Riofrío, á 15 kilómetros de su nacimiento, en un punto distante 8 kilómetros de la población, hasta cuya proximidad llega por canalización superficial, atravesando después el barranco del Azoguejo por medio del famoso acueducto romano, que tiene una longitud total de 760 metros.

La cantidad de agua conducida es de 72 litros por segundo, ó

6220 metros cúbicos diarios, que abastecen á unos 15000 habitantes, correspondiendo á cada uno de ellos 400 litros por día.

El precio del agua es de 20 pesetas anuales cada 2 litros por segundo, lo que corresponde próximamente á 0'019 pesetas el metro cúbico, y su pureza es tal que sólo marca 4 grados hidrolimétricos.

#### Sevilla.

El agua de los Caños de Carmona, cuyo acueducto procede de la época romana, y que á principios del siglo XIX llegaba á 12000 metros cúbicos diarios, habiendo después disminuido considerablemente, procede de la mina de Santa Lucía, á la cual se han agregado recientemente las del Zacatín y la India, por insuficiencia de la primera, las cuales se recogen en minas por filtración á través de margas, por lo cual son calizas carbonatadas, aunque de buena calidad.

La fuente del Arzobispo, que enviaba sus aguas á la alameda de Hércules, estuvo suministrando, hasta la mitad del siglo, 4000 metros cúbicos diarios de agua de mejor calidad que la de los Caños de Carmona.

El precio del agua en Sevilla es de 0'50 el metro cúbico la de Carmona, y de 0'15, para riegos, la del Guadalquivir, cuyo coste de elevación estimó el Ingeniero D. Jaime Font en 2 céntimos de peseta el metro cúbico.

#### Soria.

Desde 1850 se viene estudiando en Soria la cuestión del abastecimiento de aguas á la población, siendo tres los proyectos que en el último verano existían: canal derivado del Duero, elevación mecánica del agua del mismo río, y arreglo del antiguo viaje del manantial de La Veguilla.

El primer proyecto necesita una canalización de 40 kilómetros, presupuesta en 5 millones de pesetas; el arreglo de La Veguilla en 115000 reales, para dar 68 metros cúbicos diarios, correspondientes á 9 litros por habitante; y la elevación de agua del río á 33 metros de altura, en cantidad de 210 á 350 metros cúbicos por día, que corresponden para los 7000 habitantes de Soria de 30 á 70 litros diarios, se proyectó en 90000 pesetas.

#### Teruel.

Atraviesan el término municipal de Teruel los ríos Guadalaviar y Alfambra, de los cuales el primero, más abundante, lleva agua sobrada para el riego de la fértil vega que ambos fecundizan. Existen además unas cuantas fuentes en puntos diversos, todas ellas potables y algunas riquísimas; mas á pesar de esta abundancia de agua, la población no está surtida como debiera y como lo reclama una buena é higiénica urbanización.

En Teruel se consumen aguas de distintas procedencias. Prescindiendo de algunas fuentes que no menciono por su poca importancia, describiré las conducciones de las que vienen de la Peña del Macho y del río Guadalaviar, por ser las que gastan la inmensa mayoría de los moradores de esta ciudad.

#### *Agua de la Peña del Macho.*

A unos cinco kilómetros al NO. de la población, al principio de la Rambla denominada Rioseco, y en el punto conocido por Peña del Macho, se toma el agua del fondo ó lecho de aquella, mediante un azud subterráneo, siendo luego conducida por cañerías de barro hasta el collado, en cuyo punto se cambia por tubería de hierro fundido, entrando en la ciudad por el hermoso y célebre acueducto llamado Los Arcos. El caudal de agua de este viaje es, hace mucho tiempo, muy escaso, pues apenas basta á alimentar á las pobres y mezquinas fuentes públicas que, en número de ocho, están distribuidas en el casco de la población y en el arrabal, y en otras tantas particulares.

La naturaleza de los terrenos por donde pasa el agua y la deficiencia del encañado de barro cocido por donde corren al principio, modifica y altera su primitiva composición, circunstancia que, sumada á la escasez de su caudal (insuficiente hoy y en grandísima desproporción para llenar las más imprescindibles necesidades de la vecindad), hace que apenas se las emplee en otros usos que para el aseo y limpieza.

#### *Aguas del Guadalaviar.*

Este río, Wuad-el-aviar de los árabes (río blanco), llamado así, sin duda alguna, por la transparencia de sus cristalinas aguas, que nace

en la sierra de Albarracín, en el mismo cerro que el Tajo, Júcar y Cabriel, corre en sus diez leguas de curso hasta esta capital, constantemente por un terreno muy quebrado, montañoso y con un álveo cascajoso siempre, que hace las veces de un inmenso filtro natural. Con la velocidad que da á su corriente una pendiente media de un 1 por 100, con el incesante batir de sus aguas y constante aireación y un curso alejado de toda población importante, que pudiera enviarle detritos orgánicos que emponzoñaran sus aguas, llega al término municipal de Teruel en las mejores condiciones apetecibles para surtir abundantemente á esta ciudad.

A unos siete kilómetros de Teruel se deriva de este río la acequia de la Peña; sigue paralela al mismo por la vega, y ya cerca de la población comienza la tubería de hierro, que conduce el agua por la carretera de Cuenca á una fuente de doce abundantes caños y dos amplios abrevaderos, todo ello adosado al muro de sostenimiento de la carretera de Zaragoza, al pie de la ciudad, junto al ex-Convento de San Francisco.

De esta fuente se surte la inmensa mayoría de los habitantes de Teruel; pero como no hay depósitos ni filtros de ninguna especie, se enturbia siempre que lo hace el río, y como esto es muy frecuente, lo mismo en verano por los deshielos, que en invierno, y en las demás estaciones por las lluvias, y como además la fuente se encuentra fuera de la ciudad, el acarreo es pesado y relativamente caro, por lo que urge subvenir pronto á satisfacer la sentida necesidad de dotar á la capital de un abundantísimo caudal de agua tomada á suficiente altura en el río Guadalaviar, dando por bien empleados cuantos gastos y aun sacrificios haga el Municipio para llenar cumplidamente tan importante servicio.

El agua del Guadalaviar es clara, cristalina, muy transparente, fina, delgada, insípida é inodora; no se enturbia por la ebullición ni deja posos, cuece regularmente las legumbres, se conserva mucho tiempo sin entrar en putrefacción, y su uso por los habitantes de Teruel durante cientos de años, sin detrimento en su salud, autoriza á admitirlas como buenas aguas potables.

La composición de las aguas de Teruel, por litro, es la siguiente:

|                                        | Fuente del Macho. | Río Guadalaviar. |
|----------------------------------------|-------------------|------------------|
| Grados hidrotimétricos.....            | 34°               | 24°              |
| Acido carbónico..... cm <sup>3</sup> . | 15                | 15               |
| Carbonato cálcico..... gramos.         | 0'072             | 0'062            |
| Sulfato y cloruro cálcico.....         | 0'070             | 0'042            |
| Sales de magnesio.....                 | 0'200             | 0'125            |
| Alcalis, etc.....                      | —                 | 0'023            |
| Materias orgánicas.....                | Indicios.         | Indicios.        |
| TOTAL DE MATERIAS FIJAS.....           | 0'342             | 0'252            |

### Toledo.

Esta ciudad fué abastecida de aguas potables en tiempo de los romanos por medio de un acueducto, procedente de las gargantas de Yébenes, á 30 kilómetros al SE. de la población, y posteriormente con las elevadas del río Tajo, por medio del ingenioso artificio de Juan Elo Turriano, que le dió su nombre.

En la actualidad su abastecimiento de aguas consiste en tres conducciones: la más importante con agua procedente del Tajo, que es elevada por máquina y suministra 1000 metros cúbicos diarios, y otras dos mucho más pequeñas, con agua procedente de los viajes denominados Pozuela y Santa Ana, la primera á cuatro kilómetros al SO. y la segunda á igual distancia al SE. de la población, siendo conducidas ambas por tuberías de hierro de 10 centímetros de diámetro hasta el depósito de San Román, donde se reúnen, y es el sitio más elevado de la población, que está unos siete metros más bajo que el nivel de origen de las fuentes.

El agua de los viajes Pozuela y Santa Ana es muy aireada, se enturbia poco por ebullición y marca 32° hidrotimétricos, dejando un residuo sólido por evaporación de 0'42 gramos por litro, formado por cloruro, carbonato y sulfato cálcico con indicios de magnesia y alcalis.

Las aguas elevadas artificialmente del Tajo se reciben en un depósito de 1500 metros cúbicos de capacidad, situado en la explanada Norte del Alcázar.

El caudal de aguas subidas desde el Tajo es, como queda dicho, 1000 metros cúbicos diarios, siendo menor el de los dos viajes mencionados, y las concesiones de agua hechas por el Ayuntamiento son

620 al precio de 150 pesetas anuales cada real fontanero, lo que equivale, siendo esta medida de 3500 litros diarios <sup>(1)</sup>, á 0'12 pesetas el metro cúbico.

El consumo de agua por habitante, apreciando en 250 metros cúbicos el agua suministrada por las fuentes Pozuela y Santa Ana, es de 53 litros diarios, para cada uno de los 25500 que tiene la población.

#### Valencia.

Proceden las aguas de Valencia del río Turia, tomadas en una presa á 13 kilómetros de la población, á una altura de 35 metros sobre la misma y en cantidad de 6057 metros cúbicos diarios.

Desde la presa construida en el río Turia pasa el agua primero por unas balsas de sedimentación de 5000 metros cuadrados de superficie. Desde ellas, y por acueducto de fábrica, con longitud de siete kilómetros próximamente, va el agua al pueblo de Manises, donde están colocados los filtros, que constan de una balsa de distribución, en donde aún sedimenta algo el agua, y desde ella se dirige, á través de compuertas, á los cuatro compartimientos del filtro, cada uno de los cuales tiene próximamente 400 metros cuadrados de superficie (20 metros de lado). En estos compartimientos se filtra el agua á través de capas de arena y grava, y al salir de los mismos entra en una balsa larga que ocupa todo el frente de los cuatro departamentos filtrantes, desde la cual, por medio de un corto sifón de triple tubería de hierro, necesario para salvar una depresión del terreno, pasa de nuevo al acueducto de fábrica, por el que discurre durante un kilómetro, antes de entrar en los depósitos de Cuarte, que constan de dos departamentos de 40000 metros cúbicos de capacidad cada uno.

Desde los depósitos de Cuarte sale el agua por tubería de hierro de 60 centímetros de diámetro interior, para dirigirse á un pozo de salto llamado el Arquillo, y desde éste, por medio de doble tubería de hierro de 55 centímetros de diámetro, llega á la ciudad en cantidad de 6057 m.<sup>3</sup> para abastecer á 170000 habitantes, correspon-

(1) En Madrid se apreció por los Ingenieros Sres. Rafo y Ribera en 3245 litros el volumen del real fontanero, y en recientes peritajes practicados en Sevilla se estimó igual á 4000 litros.

diendo, pues, á cada uno 556 litros diarios, y siendo su precio de 55 céntimos de peseta el metro cúbico.

El agua es selenitosa y calcárea (sulfato y carbonato cálcico).

#### EMPLEO DEL AGUA DE MAR EN EL ABASTECIMIENTO DE PÓBLACIONES

##### Para usos domésticos.

El agua de mar puede emplearse para bebida, después de destilada, ó para baños é inodoros al estado natural.

Se considera invención extranjera y moderna el uso de las máquinas é ingenios destiladores del agua del mar que llevan los grandes buques modernos ó se han instalado en puertos escasos de aguas potables ó expuestos á sitios de guerra y á bloqueos; y, sin embargo, nada más erróneo que esto, porque la invención es española y del tiempo en que nuestros navegantes andaban ocupados en recorrer el Pacífico descubriendo sus islas <sup>(1)</sup>, ó tenían que sostener combates navales y sitios con los turcos, en el Mediterráneo.

(1) El Sr. Navarrete, en los *Viajes de Colón*, tomo I, pág. cxxviii de la Introducción, dice: «Un manuscrito de la Biblioteca del Escorial hace una relación de la jornada de Gelves en 1566, donde se refiere la escasez de agua que padecían los españoles sitiados por los turcos en una fortaleza, que suplían en mucha parte con el agua del mar desalada por medio de alambiques.»

El Dr. Andrés de Laguna, en una obra impresa hacia el mismo año, había propuesto la destilación como medio conocido para desalar el agua del mar, y en 1597 pretendió Miguel Martínez de Leiva pasar por autor del método de hacer dulce el agua del mar, sin manifestar en qué consistía su invento.

El Dr. D. Ignacio Ruiz de Luzurriaga presentó, con la conveniente extensión, estos descubrimientos á la Real Academia Médica de Madrid en un *Ensayo apologético* que se imprimió en la pág. 434 del tomo I de las *Memorias* de aquel sabio Cuerpo y se publicó en 4.º, el año 1797.

Refieren el Dr. Luzurriaga y D. Francisco Ciscar, en una *Reflexión sobre las máquinas y maniobras del uso de abordó*, impreso en 1791 (libro I, cap. XIII, pág. 112), que los marinos españoles, cuando andaban descubriendo nuevas tierras en el Océano Pacífico, usaban ya para su sustento el agua del mar, desalada artificialmente, y en la Biblioteca Real de Madrid se halla una relación del viaje que hizo el capitán Pedro Fernández de Quirós, por orden del Rey, á la tierra austral é incógnita en los años 1605 y 1606, escrita por el piloto mayor de dicha armada, Gaspar González de Leza, en que se dice lo siguiente:

«Día 6 de Febrero de 1606.—Ibamos por la parte O. de estas islas de Men-

Para que el agua obtenida por destilación de la del mar sea potable, es necesario batirla y airearla, y conviene agregarle, por cada metro cúbico, 48 gramos de cloruro, 54 de sulfato y 140 de carbonato sódicos, 480 de carbonato cálcico y 10 de carbonato magnésico.

Los carbonatos no solamente servirán para dar al agua la cantidad de cal que necesita para que sea potable, una vez disuelta á favor del ácido carbónico que tomará del aire ó se dará artificialmente al agua, sino que neutralizarán la pequeña cantidad de ácido clorhídrico que pudiese tener el agua destilada, procedente de la doble descomposi-

doza 350 leguas. En este día se ordenó el baño y se aparejó el adrazo de sacar agua dulce de la salada.

*Día 7.*—Dieron fuego al horno ó ingenio del agua y empezaron á sacarla con mucha facilidad, y se sacaron en este día tres botijas peruleras, y fué para probar el artificio, la cual, vista por todos, era muy clara, suave y buena para beber.»

Nótase, sin embargo, que la cantidad de agua dulce que daba este ingenio debía ser poca, porque al día siguiente, 8, acortaron la ración de ella, y en algunas islas cavaron la tierra para descubrirla, procurando aprovechar hasta la de los aguaceros y satisfacer la sed con los cocos; aunque es verdad que la razón de esta penuria era la falta de leña, como lo dice el diario en estos términos:

«*Día 11 de Marzo.* — Padecemos mucha falta de agua y los ingenios no la daban por falta de leña, que se nos había acabado, y no en guisar.»

Al final de las *Memorias históricas sobre la legislación y gobierno del comercio de los españoles con sus colonias en las Indias occidentales*, que publicó D. Rafael Antúnez en 1797, inserta en el número 23 del Apéndice, pág. 104, va la siguiente carta escrita por la casa de la contratación al Rey D. Felipe II en 25 de Mayo de 1610, sobre el modo de endulzar el agua del mar:

«Señor: A esta casa ha traído Gerardo (ha de ser Fernando) de los Ríos, procurador general de las Filipinas, un instrumento de cobre, con que en nuestra presencia, habiéndosele dado fuego media hora al agua salada que se echó en él, se sacaron tres azumbres de agua dulce de muy buen gusto, como consta del testimonio que va con ésta. El instrumento cuesta de hacer trescientos reales; la leña que gasta es muy poca; ocupa poco lugar, y así parece que convendría usar de él, para que en ningún pudiese peligrar la gente que navega por falta de agua; pues al respecto de la que se ha sacado en esta media hora, dos veces que se ha hecho esta experiencia, dará en veinticuatro horas ciento y cuarenta y cuatro azumbres, y así se debería mandar que llevasen este instrumento las naos que andan en esta carrera, pues no puede tener inconveniente llevarlo, y en alguna ocasión sería de tanta importancia. Y así nos ha parecido dar cuenta de ello á V. M. para que provea lo que convenga. Guarde Dios la católica Real persona de V. M. De Sevilla 25 de Mayo de 1610 años.—D. Melchor Maldonado.—D. Felipe Manrique.—D. Francisco de Calatayud.»

ción del líquido al hervir en contacto con el cloruro magnésico que contiene el agua del mar.

Debe recurrirse á la destilación del agua del mar para emplearla en bebida en las plazas de guerra del litoral de difícil ó escaso aprovisionamiento, como se ha hecho en Gibraltar, y en poblaciones marítimas de abastecimiento deficiente, tales como Ceuta, por ejemplo, donde hay dos ingenios de destilación para el agua del mar<sup>(1)</sup>.

#### Para usos públicos.

El agua del mar puede ser muy útil en las poblaciones, al estado natural, no sólo en reemplazo del agua dulce, sino con notable ventaja sobre ésta para riegos de calles, limpieza de mercados, maderos, urinarios y alcantarillas, fuentes monumentales, etc., bastando hacer una elevación de ella y distribución por medio de una red de tubería especial, á los puntos convenientes.

Una porción de poblaciones inglesas situadas á orillas del mar tienen, además de su distribución de agua potable, una canalización de agua marina; como ocurre en Tynemouth, Ryde, Black-kool y en Bournemouth, por ejemplo.

Todas las poblaciones marítimas y las próximas al mar que no tengan exceso de agua, pueden utilizar este recurso, que irá, con el tiempo, alcanzando cada día á poblaciones más y más alejadas de la costa á medida que los medios mecánicos de elevación vayan abaratándose, por el empleo de la potencia de las mareas, del viento y del calor solar, pues á pesar de lo costosa que resulta la elevación por vapor, hoy se emplea el agua del mar en el riego de calles de algunas poblaciones del extranjero, con ventajas para la higiene pública, puesto que el riego así producido, además de ser más persistente y reducir la cantidad de polvo (sécase menos), es un microbicida no despreciable del suelo.

## XII

### RIEGOS AGRÍCOLAS

Toda planta se compone esencialmente de células vegetales. La célula tiene tres elementos fundamentales: una substancia orgánica

(1) Véase mi estudio *Presente y porvenir de Ceuta y Gibraltar*, pág. 22.



nitrogenada, con movimiento y vida, que es el protoplasma; una cubierta de constitución análoga, y un líquido, el jugo celular, que tiene en disolución las sales y los diversos elementos de que vive el protoplasma.

La nutrición y crecimiento de las plantas exigen el concurso de calor, luz, aire, humedad en el suelo y determinadas substancias minerales en la tierra.

La luz y el calor son indispensables para que se verifiquen las reacciones químicas entre los elementos simples y para que se cumplan los movimientos moleculares é intercelulares que dan por resultado la formación de las substancias orgánicas y los tejidos vegetales, desde la germinación hasta la floración y fructificación.

El calor influye sobre la vegetación bajo la doble forma de temperatura ambiente del aire y de cantidad de calorías absorbida, transformada y acumulada por las plantas bajo la forma de las acciones químicas y mecánicas, que dan por resultado la nutrición y crecimiento.

Sabido es que cada planta tiene su clima, y así, por ejemplo, según A. de Candolle: el centeno necesita 1500° centígrados (suma de temperaturas medias diarias), á partir del día en que llegue á 5° el termómetro, cualquiera que sea la media del año; el trigo, 2400°, á partir de 6°; la vid, 2900°, á partir de 10°; el olivo, 3700°, á partir de 15°; y la palmera, para dar fruto azucarado, 6000°.

En cambio, algunas plantas alpinas y polares fructifican sólo con 500° y aun con 50°.

La luz es indispensable para la fijación del carbono, sin lo cual no puede aumentar el peso de las células vegetales; á lo que es debido que en la obscuridad, ó bajo la tierra, las plantas (ó sus raíces) pueden extenderse extraordinariamente por aumento de volumen de sus células, con el consiguiente adelgazamiento y debilitación de sus paredes, pero sin asimilación de carbono ni adición de nueva substancia, y, por tanto, sin formación de clorofila (verde vegetal) ni de madera (1).

(1) *La luz y la vegetación.*—Según un estudio publicado por Mac Dougal en el *Popular Science Monthly*, la influencia de la luz sobre la vegetación puede resumirse del modo siguiente:

1.° La luz es indispensable para la formación de las substancias alimenticias.

2.° El crecimiento y la reproducción se retrasan por la luz azul violeta.

Del aire toman las plantas el oxígeno, el ácido ó anhídrido carbónico—de cuya descomposición obtienen la asimilación del carbono (1),—á veces la humedad (especialmente en ciertas plantas), y tal vez el nitrógeno en determinados vegetales (2).

La asimilación del carbono se hace, como queda dicho, á expensas de la transformación de las energías calorífica y luminosa en energía química, que acumula el calor recibido igual al que después se emite durante la combustión que desarrollan las mismas cuando se quedan en el aire (3).

3.° La luz es fatal para ciertas bacterias y otras formas inferiores de la vida vegetal.

4.° Muchas plantas aceleran el crecimiento de los vástagos hasta sobresalir fuera de los objetos que hacen sombra.

5.° El crecimiento de muchas hojas y pétalos se retarda por la disminución de la luz.

6.° La forma exterior de ciertos órganos, y particularmente de las hojas, depende de la intensidad de la luz recibida.

(1) *Absorción y descomposición del CO<sup>2</sup> por las plantas.*—En los momentos de mayor actividad es de 2½ gramos por hora y por metro cuadrado de superficie de las hojas, durante el día, y nula por la noche. O sea de 25 á 30 gramos cada veinticuatro horas; necesitándose, pues, 30 ó 40 m<sup>2</sup> de hoja para fijar el CO<sup>2</sup> que exhala cada adulto. El pigmento verde que colora los leucitos (la clorofila), contiene 73 por 100 de carbono, unido á 40 por 100 de hidrógeno, 40 por 100 de oxígeno, 5 por 100 de nitrógeno y 2 por 100 de cenizas minerales.

(2) Según los experimentos de Berthelot en 1885, de Schöesing y Laurent en 1892, de Deherain en 1899 y del Sr. Castro y Valero en el mismo año, las plantas, y especialmente las leguminosas, pueden absorber y fijar el nitrógeno del aire, ya sea directamente, ó por el intermedio de ciertos microorganismos existentes en la tierra ó en determinadas partes de los vegetales.

(3) De un artículo de Camilo Flammarion recorto lo siguiente:

«En nuestros climas, una hectárea de pradera artificial fija, en una estación, bajo la acción solar, 3900 quilogramos de carbono, y una hectárea de bosque 1800 quilos: si quemamos ese bosque, el calor solar almacenado es lo que ponemos en libertad. El calor animal tiene el mismo origen, la hierba de la pradera es comida por la vaca, el toro ó el cordero, y ya tomemos una taza de leche, un *beefsteak*, una chuleta, un ala de pollo ó de faisán, absorbemos el alimento primitivamente suministrado por el trabajo producido por el calor del Sol y transformado.

»Acabo de hablar de la alimentación sólida de pan y de carne. Pero sucede lo mismo con todas las cosas. En un vaso de Jerez ó Champagne bebemos los rayos de sol almacenados en las uvas. No es, pues, imagen de poeta, sino positiva realidad. Si tomamos en París el expreso de Marsella

La influencia de la composición de la tierra y de la incorporación á la misma de ciertos abonos, tiene una relación evidente con varias de las cuestiones tratadas en este libro.

Ni todas las plantas necesitan la misma composición físico-química en la tierra, ni todas las tierras son buenas para cualquier clase de cultivo; pero se considera como un buen tipo medio de tierra la que en 100 partes, y en peso, tiene la composición siguiente:

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| Arena y sílice.....                       | 20'00 |
| Arcilla.....                              | 50'00 |
| Carbonato cálcico.....                    | 40'00 |
| Oxidos de hierro, magnesia y álcalis..... | 6'00  |
| Acido fosfórico y amoniaco.....           | 1'50  |
| Restos orgánicos.....                     | 2'50  |
| Agua.....                                 | 10'00 |

La tierra de la vega de Murcia, que puede citarse entre las buenas, se compone de:

|                                                                         |        |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|
| Arena y sílice.....                                                     | 4'69   |
| Arcilla....                                                             | 40'59  |
| Cal.....                                                                | 23'78  |
| Mantillo y agua.....                                                    | 27'50  |
| Alúmina, magnesia, hierro, amoniaco y ácidos sulfúrico y fosfórico..... | 2'28   |
| Álcalis y pérdida.....                                                  | 1'16   |
| TOTAL.....                                                              | 400'00 |

### Cantidad de agua necesaria para diferentes cultivos.

Aunque es evidente que algunas plantas absorben directamente el agua de la atmósfera, generalmente no se tiene en cuenta más que la que contiene la tierra, procedente de cualquiera de los orígenes que se dirán.

El agua contenida en la tierra es el disolvente de los elementos nutritivos de la misma y el vehículo ó substratum de la *savia* (especie de *sangre vegetal*); sin la cual no hay vegetación posible.

para trasladarnos á las orillas encantadoras del Mediterráneo, es el Sol quien nos conduce, porque es él quien ha formado, hace algunos millones de años, la hulla echada hoy en el horno de la locomotora, y si os embarcáis para Africa ó las Indias, también es el Sol el que hace girar la hélice.»

La savia circula por las plantas con el agua que la capilaridad de las raíces absorbe de la tierra (y á veces directamente del aire, por medio de otros órganos), agua que después se exhala en la atmósfera evaporada por las hojas. De aquí que, suprimida la circulación de la savia por excesiva sequedad en el suelo ó por demasiada humedad en el aire, las plantas mueran por inanición en el primer caso, y por putrefacción ó fermentación en el segundo.

Por lo contrario, con un suelo suficientemente húmedo y un aire seco y caliente, la actividad de la circulación de la savia, dependiente de la intensidad de la evaporación del agua en la superficie de las hojas, se acusa en la nutrición y el crecimiento de las plantas, según queda indicado en la pág. 84 de esta obra.

Para conocer la cantidad de agua necesaria para mantener la vegetación, hay que determinar: 1.º, el agua extraída del suelo y evaporada por la planta; 2.º, la que ésta conserva al estado libre; 3.º, la combinada con los elementos orgánicos del vegetal; 4.º, la evaporada en la superficie del terreno donde éste se halle; 5.º, la que absorbe cada planta directamente de los hidrometeoros atmosféricos, y 6.º, la que se pierde en la profundidad de la tierra; todo referido á la producción, en verde, por hectárea.

Estas cantidades son dependientes *del clima, de la calidad del terreno, de la clase del cultivo y del modo de suministrar el agua á las plantas*; pero, generalmente, la mayor parte del agua necesaria para mantener la vegetación es la porción perdida por la evaporación de la tierra, y á veces por filtración á mayor profundidad de la capa de tierra laborable. *De aquí que para los mismos climas, tierras y cultivos, la cantidad de agua necesaria dependerá, en gran parte, del modo de suministrar el agua y de la permeabilidad ó impermeabilidad del subsuelo vegetal.*

Las partes herbáceas de los vegetales contienen de 70 á 80 por 100 de agua, y las leñosas de 20 á 50, según las especies.

La cantidad de agua que las plantas se asimilan es, según experimentos de Lawes <sup>(1)</sup>, para los cereales 0'04 de su peso de agua, para el trébol 0'07, y para otras plantas más.

Aunque el suelo contenga una cantidad ilimitada de agua, las plantas no toman de él más que la necesaria para reemplazar á la perdida por evaporación y la asimilada, y si las raíces se encuentran en aguas

(1) *Investigation of water given off by plants.*

estancadas, la planta languidece y se pudre, pues mientras el agua parada en la planta ó en el suelo es perjudicial, la que en movimiento circula origina la vida.

Se deduce de lo dicho que en los primeros meses del cultivo de cereales, la cantidad de agua consumida por la vegetación es insignificante, y va creciendo á medida que avanza la estación hasta llegar al máximo en el periodo de granazón, de acuerdo con lo consignado más arriba, y según lo afirma Gasparin, con referencia á sus experimentos hechos en Orange (Vaucluse).

En Orange dió Gasparin á una hectárea de mielga, durante el mes de Junio, un riego de 470 metros cúbicos (capa de 47 milímetros), y como la evaporación vegetal fué de 350 metros cúbicos, la diferencia de 380 metros cúbicos, tuvo que ser suplida por la humedad acumulada en la tierra durante el invierno.

De este ejemplo (ya citado en la pág. 84), resulta que la evaporación de la planta fué 0'01 de la evaporación anual producida en un estanque, y que el consumo anual de agua, por parte de la vegetación, es sólo de unos 20 milímetros, en capa uniforme.

Suponiendo que la planta contenga 0'85 de agua al estado verde, entre la combinada y la humedad, corresponden á los 8000 kilogramos de la cosecha 6'8 metros cúbicos de agua ó 0'68 de milímetros de altura, que, agregados á los anteriores, hacen un gasto total anual por hectárea, para la mielga, que no afecta sensiblemente á los 20 milímetros calculados.

La morera absorbe del suelo, en seis meses, de 28 á 30 kilogramos de agua por cada metro superficial de hoja.

La vid evapora, según datos experimentales, 250 gramos de agua por día y metro cuadrado de hoja. Cada una de las cepas sometidas á la experimentación tenía por término medio 120 hojas de 50 centímetros cuadrados, ó en junto 0<sup>m</sup>2,6, siendo, por tanto, la evaporación en cada una de 150 gramos por día; y como en una hectárea hay unas 4000 plantas, el consumo de agua por la viña resulta ser de 600 kilogramos, ó 0'06 milímetros de altura uniforme de agua.

Durando la estación de la vid 200 días al año, la extracción de agua será, según estos datos, de 120 metros cúbicos por hectárea ó 12 milímetros de altura de agua.

Aunque se sume con ésta la cantidad de agua asimilada y la humedad conservada por la planta, se ve cuán exigua es la cantidad de agua consumida por la vid, y explica cómo puede cultivarse tan

lozana en terrenos de secano; debiéndose observar que, suponiendo al terreno con sólo 0'10 de humedad en 0<sup>m</sup>,66 de espesor (lo que corresponde á 800 metros cúbicos de agua en la hectárea), tendrá suficiente agua la tierra para mantener la evaporación de la viña durante 1300 días, antes de llegar á sequedad completa.

El agua necesaria para el cultivo de la vid por hectárea y año—aparte de la perdida por evaporación del terreno ó por su penetración profunda en el mismo—no excederá probablemente de 15 milímetros de altura.

Los cereales no gastarán, en iguales condiciones, más de 20 á 30 milímetros de altura de agua, cuando más; y si su cultivo exige mayor cantidad, es á causa de las pérdidas por evaporación y penetración profunda del agua, sobre las cuales puede influir mucho la actividad inteligente del hombre.

Se ve que las cantidades de agua necesarias para la nutrición y crecimiento de las plantas (1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> porción), es insignificante respecto á la directamente evaporada por el terreno (pág. 94), la cual puede reducirse mucho puesto que, verificándose la evaporación del agua en la tierra por la superficie expuesta al aire, y dependiendo de la existencia de *hojas de agua* y de la humedad *superficial* de la tierra (como se dijo en la ley *m*, pág. 87, al tratar de la evaporación), la pérdida de agua por esta causa será mucho mayor cuando el agua viene del exterior que si proviene de lo interior del terreno, ascendiendo por capilaridad.

El agua que debe contener la tierra no se consume. Es una cantidad constante; pero conviene que se renueve para que no se pudran las raíces de las plantas, renovación que se produce naturalmente por efecto del consumo y circulación que proviene de las causas ya dichas:

Son terrenos secos los que á 20 centímetros de profundidad contienen menos de 0'07 de su peso de agua.

Son frescos los que á esta profundidad contienen 0,12 de agua.

Son húmedos los que á la misma profundidad pasan de 0'12 de agua.

Para que la humedad del suelo sea suficiente á las necesidades de la agricultura, es necesario que á 30 centímetros de profundidad contenga 0'13 de su peso de agua, siendo excesiva si pasa de 0'20, y á 60 centímetros debe contener por lo menos 0'12. En los buenos la tierra conserva todo el año, á 30 centímetros, 10 por 100 de agua.

### Diferentes medios de suministrar agua á las plantas.

Los vegetales pueden recibir el agua naturalmente de los hidrometeoros atmosféricos; de las capas interiores del terreno por ascensión capilar, ó artificialmente por medio de riegos con aguas procedentes de las corrientes superficiales, aprovechadas á favor de canales, pantanos ó embalses subterráneos, y con aguas subterráneas alumbradas, y á veces elevadas, por algunos de los procedimientos explicados en el capítulo X de esta segunda parte.

La calidad del agua y el modo de suministrarla á las plantas no son indiferentes; pero con frecuencia ambas condiciones están impuestas por las circunstancias locales, y sólo con gran estudio y trabajo pueden modificarse ligeramente.

#### AGUAS RECIBIDAS NATURALMENTE POR LAS PLANTAS

##### *Lluvia.*

El mejor riego para la agricultura es la lluvia, y, en defecto de ésta, el de riego por lluvia artificial de regadera.

La lluvia moja con más regularidad la tierra que el riego de pie (el cual se acumula en los sitios más bajos, que son los primeros en tomar y los últimos en dejar el agua), puesto que una lluvia de un centímetro de altura, que representa 100 metros cúbicos por hectárea, constituye un riego natural bastante considerable y se deja sentir notablemente en la vegetación, siendo la lluvia de 2 á 3 centímetros muy abundante, y penetrando de 8 á 10 centímetros en la tierra.

Además, el agua de lluvia abona las tierras por las sales amoniacales y otros compuestos nitrogenados que recoge de la atmósfera, así como por el ácido carbónico, mantillo y materias finísimas en suspensión que en su paso arrastra, en cantidades que llegan anualmente, según Braudes, Pierre, Barral y otros observadores, á 150 ó 150 quilogramos por hectárea, en forma de cloruros alcalinos y térreo-alcalinos, sulfatos de las mismas clases, fosfatos, materia orgánica, amoniaco y ácido nítrico.

Pierre encontró cerca de Caen, en un litro de agua de lluvia, 0'024 gramos de substancias orgánicas y minerales, cantidades que algunas veces llegan á 0'4. Barral calculó que en las cercanías de París las aguas de lluvia depositan por año y hectárea:

|                    |      |              |
|--------------------|------|--------------|
| Acido nítrico..... | 63'6 | quilogramos. |
| Amoniaco.....      | 15'3 | —            |
| Cloro.....         | 15'0 | —            |
| Cal.....           | 31'2 | —            |
| Magnesia.....      | 9'0  | —            |

De los experimentos de Bineau en Lyon (Francia) en 1853, resulta que el agua de lluvia repartió 68 quilogramos de amoniaco, ó sea 21 de nitrógeno por hectárea; es decir, la tercera parte del que proporcionaría una buena estercoladura.

Además, la lluvia lava las hojas y ramas, y descubre los poros de las partes verdes, facilitando así la respiración de las plantas.

##### *Nieve.*

También la nieve contiene cantidades importantes de amoniaco y ácido nítrico; además presenta la ventaja de condensar y retener los vapores amoniacales que se desprenden de la tierra, devolviéndolos á la misma al fundirse, y la abriga, impidiendo que su temperatura baje de 0°, inofensiva para las plantas, puesto que la radiación y enfriamiento se producen por la superficie de la nieve.

##### *Niebla, escarcha y rocío.*

Las nieblas, la escarcha y el rocío proporcionan igualmente nitrógeno atmosférico á las plantas.

Boussingault ha patentizado que algunas cosechas contienen más N que el suministrado por los abonos y terrenos, en cantidad de 4 á 31 quilogramos por hectárea y año, y cuando al cabo de varias cosechas no se empobrecen las tierras, preciso es pensar que este nitrógeno proviene de la atmósfera, que lo suministra por medio de la lluvia, nieve, rocío, escarcha ó nieblas, ó por otros procedimientos.

En 1819 Fontenelle había ya hallado en el rocío, además del amoniaco, otras muchas substancias, como  $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $CaSO_4$ ,  $CaCO_3$ , y más tarde Barral encontró algunos fosfatos en cantidad de 70 gramos de ácido por cada 1000 metros cúbicos, que equivalen á unos 400 gramos de ácido fosfórico para los 5.700000 litros que caen anualmente sobre cada hectárea en París.

Estas consideraciones explican el hecho de que con los barbechos puedan mantenerse indefinidamente productivos los terrenos, dando

lugar en los años de descanso, á que la tierra se reponga de las materias fertilizantes que arrebatan las cosechas. Pero como una cosecha de trigo, en barbecho, produce nueve hectolitros de trigo por hectárea, que contienen nueve quilogramos de ácido fosfórico, sería necesario esperar veinte años para que la lluvia devolviese á la tierra en descanso el fósforo que le arrebató el cultivo agrario si las tierras no contuviesen fosfatos, en vez del año ó dos que suele dejárseles descansar; tiempo insuficiente para la regeneración de la tierra, que se empobrece por esta causa, si no se abona ó deja en barbecho por muchos años, entre cada dos cosechas.

#### *Aguas ascendentes por capilaridad.*

Gasparin llama á los niveles inferiores del terreno *el depósito común de las aguas*, y de él reciben las plantas, y las capas superficiales de la tierra, una buena parte del agua que consumen y pierden por evaporación.

Cuando llueve abundantemente y con persistencia, las capas profundas del terreno van amparándose de una parte del exceso de agua que la superficie de la tierra recibe, la cual devuelven por un movimiento ascendente (debido á la capilaridad) á medida que las capas superficiales se secan; y experimentalmente se ha comprobado que en un terreno arcilloso, á 50 centímetros de profundidad, el agua ascendente sube 12 centímetros en veinticuatro horas y 39 centímetros en cuarenta y dos días; que en otro que contenía 0'12 de arcilla y 0'60 de caliza pulverulenta, el agua subió 27 centímetros el primer día y 48 en cinco días; cuyos hechos explican la posibilidad de que las plantas de raíces algo profundas, como la vid y muchos árboles, puedan sufrir, sin inconveniente, largas sequías.

#### AGUAS SUMINISTRADAS ARTIFICIALMENTE Á LAS PLANTAS

##### **Riegos.**

Los procedimientos que la naturaleza emplea para proveer de agua á las plantas, serían los mejores por las cualidades fertilizantes de los hidrometeoros y por la uniformidad con que se reparten sobre el terreno, si la irregularidad estacional, y de períodos más largos, por

una parte, y su insuficiencia y eventualidad por otra, no obligasen á suplirlos con el riego artificial; utilizando para ello el agua acumulada durante los meses de lluvia y á veces en localidades distantes de donde el agua se ha de emplear, siendo muy variados los recursos posibles para obtener agua para el riego.

El agua puede tomarse directamente de los ríos por medio de acequias, elevaciones, canales y tuberías ó atarjeas de hierro ó madera; pero hoy corren tan desigualmente los ríos de España, que no es raro que en el estiaje reduzcan su caudal á  $\frac{1}{10}$  respecto del de las aguas invernales, y á veces la relación entre los meses de sequía y los días de crecida es de 1 á 2000, y hasta de 1 á 4000, como se dijo en la pág. 141.

Es necesario, por tanto, emplear todos los medios indicados para procurar la regularización del curso de los ríos; sin lo cual, los *miles de canales* que se pueden construir en España, como en cualquiera otra parte, colocándolos bastante próximos entre sí, serán en su mayoría perfectamente inútiles y aun perjudiciales por el dinero malgastado, el terreno ocupado y las contiendas y dificultades vanamente suscitadas.

Pero aun obtenida la regularización del curso de los ríos, de que hoy se está tan distante, todavía no sería suficiente esto para resolver debidamente el problema de los riegos, porque el consumo de agua para éstos no es regular y uniforme durante todo el año, sino más necesario en los meses secos; de modo que la *irregularidad del gasto* está invertida respecto á la *irregularidad de la lluvia* y del régimen actual de los ríos.

No basta, pues, con aspirar á regularizar las corrientes de agua, sino que es necesario acumular el agua en los meses de abundancia para gastarla en los de escasez, lo que puede hacerse, lo repetimos una vez más, por medio de embalses y estanques superficiales, depósitos ó cisternas subterráneas, ó simplemente por imbibición del agua en el terreno; siendo el peor de todos los modos de acumular el agua el de los embalses superficiales, cuyos inconvenientes enumerados quedan en las págs. 180 á 189.

Los depósitos subterráneos artificiales son excelentes cuando se trata de cantidades pequeñas de agua. En caso contrario, resultan caros, á pesar de lo cual, si cada labrador contribuyera con los que él necesita para sus tierras, seguramente obtendría un interés crecido al capital invertido; pero si se encuentran contruidos, como

ocurre con las cavernas y antiguas minas, resuelven perfecta y económicamente el problema.

Estas obras son de tal naturaleza, que pueden hacerse en mayor ó menor proporción por el Estado, los Municipios ó por los particulares, con resultado inmediato: aunque sea preferible que se sometan á un plan y se ejecuten en grande, y cuanto antes mejor.

El medio general, el más económico y el mejor modo de acumular agua, es indudablemente el de facilitar su penetración en la tierra del modo que se dijo en las págs. 190 á 211, en las cuales se consigna la gran capacidad de absorción del agua por las diferentes rocas, que en un espesor de 5 á 60 metros pueden almacenar suficiente líquido para contar con una capa uniforme utilizable de medio metro, en los terrenos cuaternario, terciario y secundario; de donde las plantas la tomarán, naturalmente, por el movimiento ascendente debido á la capilaridad ó por el descendente á través de capas permeables y fisuras del terreno, y, artificialmente, merced á los diferentes sistemas de alumbramientos de aguas explicados anteriormente.

Como el agua encerrada en la tierra no está expuesta á la evaporación, causa de pérdida la más fuerte de ordinario en España, ni al rápido desagüe superficial, **el gran problema en España es el de convertir las aguas superficiales en subterráneas, para conservarlas y alumbrarlas al exterior en momento oportuno;** como lo han consignado hace largos años los Sres. Rico, Montenegro, Botella y otros.

Por el abandono y descuido de esta sencilla prescripción deja de utilizarse el riego en gran parte de la Mancha y de ambas Castillas, en cuyas llanuras, hoy sin preparación alguna del terreno, á veces se encuentra el agua á poca profundidad, sin embargo de lo cual se pierden con frecuencia las cosechas, ó quedan muy escasas, por falta de humedad.

#### *Cantidad de agua necesaria para el riego.*

Un riego de 500 metros cúbicos por hectárea, equivalente á una capa uniforme de agua de 5 centímetros de altura, es muy abundante.

Para tener un buen riego se necesita, según los agricultores más exigentes, contar con un caudal de agua constante de *un litro por segundo* por cada hectárea que se dedique al cultivo de cereales, que

no debe aplicarse más que durante seis meses del año; lo que exige 15768 metros cúbicos por hectárea, ó 1577 milímetros de lluvia en todo el año. Muchos agricultores se contentan con la mitad, en cuyo caso basta con 788 milímetros, y es evidente que con esta cantidad de agua, bien aplicada, prosperaría grandemente la agricultura, aun con los cultivos más exigentes de humedad.

El Sr. Llauradó dice que en España se puede aceptar como un buen caudal para el riego  $\frac{3}{4}$  de litro por hectárea y segundo, equivalente á una lluvia anual de 1185 milímetros.

En Almería, según datos que debo al Ingeniero Jefe de Minas, D. Francisco Izardi, se necesitan 1500 metros cúbicos por hectárea para *refrescar* la tierra, y otro tanto para *sacarla de polvo*.

Los riegos sucesivos de 800 metros cúbicos por hectárea hay que repetirlos, al menos cada veinte á veintiún días, lo cual arroja un consumo de agua por hectárea de 15000 metros cúbicos al año, para convertir una hectárea de terreno de secano, que vale por término medio 100 pesetas, en regadío con un valor de 10000, ganando, por tanto, la hectárea un valor de 9900 pesetas por causa de los metros cúbicos de agua gastados; aumento que representa, al 5 por 100 de interés, 495 pesetas anuales por hectárea, ó 0'05 pesetas por metro cúbico de agua gastada.

Observando que una hectárea tiene 10000 metros cuadrados, los volúmenes anteriores corresponden á 3'154, 2'565 y 1'500 metros de altura de lluvia, si todo el año se regase y si toda el agua empleada en el riego fuese *consumida* por la vegetación, lo que de ningún modo ocurre jamás.

El trigo necesita cuatro riegos, distribuidos del modo siguiente: uno en Noviembre antes de sembrar; otro en Marzo, siendo la temperatura media de 12°; otro en Abril ó Mayo, durante la floración, y el último en Mayo ó Junio, pocos días después, obteniéndose de 40 á 46 hectolitros por hectárea, ó sea 5200 á 3680 quilogramos de grano.

Para la cebada basta con un riego en Abril.

Para los prados y frutales suele bastar con cuatro riegos al año; pero algunas veces se dan hasta 12.

En las huertas se necesitan á lo más 50 riegos anuales.

*Diferentes modos de regar.*

Para poder regar es necesario tener acumulada el agua en cantidad suficiente en estanques, depósitos elevados, pantanos ó canales, derivados de éstos, ó tomarla directamente de los ríos.

En España hay actualmente unos 20 pantanos de riego en servicio, que han costado á razón de 80 á 400 pesetas por hectárea de terreno regable con ellos, ó en término medio 252 pesetas, contando con los datos de Francia y Bélgica, y llegando en la India á 280 pesetas por hectárea regable.

Más numerosos, y en conjunto seguramente de mayor importancia que los riegos con agua derivados de los ríos, son los riegos en pequeño ó en grande hechos con el agua procedente de alumbramientos, tales como norias, minas y pozos artesianos y los obtenidos recogiendo el agua de manantiales naturales, que, si á veces decrecen con el tiempo, suelen aumentar de caudal otras con el transcurso de los años; como ha pasado á la fuente del Brullador, en Valencia, tal vez por la acción disolvente del agua que ensancha las cavidades y conductos naturales.

Entre los grandes riegos conseguidos con alumbramientos de agua, debe citarse el de 2500 hectáreas en Villarquemado, Santa Eulalia, Torremocha, Torrelacárcel, Singra y Villafranca, obtenido con los dos metros cúbicos por segundo de agua que brotan del manantial artificial de Cella en la provincia de Teruel.

Tenida el agua, ya sea en depósitos ó en canales, puede darse á las plantas:

- 1.º Por sumersión ó á *manta*.
- 2.º Por infiltración ó en regueras y acirates.
- 3.º Por riego de lluvia con manga ó regadera.
- 4.º Por riego subterráneo, ascendente.

El riego á *manta* consiste en dividir la tierra en piezas, banales ó cuadros sensiblemente horizontales, rodeados de caballones, y llevar á ellos el agua por medio de regueras, en la cantidad necesaria.

El segundo, muy generalizado en las huertas y arbolados, consiste en labrar la tierra en forma de surcos sinuosos agrupados en secciones, á las cuales se va haciendo penetrar el agua, empezando, generalmente, por las secciones más bajas y concluyendo por las más altas.

El tercero, generalmente empleado en los jardines, necesita hacerse á regadera de mano ó con manga de riego, en cuyo caso es preciso tener el agua en presión á favor de un depósito elevado y tubería. Este procedimiento es el más caro, pero superior á los anteriores, en lo posible semejante á la lluvia, y consume menos agua en el riego por las razones dichas en la pág. 289.

El riego subterráneo ascendente—apenas conocido á pesar de haber sido propuesto en 1830 por Chadwick en Inglaterra (aunque atribuido por Lavergue, en la pág. 218 de su *Essai sur l'Economie rurale de l'Angleterre*, á Huxtable), con objeto de dar á las tierras abonos líquidos, pero que lo mismo, ó más ventajosamente, puede emplearse para el riego con agua clara,—consiste en establecer una red de tuberías, perforadas, de hierro, encañados de barro de juntas filtrantes ó atarjeas de ladrillo ó piedra en seco, enterradas á suficiente profundidad para que ni el arado ni la azada las alcance en las operaciones de la labranza. Para que este sistema dé resultado, conviene que la tierra superior sea porosa y el terreno inferior poco permeable.

Las cañerías enterradas deben comunicar con pocillos de registro, á los cuales se conduzca el agua de riego, que penetrará en las capas profundas del terreno, ascendiendo hasta la superficie por presión hidrostática y capilaridad.

También se pueden sustituir los atauores ó atarjeas enterradas, por una red ó emparrillado de restingas ó cordones formados con piedra suelta, guijo ó cantos de playa, que se colocan en el fondo de zaujas, que después se vuelven á cubrir con la tierra sacada; y así se hizo con buen resultado, según referencias autorizadas, hacia el año 1840 en una tierra de labor en las afueras de Cádiz.

Este procedimiento, aunque algo costoso de establecer, es indudablemente el mejor modo de aprovechar el agua en donde escasee, puesto que evita casi completamente la evaporación; y combinado con el riego superficial á manga ó regadera, que servirá para lavar el follaje, es indudablemente el más recomendable si puede resolverse la parte económica del problema y disponer el terreno convenientemente, y para su establecimiento deberán adoptarse algunas precauciones, en cuyos detalles no puedo detenerme.

*Acumulación del agua por alumbramientos sucesivos.*

Si en cada localidad pudiera aprovecharse toda el agua que en ella cae, resultaría que en Palencia, provincia la menos lluviosa de España según los cuadros correspondientes, se podrían hacer con los 225 milímetros de agua llovida en 1890 y 91, cuatro buenos riegos, y en Valladolid, localidad bastante seca, donde no llueve más que 317 milímetros, se llegaría á seis riegos de 5 centímetros de altura; siendo mayor el número de riegos posibles en las demás provincias, si no se perdiese la mayor parte del agua.

¿Qué agricultor podría con razón quejarse de falta de agua, apropiando su cultivo á las circunstancias, con tal número de riegos de tan considerable abundancia?

Pero vamos á ver que en gran extensión de la Península, no solamente podrá tenerse suficiente agua, aprovechando la que llueve, sino abundancia de ella.

Por lo dicho anteriormente se ve que aunque no hay datos suficientes para calcular la cantidad de agua realmente consumida por la vegetación, resulta indudable que es muy pequeña (quizás para los cereales menos de una capa de 25 milímetros en todo el año), ocurriendo que la mayor parte del agua de lluvia que queda en el terreno penetra por infiltración á mayor profundidad que las raíces de las plantas, saliendo naturalmente al exterior en parajes más bajos, ó quedando en condiciones para ser alumbrada artificialmente.

Si este agua subterránea, procedente de los lugares superiores, se agregase en los inferiores á la de lluvia local, que generalmente es más de la necesaria para mantener la humedad del suelo y la circulación en las plantas, por poca que sea la lluvia en los altos, se estará seguro de tener suficiente agua en los parajes de altura media y en los bajos, facilitando la penetración del agua en el terreno, que escaseará solamente, en tal caso, en las alturas ó colinas de cada localidad.

Suponiendo que en una determinada comarca elevada lluevan solamente 225 milímetros anuales, que es un mínimo para parajes de gran altitud, y que en los más culminantes de la comarca, en que tan reducida sea la lluvia, exista un cultivo de poco consumo de agua, de modo que entre ésta y la evaporada se distraigan solamente 125 milímetros de agua de los 225, si el terreno está divi-

dido en fajas horizontales de á 100 metros de anchura, de tal modo, que con los 100 milímetros de agua sobrantes de la primera faja más elevada (primera porción) reguemos, por medio de alumbramientos con pozo ó galería, una segunda faja, tendremos en esta segunda una provisión anual de agua de 325 milímetros.

Estableciendo en esta segunda faja un cultivo que consuma también 125 milímetros, con el nuevo alumbramiento de los 200 milímetros restantes habrá suficiente para regar otra de 100 metros, con una provisión de agua en ésta de 425 milímetros.

Repetida la operación para otras fajas de 100 metros de ancho con consumos y excedentes de agua, crecientes, se tendrá en cada una de ellas las cantidades de agua siguientes:

|                       |                 |      |          |      |            |      |
|-----------------------|-----------------|------|----------|------|------------|------|
| 1. <sup>a</sup> faja. | Lluvia sola,    | 225. | Consumo, | 125. | Excedente, | 100. |
| 2. <sup>a</sup> —     | Lluvia y riego, | 325. | —        | 125. | —          | 200. |
| 3. <sup>a</sup> —     | —               | 425. | —        | 125. | —          | 300. |
| 4. <sup>a</sup> —     | —               | 525. | —        | 125. | —          | 400. |

A partir de esta cuarta faja, á 400 metros de la línea anticlinal ó cuerda, puede establecerse un cultivo de mayor consumo de agua, que supongo para el caso de 150 milímetros, y resultará:

|                       |                 |      |          |      |            |      |
|-----------------------|-----------------|------|----------|------|------------|------|
| 5. <sup>a</sup> faja. | Lluvia y riego, | 625. | Consumo, | 150. | Excedente, | 495. |
| 6. <sup>a</sup> —     | —               | 720. | —        | 150. | —          | 590. |

Con nuevo aumento en el consumo de agua se tendrá:

|                       |                 |                                                                                                                           |          |      |            |      |
|-----------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|------------|------|
| 7. <sup>a</sup> faja. | Lluvia y riego, | 815.                                                                                                                      | Consumo, | 155. | Excedente, | 680. |
| 8. <sup>a</sup> —     | —               | 905.                                                                                                                      | —        | 140. | —          | 765. |
| 9. <sup>a</sup> —     | —               | 990.                                                                                                                      | —        | 140. | —          | 850. |
| 10. <sup>a</sup> —    | —               | 1075 milímetros de agua disponible entre la lluvia y los alumbramientos en niveles inferiores á la 10. <sup>a</sup> faja. |          |      |            |      |

Por las anteriores cifras se ve la posibilidad de tener á ambos lados de las cuerdas montañosas y á un quilómetro de distancia, abundante provisión de agua, aunque la lluvia anual sea tan escasa como la de 225 milímetros supuestos, á condición de establecer un sistema de alumbramientos de agua escalonados, y si en los parajes más altos el cultivo que se establezca es de menor consumo de agua que la lluvia anual. Así se puede ir acumulando el agua en cantidades crecientes para los parajes más bajos, si se tiene cuidado de evitar



las pérdidas por curso torrencial y evaporación, facilitando la infiltración del agua de lluvia en el terreno por los procedimientos más atrás descritos.

Però si en vez de calcular sobre la base de tan escasa lluvia, como es 225 milímetros anuales, hubiésemos calculado á partir de 300 ó más que llueve en Almería, Valladolid y Zaragoza, localidades todavía muy secas, el resultado sería mucho más favorable.

Como ejemplo de este modo de emplear el agua en riegos sucesivos, se puede citar el ejemplo de las 180 fanegas de huerta que constituyen la vega de Mecina en Sierra Nevada, que se riegan con el agua que, desbordada de las acequias en las épocas de deshielo, y después de extenderse en hoja, se filtra en el terreno llano, que constituyen las cimas, á bastante altura sobre la vega, y á unos dos kilómetros y medio de distancia, brotando á los veinte días de haberse saturado aquéllas, donde se utiliza nuevamente en el riego de la mencionada vega, citado en la pág. 121 de esta obra.

#### *Protección de la tierra contra la evaporación.*

Se ha observado que en los parajes cubiertos de piedras sueltas suele ser la vegetación más lozana, lo que indudablemente es debido al resguardo que las piedras producen contra los ardores del sol y las corrientes del viento.

Puede por tanto recomendarse, en ocasiones, además de todos los medios que en el capítulo sobre la evaporación se dijo que disminuyen la evaporación, el esparcir una capa de cantos sueltos que cubra la superficie del terreno, especialmente si son de colores claros.

#### *Aprovechamiento del agua de cada finca.*

Cuando no se cuente con agua más asequible que el agua alumbrable en el mismo terreno, cada propietario debe buscar y componerse con la subterránea situada bajo su finca.

Para esto debe estudiarse la estratificación ó disposición interior del terreno y hacer un alumbramiento, por pozo ó de otro modo, en el punto más bajo de las capas permeables, á donde acudirán por filtración todas las aguas subterráneas. Elevadas éstas al punto más alto del terreno, se emplearán en el riego por cualquiera de los procedimientos enumerados, y de preferencia por los tercero y cuarto,

y de este modo el sobrante de agua volverá á surgir en el sitio del alumbramiento inferior, que, recibiendo constantemente la mayor parte del agua de allí extraída, acumulada á las antiguas filtraciones del terreno, aumentará visiblemente de caudal.

Aunque la obtención del agua por este método sea más costosa que buscándola en el paraje menos profundo, cuando el agua tenga mucho valor por causa de su escasez, y la subterránea sea poco abundante, podrá ser preferible proceder, como queda dicho, á contentarse con un exiguo caudal de agua, obtenido á poca costa, pero insuficiente para las necesidades.

#### *Calidad del agua de riego.*

La calidad del agua empleada en la agricultura dista mucho de ser indiferente.

Como ya hemos repetido, la mejor es la de lluvia ó nieve, y los campesinos menos observadores saben que ciertas aguas matan las plantas, otras no producen ningún efecto fecundante y algunas parecen esterilizar la tierra, mientras que las hay que fertilizan los terrenos que riegan.

Las primeras son aguas que contienen sustancias tóxicas. Las segundas son las poco aireadas y oxigenadas, que por esto se apoderan del oxígeno del suelo y de las plantas; las terceras contienen mucho carbonato ó sulfato de cal ó de hierro, siendo nocivas porque son incrustantes, y el sulfato de hierro es un verdadero veneno para las plantas, y las cuartas son aguas aireadas, abundantes en sales de potasa, sosa ó amoníaco, materias orgánicas y ácido carbónico; por lo cual hay que examinar el agua antes de comprometer gastos para su desviación ó elevación.

Cuando las aguas de pozo son impropias para la agricultura, tal como salen de ellos, por falta de aire, se agrega éste fácilmente con una apropiada exposición á la acción del mismo.

#### **Abonos líquidos.**

Suelen emplearse en forma de riego por cualquiera de los procedimientos descritos, ya se cuente con ellos ó haya necesidad de prepararlos echando en las albercas, destinadas á contener el agua de riego, el estiércol ó las materias que, por disolución, han de producir el abono líquido.

### Aprovechamiento de las aguas fecales procedentes de las alcantarillas de las poblaciones.

Sin perjuicio de lo que diremos en el capítulo XIV sobre aprovechamiento higiénico de las aguas fecales, conviene consignar aquí, por ser lugar oportuno, su aplicación á los riegos.

El riego ordinario lleva consigo la necesidad de abonar las tierras y transformar los elementos y procedimientos de cultivo; pero el riego por medio de las aguas sucias procedentes de las cloacas de las poblaciones, no necesita abono, sino antes por el contrario, como estas aguas son muy fertilizantes, permiten cultivar con ellas solas las plantas más exigentes en abono; debiendo advertir que siendo tan ricas las aguas fecales en substancias nitrogenadas, en fosfatos y en potasa, hay más bien conveniencia en diluirlas á razón de 200 litros por día y habitante, que emplearlas concentradas, puesto que en tal estado no darían mejor resultado.

El campo en que se hayan de emplear las aguas fecales se dividirá en 40 ó 50 porciones, de las cuales 30 ó 40 se destinarán al cultivo y riego, por turno, reservándose las 10 restantes para las eventualidades que puedan sobrevenir.

De este modo los riegos pueden hacerse diez ó doce veces al año en cada parcela, siendo el cultivo continuo y sin ningún abono extraño.

Los pormenores que aquí faltan sobre esta materia, los encontrará el lector en el capítulo XIV.

Tales son las condiciones y procedimientos que deben tenerse en cuenta en materia de riegos agrícolas, habiendo países tan afortunados bajo este concepto, que en ellos la Naturaleza se encarga de abonar las tierras, como sucede en Egipto con las inundaciones periódicas del Nilo y en el Indostán, donde jamás se abonan los arrozales, sin embargo de que desde que allí existe el hombre, se vienen obteniendo excelentes cosechas, porque el suelo es de una profundidad considerable y anualmente queda cubierto por las inundaciones, durante la época de las lluvias, bastando con esto, con buena temperatura y *aire seco*, para conseguir abundantes cosechas.

### Precio del agua de riego.

En España suele venderse el agua por un tanto alzado anual, según el número de riegos, la clase de cultivo y la extensión de las fincas regables.

Otras veces cada propietario adquiere con la finca el derecho de gastar cierta cantidad de agua de la acequia ó canal próximo, y en ocasiones compra á la empresa de riegos el derecho de utilizarlos á perpetuidad en sus tierras, á razón de un tanto por unidad superficial de los terrenos labrantíos.

Las menos veces, y al parecer con mal acuerdo, se paga el agua por metros cúbicos, único modo equitativo y *determinado* de satisfacer lo que se recibe, ya que los demás procedimientos están llenos de ambigüedades, incertidumbres é indeterminaciones.

Según el Sr. Llauradó, y noticias particulares que hemos recogido, los precios del agua destinada á riegos son, en diversas localidades de España, los siguientes:

*Canal Imperial.*—Se paga el agua á razón de 7'5 pesetas al año cada litro diario.

*Canal de Urgel.*—Hay que satisfacer 57'25 pesetas anuales por hectárea regada.

*Canal de Henares.*—Se fijó el canon de 86 pesetas anuales por hectárea regada.

*Canal del Lozoya.*—En el proyecto del Sr. Ribera se calculó un canon de 57 pesetas al año por hectárea de riego.

*Canal del Esla.*—Varía el canon con la clase de cultivo desde 18 hasta 97'25 pesetas anuales por hectárea.

*Cuenca del Ter.*—Suele pagarse un canon anual por hectárea de 18 pesetas.

*Cuenca del Bessós.*—Se pagan 14 pesetas anuales por hectárea.

*Cuenca del Llobregat.*—En el canal de Manresa se cobran 12'50 pesetas por hectárea, y en el de la Infanta era gratuito; pero en 1819 se hizo un reparto de 412'50 pesetas por hectárea, satisfechas de una vez, y destinadas á cubrir el coste de ciertas obras, y aquella cuota se ha exigido después á todo nuevo regante. En el canal de la derecha del mismo río Llobregat se exige la siguiente tarifa, por hectárea, en pesetas: entarquinamiento, sin cultivo, 5'5; riegos á tierras

menores de 25 hectáreas, de 1.<sup>a</sup> clase, 31; de 2.<sup>a</sup> clase, 26, y de 3.<sup>a</sup> clase, 20'5; para las tierras de más de 25 hectáreas, el canon es convencional y comprendido entre 12 y 30 pesetas.

*Huerta de Valencia.*—El precio del agua se divide en dos partes: una fija, llamada *tasa* ó *tacha*, que es de 3'75 pesetas anuales por hectárea, y otra variable, que se denomina *cequiaje*, y suele ser de 4'50 pesetas también anuales para la superficie dicha.

*Huerta de Alicante.*—El agua del pantano de Tibi tiene precio variable, según la abundancia ó escasez del agua, entre 2'50 y 62'50 pesetas por hectárea cada año.

*Huerta de Murcia.*—A cada tierra corresponde, en propiedad, cierta cantidad de agua, usufructuada en determinadas condiciones.

*Vega de Granada.*—El agua cuesta allí de 5 á 10 pesetas anuales por hectárea regada.

*Pantano de Almansa.*—Se cobra el agua á razón de 3 pesetas por hectárea de tierra regada.

Según el citado autor existe estímulo para el riego, aunque (como en ocasiones ocurre) se pague el agua á razón de 0'125 de peseta el metro cúbico de agua.

### Datos estadísticos.

Por tratarse de las grandes fuentes de producción agrícola, relacionadas con las cuestiones de aguas y riegos, considero útil consignar los datos siguientes:

Según unos autores, ocupan los terrenos incultos en España 0'468 de su superficie, y reciben riego 0'0177 de los 0'532 cultivados; calculando el Sr. Alzola que existen 1.600000 hectáreas regables, extensión importante, pero no excesiva, que podrían cambiarse en fincas de regadío por cualquiera de los diversos procedimientos conocidos.

El Sr. Gaztelu calcula que se riegan actualmente en España por medio de pantanos 50000 hectáreas y con aguas subterráneas otras 50000; de donde se deduce el ancho campo de mejoramiento que tiene la agricultura en España, de conformidad con lo que dijimos en la pág. 124 y siguientes de la primera parte, siendo probable que pueda distribuirse la superficie de la Península de este modo: 0'20 para montes y terrenos perdidos, 0'08 para pastos, 0'60 para cul-

tivo de secano y 0'12 para regadío <sup>(1)</sup>, en cuyo caso la extensión regada llegaría á 6.000000 de hectáreas.

Según los amillaramientos, hay en España 29 millones de hectáreas dedicadas al cultivo, de los cuales son 26 de secano, poco más de uno de regadío y cerca de dos infructíferos, estando 14 millones dedicados á cereales, con un producto de 80 millones de hectolitros de granos, ó sea 6 escasos por hectárea, siendo la producción de trigo de 30 á 40 millones de hectolitros. En Francia, en 15 millones de hectáreas se cogen de 220 á 270 millones de hectolitros, siendo de trigo de 90 á 120 millones. Es decir, en una superficie cultivada poco mayor, un producto triple.

Los gastos de producción de la *fanega* de trigo, en España, exceden de 34 reales, no llegando á 20, como término medio, en los demás países civilizados.

En Portugal se obtienen 900 litros de trigo por hectárea cultivada, en Francia 1650, en Austria 1700 y en Prusia é Inglaterra 2400. Recientemente, en ensayo practicado en el Brasil, con trigos argentinos, se han logrado de 737 litros á 3179 litros por hectárea, esto último en la Colonia Buen Suceso. En España obtuvimos en 1898 sobre 830 litros en secano y 1628 en regadío.

La producción española de aceite de oliva fué de 3.000000 de hectolitros en el último año, la italiana de 1.300000, la francesa de 500000, y menores las de los demás países, siendo los precios del hectolitro de aceite: el español 65 pesetas, el italiano 150 y el francés 165.

La cosecha ordinaria de vino, en España, es de 34 millones de hectolitros, proximamente la mitad que en Francia y poco más que en Italia.

En España están dedicadas á explotaciones forestales 4.500000 hectáreas entre montes altos y bajos, que son en su mayor parte de pinos, robles y encinas, habiendo en Francia 9.000000 de hectáreas cubiertas por especies variadas.

Son labradores:

|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| En España..... | 0'275 de la población total. |
| En Italia..... | 0'35                         |

(1) En la India, de 90 millones de hectáreas cultivadas, lo son en regadío 12, ó sea  $\frac{1}{7}$ ; la mayor proporción de regadío conocida hasta el año 1896, á que se refiere este dato.

|                 |      |                        |
|-----------------|------|------------------------|
| En Austria..... | 0'50 | de la población total. |
| En Prusia.....  | 0'51 | —                      |
| En Francia..... | 0'55 | —                      |
| En India.....   | 0'70 | —                      |

## XIII

## MOTORES HIDRÁULICOS Y TRANSPORTE DE ENERGÍA

No voy á escribir un tratado de motores hidráulicos, sino á plantear la cuestión de modo general para que sirva de guía á quien lo necesite y, sobre seguro, desarrollar los principios fundamentales en los casos particulares, estudiando los proyectos con arreglo á las condiciones de la localidad.

Toda corriente natural de agua que desciende, representa y puede dar un trabajo mecánico, en quilogrametros por segundo, igual al producto del volumen de agua, en litros, que transcurren por segundo, multiplicado por el desnivel, en metros.

El volumen se aprecia por un *aforo* de la corriente; el desnivel ó caída, que es lo que constituye el *salto*, se determina por medio de una nivelación; el agua se recoge con una *presa*, se conduce por un *canal* y se aprovecha en un *receptor* ó motor hidráulico. Si el caudal de agua ó el consumo de fuerza son irregulares, puede ser conveniente disponer en el cauce del río grandes *embalses*, que acumulen el agua y compensen las causas de irregularidad.

*Aforos.*

El aforo de una corriente de agua se reduce á determinar la cantidad conducida por segundo, lo que es muy variable con las estaciones y con las diferencias de lluvias anuales, por lo cual es de la mayor importancia y utilidad el tratar de regularizar las corrientes de agua, según tantas veces hemos repetido.

Los aforos pueden ser muy fáciles ó muy difíciles de hacer, según los casos, y hay que distinguir si se practican en estiaje (época de escasez de aguas), en tiempos medios ó en días de avenidas.

Pueden hacerse por medida directa ó por cálculo.

Cuando el caudal y disposición del cauce permitan que en un mo-

mento dado toda el agua de la corriente pueda ser conducida á un depósito construido expresamente, ó á algún estanque que estuviese disponible en la proximidad del cauce, se procederá del modo siguiente:

Teniendo cerrado el desagüe inferior del recipiente, se conducirá á él el agua del cauce que se va á aforar, para que se mojen y empapen bien la acequia ó reguera que ha de conducir el agua y el estanque. Se interrumpe esta corriente dejando que el agua siga su curso natural, y se abre el desagüe del depósito hasta que éste y la acequia hayan escurrido el agua que tuviesen. En seguida, y sin dar lugar á que se sequen, se cerrará el desagüe de la alberca y se cambiará bruscamente, reloj en mano, la corriente de agua, conduciéndola íntegra al estanque, anotando el número de minutos ó segundos que tarde en llenarse.

De su capacidad, en litros, y del número de segundos que haya tardado en llenarse, se deducirá el número de litros de agua, por segundo, que conduzca la corriente; repitiendo la operación varias veces, hasta estar seguro del resultado.

Este procedimiento de aforo, aunque muy exacto, no es aplicable más que á corrientes pequeñas de agua, en casos muy limitados, por lo cual generalmente hay que hacer el aforo calculando el volumen de agua que atraviesa una sección determinada, midiendo ésta y procurando determinar la *velocidad media* con que pasa el agua, cosa bastante difícil de determinar, generalmente, con suficiente exactitud, porque cuando el cauce es de fondo y forma desigual, la velocidad del agua está cambiando á cada momento, y no sólo es diferente en cada punto de una misma sección, sino que varía de una sección á otra, por lo cual es necesario escoger para hacer el aforo un trozo del cauce que sea lo más regular y uniforme posible, con mucho fondo, libre de hierbas y malezas y de la mayor sección con respecto al perímetro de la misma, y si el agua puede conducirse por un canal ó acequia artificial, será mucho mejor.

En tales casos, midiendo á lo largo del cauce ó canal una distancia que se deja bien marcada, y viendo el tiempo que tardan en recorrerla ciertos flotadores que se arrojan más arriba del punto de marca superior, se tendrá, después de una serie de observaciones, la velocidad media del hilo de agua central, que no es la velocidad media del agua en el cauce, sino algo mayor, porque el agua experimenta resistencias y retardos cerca del fondo y de los costados, y

aun en la misma superficie, por su roce con el aire, de modo que la velocidad máxima se encuentra hacia el centro de la sección y poco más abajo de la superficie del agua; por lo cual, para tener la velocidad media de la corriente hay que multiplicar, la media deducida de la observación de los flotadores, por un coeficiente variable entre 0'76 y 0'89, según que la sección sea de mucho ó de poco perímetro.

También se puede determinar la velocidad por medio de molinetes sumergidos y otros aparatos registradores.

Multiplicando el número que exprese, en decímetros, la sección, por la velocidad también en decímetros por segundo, se tendrá el volumen de la corriente, en litros por segundo.

Otras veces puede aforarse la corriente haciéndola caer por un vertedero ó observando su caída en un vertedero existente, como, por ejemplo, sobre la coronación de una presa, por medio de la fórmula

$$G = 1'770 \cdot ba^{\frac{3}{2}},$$

en la que  $G$  es el volumen ó *gasto* en litros de la corriente, por segundo,  $b$  la anchura ó *base* del vertedero y  $a$  la altura de carga del remanso sobre la arista inferior del mismo vertedero, en el supuesto de que el ancho  $b$  es menor que  $\frac{1}{3}$  de la total anchura del dique ó de la compuerta. Si fuese mayor que dicho  $\frac{1}{3}$ , se estrecharía por ambos costados para hacer el aforo.

#### Salto.

Se determina por una nivelación entre la superficie superior del agua en el punto en que se ha de tomar y la de aquél en que se ha de devolver al cauce natural.

De este desnivel hay que descontar: la altura necesaria para comunicar al agua la velocidad con que haya de correr en el canal, altura que queda olvidada generalmente en los proyectos; la altura que se haya de perder á la salida para facilitar el desagüe y evitar que el agua del cauce retroceda en el canal durante las crecidas, y la altura perdida por rozamientos en los canales de entrada y salida, cuya altura aumenta con la longitud de éstos y con la velocidad del agua en los mismos, y que se mide por el desnivel entre las extremidades de cada canal, dependiendo, además, de la sección, de la naturaleza y del estado de sus paredes.

#### Presas.

Son construcciones que sirven para atajar el agua y hacerla entrar en los canales de toma, y pueden ser de ramajes, tierra, piedra suelta, ó de mampostería y de ladrillo ó sillería, con ó sin emparrillado ó pilotaje de madera, siendo muy fáciles de hacer y con economía unas veces, ó muy difíciles y más costosas que el resto de la instalación, otras.

El agua no debe pasar por encima de la presa, como ordinariamente ocurre; pero si es sólida y el terreno fuerte, puede dejarse correr el río por su parte superior, con tal de que la cascada de agua no bata la obra ni sus cimientos; pero si la construcción es débil ó el terreno blando, debe establecerse un vertedero, en terreno firme, al costado de la presa, de modo que el agua no le alcance con su caída.

#### Canales.

Pueden hacerse excavando un cauce en trinchera al aire libre en el terreno natural; excavándolo en túnel en toda ó en parte de su longitud; disponiendo un *caz* de madera ó de hierro y empleando tubería de palastro de hierro ó acero. Rara vez podrá convenir el empleo de tubería de barro ó de cemento para este objeto.

A la entrada del canal debe disponerse una compuerta capaz de cerrar el paso del agua, y con frecuencia otra al final del mismo, antes de la entrada del agua en el receptor ó motor, y algunas veces otras intermedias para desaguar el cauce siempre que convenga.

*Sección del canal.*—Ha de ser la necesaria para que, multiplicada por la velocidad media del agua, dé como producto el volumen por segundo que debe conducir el canal en las horas de mayor consumo.

*Velocidad.*—La velocidad no debe exceder de dos metros por segundo, aunque la caja del canal sea muy resistente, limitarse á uno ó poco más, y, si es posible, reducirla á menos de un metro en igual tiempo, para los demás casos; no habiendo para esta limitación más inconveniente que el costo del canal, que es tanto mayor cuanto menor es la velocidad del agua en él, puesto que sólo se consigue esto á expensas del aumento de su sección, teniendo en cambio la ventaja de reducir la altura perdida en el mismo.

La velocidad de un metro á 0'5 por segundo es bastante acepta-

ble, en cuyo caso, la pérdida de altura á la entrada es de 0'0125 por lo menos, siendo desde 0'10 en adelante á la salida, según los casos (1).

*Pendiente.*—Varia según la sección, longitud del canal y resistencia de sus paredes entre 0'0015 y 0'0005 y á veces menos. El canal para el aprovechamiento del salto del Navallar, en el Manzanares, cerca de Colmenar Viejo, es de 0'0005. En el salto de Pinos, en el Genil, cerca de Granada, es 0'00028.

Los pequeños canalizos construidos de madera ó hierro, y los labrados en piedra ó revestidos de mampostería, pueden tener fuertes pendientes. Aquellos cuyos taludes son poco resistentes, serian destruidos, por acarreo de sus materiales, si su pendiente pasase de 0'00075.

#### *Receptores.*

Son muy variables, según el uso á que se destinan y las circunstancias del caso; pero ordinariamente consisten en ruedas de cajones de eje horizontal y pequeña velocidad, en las cuales el agua entra por la parte superior, obra por su peso, y sale por la inferior; ruedas de paletas de eje horizontal, en que el agua obra por choque ó por su peso, entrando de costado ó por su parte inferior; ruedas de eje horizontal y de paletas curvas (sistema de Poncelet) en las que el agua actúa por reacción; *rodeznos* de eje vertical, movidos por el choque de un chorro de agua sobre sus álaves ó cucharas, y *turbinas* de eje horizontal ó vertical, animadas á veces de grandes velocidades, y en las que el agua actúa por reacción de su fuerza viva sobre paletas ó álaves curvas de hierro.

Cuando el salto es grande, las turbinas están encerradas en cajas de hierro, por una de cuyas tapas sale al exterior el árbol ó eje motor.

(1) He aquí la altura generatriz y velocidad que corresponde al agua en movimiento:

|                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| á 0'0125 metros de altura... | 0'500 metro por segundo de velocidad. |
| á 0'051 — — ...              | 1'000 — — —                           |
| á 0'400 — — ...              | 1'373 — — —                           |
| á 0'450 — — ...              | 1'683 — — —                           |
| á 0'200 — — ...              | 1'949 — — —                           |
| á 0'250 — — ...              | 2'215 — — —                           |

Los receptores hidráulicos no aprovechan toda la potencia del salto, sino una fracción de él, que es:

0'20 á 0'25 para los rodeznos.

0'20 á 0'30 para las ruedas de paletas y choque.

0'75 á 0'80 para las ruedas de cajones.

0'75 á 0'85 para las turbinas.

0'85 á 0'90 para las ruedas de costado sistema de Saguebien.

#### *Embalses.*

Cuando hay irregularidad en la corriente de agua ó en el consumo, pueden hacerse las presas algo más altas de lo que exija la toma de agua, con objeto de embalsar la que durante varias horas corre con exceso, ó para tener un repuesto utilizable durante las horas de trabajo.

Por ejemplo, en una instalación de alumbrado eléctrico con objeto de poder gastar en las horas de luz más agua de la que baja por el río; como lo hice en la instalación del alumbrado eléctrico de Segovia, en la cual el embalse hacía un remanso de 600 metros, aguas arriba de la presa.

#### UTILIZACIÓN DE LAS MAREAS

Aunque conocida y practicada la utilización de la fuerza de las mareas desde más de un siglo en algunos puntos de la costa del Norte de América y de Bretaña, aún no ha llegado la solución de este problema al campo de las aplicaciones generales.

Sin poder entrar en la multitud de cuestiones y antecedentes que el problema encierra, me limitaré á recomendar á los lectores la *Memo-ria sobre movilización de la fuerza del mar*, escrita por D. Eduardo Benot, premiada por la Academia de Ciencias, é impresa en 1881, y á decir que, en principio, consiste el aprovechamiento en recibir la marea creciente en embalses preparados en lugares convenientes de las costas, cerrados por diques especiales, y aprovechar el desnivel que de uno y otro lado del dique produce el flujo y reflujo de la marea para poner en movimiento determinados receptores hidráulicos.

Recientemente el Oficial de Telégrafos de la estación de Pontevedra, D. Manuel Ramos del Villar, ha dirigido al Ministro de Fomento una instancia manifestando ser autor de un aparato destinado al

aprovechamiento de las mareas como fuerza motriz aplicable á usos industriales, solicitando se le conceda una subvención de 10000 pesetas para llevar á la práctica el desarrollo de su invento, cuyos detalles desconozco, aunque según noticias, acompañan á la instancia informes favorables de la Oficina de Obras públicas de la provincia, y del Catedrático de Física del Instituto provincial.

#### TRANSPORTE DE ENERGÍA

Por medio de corrientes eléctricas alternas de alto potencial, simples ó polifásicas, puede transportarse la energía eléctrica, y, por tanto, la mecánica, á grandes distancias con pérdida pequeña proporcionalmente.

En tales casos, la instalación comprende: una instalación hidráulica que transforma en trabajo mecánico la caída del agua; un alternador eléctrico que transforma el trabajo mecánico en trabajo eléctrico, y una línea aérea (ó subterránea) que transporta la energía eléctrica á larga distancia. Si el transporte se hace para luz, en el extremo de llegada se disponen *transformadores* para convertir las corrientes de alto potencial y escasa intensidad en corriente de gran intensidad y escaso potencial, que son las empleadas en el alumbrado, y si el transporte se hace para fuerza, en el extremo de llegada de la línea se dispone un alternador-receptor, que convierte la energía eléctrica en trabajo mecánico; pudiéndose hacer también la conversión por medio de alternadores pequeños, distribuidos en los diferentes puntos de consumo.

#### Importancia y porvenir de los aprovechamientos hidro-eléctricos de energía.

El porvenir, según Lunge, es de las comarcas que, como Francia y Suiza (y con mayor razón España), son ricas en saltos de aguas.

En una conferencia reciente hizo notar el citado profesor que la energía eléctrica se transporta á distancias cada vez mayores de una manera económica, y, sin pronunciarse de categórico modo respecto al asunto, consignó que la transmisión de energía sin necesidad de alambres, de la que ofrece un ejemplo la telegrafía, permitirá aumentar considerablemente el radio de acción de las transmisiones eléctricas.

Más práctico que ese medio, dado el presente estado de nuestros conocimientos, cree Lunge que es el de almacenar la energía de los saltos bajo forma química en un cuerpo de fácil y barato transporte, que consienta la transformación posterior de la energía química en trabajo mecánico ó en energía luminica, como acontece con los acumuladores eléctricos y con el carburo de calcio.

Estimó el profesor Lunge, con arreglo á datos que cita, en unas 25 pesetas el precio de producción del caballo-año en un salto de agua. Como el precio de la misma unidad de potencia obtenida con máquinas térmicas, oscila entre 275 y 500 pesetas en la parte baja de Suiza <sup>(1)</sup>, dedujo el conferenciante, que es de unos 100 quilómetros la distancia á que puede transportarse la potencia de los saltos de aguas sin que resulte, en el lugar de utilización, más cara que la directamente obtenida por medio de máquinas térmicas.

Presentó después unas tablas (cuadros numéricos I y II) del Doctor Borchers, publicadas en el *Zeitschrift für Elektrochemie* del 20 de Julio de 1899, que demuestran el desarrollo adquirido por la industria electroquímica, gracias al aprovechamiento de los saltos de agua, declinando, sin embargo, toda responsabilidad respecto á las cifras de estas tablas, que, según lo que él puede juzgar para el clorato de potasa, le parecen demasiado crecidas, y aplicables, más bien al estado probable de la industria electroquímica en 1901, que á su actual situación:

CUADRO I

| PRODUCTOS              | TOTAL<br>en toneladas. | PAÍSES<br>PRODUCTORES | TONELADAS |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------|
| Clorato de potasa..... | 40.600                 | Francia.....          | 6.300     |
| Potasa cáustica.....   | 47.280                 | Alemania.....         | 47.300    |
| Sosa cáustica.....     | 82.500                 | Francia.....          | 45.280    |
| Cal.....               | 225.000                | Idem.....             | 99.060    |
| Carburo de calcio....  | 254.000                | Idem.....             | 35.000    |
| Carborundum.....       | 1.025                  | Estados Unidos....    | 60.000    |
|                        |                        | Francia.....          | 800       |

(1) En la pág. 438 se aceptó, como mínimo medio, para España 246 pesetas.

## CUADRO II

POTENCIA HIDRÁULICA Y DE VAPOR, EN CABALLOS, UTILIZADA EN 1899  
POR LAS INDUSTRIAS ELECTROQUÍMICAS

| NACIONES            | Hidráulica. | Vapor. |
|---------------------|-------------|--------|
| Austria.....        | 27000       | »      |
| Francia.....        | 440000      | 4300   |
| Alemania.....       | 43800       | 16173  |
| Inglaterra.....     | 44500       | 8150   |
| Italia.....         | 29400       | »      |
| Noruega.....        | 31500       | »      |
| Rusia.....          | 6000        | 4500   |
| España.....         | 7100        | »      |
| Suecia.....         | 29000       | »      |
| Suiza.....          | 38900       | »      |
| Estados Unidos..... | 72300       | 11750  |
| Canadá.....         | 4500        | »      |
| Bélgica.....        | »           | 4000   |
| Transvaal.....      | »           | 454    |

Al terminar, el profesor Lunge expresó la opinión de que, antes de pocos años, la sosa consumida en todo el mundo se fabricará en parte por el método del amoniaco, y en otra parte por el electroquímico; que el cloro y los productos clorados se producirán exclusivamente por la energía eléctrica, y que las grandes instalaciones que actualmente sirven para fabricar carbonato de potasa, no se utilizarán más que para producir una pequeña cantidad de ácido sulfúrico.

Gracias á la electricidad, augura Lunge una profunda revolución en la industria química y también en la industria general.

La importancia de la electro-química en la metalurgia crece de día en día, especialmente en la industria del refino de cobre, y recientemente se han fusionado las cuatro grandes Compañías norteamericanas que emplean el procedimiento Elmora para depositar el cobre por medio de la corriente eléctrica, suscribiendo los banqueros L. Hirsch y Compañía una suma de 200000 libras esterlinas en efectivo para capital flotante del negocio. El capital total será de 700000 libras. Las Compañías fusionadas son: *Elmore's Patent Copper Depositing*, *Elmore's Wire Manufacturing*, *Elmore's Foreign and*

*Colonial Patent Copper Depositing* y *Elmore's American and Canadian Patent Copper Depositing*, habiendo quedado fuera del negocio la Compañía francesa que perfeccionó el procedimiento.

## Ejemplos de utilización de fuerza hidráulica.

## LA DEL NIÁGARA

No hace más que unos cuantos años que se utilizan las cataratas del Niágara, y ya se han establecido diferentes industrias en las cercanías de la fábrica de electricidad.

Esta tendencia, manifestada por las industrias, de agruparse en torno del manantial de fuerza en lugar de hacer que se transporte la energía á grandes distancias, queda plenamente demostrada por el hecho de que más de las tres cuartas partes de los 55000 caballos que suministra la estación, se consumen en sus inmediaciones, y menos de una cuarta parte se transporta á distancia. La más importante transmisión á distancia es la de 8000 caballos para la ciudad de Buffalo.

No hay que creer, por esto, que no entre por mucho en la utilización futura de las fuerzas del Niágara la transmisión á distancia.

## EN CALIFORNIA

Hace poco se ha inaugurado en la California meridional una notable instalación al pie de las montañas de San Bernardino, cerca del río Santa Ana, con una transmisión de 1000 caballos á la ciudad de Los Angeles, que dista 133 kilómetros. El éxito ha sido completamente satisfactorio con una tensión de 35000 voltios, y esto da lugar á creer que gran parte de los *siete millones y medio de caballos* que aún puede suministrar el gigantesco salto de agua del Niágara, se transmitirá en lo venidero á las grandes ciudades de los Estados Unidos.

No obstante lo dicho, la experiencia indica que, por ahora, sería imprudente intentar transportes de fuerza á distancias mayores de 160 kilómetros.

La transmisión de 3000 caballos de fuerza motriz realizada por la Compañía Thomson-Houston, de Folsom á Sacramento (California), distantes entre sí 40 kilómetros, se ha hecho por medio de corrientes eléctricas trifásicas.



Para utilizar la fuerza motriz suministrada por el río Americano en Folsom, se ha construido una presa de 200 metros de longitud, 27 metros de altura y 7'50 metros de espesor en la coronación, y en ambas márgenes canales con longitud de 5 kilómetros, produciéndose un salto de 16'75 metros.

Se ha excavado en el extremo S. del canal del Este un inmenso cuenco en la roca, dividido en dos partes, que se pueden cerrar por medio de puertas. Ordinariamente, uno de estos dos depósitos provee de agua á las turbinas, mientras en el otro se deposita el fango y los detritus que lleva en suspensión.

La instalación se compone de cuatro pares de turbinas de eje horizontal, de 1250 caballos cada par, y de dos turbinas más pequeñas que sirven para poner en acción las excitadoras. Cada turbina está enlazada directamente á un alternador trifásico de 750 kilovatios (1000 caballos), que pesa 50 toneladas. Son los mayores alternadores que se han construido hasta ahora.

Las turbinas y los alternadores están instalados en el primer piso del edificio, á 5 metros sobre el nivel de las avenidas máximas.

En el segundo piso se encuentran los transformadores destinados á elevar la tensión de 800 voltios, producida por los alternadores, á 11000 voltios. Estos transformadores son del tipo conocido de aire.

La estación receptora establecida en Sacramento, á 40 kilómetros de la estación motriz, es un edificio incombustible dividido en cuatro partes: 1.ª, la sala de los transformadores reductores de tensión; 2.ª, la de los motores; 5.ª, el taller de reparación y el laboratorio, y 4.ª, el almacén.

En la sala de los transformadores se encuentra un cuadro, al cual llega la corriente á la tensión de 10000 voltios, y está dotado de interruptores que permiten agrupar convenientemente los transformadores reductores de tensión.

En la segunda hay tres motores de 500 caballos, acoplados directamente á una transmisión que acciona por medio de correas, varias generatrices de tranvías y de alumbrado público por arco. El alumbrado particular de incandescencia y de arco y los motores fijos, están alimentados directamente por los transformadores reductores, y la canalización es trifilar. Los motores pequeños son trifásicos, y los fijos, de gran potencia, se alimentan directamente por líneas especiales de alta tensión.

## EN ESCOCIA

Se proyecta utilizar una serie de saltos de agua capaces de producir 38000 caballos de vapor.

## EN ESPAÑA

Entre los muchos ejemplos que se pueden citar de saltos de agua existentes en España y hasta poco há perdidos, voy á citar algunos recientemente aprovechados ó próximos á ser utilizados.

En 1890 realicé en Segovia un transporte de 250 caballos para luz, á una distancia de dos kilómetros al potencial de 2000 voltios, habiendo creado para ello un salto de agua de 11 m'20 de altura útil, y un embalse sobre la compuerta de toma de 22000 metros cúbicos.

En 1892 se hizo en Loja (Granada) otro transporte de 350 caballos para luz, á una distancia de tres kilómetros al potencial de 1800 voltios.

En 1892 se transportaron 300 caballos para luz en Albacete, á la distancia de 20 kilómetros.

En 1898 se obtuvo otro transporte en Antequera de 59 caballos, á la distancia de 24 kilómetros y potencial de 1500 voltios.

En Gandía otro transporte para luz, con fuerza de 100 caballos, á 7 kilómetros.

En 1898 y en el Genil, á 10 kilómetros aguas arriba de Granada, se ha instalado en Pinos una fábrica de alumbrado eléctrico, que con un salto de 104 metros ha de producir en aguas bajas 2000 caballos de fuerza transportados á 1200 voltios.

En la confluencia del Guadiela con el Tajo y sitio llamado Olla de Borlarque está pretendida por D. Daniel de Cortázar una concesión para aprovechar la caída de las aguas de los dos ríos citados, lo que podrá dar fuerza bastante para transportar eléctricamente á Madrid 8000 caballos, á la distancia de 84 kilómetros y potencial de 15000 voltios, que vendidos á 12 céntimos <sup>(1)</sup> la hora, darán un producto diario de 25040 pesetas, con lo que en diez y ocho meses se amortizará el capital de toda la obra, aun calculada ésta con gran exceso.

En el Guadarrama, entre Torreldones y Las Rozas, puede utili-

(1) Las Compañías eléctricas de Madrid lo venden de 35 á 40.

zarse, según D. Felipe Mora, una potencia hidráulica de 2000 caballos.

En el Manzanares, cerca de Colmenar Viejo, se ha hecho por el Marqués de Santillana el aprovechamiento de un salto con fuerza de 2000 caballos, transportables á Madrid á la distancia de 35  $\frac{1}{2}$  kilómetros, al potencial de 5000 voltios.

Se habla, como negocio mercantilmente ventajoso, de la utilización en Madrid, de 10000 caballos de fuerza, procedentes del salto de agua de Villora, que está á 200 kilómetros de distancia, en la provincia de Cuenca, vendiendo el caballo á 250 pesetas anuales. Al capital de establecimiento, en el que las obras hidráulicas, los motores y el alambre conductor están presupuestos en dos millones de pesetas, se atribuye un beneficio de 50 por 100 anual.

Muy en breve empezarán los trabajos para montar una fábrica en un salto del río Gabriel, término de Villargordo (Valencia), y sitio denominado Puente de Contreras, que, según estudios comprobados oficialmente, darán una fuerza de 1100 caballos.

Según el Sr. Llauradó, en los 53 kilómetros de curso del río Miño que median entre Peara y la confluencia del Arnoya, se pierden seis saltos, que producirían la caída total de 20<sup>m</sup>,50 y una potencia de 1600 caballos.

Pamplona, Estella y Logroño tienen en el río Udo un salto de agua capaz de mover los trenes de un ferrocarril eléctrico de 88 kilómetros que enlace las tres poblaciones. El transporte se hará á 12000 voltios.

En Jaén se aprovecha, para luz, un salto de agua de 300 caballos de fuerza, situado á 6 kilómetros.

En Cuenca se transporta desde 3 kilómetros la fuerza hidráulica, para el alumbrado convertida en electricidad á 3000 voltios.

Los trabajos para la fabricación de sal sosa en Flix adelantan rápidamente. Se cuentan por millones las cantidades empleadas en esta explotación, al frente de cuya dirección puso la Compañía alemana que la plantea, al malogrado Ingeniero D. Luis Morera. La presa que embalsa todo el Ebro y lo arroja á las turbinas, es una obra ciclópica, de sillería, que varias veces tuvo que reconstruirse; pero que ahora sostiene las caudalosas corrientes del principal río español, como en un vaso. Seis turbinas enormes, de 600 caballos de fuerza cada una, las recogen, y un canal, tan ancho como el río, las devuelve á su natural cauce. Los edificios de esta empresa colosal for-

man una verdadera ciudad. Además de esta fuerza hidráulica, las fábricas consumirán todos los productos de la «Carbonífera del Ebro.»

En Zamora, creando un salto de 14 metros, se transportarán á 5000 voltios, desde el Duero, 6000 caballos á 9 kilómetros, constituyéndose una Sociedad por acciones que llevará por título «El Porvenir de Zamora,» otorgándose desde luego el 11 por 100 de éstas al autor de la idea, á cambio del proyecto y concesión correspondiente, que quedan de propiedad social. El autor del proyecto será director facultativo de las obras con el sueldo de 10000 pesetas. La Sociedad se propone establecer el alumbrado por electricidad en Zamora, Toro y Salamanca, y también en 28 pueblos colindantes, en número de 104000 almas, al precio de 2 pesetas la lámpara de 10 bujías durante toda la noche, y además cuantos servicios exijan las industrias que fuerza tan importante permitirá crear. Es uno de los negocios más en grande de esta clase que vemos establecerse en nuestra nación, y, afortunadamente, con capital español.

Por el Ayuntamiento de la villa de Puente la Reina, una veintena, mayores contribuyentes y la Junta de regadío de la citada villa, se solicitó autorización para utilizar 430 litros de agua por segundo de tiempo, en un salto de 755 metros de altura de caída, destinando la fuerza motriz resultante á usos industriales. El caudal que se intenta utilizar es parte del que actualmente se deriva del río Arga, con destino al riego de los términos de Campollano y otros, pertenecientes á Puente la Reina, del cual se halla en posesión la mencionada villa desde el año 1890.

En el río Tua, afluente del Duero, en Portugal, que pasa por Mirandella, existe una considerable potencia hidráulica disponible.

Y así podrían citarse otros muchos proyectos y lugares en que podrían instalarse grandes aprovechamientos de fuerza hidráulica.

#### XIV

##### APROVECHAMIENTO HIGIÉNICO DE LAS AGUAS FECALES

Para el aprovechamiento de las inmundicias y saneamiento de las aguas sucias de las poblaciones, se han ensayado diferentes procedimientos químicos y mecánicos en Inglaterra, Francia, Bélgica, Alemania y Holanda, con poco ó ningún resultado, illegándose á la con-

clusión, *unánimemente aceptada hasta el día*, de que el mejor modo de utilizar los abonos contenidos en estas aguas y devolverles la pureza y claridad de que carecen, es emplearlas directamente en el riego de grandes plantaciones y huertas donde se produzcan toda clase de frutas y hortalizas, que tengan fácil venta, á buen precio, en las poblaciones próximas, de cuyo procedimiento ya se hizo mención al tratar de los riegos.

Al efecto, lo mejor es recoger las aguas de las atarjeas y alcantarillas de cada pueblo en un gran colector, generalmente cubierto, que las conduzca por su propia pendiente, y si es preciso con auxilio de una elevación á vapor, al campo de labor, que en los países del Norte debe tener 50 metros cuadrados por habitante, y en España, por causa de la mayor temperatura media y consiguiente actividad de la vegetación, que ha de consumir así más abono, podrá ser de menor superficie; pero á lo más, para 10000 habitantes se necesitarán 80 hectáreas, ó 4000 para una ciudad de medio millón de almas, lo que corresponde á una superficie rectangular de 4 quilómetros de ancho por 10 de largo. Y aun debe contarse con una cuarta parte más de terreno, para reserva, puesto que el procedimiento es continuo y sin interrupciones.

No se crea que la explotación agrícola de estos abonos produce terrenos encharcados ni lodazales de inmundicias, pues está demostrado que bastan 10 á 12 riegos anuales en cada parcela, á razón de 750 á 900 metros cúbicos por hectárea, del abono, lo bastante diluido, para que el agua empleada sea la correspondiente á 200 litros por habitante; y en estas condiciones, siendo el terreno suelto y poroso, las aguas son prontamente absorbidas sin que se conserve más humedad ni olor en la superficie que con cualquier otro riego, si se procura fácil y pronto desagüe inferior á la tierra, ya naturalmente si es muy arenosa, ó ya con el auxilio de encañados si es arcillosa, con lo que el agua sale perfectamente clara y depurada, y no conserva olor ni sabor inmundos.

La dilución dicha de 200 litros por habitante es la conveniente en países donde llueve 500 ó más milímetros anuales, los que se agregan sobre el campo de cultivo al agua del riego; pero en las localidades donde llueve menos, como Madrid por ejemplo, deben diluirse más los excrementos, con objeto de que el total de agua que exija el cultivo con arreglo á la actividad de la vegetación, se conserve igual ó superior á 2500 milímetros anuales, y para diez vueltas de riego

anuales, el campo deberá estar dividido en 36 partes, que se regarán á turno, cada día.

El número de bacterias que sale de los drenes es diez veces menor que el que contienen las aguas de manantial más puro que se consume en algunas poblaciones, como en París. Se cree que la depuración proviene de un microbio bien conocido que ingiere materias orgánicas y expele abonos minerales.

Con este procedimiento se utilizan mejor las aguas más diluidas que las concentradas, y en vez de saturarse un terreno, se observa que, aumentando los fermentos nitrificadores del terreno, crece la capacidad de transformación del campo de explotación.

Los Municipios no deben hacer por sí mismos la explotación agrícola, sino vender las aguas del colector á una Compañía que compre los terrenos necesarios, haga la elevación de los líquidos, cuando sea necesaria, y cultive el campo en todo ó en participación con algunos de los terratenientes.

Tal es el medio racional y económico empleado en muchas poblaciones extranjeras para utilizar las aguas fecales, con ventajas inmensas para la higiene pública y para la riqueza del país, que obtiene un producto anual de estas aguas por lo menos de una peseta por habitante, después de cubiertos los gastos, entre los cuales figuran los salarios del personal que encuentra en la empresa ocupación.

Se ha cultivado en algunos distritos agrícolas por este procedimiento el ray-gras italiano, gramínea que crece rápidamente y da cuatro ó cinco cosechas anuales de 100 á 200 toneladas por hectárea.

En Francia, en Gennevilliers dieron por hectárea:

|                  |     |              |             |
|------------------|-----|--------------|-------------|
| Coles.....       | 75  | Ajos.....    | 37          |
| Remolacha.....   | 420 | Apio.....    | 100         |
| Zanahorias.....  | 50  | Patatas..... | 30, 35 y 40 |
| Habichuelas..... | 45  |              |             |

En Gericqau, cada tres días, con 40 á 50000 metros cúbicos por hectárea y año, se obtuvieron: Alcachofas, de 56500 á 80000 cabezas. Coliflores, 20000 á 30000 cabezas.

En Chiappa (Milán) se riegan 580 hectáreas, de las cuales 80 están destinadas á la plantación de ray-gras y de heno, alimentando cien vacas.

En Inglaterra, con más frío y suelo más fuerte que en Gennevi-

liers (Francia), emplean 12 á 25000 metros cúbicos por hectárea y año, según que el terreno sea impermeable ó permeable.

En Rugby (Inglaterra), las vacas alimentadas en un acre de tierra dan 950 galones de leche por año (8550 cuartillos).

Los hombres que trabajan en estos campos gozan de buena salud. Las vacas que allí pacen están sanas, y su leche es muy pura. La mortalidad es menor que en otras localidades donde no se riega con aguas fecales.

Los terrenos regados con las aguas fecales han dado en Lodgefarm 45 á 46 hectolitros de trigo y 50 de avena, por hectárea. De legumbres, 40 á 100 toneladas en Brightonfarm. De nabos y cebollas, 56 toneladas.

A consecuencia de las obras de saneamiento, en Inglaterra se rebajó la mortalidad desde 80 á 18 por 1000, á pesar de lo cual hoy se pierden por causa de la enfermedad setenta y ocho días de labor al año. ¿Cuántos se perderán en España, donde la mortalidad en algunas poblaciones llega al 30 por 1000?

## XV

### TIEMPO NECESARIO, NÚMERO, MEDIOS DE EJECUCIÓN

#### Y COSTE DE LAS OBRAS

Explicado queda el plan general y los más importantes detalles de las ideas que propongo; pero se dirá. Hace falta aumentar el número de observaciones y de observatorios meteorológicos. ¿Quiénes van á ser los observadores, y cómo se van á costear? Hay que ejecutar muchas obras. ¿Cuántas hacen falta? ¿Con qué dimensiones? ¿Cuánto va á costar todo esto? ¿Cómo se van á pagar los gastos? ¿Qué leyes hay que promulgar? ¿Cuándo va á estar terminado lo más indispensable? ¿Es posible esperar á que esto se haga para alcanzar la regeneración del país?

He aquí la respuesta:

#### 1.º—Observatorios y observadores.

La mayor parte de los observatorios que hay que crear, no necesitan más que un pluviómetro, que puede costar 20 pesetas; un

evaporímetro agrícola, 12; y á veces, un vaso evaporador, con su probeta, que valen 6 pesetas.

Es decir, que el observatorio más costoso puede valer 58 pesetas.

Observadores lo pueden ser las personas de cierta ilustración, que no faltan en ningún pueblo, tales como curas, médicos, boticarios, maestros y maestras de escuela, secretarios de Ayuntamiento y labradores inteligentes, que registrarán en cuadernos la lluvia, evaporación y dirección del viento, para lo que nunca falta en cualquier parte una veleta.

#### 2.º—Número de obras necesarias.

Muchas y en número indeterminado; cuantas más, mejor.

Pero como todas no son igualmente importantes y de resultados tan inmediatos, se deberá empezar por las correspondientes á los parajes más altos, más desprovistos de vegetación y en que la irregularidad de las lluvias sea más pronunciada. Cuando se haya generalizado, descendiendo en su propagación desde los lugares más altos á otros de menor elevación, la experiencia irá determinando las que deberán hacerse en los parajes que hayan quedado menos protegidos, y así, durante larga serie de años, se irán haciendo las obras necesarias y se irán mejorando constantemente las condiciones hidrológicas del país.

Además los propietarios pueden ejecutar individual y aisladamente muchas obras, cuya utilidad directa recibirán desde el primer año.

#### 3.º—Costo de las obras proyectadas.

Las pequeñas obras superficiales y subterráneas descritas en los capítulos IV y VI de esta 2.ª parte, hechas sin premura y en la forma que más abajo se dirá, pueden costar muy poco.

En los Alpes franceses y suizos de la cuenca del Duranca, un guarda de monte construyó y reparó por sí solo, en pocos años, 300 pequeñas presas, con las cuales se defendieron de las avenidas 95000 hectáreas, con un gasto de 120 francos por hectárea, pudiéndose fácilmente llegar á un gasto más reducido.

En las obras subterráneas, por cada metro cúbico de excavación, que puede costar de 1'50 á 6 pesetas, según los terrenos, forma y dimensiones de las excavaciones, se pueden recoger muchos metros

cúbicos de agua, siendo los terrenos impermeables, y muchos más siendo fisurados ó permeables, puesto que la infiltración permite que reciban anualmente volúmenes de agua muy superiores á los suyos propios.

Si las obras propuestas hubiesen de hacerse en su conjunto por una persona ó Sociedad particular, hay que reconocer desde luego que ni podría encontrarse capital para ello, ni habría forma de que éste produjese un interés aceptable dentro de un tiempo reducido; no porque no fuese efectivo el producto útil, sino por la repartición y difusión del mismo, é imposibilidad de hacer las liquidaciones é intervenciones necesarias por la entidad constructora, ni había manera de que un particular ó empresa pudiese encargarse de la ejecución de las mismas.

Pero como lo que propongo es de tal índole y naturaleza que interesa al Estado, á las provincias, á los municipios y á los propietarios de tierras, que recogerán inmediato resultado, todo el mundo debe contribuir á la realización del plan propuesto, obedeciendo á los preceptos expuestos y á otros semejantes.

#### 4.º—*Tiempo indispensable.*

El tiempo necesario para completar el plan que propongo es largo. El preciso para ejecutar lo más indispensable y para empezar á tocar los resultados y utilidades, muy corto, quizás cuatro ó cinco años, si se organizan los trabajos debidamente y se realizan simultáneamente en todos los parajes en que deben ejecutarse en cada región.

Una de las condiciones ventajosas del plan expuesto es la de que tratándose, en su mayor parte, de pequeñas obras repartidas profusamente, para cuya ejecución no se requieren obreros especiales, pues ni hay albañilería, carpintería, cantería ni herrería en la mayor parte de ellas, pueden acometerse simultáneamente muchas por los jornaleros de los pueblos inmediatos, aprovechando las épocas de poca demanda de jornales, con utilidad y grande auxilio para aquéllos, conminándose la crisis que con frecuencia aflige á los braceros del campo, *evitando las emigraciones en masa de los mismos*, y con ventaja inmediata para los terratenientes, que obtendrán de ellas el principal beneficio inmediato.

Dirán los impacientes que no es posible esperar; que hay que re-

mediar los males de la Patria inmediatamente, y que todo proyecto que exija años para su realización debe desecharse.

Ningún medio ni procedimiento, como no sean los de la magia, hoy tan desacreditados como, según cuentan, estuvieron de acreditados en tiempos ya remotos, puede remediar males tan inveterados, descuidos de tan larga fecha, ni transformar en rico y floreciente un país en un día; y por lento y costoso que sea el procedimiento que propongo, único para hacer fértil un país árido, *más lento es no empezar y no perseverar en la obra, una vez comenzada.*

Cuanto más lenta haya de ser la regeneración y más difícil, con más actividad y premura se debe poner mano á la obra, con tal de que ésta sea bien meditada y dirigida; y de este modo, en un porvenir que hoy puede parecer muy remoto—pero que en realidad es mucho más próximo de lo imaginable,—podremos ver convertida á España—ya que el destino ha dispuesto descartar á la Nación de problemas *que de hecho ni resolvía ni llevaba trazas de resolver*,—no sólo en un país rico y floreciente, sino que aumentada su población rápidamente, y mejoradas las condiciones de humedad del suelo y del aire, se convertirá en uno de los más bellos y sanos, porque con agua suficiente—que sólo falta saber aprovechar,—abonos y trabajo inteligente dedicado á la mejora de los terrenos, hasta los arenales pueden convertirse en jardines, y el espléndido cielo y sol, que con la lluvia, es lo que el hombre no puede crear, los tenemos seguros y gratuitamente en la Península ibérica.

Retenida en la tierra el agua de que están sedientos nuestros campos y montes, se estará en el caso de pensar en los canales y en el modo de aumentar profusamente los terrenos de regadío y los aprovechamientos de los saltos de agua; empresas infructuosas cuando se carece de ella con la abundancia y constancia necesarias. Y aun entonces—cuando nuestra agricultura haya llegado á una prosperidad de que hoy no tenemos idea,—el País será *esencialmente industrial* y no agrícola; porque por mucho que la agricultura gane con estas mejoras, que parece que sólo á la agricultura interesan, mucho más ganará y avanzará la industria en todos sus ramos, en un país como España, que tiene todas las condiciones para ser muy industrial, aunque teniendo que vencer para ello grandes dificultades.

## XVI

BASES DE LAS REFORMAS LEGISLATIVAS, ADMINISTRATIVAS  
Y BUROCRÁTICAS RELACIONADAS CON EL OBJETO DE ESTA OBRA**Reformas legislativas fundamentales.**

Muchos pensarán que para fomentar los intereses materiales, aumentar la producción nacional y planear obras y trabajos sobre aprovechamiento de aguas, higiene y demás cuestiones tratadas en este libro, deberán limitarse las reformas legislativas, administrativas y burocráticas al objeto particular y directo de que se trata: pero éste es un error que, aunque muy generalizado, hay que hacer notar para evitarlo, porque como dije al principio, en la Introducción, toda reforma de detalle y aislada que no encaje ó esté en contradicción con las leyes y costumbres generales, es no sólo ineficaz, sino perturbadora; por lo cual ciertos perfeccionamientos y mejoras particulares no son posibles sino dentro de condiciones generales de civilización que les sean favorables.

Por esto, sin intentar la empresa colosal de desarrollar un plan de sociología ni de legislación general, no puedo menos de hacer notar que para hacer posible y fructífero el plan de obras y proyectos trazados en esta 2.<sup>a</sup> parte, se necesita una serie de disposiciones armónicas preparatorias y estados de derecho tales como las que en el transcurso de los siglos han producido la dignificación parcial de la mujer, la abolición de *la esclavitud legal* y las que se dirigen—sin conseguirlo todavía—á procurar la igualdad de todas las personas ante la ley, la seguridad personal, la inviolabilidad del domicilio, la defensa del hogar contra la devastación de los embargos judiciales, el derecho de petición y el de propia defensa; cuyos principios, aunque proclamados por la ley, son contrariados y aun imposibilitados á cada paso en su ejercicio por la ley misma, como fácilmente demostraría si no fuese por el temor de abrir una larga digresión en este lugar.

Considerando que el destino del hombre *no es exclusivamente* resultado del elemento social en que vive, como piensan los espíritus pusilánimes ó los fatalistas, ni tampoco producto sólo de sus propios

actos, como quieren los que pretenden de omnipotencia, *sino una resultante* de las propias y de las ajenas acciones, es evidente que á la Sociedad y á sus individuos conviene ser tolerantes con todo menos con la *injusticia*, con la *ignorancia voluntaria* y con el *error evidente*.

Por esto, mientras no cambien fundamentalmente los principios que informan el Derecho civil y el penal—sus diferencias y relaciones,—y especialmente el derecho de personas y el de familia, todas las actividades humanas, colectivas ó individuales, estarán perturbadas y contrariadas, sean de orden moral, intelectual ó de intereses materiales.

Como, por otra parte, no pueden surtir efecto los derechos declarados sin acciones y procedimientos judiciales para ejercitarlos, y como toda innovación tiene que contrariar (ó respetar) derechos adquiridos ó que se pretenden poseer por otras personas, resulta que no solamente tanto, sino más urgente y necesaria que la reforma del Código civil es la de las leyes de *procedimiento ó de Enjuiciamiento*; porque mientras los pleitos puedan imposibilitar toda acción ó encarecerla más del valor de lo que se litiga, y mientras la paz, la fortuna y el domicilio individual estén á merced de un estafador ó un loco, amparado por la ley, so pretexto de protección al desvalido, se ha de vivir en un estado precario, eventual é inestable, incompatible con todo bienestar y progreso.

Así como los ojos todo lo ven menos á sí mismos, el Enjuiciamiento civil, que no tiene por sí finalidad ni importancia, interviene necesariamente en todo, y por esto su perfeccionamiento y reforma es del mayor interés.

Por estas razones, es urgente, entre otras muchas reformas:

1.º En el Derecho civil, transformar el derecho de personas y el de familia, conforme á la naturaleza humana, buyendo del modo actual (reminiscencia del Derecho antiguo) de considerar á las personas conforme á un tipo invariable desprovisto de pasiones de enfermedades, de neuropatías psicológicas, de debilidades y de idealismos, especie de ente de razón convencional ó *cosa*, creada por la ley, *propiedad ó propietario* de alguien ó de algo.

2.º En el Derecho penal hay que variar fundamentalmente los conceptos de responsabilidad, delincuencia y culpabilidad, así como la razón de ser de las penas y de la responsabilidad civil, desterrando el absurdo, aunque ilusionista, principio de la proporcionalidad de

las penas con el delito <sup>(1)</sup>, con arreglo á consideraciones que no me es posible plantear aquí, pero que tal vez exponga en otra parte.

5.º Reformar la ley orgánica del poder judicial, *desvinculando por completo la facultad de juzgar* que hoy disfruta una clase ó *casta* social, y haciendo posible y fácil la responsabilidad judicial, al mismo tiempo que dando á la magistratura la independencia, respecto al Gobierno, de que hoy carece.

4.º Hay que desarrollar la ley procesal sobre los principios de: Declarar el Enjuiciamiento civil ley de derecho público para todos sus efectos.—Reformar racionalmente las reglas de competencia de jurisdicción.—Suprimir en absoluto la defensa por pobre y las pensiones para litis, en forma que no se perjudique la defensa de los escasos de fortuna ó de las personas *favorecidas* <sup>(2)</sup> con las referidas pensiones.—Limitar el costo de los pleitos á una parte del valor de lo que se litiga.—Eximir de los embargos judiciales una serie de objetos, efectos y animales de uso, á elección del embargado, hasta el importe de un valor mínimo que se considere indispensable para vivir en cada localidad.—Prohibir *los juicios en rebeldía*, suspendiendo el procedimiento hasta la *notificación personal* al demandado, ó hacer representar á los ausentes por el Ministerio fiscal <sup>(3)</sup>.—Simplificar el procedimiento del juicio ordinario y asegurar el cumplimiento inmediato de las sentencias.—Hacer que los concursos de acreedores y los juicios de quiebras se hagan en favor de los acreedores y no á beneficio de los curiales, y otros muchos necesitados de reforma.

5.º Sin declarar la enseñanza primaria obligatoria, deben negarse á los que no sepan leer y escribir y á los que no mandan sus hijos á la escuela, los derechos de sufragio y de ejercer cargo público del Estado, la provincia ó el Municipio, y el de demandar en juicio más que en causa criminal propia ó en defensa de hijos, padres ó hermanos inhábiles por sí, reservándoles únicamente los derechos de casarse y de testar, sin eximirles de las obligaciones y cargas generales.

6.º Para que la ley de privilegios de invención responda á su objeto, es necesario suprimir todo impuesto y contribución sobre ellos, limitando los gastos de expedición á poco más de lo que se cal-

(1) ¿Qué proporcionalidad puede haber, por ejemplo, entre el daño causado por unas lesiones y algunos meses de cárcel?

(2) Más exactamente debería decir *perjudicadas*.

(3) Todas estas reformas están expuestas y razonadas en mi libro *Justicia, leyes y pleitos*, 1.ª serie, y las siguientes formarán parte de la segunda.

cule necesario para cubrir los gastos que este ramo de la administración cuesta al Estado, y un pequeño derecho de custodia anual para el archivo de documentos.

### Organización y reformas especiales.

#### DIRECCIÓN HIDRO-GEOLÓGICA CENTRAL

Hay en España gran afición á multiplicar los organismos destinados á las mismas ó análogas funciones, más bien que á perfeccionar y á relacionar los existentes de modo que mutuamente se ayuden y completen, lo que produce un cantonalismo y desorganización incompatibles con todo orden y progreso. Las medidas y disposiciones oficiales, parciales, incompletas y contradictorias están siempre á la orden del día. Cada cual reforma, ó se niega á reformar, sin cuidarse de lo que hicieron los anteriores ni de lo que hará el que venga detrás. Cada negociado, cada dirección y cada ministerio procede como si estuviese solo en el mecanismo del Estado, ó emplea procedimientos tan largos y complicados para llegar de uno á otro resorte del artefacto administrativo, que más fácil sería subir y bajar por la escala de Jacob.

En cuanto empezó á producir efectos la campaña hidrológica cuya historia queda hecha al final de la Introducción de esta obra, se ha patentizado esta tendencia, de la cual dan idea los siguientes sueltos recortados de la prensa diaria:

«Por la Dirección general de Obras públicas se estudia con gran actividad el proyecto relativo á la creación de estaciones hidrológicas en casi todas las provincias de España, con el objeto de fomentar los intereses agrícolas y comerciales.»

«En Consejo de Ministros se ha encargado al de Fomento el estudio de un plan completo de canales de riego y pantanos.»

La *Gaceta* del 12 de Mayo acaba de publicar un decreto sobre cuestiones de aguas, cuya crítica queda hecha de antemano en esta obra, y que el Arquitecto Sr. Belmás se encargó de combatir en la conferencia dada por el mismo en 17 de Mayo, en el Ateneo de Madrid.

Mientras tanto, la Dirección de Instrucción pública, hoy Ministerio, del cual dependen los observatorios de los Institutos de segunda enseñanza, no se cuida de perfeccionar éstos, de que hagan y consignen observaciones de lluvia y evaporación los que los omiten, de

crearlos en los muchos Institutos que carecen de ellos, ni de hacer desembalar los aparatos meteorológicos que á gran costa se enviaron á algunas provincias; y en Madrid existe al mismo tiempo un Observatorio central meteorológico, mal dotado en el presupuesto; otro astronómico en que se hace también meteorología, y otro del mismo género en la Escuela de Agricultura, donde no se hace cosa de provecho.

Este es un procedimiento deplorable por lo malo y caro. Todas las actividades y labores del Estado deben desarrollarse armónicamente. ¿Qué resultado daría la construcción de relojes y otras máquinas, más sencillas que el mecanismo de un Estado, en que cada obrero hiciese las piezas á él encomendadas sin sujetarse á un patrón y á instrucciones recibidas del Ingeniero mecánico director de la fábrica?

Para evitar el desbarajuste en materias tan importantes como las que forman el asunto de esta obra, no hay más remedio que unificar y armonizar los esfuerzos creando una *Dirección general hidro-geológica*, esencialmente técnica, dependiente del Ministerio de Fomento <sup>(1)</sup>, y de la cual dependan á su vez todos los observatorios del Estado, relacionándose también con los varios particulares instalados en los colegios de segunda enseñanza, ó con los que en adelante se funden.

Esta Dirección debe tener sus gabinetes y campos de experimentación, laboratorios y observatorios, ó disponer de los actuales laboratorios y observatorios del Estado existentes en Madrid y provincias.

De esta Dirección formarán parte ingenieros de varias especialidades y algunos doctores en ciencias, arquitectos, académicos y agricultores inteligentes que hubiesen dado pruebas de iniciativas y competencia en su profesión, pudiendo también pertenecer á ella los directores de algunos de los periódicos diarios de mayor circulación, por los buenos servicios que sus órganos de propaganda pueden prestar, y otras personas que por sus grandes iniciativas en defensa de la agricultura y de los intereses nacionales ofreciesen garantías de contribuir eficazmente á los fines de la *Dirección hidro-geológica central*.

Esta Dirección se dedicaría:

1.º A hacer un inventario de las concesiones de aguas actual-

(1) Hoy del de Agricultura.



mente existentes en España, títulos que las autoricen y volúmenes concedidos.

2.º Determinar los puntos en que deban fundarse nuevos observatorios meteorológicos.

3.º Hacer estudios hidro-geológicos de las cuencas de nuestros ríos.

4.º Determinar las extensiones de terrenos que deban reservarse, á montes, prados y baldíos, así como las que deban cultivarse en secano, y las que puedan recibir riego en diferentes formas.

5.º Determinar los lugares en que deban ensayarse en grande el plan de obras y trabajos propuestos en esta obra, ó los que se consideren convenientes, y dirigir su planteamiento.

6.º Publicar el resultado de sus trabajos fundando un *Boletín* en que se inserten monografías y estudios científico-industriales relativos á cuestiones pertinentes á los fines de la *Dirección hidro-geológica*; *Memorias* extensas y detalladas sobre cuestiones de importancia; una *Revista* quincenal de pocas páginas que sirva de órgano de publicidad, de propaganda y de comunicación entre todas las personas y establecimientos interesados en los fines de la *Dirección*, dedicando una buena parte á *noticias, preguntas y respuestas*, y por último una breve *Memoria anual* ó *Anales*, dando cuenta de los trabajos realizados por la Dirección en cada año y de los resultados obtenidos.

De la *Revista*, que será una publicación muy barata que podrá costar 6 á 8 pesetas anuales, serán suscriptores forzosos todos los Ayuntamientos y las Diputaciones provinciales.

Para desarrollar este plan de trabajos la Dirección constará de cuatro secciones: 1.ª, de adquisición de datos de observación, medida y estadística; 2.ª, de estudios y proyectos; 3.ª, Dirección de obras hidro-geológicas; y 4.ª, publicidad y propaganda.

Para facilitar los trabajos de la *Dirección*, se harán dependientes de ella todos los observatorios meteorológicos oficiales, entendiéndose directamente y de oficio con sus directores, con los Ayuntamientos y Diputaciones, y se pondrá de acuerdo con los directores de los observatorios meteorológicos particulares.

El modo de obtener resultados rápidos y espléndidos de la creación de esta *Dirección*, es que todos sus individuos trabajen de común acuerdo, sin exclusivismos de clase; porque el Estado, que cuenta con ilustrados Ingenieros de varias especialidades, tiene derecho y puede alcanzar más producto del concurso de sus actividades que de



rivalidades y competencias, y así me consta que lo entienden las más significadas personalidades de los diferentes Cuerpos facultativos (1).

#### *Observatorios meteorológicos.*

1.º Como primera indicación, creo, que el año meteorológico, á lo menos para los registros de lluvia, debe contarse desde 1.º de Agosto de un año hasta 31 de Julio del siguiente, como se hace en Gibraltar y queda consignado en la pág. 51 de esta obra, en vez de atenderse al año civil ó al meteorológico generalmente adoptado, que empieza en 1.º de Diciembre.

2.º Deben establecerse observatorios sencillos en las cabezas de las cuencas de los ríos, expuestos á repentinias crecidas, dotados de teléfono en comunicación con los pueblos situados á lo largo de los mismos, para estudiar su meteorología y anunciar con tiempo los accidentes que puedan sobrevenir.

3.º Es necesario y urgente establecer observatorios meteorológicos en Almadén, Mérida, Manzanares, Don Benito, Lugo, Braga, Lérida, Logroño, Calatayud, Almendralejo, Daimiel, Valdepeñas, Gua-

(1) Entre otros justificantes de lo que digo, á continuación copio el final del artículo que el Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar, reputado Ingeniero de Minas y geólogo y dos veces académico, publicó en la *Revista Minera* correspondiente al 4.º de Junio de 1899:

«Basta lo dicho para comprender que si sería ridículo el que los Ingenieros de minas pretendiesen establecer todos los pantanos y canales que el Estado pudiera ejecutar en España, porque en su Escuela especial se estudia la manera de hacerlos, no menos pretencioso sería que los Ingenieros de Caminos resolviesen las cuestiones geológicas de instalación de los mismos pantanos y canales, porque han estudiado Geología, y lo conveniente y práctico para el Gobierno es aprovechar todos los elementos de que dispone, empleando los mejores para cada caso, sin rivalidades que no pueden existir ni están justificadas.

En resumen: para llevar á cabo todas las obras con que se quiere cambiar más de millón y medio de hectáreas de terrenos de secano en regadío, necesario es que se formen en todas las provincias Comisiones mixtas de estudio constituidas por los Ingenieros de Caminos, los de Minas y los Agrónomos, á fin de que en cada caso los informes de las distintas especialidades se reúnan y tengan en cuenta antes de proceder á las obras. Si no, lo que teóricamente, y atendiendo sólo á circunstancias determinadas, se presentaría como útil, podrá trocarse en un desastre final económico ó científico.» — D. DE C.

dalajara, Aranjuez, Toledo, Talavera de la Reina, Béjar, Avila, Plasencia y Cuenca, y los que en adelante se determinen, los cuales pueden instalarse en los colegios de segunda enseñanza, en las escuelas de capataces (como en Almadén), en las de primera enseñanza ó en las iglesias.

#### *Montes.*

Una vez determinados los terrenos que deban estar cubiertos de monte, deben conservarse si ya existen, ó formarse donde falten, ya sean los terrenos del Estado, de los pueblos ó de particulares, llegando á la expropiación si es preciso, ó imponiendo el repueble forzoso á cambio de rebajas ó condonación de contribuciones.

Los montes del Estado que se vendan á particulares y que deban conservarse, no se enajenarán en pleno dominio, sino en usufructo temporal, reintegrándose al Estado á la terminación del plazo ó al dejar de cumplir los compradores las condiciones que se les impongan en la venta; pero entregar los bosques á propietarios particulares, sin restricciones, es lo mismo que si se les abandonasen los caminos, canales ó depósitos de agua. Derribarían las obras que les estorbasen ó les conviniessen para aprovechar sus materiales; cortarían los árboles para vender su madera ó su carbón; ocuparían los terrenos descansados desde largos años, con bueno ó mediano resultado inmediato, y malo ó pésimo posterior, para venir al fin á quedar sin agua y sin producto al poco tiempo.

#### *Enseñanza agrícola.*

Teniendo en cuenta que una mínima parte del 27 por 100 de los habitantes que en España son labradores (pág. 307) pasan por los institutos de 2.ª enseñanza; que enseñar agricultura al que no va á ser agricultor es poco más ó menos lo mismo que enseñar cerrajería al que no va á ser cerrajero, y que en cambio la masa de la población agrícola yace en la ignorancia respecto á las ciencias y adelantos agrícolas, conviene:

1.º Suprimir la asignatura de Agricultura de la 2.ª enseñanza.

2.º Establecer y organizar enseñanzas agrícolas, *prácticas y verdaderas*, en las poblaciones agrícolas y para los labradores, tanto propietarios como braceros.

*Transportes.*

Observando que para mejorar las tierras es necesario transportar, á veces desde larga distancia, los elementos que necesita, cal, arcilla, arena silicea y abonos, para que su composición sea poco diferente del tipo de

- 4 á 5 partes en peso de arcilla,
- 1 á 3 de caliza en grano ó polvo,
- 2 á 3 de arena silicea,

que se considera como de primera calidad, si además posee los fosfatos, álcalis y nitrógeno necesarios, que á veces los reúne el mantillo, es evidente que allí donde otros medios de transporte más económicos no alcancen, debe estudiarse la *construcción de grandes vagones de carga útil de 50 toneladas*, de poco peso muerto, para que el coste del transporte sea reducido, haciéndolos de cajas cortas y altas, á fin de que se *aproximen* á la forma cúbica (sin llegar, por supuesto, á ella), montados sobre seis ruedas, ó mejor sobre un par de carros de cuatro cada uno.

El transporte de la caliza, arcilla, arena, marga, yeso y otras tierras con destino á la agricultura en estos grandes vagones, debería hacerse á muy reducidas tarifas, y, dando ejemplo en granjas ó cultivos modelos, ir acostumbrando á los labradores, que tienen malas tierras, á la idea de que pueden y deben cambiar la composición de las suyas lentamente y con los aumentos de producto que la mejora les proporcione.

Es tal la *pequeñez* y atraso que en estas materias se observa entre nosotros, que mientras los periódicos anunciaron hace poco tiempo como una gran cosa que estaban muy adelantados los proyectos para llevar á cabo el acuerdo de la Compañía de los caminos de hierro del Norte de España de fabricar por su cuenta 1000 vagones de mercancías para 15 toneladas de carga, en sus talleres de Valladolid, ampliando éstos convenientemente y dotándolos de la maquinaria que falta, en los Estados Unidos de América se construyen hace tiempo vagones de 36 toneladas de carga con 12'6 de peso muerto, y otros de 45 toneladas con peso muerto de 15'75, ó sea el 32'27 por 100 en vez del 50 por 100 que tenían los antiguos, pequeños, de madera, costando los de 45 toneladas 5000 pesetas cada uno, que,

con un gasto de reparación de 75 pesetas anuales, se les calcula una duración de cincuenta años.

Recientemente una Compañía escocesa, *La Caledonia*, ha empezado á poner en circulación sus vagones para 50 toneladas de carga. El primer vagón se cargó con 500 sacos de trigo, cada uno de los cuales pesaba 100 kilogramos. El tiempo que se ocupó en cargar el vagón, fué menos de la mitad del que se tardaba en cargar la misma cantidad en los vagones ordinarios.

Se ve por estos antecedentes lo distantes que estamos en España de contar con medios económicos de transporte.

*Higiene pública.*

Es necesario obligar á los Ayuntamientos á utilizar las aguas inmundas de las poblaciones en la agricultura por el método expuesto en las págs. 304 y 321 ó por otros mejores, prohibiendo que sean arrojadas á los ríos y mares sin haberlas purificado antes en la forma dicha, para lo cual hay que promulgar una ley parecida á la siguiente, que rige en la Gran Bretaña:

No pueden arrojarse á los ríos y mares en Inglaterra, según ley votada por el Parlamento:

- a). Ningún líquido conteniendo en *suspensión* más de 0'00003 en peso de materia mineral seca, ó 0'00001 de materia orgánica seca.
- b). Ningún líquido conteniendo en *disolución* más de 0'00002 en peso de carbono orgánico, ó de 0'00003 de nitrógeno orgánico.
- c). Ningún líquido que presente á la luz del día color apreciable, cuando se le coloca en capa de una pulgada de espesor en un vaso de porcelana ó de loza blanca.
- d). Ningún líquido que contenga en *disolución* más de 0'00002 en peso de otro metal distinto del calcio, magnesio, potasio ó sodio.
- e). Ningún líquido que contenga más de 0'000005 en peso de arsénico metálico.
- f). Ningún líquido que después de acidificado con ácido sulfúrico contenga más de 0'00001 en peso de cloro libre.
- g). Ningún líquido que contenga más de 0'00001 en peso de azufre, bajo forma de hidrógeno sulfurado ó de sulfuro soluble.
- h). Ningún líquido poseyendo una acidez mayor que la que se obtiene por la adición de dos partes en peso de ácido clorhídrico gaseoso en 100000 de agua destilada.

i): Ningún líquido poseyendo una alcalinidad mayor que la producida por la adición de una parte en peso de sosa cáustica, seca, en 1000 partes de agua destilada.

*Otras reformas.*

1.º Los particulares que ejecuten en sus fincas obras hidráulicas bien hechas, y especialmente los que aren sus tierras horizontalmente, recibirán subvenciones en dinero, explosivos, jornales, etc., *condonación* por un cierto número de años del aumento de contribución que deberían sufrir por las mejoras que experimentasen sus fincas, y *aun rebajas en dicha contribución*; en la seguridad de que en otras partidas se encontrarían aumentados los impuestos por causa de la mayor producción agrícola é industrial y por el mejoramiento de la salud pública.

De vez en cuando podrían celebrarse certámenes agrícolas concediendo premios á los propietarios y mozos de labranza que mejor labrasen sus tierras, por surcos horizontales.

2.º Podría someterse á todos los vecinos de los pueblos á la *obligación de dar un cierto número de jornales* en los trabajos que radiquen dentro del término respectivo, *durante las épocas de menor demanda de brazos*, por el precio de la manutención, que pagarían los vecinos acomodados; admitiéndose la sustitución personal con la restricción de que los jornales dados en este concepto no lo sean en las *épocas de escasez de jornales*, para evitar que las peonadas por sustitución disminuyan el número de las prestaciones personales directas.

5.º Podría estudiarse el modo de *estimular el trabajo voluntario* en ellos *del ejército*, cuyos individuos deberían dar sus jornales forzosos como los demás vecinos.

4.º Podría destinarse á estas obras *la población penal*, en los sitios próximos á sus establecimientos respectivos.

5.º Siendo el plan propuesto de interés general, y del cual los particulares, los pueblos, la Nación y el Estado han de obtener grandes beneficios, es necesario que se *consignen en los presupuestos generales del Estado*, en los provinciales y en los municipales *cantidades especiales para el fin propuesto*.

Una empresa ó particular tendría que pagar un costosísimo personal técnico; pero el Estado puede ocupar en estas importantísimas obras y trabajos á los Ingenieros de sus Cuerpos facultativos, sin

más aumento de gastos, en el presupuesto, que los materiales que el servicio exija.

De este modo los gastos se reducirían casi exclusivamente al valor de las herramientas y explosivos, puesto que muchas obras, no teniendo parte alguna de fábrica, no necesitan obreros especiales.

6.º Dichos gastos materiales se cubrirían con las partidas que en los presupuestos generales, provinciales y municipales se consignen, *pudiéndose además emitir Deuda pública*, que en nada estaría mejor invertida que en la mejora y prosperidad del país, cuyo rápido enriquecimiento resarcirá con creces, por el aumento experimentado por medio de los impuestos, los intereses devengados por dicha Deuda. Pero para que así suceda es necesario que se invierta bien, y en el objeto dicho, el producto de la emisión.

Este empréstito debería cubrirse en el país, y si no se suscribiese todo voluntariamente, se estaría en el caso de examinar si convenría hacerlo forzoso para los mayores propietarios, adoptando muy especialmente, además, medidas legislativas encaminadas á evitar que sus títulos fuesen á parar á manos de extranjeros, que apoderados poco á poco de todas las fuentes de riqueza de España, la van convirtiendo en cosa suya, y á los españoles en sus servidores y esclavos.

7.º Teniendo en cuenta que desde larga fecha, y muy especialmente en los últimos años, han pasado á ser propiedad de extranjeros todas las grandes empresas de minas, ferrocarriles, tranvías, abastecimientos de aguas, riegos, alumbrado por gas y eléctrico, etc., etc., *deben dictarse leyes que obliguen á domiciliar las empresas industriales españolas, sus Comités ó Consejos de Administración, sus acciones y obligaciones en España*; poniendo á los extranjeros en la alternativa de naturalizarse y domiciliarse en España ó vender las propiedades que son genuinamente españolas, por explotar la riqueza del país y la actividad (y la ignorancia ó apatía) de sus habitantes.

8.º Con el mismo objeto se harán *temporales*, por cincuenta á noventa y nueve años, todas las concesiones de aprovechamiento de aguas públicas, revertiendo la concesión con todas las obras y maquinaria al Estado, que también podrá expropiarlas, cuando las Cortes así lo acuerden, en condiciones ventajosas para los concesionarios de dichos aprovechamientos.

9.º Para estimular el interés particular en el estudio y realización de aprovechamientos diversos, á semejanza de lo que rige para

los registros de concesiones de minas, deben establecerse registros especiales en las oficinas provinciales de Minas y en las de Obras públicas *para inscribir las solicitudes de estudio de aprovechamiento de riegos, fuerza hidráulica, alumbramientos de aguas y saneamientos de terrenos, obras de infiltración, etc.*, con objeto de que *la prioridad de la petición otorgue derecho preferente* (en igualdad de las demás condiciones), y asegure al empresario, ó ingeniero, el fruto de su iniciativa y su trabajo.

10. Limitar los informes de los Ingenieros de Obras públicas en los proyectos de aprovechamientos de aguas y ferrocarriles á la posibilidad de su ejecución, seguridad y resistencia de las obras, y á si lesionan intereses creados ó son peligrosas; pero de ningún modo sobre su utilidad, presupuesto, ni rendimientos probables; así como las concesiones de las patentes de invención se hacen sin garantías de novedad ni de utilidad, y las de minas sin la existencia de mineral explotable, á la vista.

11. Reformar las leyes de aguas, minas y ferrocarriles en el sentido de someter á sus propietarios á ciertas servidumbres por causa de utilidad pública, que cobrarán á *precio de coste* y un 5 por 100 más.

12. Asegurar á los alumbradores de agua la propiedad de la alumbrada, aunque no puedan utilizarla toda dentro de sus fincas.

13. Conceder derecho de expropiación de las tierras regables á las empresas de riegos, para después de terminar sus obras.

14. Hacer extensivo el derecho de expropiación para riego á cualquier empresa ó particular que se comprometa á regar.—*Hay que cambiar la propiedad de la tierra retenida por manos muertas* (por ineptas ó impotentes), *á favor de otras activas, inteligentes y con medios de cultivo progresivos*, HACIENDO UNA SEGUNDA DESAMORTIZACIÓN, *más importante y útil que la primera.*

15. Que al pasar un terreno de secano á regadío no aumente la contribución sino gradualmente en el espacio de varios años.

16. Establecer restricciones á la exportación de fosfatos, ó estímulos á su aprovechamiento dentro del país.

17. Muchas obras de cierta consideración pueden ser ejecutadas por el Estado, por cuenta de los particulares favorecidos, y así se han hecho importantes, en el río Daró (Gerona).

18. Facilitar la formación de empresas para hacer obras superficiales ó subterráneas, de embalse ó de infiltración, alumbramiento de aguas, riegos, saneamientos de terrenos y de poblaciones, aprove-

chamientos de fuerza hidráulica, *de las aguas inmundas de las poblaciones*, y de préstamos, á bajo interés, con garantía del producto obtenido, creando, si es preciso, alguna gran Compañía semi-oficial (como el Banco de España ó la Tabacalera), con este fin.

19. Simplificar y abaratar los expedientes de concesiones de aguas, ferrocarriles y aprovechamientos de fuerza hidráulica, tramitándolos, siempre que sea posible, en las provincias, hasta la entrega del título, como se hace en las concesiones de minas.

20. Reducir la tributación directa, especialmente la territorial, industrial y urbana, cargando el peso de la contribución—siempre moderadamente—sobre el producto útil.

## CONCLUSIÓN

Una gran parte de las obras y trabajos propuestos, y especialmente las pequeñas obras superficiales explicadas en el cap. IV de la segunda parte de esta obra, y ciertos embalses subterráneos del capítulo VI, son tan sencillos y fáciles de ejecutar, de tan poco coste y de resultados tan inmediatos, que las pueden hacer por sí mismos la mayor parte de los propietarios de fincas rústicas.

Entre ellos está indicada una reforma, al parecer de poca importancia, *pero que puede transformar el régimen hidrológico del país INMEDIAMENTE*, y es la adopción de la costumbre de arar la tierra por surcos horizontales, recomendada en la pág. 169: porque dada la gran superficie de tierra que se ara todos los años, que el cambiar la dirección de los surcos del arado no exige aumento de gastos para los propietarios (que necesariamente han de hacer la labor de la tierra) y teniendo presente la enorme cantidad de agua que por este método se puede detener y acumular en la tierra, es indudable que cada uno en su finca puede experimentar la ventaja en el primer año de ensayo y el régimen hidrológico del país mejorar en su totalidad, tan pronto como la costumbre se haya generalizado.

FIN

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

|                                                                                                                                                                                                                                                                          | <u>Páginas.</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| El porvenir de España.—El problema nacional.—Resultado de la información pública.—Crítica de las opiniones emitidas.—Defectos nacionales.—Causa única del mal.—Consecuencias del error y aspecto económico del problema.—Objeto de esta obra é historia de la misma..... | V               |

## PRIMERA PARTE

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| EVALUACIÓN Y EXAMEN DEL DEFECTUOSO RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA, Y ESTIMACIÓN DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR LOS ARRASTRES É INUNDACIONES FLUVIALES, POR EL PALUDISMO Y POR LAS INMUNDICIAS ARROJADAS Á LOS RÍOS.                                                                                                                                                                                                                            |   |
| CAPÍTULO PRIMERO.— <i>Origen de las aguas terrestres</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4 |
| CAPÍTULO II.— <i>Medida de la lluvia</i> .—Eudiómetro de atmósfera saturada.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 |
| CAPÍTULO III.— <i>Cantidad de agua de lluvia en diferentes localidades del mundo</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5 |
| CAPÍTULO IV.— <i>Grandes lluvias, sequías, inundaciones y fríos extraordinarios</i> .—Reseña histórica de los mayores trastornos climáticos ocurridos en España.....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 7 |
| CAPÍTULO V.— <i>Cantidades de agua llovida en España</i> .—Cuadros demostrativos de los días, y cantidad de lluvia y evaporación mensual y anual en Palencia, Salamanca, Almería, Valladolid, Zaragoza, Huesca, Teruel, León, Murcia, Barcelona, Albacete, Soria, Castellón, Segovia, Córdoba, Badajoz, Madrid, Alicante, Pamplona, Ciudad Real, Granada, Sevilla, Cádiz, Málaga, Valencia, Burgo, Tharsis, Coruña, Cáceres, Jaén, Oviedo, Gerona, Bilbao, San |   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <u>Páginas.</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Sebastián, Santiago y La Guardia. — Lluvia anual en San Fernando y en Gibraltar durante el último siglo.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 22              |
| CAPÍTULO VI. — <i>Otros hidrometeoros.</i> — Rocío, escarcha y niebla. — Medida del rocío y la escarcha. — Nieve y granizo.....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 52              |
| CAPÍTULO VII. — <i>Causas que influyen en la cantidad y frecuencia de la lluvia.</i> — Frecuencia é intensidad de las manchas solares desde el año 1700.....                                                                                                                                                                                                                                                              | 36              |
| CAPÍTULO VIII. — <i>Periodicidad de la lluvia.</i> — Importancia de las influencias locales en la periodicidad de la lluvia. — Resultado del examen de la reseña histórica.....                                                                                                                                                                                                                                           | 64              |
| CAPÍTULO IX. — <i>Influencia del hombre y de los montes en el régimen de las lluvias.</i> — Conclusión.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 72              |
| CAPÍTULO X. — <i>Distribución del agua de lluvia.</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 73              |
| 1.º — <i>Evaporación.</i> — Leyes de la evaporación. — Distribución de la evaporación en el globo. — Resumen de la evaporación en España. — Medida de la evaporación. — Higrómetro agrícola. — Evaporación efectiva. — Exceso anual de la evaporación anual sobre la lluvia, en embalses descubiertos, en diferentes puntos de España. — Nota sobre la importancia de la evaporación.....                                 | 75              |
| 2.º — <i>Corrientes superficiales.</i> — Pendientes y régimen torrencial de varios ríos.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 100             |
| 3.º — <i>Agua absorbida por el terreno.</i> — Higroscopicidad de diferentes tierras. — Absorción del agua por las rocas en masa. — Agua absorbida por las tierras y rocas desmoronadas. — Permeabilidad de las rocas en masa y de las tierras. — Penetración del agua á través de las fisuras del terreno. — Principales fuentes manantiales de España. — Proporción de la lluvia realmente absorbida por el terreno..... | 406             |
| <i>Resumen de la distribución del agua meteórica</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 420             |
| CAPÍTULO XI. — <i>Corrientes subterráneas.</i> — Utilidad de su extremada lentitud.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 420             |
| CAPÍTULO XII. — <i>Inmensa riqueza perdida por causa del mal aprovechamiento del agua de lluvia y del defectuoso régimen hidrológico en España</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 423             |
| 1.º — <i>Valor del agua perdida para la agricultura</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 424             |
| 2.º — <i>Valor de la fuerza hidráulica perdida.</i> — Altura de las principales poblaciones y picos montañosos de España. — Altitud de los diferentes países de Europa. — Pendientes medias de los ríos de España. — Potencia hidráulica disponible en España.....                                                                                                                                                        | 427             |
| 3.º y 4.º — <i>Daños causados por el derrubio lento y continuo de las tierras, y pérdidas en vidas y haciendas ocasionadas por las avenidas de los ríos é inundaciones de las vegas.</i> — Aforos de diferentes ríos y relación entre las avenidas y los estiajes.....                                                                                                                                                    | 439             |
| 5.º — <i>Daños causados por el paludismo</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 445             |
| 6.º — <i>Insalubridad y pérdidas de riqueza causadas por el arrastre flu-</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>vial de las inmundicias de las poblaciones que tienen red de cloacas.</i> — Número de habitantes de las principales poblaciones y capitales de España..... | 449 |
| <i>Resumen de la riqueza perdida por las causas anteriores</i> .....                                                                                          | 453 |

## SEGUNDA PARTE

PLAN DE OBRAS Y REFORMAS NECESARIAS PARA COMBATIR LOS DEFECTOS DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL DE ESPAÑA, MEJORA DEL SUELO Y SANEAMIENTO RURAL Y URBANO.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO PRIMERO. — <i>Bases para la formación del plan</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 455 |
| CAPÍTULO II. — <i>Necesidad de detener el agua de lluvia sustrayéndola de la evaporación, del curso torrencial y del estancamiento.</i> — Superficie en kilómetros cuadrados de los principales ríos de la Península ibérica.....                                                                                                                                                                             | 456 |
| CAPÍTULO III. — <i>Montes.</i> — Sus ventajas é inconvenientes.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 463 |
| CAPÍTULO IV. — <i>Pequeñas obras y trabajos superficiales.</i> — Surcos horizontales. — Zanjas horizontales. — Muretes en seco. — Mamparas, empalizadas y telones. — Hoyos. — Balsas y llamadas. — Bardales. — Barreras de árboles. — Bancales. — Matorrales y chumberas en los barrancos. — Presas en seco. — Muretes de estrechamiento. — Substancias higroscópicas.....                                    | 469 |
| CAPÍTULO V. — <i>Embalses y pantanos al descubierto.</i> — Pequeños embalses ó charcas. — Embalses á lo largo de las carreteras y ferrocarriles. — Pantanos de riego y reguladores. — Sus ventajas é inconvenientes.....                                                                                                                                                                                      | 178 |
| CAPÍTULO VI. — <i>Depósitos y embalses subterráneos.</i> — Cavidades naturales preexistentes en el terreno. — Antiguas minas. — Embalses subterráneos artificiales. — Pozos. — Pozos perdidos ó absorbentes. — Cisternas. — Galerías subterráneas. — Otras obras subterráneas. — Dimensiones de las excavaciones. — Capacidad de absorción de las rocas en masa y de los aluviones. — Presas subterráneas.... | 490 |
| CAPÍTULO VII. — <i>Canales y encauzamientos.</i> — Encauzamientos. — Canales de derivación. — Canales de riego. — Canales de navegación. — Canales para aprovechamiento de fuerza hidráulica.....                                                                                                                                                                                                             | 242 |
| CAPÍTULO VIII. — <i>Medios de defensa propuestos contra los derrubios de tierras y las inundaciones.</i> — Importancia de los estudios hidrogeológicos.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 248 |
| CAPÍTULO IX. — <i>Procedimientos y obras de saneamiento para la mejora del suelo agrícola y extinción del paludismo.</i> — 1.º Mejora de la tierra. — 2.º Deseccación de pantanos. — 3.º Destrucción de los mosquitos palúdicos.....                                                                                                                                                                          | 221 |

## OBRAS PROPIAS PARA EL MEJOR EMPLEO DEL AGUA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <u>Páginas.</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| CAPÍTULO X.— <i>Alumbramientos y elevación de aguas.</i> —Pozos ordinarios.—Pozos artesianos.—Elevación de aguas.—Precio de elevación del metro cúbico de agua por fuerza humana, animal, vapor y otros motores.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 232             |
| CAPÍTULO XI.— <i>Abastecimiento de aguas á poblaciones.</i> —Necesidad del consumo de agua.—Litros, por habitante, consumidos en poblaciones extranjeras y españolas.—Consumo real de agua en las poblaciones.—Condiciones de las aguas potables.—Precio del agua en el extranjero y en España.—Medios empleados para suministrar agua á las poblaciones.—Elevación de aguas.—Filtración en grande del agua.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 247             |
| Descripción de los abastecimientos de aguas de Alicante, Avila, Barcelona, Burgos, Cáceres, Cádiz, Ciudad Real, Gerona, Habana, Huelva, Irún, Jaén, Jerez de la Frontera, Linares, Madrid, Madridrejos, Mérida, Morella, Murcia, Rota, Segovia, Sevilla, Soria, Teruel, Toledo, Valencia.—Empleo del agua de mar en el abastecimiento de poblaciones, tanto para usos domésticos como públicos.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 259             |
| CAPÍTULO XII.— <i>Riegos agrícolas.</i> —Nutrición y crecimiento de las plantas.—Cantidad de agua necesaria para diferentes cultivos.—Diferentes maneras naturales ó artificiales de recibir agua las plantas.—Lluvia.—Nieve.—Niebla.—Escarcha.—Rocío.—Aguas ascendentes por capilaridad.—Riegos.—Diferentes modos de regar.—Acumulación del agua por alumbramientos sucesivos.—Protección de la tierra contra la evaporación.—Aprovechamiento del agua en cada finca.—Calidad del agua de riego.—Abonos líquidos.—Aprovechamiento de las aguas fecales en el riego.—Precio del agua de riego en diversos canales, vegas y huertas.—Datos estadísticos sobre secanos, cultivos y regadíos, y población agrícola de diversos países..... | 285             |
| CAPÍTULO XIII.— <i>Motores hidráulicos y transporte de energía.</i> —Aforos.—Saltos.—Presas.—Canales.—Receptores.—Embalses.—Utilización de las mareas.—Transporte de energía, su importancia y porvenir.—Ejemplo y descripción de diversos aprovechamientos y transportes de energía hidráulica del extranjero y de España.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 303             |
| CAPÍTULO XIV.— <i>Aprovechamiento higiénico de las aguas fecales.</i> —Procedimientos empleados y resultados obtenidos.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 321             |
| CAPÍTULO XV.— <i>Tiempo necesario, número, medios de ejecución y coste de las obras.</i> —1.º Observatorios y observadores.—2.º Número de las obras necesarias.—3.º Coste de las obras proyectadas.—4.º Tiempo indispensable.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 324             |
| CAPÍTULO XVI.— <i>Bases de las reformas legislativas, administrativas y</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>burocráticas relacionadas con el objeto de esta obra.</i> —Reformas legislativas fundamentales.—Organización y reformas especiales.—Dirección hidro-geológica central.—Observatorios meteorológicos.—Montes.—Enseñanza agrícola.—Transportes.—Higiene pública.—Otras reformas..... | 329 |
| CONCLUSIÓN.....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 344 |
| MAPA eudiométrico é hipsométrico de España y Portugal.                                                                                                                                                                                                                                |     |

# DATOS

REFERENTES

Á DIVERSAS CAVERNAS DE LA PROVINCIA DE SEGOVIA

Y PARTICULARMENTE DE LA CONOCIDA CON EL NOMBRE DE

**GUEVA DE LA SOLANA DE LA ANGOSTURA**

EN EL TÉRMINO DE ENCINAS

POR

D. TOMAS LLORENTE



## INTRODUCCIÓN

Los estudios antropológicos y etnográficos tienen entre sí tan íntima relación, que hasta hace bien pocos años se confundían y examinaban al mismo tiempo, como que ambos correspondían al estudio del hombre en general. Pero como el ser humano puede considerarse desde varios puntos de vista y con relaciones diversas entre sus partes, cada uno de tales aspectos presta materia para un orden particular de investigaciones, que contribuyan al progreso de la ciencia, el cual será tanto mayor cuanto más se especialicen las observaciones.

Ya antiguamente se distinguió la psicología de la fisiología por existir entre los filósofos una especie de antagonismo al diferenciar los fenómenos físicos de los metafísicos, mirándose los primeros como enteramente materiales, y cual sólo fisiológicos los segundos, y no se entendía que la naturaleza de los pueblos y sus evoluciones, sus costumbres, sus ideas variables, así como los cambios de lenguaje, y el progreso unas veces y decaimiento otras de las naciones, todo pudiera estar sometido á reglas generales internamente ligadas con las inherentes al desarrollo físico y moral de los individuos. Hoy el hombre no aparece como centro de la existencia y como resumen de potencias contrarias ó antagónicas, sino que su vida, cualquiera que sea el orden á que pertenezcan sus fenómenos, reconoce un solo principio, el de organización, y en la misma vida no se concibe puedan establecerse separaciones absolutas de épocas ó periodos. De aquí que cuanto aparece en la actualidad como hechos nuevos, no sea más que la resultante de una larga y perpetua transformación que el tiempo ha marcado con caracteres diferenciales y originarios de la constitución de las razas, de la formación de las costumbres, de los lenguajes y hasta de todos los cambios sucesivos de las ideas. Así la sociedad humana se presenta con una organización é historia mucho más vastas y complicadas de cuanto los antiguos naturalistas sospe-

charon; y la etnografía, estudiada sin auxilio de la antropología, pronto se perdería en un laberinto sin salida, mientras que caminando unidas ambas ciencias, los resultados serán seguros y patentes, pues cuanto más claro y cierto sea el conocimiento del hombre, tanto más evidentes y más sencillas serán las doctrinas del progreso y de la vida de la humanidad.

El origen del hombre es uno de los asuntos más interesantes para las investigaciones antropológicas; pero también de los de más difícil resolución, ya que los datos, perdiéndose en la antigüedad, no se encuentran sino rara vez y tan poco determinativos, que hasta hace cincuenta años, ni fueron apreciados ni apenas existían; y si la tradición hebrea conseguía el monogenismo, esto es, la derivación de todos los hombres de una única pareja primitiva, la ciencia de la Edad Media se inclinaba paso á paso hacia el poligenismo, ó sea á la opinión de que cada raza, ó por lo menos cada gran conjunto etnográfico, tenía un centro de procreación propio y distinto de todos los demás.

Hace bien poco tiempo que una nueva teoría vino á dominar sobre todas las anteriores, la teoría evolucionista ó del transformismo, según la cual los seres no han aparecido sobre la tierra por una serie de actos particulares de la voluntad creadora, que señalara cada vez tipos específicos inalterables, sino que las formas animales y vegetales, que han poblado sucesivamente nuestro globo, son consecuencia de una transmutación continua y progresiva, con un nexo genético entre los seres correspondientes á una época y á los de la siguiente, siendo, en realidad, los primeros los progenitores de los sucesivos.

Extendido esto hasta el hombre, se completa la idea con la opinión de que cada gran comarca geográfica puede haber sido un centro de procreación humana, es decir, que del mismo modo que según las teorías evolucionistas puede aparecer simultáneamente en puntos distintos un mismo género de animales superiores, elefantes, perros, caballos, osos, etc., así también el hombre ha podido presentarse en unos ú otros sitios y en épocas determinadas con notas morfológicas distintas, producto de variaciones algo diversas en la evolución general, por ser también diversas las circunstancias del medio en que la transformación se efectuaba. Fácil es deducir así que el desarrollo de las razas humanas está estrechamente unido con la idea de su origen, y que las divergencias de aquéllas deben ser evidentes, pues las condiciones de nacimiento han tenido que discrepar entre sí, dan-

do para gente y gente diferencias anatómicas y fisiológicas de amplitud muy distinta, conforme fueran mayores ó menores las diferencias del medio vital y las dificultades consiguientes que para el desarrollo y vida de la especie hayan ofrecido las circunstancias externas á ella; todo lo que puede resumirse en la célebre frase de «lucha por la existencia.»

Resulta, por tanto, que no pueda señalarse hoy con certidumbre cuál es el punto original de la especie humana, y la dificultad aumenta considerando que las emigraciones y cambio de habitación son fáciles para el hombre, que puede vivir así en las zonas de calores más persistentes como en aquéllas donde nunca desaparecen los hielos, ó lo que es lo mismo, que puede resistir todos los climas y ser la única especie cosmopolita, aunque también otros animales superiores pueden adaptarse á condiciones climatológicas muy diversas, cual sucede, por ejemplo, á la cabra, al caballo, y, sobre todo, al perro.

De aquí que la mayoría de los pueblos actuales no puedan demostrar su origen autóctono, es decir, que son producto del país en que viven, pues semejante condición, según los más eminentes geógrafos y naturalistas, no ha de estimarse como cierta sino para algunas tribus salvajes del Africa Meridional, del centro del Asia y de contadas islas de Oceanía. Europa es bien sabido que recibió del Asia la estirpe que hoy la puebla; pero los habitantes prehistóricos que vivieron en las cavernas del Mediodía de Francia, de Italia y de España, y que tuvieron como acompañantes el reno y el mamuth durante la época glacial, vinieron, por cuanto puede presumirse, de las regiones septentrionales del Africa, cuando probablemente aún no estaba abierto el estrecho de Gibraltar, y si se comunicaba el Mediterráneo con el Atlántico era por un estrecho, sito donde actualmente corre el Guadalquivir, lo que hacía que las dificultades fueran todavía menores que hoy para el paso de la tierra africana á la europea.

Juzgando por lo que los autores más conspicuos en prehistoria afirman con datos de gran valía, puede estimarse que la antigüedad de aquellos primeros pobladores de nuestro continente alcance á cerca de 100000 años, afirmación que más pecará por defecto que por exceso, si se tienen en buena cuenta las diferencias de raza, de costumbres y de sociabilidad que con lo actual acusan los restos de los antiguos individuos y de su industria.

Precisamente para confirmar ó negar semejantes ideas pueden ser-

vir los descubrimientos de que vamos á dar razón en este nuestro escrito, pues que con ellos se demuestra que en las cavernas de España han habitado razas bien distintas de las que hoy pueblan nuestro territorio, y la gran antigüedad de aquellos primitivos moradores resultará también indiscutible, por más que ya poseyeran una industria suficientemente adelantada para labrar con trozos de pedernal y de otras piedras duras toda clase de utensilios para sus necesidades.

Con los objetos y con los restos más ó menos fosilizados que hemos sacado de las cuevas de la provincia de Segovia, pueden las ciencias antropológicas en España hallar sólido fundamento para sus deducciones y señalar la historia de las conquistas del ser humano sobre la materia, pues no ha de olvidarse que al coger el hombre primitivo una piedra entre sus manos para darle forma apropiada á sus necesidades y á su defensa, abría el camino futuro á todos los escultores y artistas, como también al arreglar la caverna donde habitaba daba base á la ciencia de los arquitectos; y aquel obrero tosco, con su ruda producción, era, sin duda, el primer arquitecto y el primer industrial.

## I

## ANTECEDENTES DE LA CUESTIÓN

Hace veinticinco años que, encontrándome en Barbolla, pueblo del partido de Sepúlveda, en la provincia de Segovia, me llamaron la atención acerca de las escorias metalíferas, muy antiguas, que suelen hallarse en aquella comarca, y tratando de aprovechar la noticia, recorrí las cercanías y las vaguadas de las corrientes que tributan al mismo río de Barbolla, y después al Duratón, hasta encontrar lo que buscaba en los arroyos que bajan á las vegas de Aldehonte, Navares de Ayuso y Encinas, y sobre todo en el que dentro del término de este último pueblo descende desde las alturas donde está la caverna conocida con el nombre de *Cueva de la Solana de la Angostura*, en las inmediaciones de la cual también hallé bastantes restos de fundiciones antiguas.

Con esto, y cerciorándome de alguno que en Riaza pasaba por inteligente en minería, resolví pretender el registro de doce pertenencias de calamina ó mineral de zinc, lo que después amplié con otras

doce pertenencias en nueva solicitud, según los justificantes que obran en mi poder.

Comencé algunos trabajos de investigación en la cueva ya dicha, y de entre un conglomerado calizo que en ella puse al descubierto, se extrajeron huesos humanos diversos, diez cráneos y varias herramientas prehistóricas.

La investigación minera no había dado resultados; pero los obtenidos para las ciencias antropológicas y paleontológicas eran de primera importancia, por lo cual algún tiempo después reanudé los trabajos, y luchando siempre con la torpeza y afán destructor de los pastores que llegaban á la cueva, y aun de los mismos operarios que por mi cuenta trabajaban, pude, no obstante, recoger muchos trozos de huesos humanos y armas de piedra de las usadas por los primitivos habitantes de la caverna citada.

Presentados estos restos en el Museo Arqueológico, desde luego se apreció su importancia, y andando el tiempo muchos de ellos han llegado á figurar en él, mientras que otros siguen en mi poder, juntos con los de varias localidades de la provincia de Segovia, que sucesivamente he ido explorando, según se manifiesta en el catálogo que acompaño al final de este escrito.

Como regla general, ha de decirse que todas las cuevas de que vamos á hablar son pertenecientes al terreno cuaternario, ó por lo menos su importancia para la prehistoria corresponde á esta época, y todas también están abiertas entre las capas de la formación cretácea, que alcanza gran desarrollo en el Norte y Oeste de la provincia de Segovia, siendo de notar que ya en los cerros, ya en las tierras de labor formadas en sus faldas y en sus bases, se encuentran abundantes fósiles, en los términos de Castroserracín, Navares de las Cuevas y Ciruelos, habiendo en este pueblo un cerro, que llaman del Otero, muy elevado y que domina la mayor parte del terreno cretáceo de la provincia, y en donde la capa de tierra vegetal, fácilmente descarnada por las aguas de lluvia, ha dejado al descubierto, y entre las tierras de labrantío, muchísimas clases de dichos fósiles, y en tal cantidad que no es fácil calcular los miles de toneladas que se podrían recoger.

Las capas y bancos fosilíferos en estos terrenos aparecen y desaparecen muy á menudo en la superficie, estando cortados por los cauces de los arroyos que bajan de las cumbres de la Sierra; pero á pesar de ello puede seguirse su continuación por grandes espacios,

y así se ve que en Ciruelos y en Carabias algunas casas están cimentadas sobre los bancos dichos, y también se encuentran los estratos fosilíferos en los términos de Moral, Linares y Valdevacas.

## II

### DESCRIPCIÓN DE LA CUEVA DE LA SOLANA DE LA ANGOSTURA

Se encuentra esta caverna en un cerro de calizas cretáceas, distante seis kilómetros de Encinas, otros seis de Navares de Enmedio, tres de Ciruelos y cinco de Carabias. El cerro donde existe la cueva va subiendo por el Norte hacia el término de Ciruelos, da vuelta por el de Carabias y se une después con el monte de Cedillo de la Torre, tres kilómetros antes de llegar á este pueblo, midiendo toda la falda de aquellas alturas unos nueve kilómetros de longitud.

El mismo cerro sirve de divisoria á las aguas de dos arroyos, de los cuales el uno nace en las cumbres de Peñacuervo, donde se dividen los términos de Pradales y Ciruelos, y bañando tierras del último pueblo y de Navares de Enmedio, corre por delante de la caverna de la Solana de la Angostura, dejándola á la izquierda, y sigue por los términos de Encinas, Fresno de la Fuente, Grajera, Aldeanovilla de Campanario, Bocequillas y Barbolla, donde toma nombre y condición de río para desembocar, en las huertas de Santa Cruz, en el Duratón, dos kilómetros antes de que éste llegue á la villa de Sepúlveda. El otro arroyo se origina en las alturas sitas entre Carabias y Ciruelos, y por las tierras de estos pueblos y los de Cedillo de la Torre, Bercimuel, Riagüelas, Riaguas y Alconada, alcanza el río de Riaza en el término de Aldealengua de Santa María.

La boca de la cueva se halla á unos 500 metros de donde empieza la escarpa de piedra caliza del terreno cretáceo, y mira al Suroeste, hacia Navares de Ayuso y Navares de Enmedio, por encima del arroyo de Barbolla. El terreno, antes de las exploraciones por mi hechas, formaba una pradera, donde sobresalían varios picos de las piedras del subsuelo, y entre ellos se veían algunas escorias. Todo se asemejaba á una especie de cerco que por la parte del Este era infranqueable por lo escabroso del peñasco, y su extensión no pasaba de 20 metros en circuito, sin que se señalase en el suelo bóveda alguna ni natural ni artificial.

La exploración comenzó por el sitio en que asomaba algo de una brecha huesosa, y allí ha sido donde se han encontrado más restos de osamentas humanas, si bien algunas se han hallado también debajo de grandes piedras, y otras fueron descubiertas en covachas del mismo peñasco que rodea á la caverna.

En medio del terreno explorado se descubrió, á la profundidad de dos metros, una especie de horno hecho con tres piedras de arenisca rojiza, sin bóveda que las cubriese, y en la inferior existía á modo de un reguerito; pero no se vió resto alguno de argamasa que hubiese trabado la obra. Junto al horno se encontraron buen número de cenizas, carbones y utensilios de piedra, todo cimentado fuertemente, y siendo bien curiosos los objetos allí desenterrados y que hoy figuran en el Museo de Arqueología con los números 53, 54, 55, 57, 58, 59, adjudicados á seis cuchillos; el número 56, aplicado á una sierra; los números 910 y 912, á dos hachas, y los números 916, 917, 918, á tres objetos de cerámica. También del mismo lugar salieron otros objetos que aún yo guardo y que se mencionan en el catálogo que va adjunto á esta Memoria.

Avanzando los trabajos se descubrieron diferentes huesos, entre ellos un cráneo casi completo y un hacha de piedra rota, dando al fin con un subterráneo donde no se ha hallado cosa alguna.

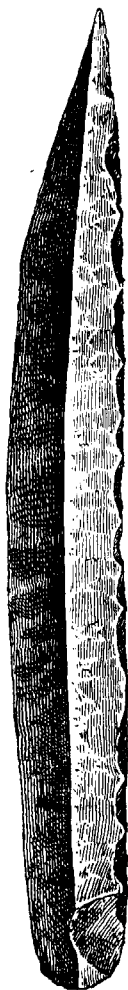
Entre los objetos procedentes de esta cueva son, á mi juicio, muy interesantes los que se representan en la lámina I, reproducción reducida de algunos que conservo en mi poder. Las figuras 1 y 2 son la fotografía, á un tercio, de dos cráneos, en que puede fácilmente comprobarse su ángulo facial y forma dolicocefala; las que van señaladas con los números 3 y 4 son dos hachas de piedra en mitad de escala; con el número 5 se indica una punta de flecha de sílex, también en mitad de su tamaño; y por fin, dos fragmentos de vasijas de barro cocido van señaladas con los números 6 y 7, el primero de los que corresponde al borde de un vaso, mientras el segundo es un asa de forma particular, llevando ambos adornos especiales, obtenidos probablemente hundiendo la punta de un estilete en la masa del barro. Las últimas figuras están también en mitad de escala.

En el grabado adjunto se representa además, en tamaño natural, un curioso cuchillo esmeradamente labrado, con uno de sus filos en forma de sierra. Este objeto fué regalado á S. M. el Rey D. Alfonso XIII en su visita á la Exposición de industrias nacionales de 1897-98, y debe de conservarse en las colecciones del Real Palacio. El dibujo

de tan notable cuchillo se ha hecho á la vista de una fotografía que existe en mi poder.

La caverna así descubierta tenía algunas, pero no grandes estalactitas ni estalagmitas, y la escasez de estas concreciones calizas ha de atribuirse á las pocas aguas que se filtran naturalmente por aquellas rocas. En el terreno primeramente explorado, y que, como queda dicho, ha sido donde se han descubierto la mayoría de los objetos prehistóricos, no existía bóveda alguna, tal vez por haberse hundido, y ni en las piedras que podían haberla formado, ni tampoco en el techo ni en las paredes de la parte subterránea, se han visto indicios de trabajo humano.

Cuchillo de la Cueva de la Solana.



Los habitantes de la caverna debieron ser sorprendidos ó por una repentina inundación ó por algún movimiento del terreno, siendo esto lo que probablemente ocasionaría la ruina de la techumbre, á lo que inclina el aspecto actual del terreno, pues que se advierte una inclinación hacia lo interior del subterráneo, así como el haber encontrado los objetos y fragmentos huesosos debajo de piedras disformes que parecen ser los restos de la bóveda desplomada. No es fácil saber si las osamentas humanas así encontradas procederán de haber muerto simultáneamente todos los habitantes de la caverna al hundirse ésta, ó si serán debidas á un enterramiento que en la misma se hiciese por los aborígenes, siendo lo último más verosímil, y queda también en duda si el hundimiento fué por circunstancias locales ó debido á algún fenómeno general de concusión terrestre, á lo que nos inclinamos teniendo en cuenta que aún se ven grandes destrozos y roturas en las capas pétreas de toda la formación cretácea que separan los arroyos afluentes del Riaza y Duratón y que antes hemos descrito.

### III

#### LO QUE LA CAVERNA DE LA SOLANA Y OBJETOS ENCONTRADOS EN ELLA SIGNIFICAN PARA LA CIENCIA

Cada día, según queda indicado en el prólogo, es mayor la importancia que consiguen los estudios prehistóricos y protohistóricos, pues que con ellos se obtienen datos para resolver asuntos de tanto interés como el origen del hombre, la formación de las razas humanas, las emigraciones de éstas y hasta la manera como se han manifestado y desarrollado la inteligencia y las aptitudes de la humanidad.

De aquí que hoy no se comprenda un tratado de historia de un país si antes de comenzar la reseña de los hechos correspondientes á tiempos bien determinados no se anteponen los datos referentes á los restos del hombre y de sus industrias en épocas remotas y precursoras de las completamente conocidas, haciendo con aquellos materiales el fundamento ó base de la historia.

Por esto el descubrimiento de semejantes restos es de importancia siempre, pues su rareza es manifiesta; y cuando los datos son numerosos, como ocurre en las exploraciones de la caverna de la Solana, el interés aumenta sobremanera.

Más de cincuenta esqueletos, más ó menos completos, se han sacado con las excavaciones que hemos hecho en el paraje en cuestión; y si á esto se agregan las armas y utensilios allí mismo descubiertos y los restos de un horno desenterrado, fácil es entender la valía del asunto en el orden de los estudios antropológicos, paleontológicos y etnográficos.

Que los habitantes de la caverna que estudiamos no pertenecen á la raza que hoy vive en la provincia de Segovia, se deduce de su simple inspección, pues lo alargado de los cráneos, ó sea su forma dolicocefala, así lo demuestra, como también se comprende su antigüedad observando los útiles y armas que con los restos huesosos se han descubierto.

La raza á que corresponden aquellos esqueletos, tanto por la figura de la caja craneal, como por el tamaño, forma y robustez de los demás huesos, es la que los antropólogos denominan de Cro-Magnon, y dadas las clases y naturaleza de las armas y herramientas

acompañantes de los mismos restos humanos, la época correspondiente de aquella habitación prehistórica es la denominada *paleolítica* en sus últimos periodos.

Pues es lo cierto que entre los objetos de piedra recogidos dominan los formados con rocas labradas, cual sucede en los cuchillos, y también éste es el fundamento de la sierra de pedernal, dentada, como todas sus similares, sobre un núcleo primitivo; y si las hachas bien labradas, los fragmentos de cerámica y la disposición del horno indican la existencia de una industria ya bien adelantada, esto no hace sino confirmar el paso sucesivo de la época paleolítica á la neolítica, que se caracterizan en toda Europa como contemporánea de la raza de Cro-Magnon.

Alguien ha creído encontrar fundamento para considerar que el descubrimiento del horno y de los carbones y escorias desenterradas en la boca de la cueva de la Solana son justificantes de que los instrumentos más perfectos allí hallados habían sido fundidos; pero á tal idea se oponen los muchos descubrimientos análogos hechos en otros países, además de que no hay razón para admitir que los hombres primitivos conociesen el medio de fundir el pedernal, y cuando es sabido cómo sólo por medio de la percusión se consigue dar á aquella roca la forma que se desea, según lo prueba entre mil ejemplos la manera cómo se tallaban hasta mediados del presente siglo las piedras de chispa para los fusiles y escopetas, y cómo se cortan aún las cuchillas de los trillos y las cuñas para los empedrados.

De todos modos, las investigaciones y descubrimientos que hemos llevado á cabo en la caverna de que venimos hablando, han puesto fuera de duda la existencia en España de la raza de Cro-Magnon y han señalado una localidad interesantísima de la época paleolítica en el más interesante de sus periodos, cual es el que, siguiendo á los autores franceses, suele denominarse *Magdalenense*, cuando retirándose los heleros que habían cubierto gran parte de Europa, se comenzaban á profundizar los cauces actuales de los ríos y se formaban los grandes aluviones constituyentes de la base del terreno cuaternario.

Dada la importancia manifiesta del asunto, conviene añadir á lo que venimos diciendo que todos los descubrimientos mencionados son debidos únicamente á la propia iniciativa, trabajos y desembolsos del que esto firma, y es, por tanto, inexacto lo que se consigna en la página 41 de la *Historia de España*, por D. Miguel Morayta, en los siguientes términos:

«Indicios del hecho igualmente son algunos cráneos vascos recogidos en Zarauz que acusan el tipo del hombre de Cro-Magnon, si bien no en toda su pureza; mas de los indicios se ha pasado ya á la prueba plena, puesto que el joven y doctísimo antropólogo D. Manuel Antón ha descubierto en la cueva de la Solana, en Navares de Ayuso (Segovia), diferentes cráneos que acusan todos los caracteres de estas razas.»

No: el Sr. Antón no es el autor del descubrimiento; éste nos pertenece por entero, como lo acreditan los documentos oficiales que poseemos: lo explicamos en éste nuestro escrito, lo hemos hecho constar oportunamente ante el Sr. Morayta, y, por fin, lo justifica más el haberse confundido el término municipal á que corresponde la cueva de la Solana, que no es el de Navares de Ayuso, sino el de Encinas.

#### IV

#### OTROS DESCUBRIMIENTOS

Los resultados que habíamos conseguido con nuestras exploraciones en la cueva de la Solana, avivaron nuestro entusiasmo, y por más que la recompensa utilitaria obtenida no pudiera servirnos de aliciente, nuestro afán de conquistar algo útil para la ciencia borró de nuestro ánimo toda idea de lucro, justificándose una vez más la frase del Evangelio «no sólo de pan vive el hombre,» y con todo entusiasmo emprendimos nuevas investigaciones por la comarca.

A un quilómetro próximamente de la caverna tantas veces mencionada, y en el sitio llamado *Cabeceras de Encinas*, existía entre los bancos de la caliza cretácea que forma las alturas una socava, ó albergue natural, donde establecí un ordenado desmonte. Pronto se puso al descubierto un esqueleto humano casi entero, y á su lado un cráneo, al cual le faltaban los maxilares; á la distancia de dos metros de los huesos citados se hallaron cuatro molares bien fosilizados y correspondientes á un animal del género *Equus*; á los seis una hacha rajada y hecha con piedra silícea, una maza también de piedra, y dos fragmentos de cerámica tosca; á los ocho una punta de flecha de pedernal perfectamente labrado, y á los diez dos cuchillas,

también de pedernal, entre escorias y piedras que denotaban la acción de fuego no muy sostenido.

En esta localidad es donde la formación cretácea de la comarca se ofrece con mayor espesor al descubierto, y es bastante fosilífera, por lo cual nada tiene de extraño que entre las tierras movidas con las excavaciones, y que son procedentes de los derrubios del terreno superior, encontrásemos abundantes fósiles cretáceos, principalmente gasterópodos y acéfalos, sobre todo de estos últimos, y correspondientes al género *Ostrea*, con bastantes especies diversas.

El esqueleto de las *Cabeceras de Encinas* corresponde á un individuo de una raza distinta á la que hospedó la caverna de la Solana, pues aunque de baja estatura y también *dolico-céfalo*, es decir, de cabeza alargada y *prognatada*, ó sea con la cara echada hacia atrás, el volumen encefálico no tiene el desarrollo de los de Cro-Magnon, aun no olvidando las variaciones individuales que se observan en todas las razas humanas; pero de todos modos, el valor del hallazgo es incuestionable, y el estudio detenido del caso será de primera importancia, pues tal vez pudiera dar luz para fijar la existencia en aquella región del tipo antiguo *Berebere* que se ha señalado en España como correspondiente á los primitivos pobladores de la Península.

Conviene hacer constar que mientras el esqueleto en cuestión, por la manera como fué descubierto, claramente demostraba que el sér á que perteneció llegó entero al mismo lugar donde se ha descubierto, el cráneo sin mandíbulas, que se halló como empotrado en los bancos de roca del terreno, parece indicar que allí había sido conducido separado del resto del cuerpo, y como esto no se explicaría bien con un arrastre de aguas, tal vez lo haya sido por témpanos de hielo, caso factible contando con la altitud del lugar y las condiciones climatológicas reinantes en España al comenzar el período cuaternario.

En la lámina II se reproducen fotográficamente varios de los objetos encontrados en la estación prehistórica de *Cabeceras de Encinas*: Las figuras 1 y 2 son dos cráneos á un tercio del natural; con los números 3, 4 y 5 respectivamente se representan dos cuchillos de sílex y una punta de flecha en mitad de su tamaño; el número 6, también en escala de mitad, es un canto rodado de cuarcita, que se labró toscamente para hacer un hacha, y las figuras 7 y 8 son dos trozos de vasija de barro cocido, adornados de la misma manera que los recogidos en la cueva de la Solana.

## V

## EXPLORACIÓN DEL CERRO DE LAS AGUILERAS EN TÉRMINO DE CARABIAS

El cerro dicho forma por el lado de Poniente un escarpado corte del terreno cretáceo muy fosilífero, y que dista poco menos de un kilómetro del pueblo de Carabias, y tiene importancia para nuestro objeto por cuanto en él se encuentran muchísimos trozos de tosca cerámica y fragmentos de antiguos huesos humanos. En las partes más altas los peñascos del cerro se extienden en meseta llana, en la cual se descubren restos de una muralla, especie de muro ciclópeo, pues no se ven restos de argamasa ni de barro ni de ningún otro cuerpo que haya trabado las piedras con que se formó la obra. Entiendo que esta localidad es de gran interés para la historia de la vida de los primitivos habitantes del país, que hubieron de albergarse entre aquellas construcciones, si es que no les servían exclusivamente de defensa más contra las fieras que contra enemigos humanos.

No lejos de Carabias he registrado las cuevas del término de Monte de Serrezuela, que se conocen con los nombres, una de la *Solana* y otra de los *Gitanos*, y nada de particular diré de ellas por cuanto no he visto indicios que ofrezcan esperanzas de buenos resultados con su exploración; pero que, sin embargo, menciono por si con estudios más detenidos se llegase algún día á confirmar la existencia en las mismas de datos útiles para la ciencia prehistórica.

## VI

## EXPLORACIONES EN LOS TÉRMINOS DE DURATÓN, LA SERNA Y SEPÚLVEDA

Cerca de Duratón y La Serna, donde se une el río Serrano al de Duratón, el terreno cretáceo se extiende por el término de los pueblos indicados, y el de Santa Cruz, anejo de la villa de Sepúlveda, y en las dos faldas de las colinas cretáceas, hay varias cuevas que he reconocido cuanto me ha sido posible; pero nada he podido encon-

trar para el esclarecimiento de la antigüedad del hombre en nuestro país.

Una de estas cuevas la llaman *La Larga*, está muy cerca de la fábrica de harinas propiedad de D. Pedro de La Serna, vecino de Sepúlveda, y en sus oquedades se forma la fuente de Duratón, muy abundante, y que surge poco más abajo para ir á verter sus aguas en el río del mismo nombre, alimentando antes la presa de dicha fábrica y siendo el único caudal disponible para ésta durante el verano.

De otra caverna subterránea y profunda han de proceder las aguas que á la distancia de un quilómetro, en término de Santa Cruz, brotan en el sitio denominado la Tranquera, en un manantial conocido con el nombre de *Fuente de la Salud*, cuyas aguas son termales.

## VII

### INVESTIGACIONES EN SIGUERUELO Y CABRERIZOS

En los contrafuertes de una colina cretácea cercana á Sigueruelo, se encuentra una caverna á que llaman *Cueva Larga*, que he registrado todo cuanto he podido sin encontrar en ella nada útil para nuestro objeto. En esta cueva hace muchos años que brotaba una fuente muy abundante; pero se perdió su antigua salida y ahora surge algo más abajo en unos prados, para llevar sus aguas al río ó arroyo de Castillo, tributario del Duratón un quilómetro por bajo de Sepúlveda. También en el término de Cabrerizos, un quilómetro aguas abajo de la mencionada Cueva Larga, en un cerro bastante elevado que domina mucha tierra segoviana, hay unas cavernas donde se han descubierto vestigios de la industria del hombre que acreditan remota antigüedad. Yo intenté hacer algunas exploraciones; pero no me concedieron autorización los dueños del terreno.

Después de mi regreso á Madrid he sabido que los vecinos de Cabrerizos y Santa Marta han hecho varios trabajos en aquel sitio en busca de un tesoro, y descubrieron cinco ó seis cráneos humanos y otros huesos que echaron á perder. Yo guardo un hacha de piedra de aquella localidad, y un punzón de metal que se encontró á dos quilómetros de las cuevas, entre las tierras de labor.

## VIII

### EXPLORACIONES EN CASTROSERNA DE ABAJO

Entre las rocas cretáceas del término del pueblo ahora citado hay una caverna que se conoce en el país con el nombre de *Cueva Labrada*, y por sus condiciones parece haber servido de morada á los primitivos habitantes de aquella tierra.

Es próximamente redonda, y tiene en el centro de la bóveda natural un tragaluz circular que manifiesta estar hecho por mano del hombre. Todo alrededor de la caverna, y á la altura de dos á tres metros sobre el suelo, hay unos poyos rústicamente labrados, y que puede deducirse servirían á los moradores de albergue, indicando la altura á que se encuentran que con ello trataban, mientras descansaban, de librarse de los ataques de las fieras. Los poyos dichos están en algunos sitios muy hundidos por los desprendimientos ocurridos en las paredes y en la bóveda de la caverna, la que además, en cada lado de su boca ó entrada, tiene labradas una especie de garitas que se alzan más de tres metros sobre el suelo, y cuyo objeto tal vez fuese para avisar ó evitar algún peligro á los que se encontraban dentro de la misma cueva, la cual mide como 50 metros de circunferencia, sin que en ella se vean estalactitas ni estalagmitas.

La entrada es de difícil acceso por la pendiente del terreno, que forma con enormes peñascos un tajo de 200 metros de altura, y al pie del cual corre el río de Pradena.

Esta caverna necesita un minucioso estudio y exploración, pues es de creer que en ella y en sus alrededores se descubran restos prehistóricos, pues así lo indican los fragmentos de cerámica toscamente hechos y sin baño ninguno que yo he traído de aquel sitio, distante dos quilómetros de Castroserna de Abajo.

Próximamente á igual distancia se encuentra el Castillo de Castelnovo, en un cerro que empieza al Sur, en el primer pueblo, y que corre hacia el Norte hasta la huerta de dicho Castillo, donde existe una hermosa fuente que ha estado perdida durante tres años, hasta que sin causa extraña ha vuelto á correr en el mismo sitio. En el cerro en cuestión hay varias cuevas de poca importancia.



## IX

## EXPLORACIONES DE LAS CAVERNAS DEL TÉRMINO DE PEDRAZA

Entre las escarpas cretáceas que forman los cerros de la parte Oeste de Pedraza existen cuatro cavernas; describiremos antes las dos que están más cerca del arroyo que nace en Matabuena, el mismo que se une en La Velilla con otros dos que brotan, el uno en Navafria y el otro en Gállegos, formando los tres reunidos el río Cega.

**PRIMERA CUEVA.**—Se halla á 30 metros por cima del río, y mira al Este de Pedraza; su boca, algo descendente, es redonda, apenas cabe á entrar un hombre, y al poco trecho el suelo hace altos y bajos, los primeros formados por légamos ó tierras arenosas sumamente finas y de color rojo, que las aguas al evaporarse dejaron depositar en el suelo. Dentro de la cueva encontré fragmentos de cerámica de color negro; pero dada la forma y clase de la obra, entiendo son de vasijas modernas allí rotas por las personas que han entrado á ver lo que había en dicha cueva, así como también han llenado las paredes de rotulaciones y voces castellanas.

A los curiosos que visiten esta cueva debo advertirlos que es expuesto y peligroso su recorrido, porque toda ella es un laberinto donde estuve largo tiempo sin poder encontrar la salida, después de haberme internado no mucho y sin alcanzar el sitio donde se sentía ruido como si gotease agua, la que no se ve en la parte recorrida, que tampoco tiene estalactitas ni estalagmitas.

**SEGUNDA CUEVA.**—En igual falda del cerro de que venimos hablando, aguas abajo, pero con altitud absoluta mayor, hay otra caverna, donde es tanta la abundancia de murciélagos que se ponen en movimiento al sentir gente, que es imposible penetrar cueva adentro, y por esto nada se ha podido encontrar que sirviese para el esclarecimiento de la antigüedad del hombre en la pequeña parte reconocida.

**TERCERA CUEVA.**—En lo más alto de la misma escarpa cretácea existe una caverna, en el piso de la cual se descubre una brecha huesosa de bastante importancia: esta brecha está adherida á las rocas del subsuelo; pero se distinguen bien la una de las otras, pues la huesosa es de textura cristalina, de color gris un poco rojo y sumamente

dura, tanto que las herramientas con que arranqué algunos trozos se mellaban y torcían, mientras que las calizas cretáceas del terreno son blanco-amarillentas, algo arcillosas y de fácil labra. En todo lo que reconocí de la caverna se ve continuar la citada brecha con un espesor medio de 15 centímetros, y en los sitios donde no está mezclada con el yacimiento cretáceo aparece como si fuese una capa de hielo, lo que manifiesta su origen estalagmítico ó de sedimentación por una corriente de agua cargada de bicarbonato cálcico que hubiese circulado por el suelo de aquel antro, y que al perder un equivalente del ácido carbónico precipitaba el carbonato de cal, que cimentaba todo cuanto había en el fondo, y entre ello los restos huesosos de los animales que murieron en la caverna.

Todos los fragmentos que corté de esta brecha huesosa, así como de la otra cueva que voy á citar, los regalé al Museo de Antropología en el año 1880, en vida de D. Pedro Velasco.

**CUARTA CUEVA.**—Frente á frente de la que acabamos de hablar, y al pie del Castillo de Pedraza, ya destruido, hay otra caverna de boca tan sumamente estrecha que apenas cabe á entrar un hombre tumbado. En el suelo y las paredes de toda ella se ve también una brecha huesosa, donde dominan los restos de animales carnívoros y herbívoros, según se puede observar en los fragmentos que ya he dicho regalé en 1880.

Respecto de estas cavernas de Pedraza, en la página 105 de la *Descripción físico-geológica de la provincia de Cuenca*, publicada en 1891 por el Excmo. Sr. D. Daniel de Cortázar, se consignó lo siguiente:

«De las numerosas cavernas que hay en el país, las que se han reconocido desde más antiguo son las de Pedraza, y he aquí lo que acerca del particular se lee en la Memoria de Prado:

«Al pie de los muros de Pedraza visité en 1853 varias cavernas, y en una hallé algunos huesos humanos, entre ellos casi todas las piezas de un cráneo, y restos de otros animales que viven todavía en el país; pero entre ellos se cogió también una mandíbula casi completa de una hiena (*Hiena Spelea*), especie desaparecida de España. El suelo de la caverna se halla cubierto de murciélaguina, producida por los quirópteros que ahora, y sin duda durante muchos siglos, vivieron en aquellas obscuridades. Los huesos se hallan entre el mantillo, y con ellos gran cantidad de fragmentos de vasijas de barro negro sumamente rústicas, siendo de advertir que, en la actuali-

dad, en ninguna parte del centro de España se ven cacharros de este color.

»Los huesos de aquellas cuevas que se guardan como más antiguos, son los que se han visto entre una capa de toba que existe por cima del piso de una de ellas, formando una verdadera brecha huesosa; pero apenas se hallaron algunos fragmentos determinables que pueden corresponder á un animal del tamaño de un buey.»

Otras cavernas de Pedraza han sido visitadas en 1874 por los señores Areitio y Quiroga, y de lo que acerca de su reconocimiento consignaron en el tomo III de los *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, copiamos lo que sigue:

«Hemos estudiado detenidamente las dos cavernas llamadas de la Griega, al S.SO. de Pedraza de la Sierra, en un monte de penosa subida, separado de la población por el arroyo Griego, tributario del Cega.

»La mayor de las dos, de gran extensión y dividida en numerosas galerías secundarias, no ofrece, en razón de estar la caliza cretácea al descubierto, así como por carecer de estalagmita, exceptuando algún que otro punto donde se notan indicios de filtración, las cuatro fases de formación que caracterizan á las verdaderas cavernas huesosas, y sólo hemos recogido enterrados en el mantillo que cubre el suelo, formando en algunos puntos una capa de más de cinco ó seis metros, trozos de huesos y restos de cerámica muy tosca.

»Respecto de la segunda, ó sea la mayor de las dos reconocidas, y cuya longitud puede calcularse de 15 á 20 metros, es un verdadero tipo de caverna huesosa, viéndose en ella perfectamente marcados los periodos de formación que á las mismas caracterizan. Hállase constituida esencialmente por una galería curva de convexidad á la derecha, dividida en dos por un tabique horizontal, formado en su parte superior é inferior por caliza estalagmítica, y en el centro por la brecha huesosa que asoma en algunos puntos de la parte inferior del tabique, ó sea en la bóveda actual de la caverna. Arrancando, no sin dificultad, un gran témpano de dicho tabique, se pudieron recoger molares, vértebras, tarsos y cúbitos de antílope, que se reducían á polvo, y sólo pudieron conservarse algunos gracias á repetidos baños de alumbre y cola que en la localidad se les dieron, habiendo sido preciso barnizarlos después en Madrid con silicato de sosa.»

Estos datos sirven de complemento á nuestras investigaciones y por eso los transcribimos en este sitio.

## CONCLUSIÓN

Terminaré diciendo que á pesar de la remota antigüedad que acusan los hallazgos hechos respecto á los hombres que en las épocas prehistóricas habitaron nuestra Península, vemos que ya la industria alcanzaba notable desarrollo, indicio cierto de un grado de inteligencia y cultura altamente superior al instinto más perfecto de los animales, y en aquellos útiles que fabricaban está la base y fundamento de cuanto hoy la industria, el comercio y las artes logran para el engrandecimiento y prosperidad de las naciones.

En los descubrimientos y estudios prehistóricos se encuentra la clave de todo lo existente, y, sobre todo, el fundamento de la Historia, que si ha de tener valor como ciencia, más ha de discutir hechos y cuestiones críticas que consignar relaciones muchas veces de autenticidad dudosa, pues de esta manera marchará por el único camino que conduzca al mejoramiento y progreso de la humanidad.

## COPIAS DE ALGUNOS DOCUMENTOS OFICIALES

SECCIÓN DE FOMENTO DE SEGOVIA.—D. Tomás Llorente presentó á la una de la tarde del día 13 de Abril de 1874, solicitud de registro de doce pertenencias de mineral de zinc «calamina,» en término de Encinas, sitio denominado Solana de la Angostura, con el nombre de *Santo Tomás*.

El mismo señor presentó á las once de la mañana del día 8 de Mayo de 1875 otra solicitud de registro de doce pertenencias de zinc, calamina, en término de Encinas, mancomunidad de Navares de Ayuso y Aldehonte, con el nombre *La Restaurada*.

ESCUELA DE DIPLOMÁTICA.—En Madrid, hoy 3 de Mayo de 1881, reunidos en la Escuela de Diplomática los Sres. D. Pedro González de Velasco, D. Juan de Dios de la Rada y Delgado y D. Francisco María Tubino, nombrados por el Ilmo. Sr. Director de Instrucción pública, con fecha 27 de Abril último, para informar sobre los objetos arqueológicos que D. Tomás Llorente y D. Luis Fernández di-

cen haber extraído de ciertos terrenos enclavados en los términos de Encinas, Navares de Ayuso y Aldehonte, mancomunidad de estos tres pueblos, provincia de Segovia, se procedió á constituir la Comisión, quedando elegido como Presidente el Sr. González de Velasco y como Secretario el Sr. Tubino: acto seguido dispuso el señor Presidente que la Comisión se trasladase á la casa núm. 14 de la calle de Jardines, donde se hallan depositados los objetos, con el fin de ser examinados. Así se verificó, haciéndose las preguntas convenientes á los interesados, quienes facilitaron un certificado expedido por el Alcalde de Navares de Ayuso relativo á los trabajos ejecutados por aquéllos en el paraje denominado Solana de la Angostura, donde, al parecer, han sido encontrados los objetos.

Considerando la Comisión la importancia manifiesta de éstos por encontrarse entre ellos, no sólo objetos prehistóricos, como hachas y cerámica, sino buen número de cráneos y huesos humanos, algunos de éstos incrustados en un voluminoso fragmento de formación estalagmítica, acordó lo siguiente:

Primero. Que se le indique al Ilmo. Sr. Director de Instrucción pública la conveniencia de que dichos objetos y el yacimiento donde se dice que han sido recógidos, se sometan á un minucioso estudio científico-arqueológico, toda vez que con fundamento se puede sospechar que corresponden á una estación humana prehistórica de mayor interés quizás para la historia patria que cuantas hasta ahora se señalaron en la Península. Según informes, se trata de una habitación troglodítica, donde ya se han señalado hasta 50 esqueletos, no pudiendo permitirse que manos imperitas continúen las exploraciones.

Segundo. Que para llevar á efecto el estudio que se propone, debería la Comisión trasladarse al término municipal mencionado y también al próximo de Riaza, donde se están verificando otros descubrimientos semejantes.

Tercero. Que convendría al mejor éxito de la exploración que fueran agregados á la Comisión los Sres. D. Juan Vilanova y Don Guillermo Macpherson, personas muy competentes en esas materias y que han examinado en parte los objetos de referencia.

Por último, se resolvió que se envíe copia de esta acta al Ilustrísimo Sr. Director de Instrucción pública, para que, si lo tiene á bien, disponga que antes de que esta Comisión evacúe el informe que se la pida, haga el reconocimiento geológico, arqueológico y antropológico del terreno, á tenor de lo indicado anteriormente.

Y se levantó la sesión, de que yo el Secretario certifico.—*Pedro González de Velasco.*—*Francisco Maria Tubino.*

MINISTERIO DE FOMENTO.—*Dirección general de Instrucción pública.*—*Archivos, Bibliotecas y Museos.*—Al Jefe del Museo Arqueológico Nacional digo con esta fecha lo que sigue:

«Excmo. Sr.: En vista del favorable informe emitido por la Comisión de Anticuarios que han examinado los objetos arqueológicos encontrados en la cueva de la Solana de la Angostura, término de Encinas, y no de Navares de Ayuso, en la provincia de Segovia, los cuales ofrecen en venta D. Tomás Llorente y D. Luis Fernández en la cantidad de 750 pesetas, esta Dirección general ha acordado adquirir la colección de dichas antigüedades con destino al Museo Arqueológico Nacional; disponiendo al propio tiempo que luego que manifieste V. E. haberla recibido, se libre á favor de los vendedores la citada suma de 750 pesetas, con cargo al capítulo XVI, artículo 5.º, concepto 2.º del presupuesto vigente.»

Lo que traslado á V. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde á V. muchos años. Madrid 10 de Junio de 1882.—El Director general, *J. F. Riaño.*

MINISTERIO DE FOMENTO.—*Dirección general de Instrucción pública.*—*Archivos, Bibliotecas y Museos.*—El Director del Museo de Ciencias naturales, con fecha 21 del mes de Octubre, me dice lo que sigue:

«Ilmo. Sr.: Devuelvo á V. E. la adjunta instancia dirigida al Excelentísimo Sr. Ministro de Fomento, con fecha 24 de Mayo del corriente año, por D. Tomás Llorente, en solicitud de que se le autorice y se le concedan fondos para continuar las exploraciones que hace algunos años había emprendido en la Solana de la Angostura, término de Encinas, y verificar otras en varios puntos que como el citado pertenece á la provincia de Segovia. Al evacuar el informe que V. I. se sirvió pedirme por decreto marginal fecha 23 de Agosto, debo manifestar que á instancia del exponente y de D. Luis Fernández se adquirieron y pagaron directamente por el Ministerio de Fomento varios cráneos de la época neolítica, que se habían extraído en las excavaciones de la cueva de la Solana, y que fueron destinados al Museo Arqueológico; que con posterioridad este establecimiento cedió al Museo de Ciencias naturales los cráneos humanos en número de ocho, incompletos, y buen número de pequeños fragmentos de huesos humanos y de animales, objetos que tienen un interés antropológico evidente, por pertenecer los cráneos á la raza de Cro-Mag-

non, aunque los datos acerca de su yacimiento no son tan detallados como fuera de desear; que en cuanto á los objetos entregados en 23 de Febrero último, lo fueron particularmente y en depósito para que se estudiasen, y consisten en dos cráneos muy incompletos, dos fragmentos de mandíbula inferior, dos fémures y una tibia humana, un hacha, un cuchillo y una punta de flecha de la citada época neolítica.

Esta Dirección opina que tendría un gran interés que se continuaran las exploraciones en la caverna de la Solana, ó en otros puntos en que puedan obtenerse resultados, como asegura el exponente; pero que como garantía de acierto, y para que se recojan todos los datos geológicos y arqueológicos del yacimiento, deben confiarse los trabajos á una Comisión, ó por lo menos á persona de reconocida competencia.»

Lo que traslado á V. en vista de la instancia presentada con fecha 8 de Diciembre último para que haga de él el uso que estime conveniente. Dios guarde á V. muchos años. Madrid 17 de Enero de 1890.—El Director general, V. Santamaria.

CERTIFICACIÓN DEL SEÑOR ALCALDE DE ENCINAS.—Hay un sello que dice: 12.<sup>a</sup> clase, año de 1890, setenta y cinco céntimos de peseta.

Como Secretario, y en nombre del señor Alcalde de este pueblo de Encinas, certifico: Que habiéndose presentado en esta Alcaldía D. Tomás Llorente, vecino de Madrid, habitante en la calle de Jardines, número 14, cuarto tienda, con el fin de que se le autorizara, como se hizo, para hacer unas calicatas en término de este pueblo en el sitio denominado Solana de la Angostura, y punto dicho de la Cueva de la Solana, 400 metros poco más ó menos en la cordillera, y en un banco de piedra caliza que forma á modo de un albergue, extrajo primero de dicho punto un esqueleto humano, casi completo, un cráneo, dos cuchillos de piedra, formando especies de hachas, y algunas conchas fósiles. Posteriormente ha vuelto á descubrir y extraer varios fragmentos de huesos humanos y de animales fósiles en dicha cueva de la Solana de la Angostura. Y para que conste expido al interesado la presente certificación, en la que firmamos y sellamos con el sello de esta Alcaldía, en Encinas hoy 16 de Febrero de 1890.—El Alcalde, León de Frutos.—El Secretario, Julián de Frutos García.

EXPOSICIÓN DE INDUSTRIAS NACIONALES DE 1897-98.—Comisión Ejecutiva.—S. M. la Reina Regente (q. D. g.) se ha servido disponer que

se den á V. las más expresivas gracias por el objeto que le ha ofrecido en la Exposición Nacional de Industrias modernas.

Lo que tengo el gusto de comunicárselo para su satisfacción y efectos consiguientes. Dios guarde á V. muchos años. Madrid 7 de Enero de 1898.—El Presidente, Duque de Sexto.

Se refiere esta comunicación á haber ofrecido á S. M. el Rey Don Alfonso XIII (q. D. g.) el cuchillo de pedernal encontrado en la cueva de la Solana, que va reproducido en el texto de este escrito.

## CATALOGO

### PREHISTORIA

#### Número.

- 1 Dos cráneos incompletos correspondientes á individuos de raza humana muy antigua.
- 2 Siete trozos de cráneos humanos, notables por el considerable espesor del hueso.
- 3 Dos fragmentos de mandíbula inferior, el uno con dos molares y otro con cuatro, ambos correspondientes á la misma raza que los cráneos anteriores.
- 4 Una muela y un canino humanos.
- 5 Dos trozos del hueso innominado.
- 6 Dos fragmentos de costillas humanas.
- 7 Tres vértebras.
- 8 Dos fémures.
- 9 Una tibia.
- 10 Un trozo de fémur.
- 11 Un trozo de tibia y otro de peroné.
- 12 Una rótula.
- 13 Un fragmento de falanje tarsiana.
- 13<sup>a</sup> Un trozo de mandíbula de ciervo con cinco molares.
- 14 Tres muelas de un animal del género *Equus*.
- 15 Tres trozos de tibia de un rumiante.
- 16 Cinco huesos falanjanos de ciervo.
- 17 Tres trozos de huesos de rumiantes.
- 18 Un trozo de mandíbula, con dos muelas de *Box*.
- 19 Trece muelas sueltas del mismo animal.
- 20 Cuatro falanjes de herbívoro.

Número.

- 21 Dos huesos de pezuña de ciervo.
- 22 Sesenta y cinco trozos de brecha huesosa blanca.
- 23 Tibia y vértebra humanas incrustadas en idem id.
- 24 Dos vaciados en caliza gris de lo interior de cráneos humanos.
- 25 Cuatro martillos de cuarcita amarillenta.
- 26 Dos hachas de jade tallado.
- 27 Punta de flecha de pedernal labrado.
- 28 Once trozos de cerámica negra.
- 29 Dos fragmentos de cerámica correspondientes á vasijas pequeñas, una roja y otra negra.
- 30 Un esqueleto faltándole el cúbito, un radio y varias falanjes. Raza muy antigua.
- 31 Un cráneo humano falto de los maxilares.
- 32 Dos trozos de huesos humanos.
- 33 Cuatro molares de solípedo.
- 34 Un hacha de cuarcita.
- 35 Una maza de idem.
- 36 Dos cuchillos tallados en pedernal semi-ópalo.
- 37 Dos puntas de flecha en jade labrado.
- 38 Un canto redondo de cuarcita tal vez usado como mazo.
- 39 Una tapa de cerámica muy tosca.
- 40 Siete trozos de cerámica ordinaria.
- 41 Un anillo de bronce.
- 42 Un hacha de jade.
- 43 Un ojaletero de jade.
- 44 Un hacha de jade.
- 45 Una punta de flecha de cobre.
- 46 Otra idem de jade.
- 47 Cuatro fragmentos de cerámica muy tosca.

De los objetos anteriores, los señalados con los números 1 á 29 se han recogido en la cueva de la Solana; los que llevan los números 30 á 41, son de las Cabeceras de Encinas; los 42 y 43, se recogieron en Ciruelos; los 44 y 45, en Cabrerizos, y los 46 y 47, en Castroserna.

### PALEONTOLOGÍA

- 48 Cuatro *Ostreas* fósiles del terreno cretáceo. Cabeceras de Encinas.
- 49 Ocho ejemplares de *Radiolites squamosa*. Castroserracín.
- 50 Cuatrocientos treinta y seis fósiles cretáceos de varias especies

374

Número.

- y correspondientes á equinodermos, acéfalos, gasterópodos y cefalópodos (dominan las especies correspondientes á los géneros *Natica*, *Pecten*, *Ostrea*, etc.) Navares de las Cuevas y Ciruelos.
- 51 Sesenta fósiles de la misma clase que los anteriores. Carabias.
  - 52 Gran trozo de caliza cretácea cuajada de ejemplares de *Ostrea*. Carabias.
  - 53 Tres *Ostreas* fósiles (especies cretáceas). Linares, Moral y Valdevacas.
  - 54 Tres trozos de estalactita caliza amarillenta oscura. Cavernas de Pedraza.

Se poseen además varios objetos, como hachas de jade y pedernal, estalactitas, madreporas fósiles, minerales amorfos y cristalizados, y otros objetos de Historia natural de varios puntos de España.

375

# NOTAS BIBLIOGRAFICAS

POR

D. GABRIEL PUIG Y LARRAZ .

1898

771 (ANÓNIMO).—*A Description and History of the Principal Iron and Manganese Mines of Cuba* (Descripción é historia de las principales minas de hierro y de manganeso de Cuba).—MINES AND MINERALS, XVIII: SCRANTON, 1898, págs. 109 y 110, con grabados en el texto.

772 — *Actas de la reunión extraordinaria de la Sociedad geológica de Francia en Barcelona* desde el miércoles 28 de Septiembre al sábado 8 de Octubre de 1898 (Resumen de las).—BOLETÍN DE LA REAL ACAD. DE CIENCIAS Y ARTES DE BARCELONA, TERCERA ÉPOCA, I: BARCELONA, 1898, págs. 455-468.

Sumario: Excursión á Olot, San Juan de las Abadesas y Bañolas.—Excursión á Sans (plioceno medio), Cerro de Montjuich (segundo piso mediterráneo), Olesa (formaciones paleozóicas y trias), La Puda (disposición estratigráfica y edad del secundario), Monistrol (eoceno). Observaciones de los Sres. Deperet y Carez.—Discusión acerca de las pudingas de Montserrat.—Relación del Sr. Vidal acerca de la excursión á Cardona.—Opinión de los Sres. Carez y Deperet respecto á la edad geológica de la sal de Cardona.—Discusión acerca de este punto.—Resumen del Sr. Almera de la excursión á Moncada y Serdanyola.—Excursión á Vallcarca, Valldriera y Tividabo (pizarras maclíferas, devoniano, carbonifero y trias).—Opinión del Sr. Berge-

ron respecto á la edad de las calizas de Moncada (devoniano).—Tortonense de Serdanyola según el Sr. Deperet.—Excursión á Papiol (plioceno, devoniano y carbonífero), Castelldefels (trias y cretáceo).—Infralías de la carretera entre Garraf y Villanueva.—Burdigaliense del Panadés.—Discusión acerca de la edad de la granulita de Papiol y del cretáceo de las costas de Garraf.—Límites de la dolomía de Barcelona.—El trias y el garumnense en Olesa.—Excursión á Castellví de la Marca (aptense).—Pontiense y cuaternario del llano del Panadés.—Sarmaticense de San Pau d' Ordal.—Manchón cretáceo de Carbonills (Gerona).—Discusión acerca de la posición del *Melanopsis galloprovincialis* en Cataluña y en Provenza.

773 (ANÓNIMO).—*Reunión extraordinaria de la Sociedad geológica de Francia en Barcelona*.—DIARIO DE BARCELONA: BARCELONA, 1898, números 272 á 291, págs. 10556 y 10557, 10628 á 10630, 10676 y 10677, 10740 y 10741, 10815 y 10814, 10945 y 10946, 11005 á 11005, 11048 y 11049, 11164 á 11166, 11277 y 11278.

774 — *La laguna de Gredos*.—REVISTA DE MONTES, XXII: Madrid, 1898, págs. 449-453 y un plano de la laguna en escala de 1 : 2000.

775 ADÁN DE YARZA (D. RAMÓN).—*Rocas eruptivas de la provincia de Barcelona*.—MEMORIAS DE LA REAL ACAD. DE CIENCIAS Y ARTES DE BARCELONA, II: BARCELONA, 1898; págs. 359-369, con 5 láminas (Secciones de rocas vistas al microscopio con luz polarizada).

Sumario: Granito.—Pegmatita.—Granulito.—Sienita.—Microgranulitos y otros pórfidos cuarcíferos.—Pórfidos sieníticos ú ortófitos.—Dioritas y epidioritas.—Diabasas.—Porfirita.

776 ALMERA (D. JAIME).—*Sobre la serie de mamíferos fósiles descubiertos en Cataluña*.—Un vol. en 4.º: BARCELONA, 1898.

777 — *Nota sobre la presencia del pliocénico superior en San Juan de Vilasar*.—BOLETÍN DE LA REAL ACAD. DE CIENCIAS Y ARTES DE BARCELONA, 5.ª SERIE, I: BARCELONA, 1898, pág. 420.

778 ALONSO (D. RAMÓN).—*Los minerales de manganeso de la provincia de Huelva*.—REVISTA MIN., METAL. Y DE ING., SERIE C, XVI (XLIX): MADRID, 1898, págs. 345 á 348, 385 á 385.

779 ANGELIS (SR. JOAQUÍN DE).—*Descripción de los antozoos fósiles pliocénicos de Cataluña* (traducción del Dr. D. J. ALMERA): BARCELONA, 1898.—Un folleto de 26 págs. en 8.º, con una lámina.

780 — *Descripción de los briozoos fósiles pliocénicos de Cataluña* (traducción del Dr. D. J. ALMERA): BARCELONA, 1898.—Un folleto de 17 págs. en 8.º y una lámina.

781 — *Contribución á la fauna paleozóica de Cataluña* (traducción del Dr. D. J. ALMERA): BARCELONA, 1898.—Un folleto de 7 páginas en 8.º

782 — *Los primeros antozoos y briozoos miocénicos recogidos en Cataluña* (traducción del Dr. D. J. ALMERA): BARCELONA, 1898.—Un folleto de 31 págs. en 8.º

783 ARANZADI (D. TELESFORO DE).—*La raza basca*.—EUSKAL-ERRIA, XXXIX: SAN SEBASTIÁN, 1898, págs. 39 á 43.

784 BARRAS DE ARAGÓN (D. FRANCISCO DE LAS).—*Excursiones por Asturias*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, páginas 69 á 72.

785 — *Cráneos prehistóricos de Val-de-Dios (Oviedo)*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 42 á 44.

Al mismo tiempo que el estudio antropométrico de los cráneos, da cuenta de los restos humanos hallados junto con aquéllos y de los huesos de rumiantes encontrados en el citado paraje en 1878. También da noticia de que en el Gabinete de la Universidad de Oviedo hay unos trozos bastante grandes de *Paradero*, seguramente de localidad asturiana, aunque desconocida, formados por una masa de *Trochus* y *Patella* con cemento calizo, que contiene huesos de pequeños y grandes mamíferos, pedazos de carbón, piedras, algunas talladas, y un fragmento, al parecer, de cuerna de ciervo.

786 BARROIS (SR. CARLOS).—*Nouvelles observations sur les faunes siluriennes des environs de Barcelona* (Nuevas observaciones acerca de las faunas silurianas de los alrededores de Barcelona).—ANN. DE LA SOC. GÉOL. DU NORD, XXVI: LILLE, 1898, págs. 180 á 182.

787 BERGERON (Sr. J.)—*Résumé des observations faites pendant la réunion extraordinaire à Barcelone. Terrains primaires* [Resumen de las observaciones acerca de los terrenos primarios hechas durante la reunión extraordinaria (de la Sociedad geológica de Francia) en Barcelona].—BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 5.<sup>a</sup> SERIE (XXVI): PARÍS, 1898, pág. 542.

788 BOSCA Y CASENOVES (D. EDUARDO).—*Noticias sobre un meteorito caído en Quesa (Valencia)*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 207 á 209.

Sumario: Día de la caída (1.º de Agosto de 1898).—Hora (9<sup>a</sup> noche).—Fenómenos que acompañaron á la caída.—Caracteres macroscópicos del fragmento recogido.

789 BROUSSE (Sr. E.)—*L'Enclave espagnole de Llivia* (El islote español de Llivia).—ANNUAIRE DU CLUB ALPIN-FRANCAIS, XXIV: PARÍS, 1897-1898, págs. 532 á 359, con grabados en el texto y una lámina.

790 CALDERÓN (D. SALVADOR).—*Noticia necrológica acerca del naturalista D. Mariano de la Paz Graells*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 65 á 67.

791 — *Más datos sobre las resinas fósiles españolas*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 91 á 92.

792 — *Revisión de las baritinas españolas*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 126 á 132, con tres grabados en el texto.

Sumario: Forma.—Estructuras.—Asociaciones.—Yacimientos.—Localidades.—Análisis.—Producción y aplicaciones.

793 — *Existencia del infraliásico en España y geología fisiográfica de la meseta de Molina de Aragón*.—ANALES DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT., SERIE 2.<sup>a</sup>, VII (XXVII): MADRID, 1898, págs. 178 á 206, con dos grabados en el texto y una lámina. (Mapa y cortes del terreno infraliásico de Molina de Aragón. Escala del mapa, 1 : 400000.)

Sumario: Los investigadores de la región: Torrubia, Bowles, Verneuil, Collomb, Aránzazu, Castel, Quiroga.—Topografía. Reseña del

Dr. M. Willkomm.—El relieve molinés y sus rasgos característicos.—Clima.—La ciudad de Molina.—CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA DE LA MESA DE MOLINA DE ARAGÓN. Isla triásica circundada por bandas liásicas y jurásicas.—Serie de terrenos secundarios en grandes fajas encorvadas, cuya concavidad mira al Oeste.—Sucesión geológica de los depósitos formados en la región (Mar siluriano.—Pantanos carboníferos y del *Bunter*.—Mares someros del *Muschelkalk* y del *Keuper*.—Lago infraliásico.—Mar profundo liásico y jurásico.—Mar somero y pantanos cretáceos.—Pantanos terciarios y post-pliocenos).—Bibliografía geológica de la región molinesa.—TERRENO INFRAIÁSICO. Generalidades. Distribución geográfica en los alrededores de Molina.—*Litología*. Parte inferior: calizas magnesianas cavernosas con tránsitos á dolomías sacaroideas blancas y róseas; brechas calíferas. Parte superior: calizas silíceas, á veces margosas; tobas; tránsito entre unas y otras; almendrones.—Espesor de los tramos.—*Estratigrafía*. Restos fósiles de carácter lacustre. Impresiones de *Cerithium* y *Cypris*. Huella de un gran *Planorbis*? Gasterópodos y tallos de vegetales. Opinión del Sr. Calderón de que el carácter cavernoso y como escoriáceo que la caliza presenta es debido á impresiones orgánicas y no á otra causa mecánica ó química.—Aspecto orográfico del terreno.—Manchoncillos de Prados Redondos, Tordelego y Piqueras.—Conclusiones: Opiniones de Vezian, De Verneuil, Castel y Carez. Diferencias que se observan con las capas liásicas de la región.—Origen continental del infralías de Molina. Origen probable de las brechas. Infraliásico portugués. Identidad del infralías de Molina y el tramo rético.—*Fisiografía de la mesa de Molina de Aragón*. Carácter general de los relieves molineses. Horizontalidad de los terrenos secundarios. Dobleces y torsiones superficiales. Los derrubios como agente del relieve topográfico. Persistencia del régimen lacustre en la mesa molinesa. El *Horst* de la cordillera ibérica.—Conclusiones.

En esta misma colección de «Notas bibliográficas» correspondientes al año 1898, damos el resumen de un trabajo (núm. 808) del señor Dereims, el que también tiene por objeto señalar la presencia del infralías en España, atribuyendo á este tramo las mismas calizas dolomíticas; pero mientras el Sr. Calderón hace hincapié en el carácter lacustre de la formación, el Sr. Dereims asegura (pág. 193) que las dichas calizas pertenecen, sin duda alguna, á depósitos marinos: fundando en esto una última prueba de su hipótesis, puramente teó-



rica, puesto que perteneciendo las margas yesíferas del triásico superior al régimen lacustre y las dolomías á uno marino, es evidente que el periodo de su formación ha debido ser distinto.

Creemos que, aunque dignos de atención los asertos de los señores Calderón y Dereims, no deben tomarse en cuenta sin un detenido examen de documentos paleontológicos evidentes, tanto más cuanto que los detenidos estudios de nuestro compañero el Sr. Mallada en la provincia de Tarragona, permiten suponer una estrecha relación entre las capas dolomíticas y las calizas tabulares del triásico superior que en aquella provincia presenta uno de los yacimientos fosilíferos triásicos más abundantes de la Península. Además, la manera como el Sr. Calderón aprecia el carácter paleontológico de las capas superiores del tramo que propone (pág. 190), es tan semejante á la que emplea el Sr. Mallada (*Sinopsis*, sistema triásico, pág. 3) para describir el conjunto de los depósitos del triásico superior, que hacen pensar en lo necesario de un detenido y minucioso análisis de los depósitos de dicho sistema en España <sup>(1)</sup>, antes de decidirse á aceptar las novedades propuestas.

794 CALDERÓN (D. SALVADOR).—*Existencia del terreno carbónico en Molina de Aragón*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 147 á 150.

La cuenquecita descrita por el Sr. Calderón fué figurada en el Mapa geológico de España publicado por esta Comisión en 1889. El Sr. Mallada, en su descripción de dicho Mapa (tomo III), no la ha tenido en cuenta, aun cuando fué el primero en dar noticia de su existencia, tanto por la exigüidad de la mancha como porque no son completamente características las pruebas paleontológicas que pueden presentarse.

Sumario: Posición geográfica.—Composición paleontológica.—

(1) Dice el Sr. Calderón (pág. 190): «Las tobas interestratificadas contienen otras (huellas) de gasterópodos grandes, de individuos de una misma especie, pero indeterminables, y, sobre todo, innumerables tubos de distintos tamaños y en variadas posiciones, en los que se reconoce la huella de tallos vegetales.» Y el Sr. Mallada (*Sinopsis*, sistema triásico, pág. 3): «Con mucha frecuencia entre estas arcillas se intercalan capas de poco espesor de caliza tabular, que suelen contener moldes de gasterópodos y bivalvos de muy pequeño tamaño, y con ellos se asocian ó se presentan en capas inmediatas restos vegetales (*Fucoides* ó *Chondrites*) á veces con abundancia.»

Rocas sedimentarias.—Toba andesítica (caracteres macroscópicos y microscópicos).—Toba silicea.

795 CALDERÓN (D. SALVADOR).—*Silicato de hierro plumbífero de la Sierra de Cartagena*. (Manto de los Azules del Collado de San Juan).—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, páginas 173 y 174.

796 — *El oro nativo en la Península ibérica*.—BOLETIN DE LA INSTITUCIÓN LIBRE DE ENSEÑANZA, XXII: MADRID, 1898, págs. 313 á 320.

Sumario: Historia.—Caracteres.—Asociaciones.—Yacimientos.—Localidades.—Producción.

797 — *Terremotos en Almedralejo*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 90 y 91.

También se sintió el movimiento sísmico en Mérida, en Aljucén y en varios puntos de la provincia de Cáceres.

798 — *Asbestos y amiantos*.—LA NATURALEZA, IX: MADRID, 1898, págs. 442 á 445.

Sumario: Generalidades.—Yacimientos españoles: Sierra de Guadarrama.—El Muyo, Becerril y Madriguera (provincia de Segovia); Mena y Lezama (Burgos); Tamames (Salamanca), Cangas de Onís, Pola de Allande, Figueras y Allande (Oviedo); Coma de Vaca (Gerona); Lubrín y la Cueva del Sabinar (Almería); Marbella, Casares y Puerto de la Confrera (Málaga); Almadén de la Plata y Guadalcanal (Sevilla); El Almendro (Huelva), Usagre (Badajoz), Benahavis y otros sitios de la serranía de Ronda.

799 CAREZ (SR. LUIS).—*Compte rendu des resultats principaux de la réunion extraordinaire à Barcelone, en ce qui concerne les terrains secondaires* (Informe acerca de los resultados principales de la reunión extraordinaria en Barcelona, en lo referente á los terrenos secundarios).—BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3.<sup>a</sup> SERIE: PARIS, 1898, págs. 542 y 543.

800 CHAVES Y PÉREZ DEL PULGAR (D. FEDERICO).—*Breves observaciones sobre el origen de una capa de arcilla plástica de Maro* (Má-

laga).—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, páginas 209 á 215.

801 CHAVES Y PÉREZ DEL PULGAR (D. FEDERICO).—*Sobre las deformaciones de los cristales de cuarzo de Maro y sobre la curvatura de las caras de los cristales en general.*—ANALES DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT., 2.<sup>a</sup> SERIE, VI (XXVI): MADRID, 1897 (publicado en Marzo de 1898), págs. 265 á 279, con un grabado en el texto y una lámina.

Sumario: Composición petrográfica del litoral en los alrededores de Maro.—Estudio de los cristales.—Procesos cristalogénicos.—Anomalías que se observan en los cristales.—Hipótesis para explicar las deformaciones de los cristales de cuarzo.—Hipótesis reciente del Profesor L. Bombici respecto á la acción del factor tiempo en la evolución del estado cristalino.—Proposición de Bombici respecto á que todas las aguas productoras de cristales de cuarzo en muchas rocas, así como las de todos los filones, fueron silicíferas durante el periodo de su actividad cristalogénica, transformándose después en alcalinas, una vez que la sílice se agotó en la formación de los cristales de cuarzo.—Estudio de las transformaciones de la energía en el proceso molecular.—Periodos de plasticidad, transitorio y de consolidación definitiva en la evolución de un cristal de cuarzo.

802 — *Cuevas y grutas del término de Maro.*—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 46 á 48.

Las cavidades descritas son las siguientes: *Cueva Pintada* en las calizas dolomíticas arcáicas del Barranco del Sauquino.—*Cueva del Sauquino* en el mismo barranco, al O. de la anterior.—*Grutas de D. Emilio*, en el sitio llamado «la Fuente de la Doncella,» descubiertas en 1886 por D. Emilio Pérez del Pulgar (en calizas miocenas).—*Gruta del Pabellón* descubierta por el autor y sus hermanos el año 1888 en el acantilado que se halla bajo el llamado Pabellón de las Mercedes. (Contenía una gran cantidad de murcielaguina).—*Cueva del Pasero* al nivel del mar.—Además describe varios objetos de piedra pulimentada hallados en las cercanías de Maro.

803 — *Nuevas contribuciones al estudio de los minerales de Maro.*—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, páginas 189 á 192.

804 CONTRERAS (D. ADRIANO).—*Explicación del Mapa geológico de España por D. Lucas Mallada* (Artículo bibliográfico).—REVISTA MIN., METAL. Y DE ING., SERIE C, XVI (XLIX): MADRID, 1898, págs. 298 á 299, 524 á 526.

805 CORONAS (P. JOSÉ).—*La erupción del volcán Mayón en los días 25 y 26 de Junio de 1897* (OBSERVATORIO DE MANILA): MANILA, 1898.—Un vol. en 4.<sup>o</sup> marquilla de 58 páginas, con 3 grabados en el texto, 2 láminas (El volcán Mayón en la erupción de 25 de Junio de 1897. El volcán Mayón durante la erupción de Octubre de 1895) y 2 mapas (Región del volcán de Mayón ó Albay, con la zona de destrucción en la erupción del 25 de Junio de 1897. Escala 1 : 100000. Región cubierta por las cenizas).

Sumario: Introducción.—Situación y descripción del volcán.—*Erupciones de que se tiene noticia*: 1616; 1766 (20 de Julio); 1800 (1 de Febrero); 1827 (Junio) á 1828 (Febrero); 1855 (Mayo); 1845 (21 de Enero); 1846; 1851; 1853 (15 de Julio); 1855 (Marzo), 1858; 1868 (17 de Diciembre); 1871 (8 de Diciembre); 1872 (Septiembre); 1873 (mediados de Junio á 22 de Julio); 1881 (6 de Julio) á 1882 (Junio?); 1885 (21 de Noviembre á 2 de Diciembre); 1886 (8 de Julio) á 1887 (10 de Marzo); 1888 (15 de Diciembre); 1890 (10 y 30 de Septiembre); 1891 (3 de Octubre); 1892 (Febrero); 1893 (Octubre); 1895 (20 de Julio); 1896 (31 de Agosto á 27 de Septiembre).—*Erupción de 1897*. Preparativos de la erupción: Terremotos precursores.—Su intensidad.—Terremoto del 13 de Mayo de 1897.—Mayor actividad del volcán.—Terremotos en los días siguientes de Mayo y principios de Junio.—Variaciones en la cantidad de humo despedida por el volcán.—Ruidos subterráneos.—Principio de la erupción.—Datos locales.—Impetuosa deyección de lavas y piedras incandescentes.—Cantidad.—Desgracias personales y materiales.—Lluvia de cenizas y arenillas volcánicas.—Localidades en que se observó el fenómeno: Bacacay, Malilipot, Tabaco, Libog, Camalig, Guinobatan, Ligao, Albay, Daraga, Legazpi, Birac (Catanduanes), Nueva Cáceres, Ragay, Dáet, Ensenada de Caimá, Punta Panganirán, vapor *Nuestra Señora del Carmen* (N. de Punta Bugui, á 82 kilómetros del volcán), vapor *Montañés* (seno de Lagonoy), vapor *Dos Hermanos* (al N. de Romblón).—Fuertes detonaciones y ruidos subterráneos.—Tormenta en el volcán.—Fin de la erupción: Observaciones de las estaciones meteorológico-sísmicas de Albay y Tabaco y estación agronómica de Daraga.

306 COSSMANN (SR. MAURICIO).—*Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo catalán.*—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESPAÑA, 2.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898, págs. 166 á 198, con 5 láminas (*Corbula Vidali*, n. sp.; *Pholadomya Puschii*, Golsf.; *Lucina preorbicularis*, Tourn.; *Venericardia juncinoda*, n. sp.; *Arcoperna vicina*, n. sp.; *Lithodomus cordatus*, Lamk.; *Limatula chonioides*, n. sp.; *Lima Catalaunica*, n. sp.; *Spondylus* cf. *planicostatus*, D'Arch.; *Ostrea Vidali*, Cossm.; *Trochus* cf. *Graecoi*, Vinassa de Regny; *Dialopsis semistriata*, Desh.; *Ampullina Vidali*, n. sp.; *Melania Almeræ*, n. sp.; *M. Vidali*, n. sp.; *Melanopsis* cf. *Vicentina*, Oppenh.; *Turritella ataciana*, D'Orb.; *T. Figolina*, Carez.; *T. rodensis*, Carez.; *T. Vinculata*, Zittel; *Mesalia Duvali*, A. Ronault.; *M. fasciata*, Lamk.; *Cerithium pseudotiara*, n. sp.; *Bezanconia pyrenaica*, n. sp.; *Bithium semigranulosum*, Lamk.; *Triforis* cf. *inversus*, Lamk.; *Tr. conoidalis*, A. Ronault.; *Batillaria Puigcercosensis*, n. sp.; *Potamides inaequirugatus*, n. sp.; *P. Palensis*, A. Ronault.; *P. montsecanus*, Vidal n. sp.; *P. Vidalis*, n. sp.; *P. imbricatarius*, n. sp.; *P. hypermeceus*, n. sp.; *P. Orengæ*, Vidal n. sp.; *Cypraedia elegans*, Defr.; *Cypraeovula funiculifera*, n. sp.; *Morio diadema*, Desh.; *Pirula Spinellii*, Menegh.; *Volutolyria musicalis*, Lamk.; *Lyria*, cf. *harpula*, Lamk.; *Olivella nitidula*, Desh.; *Cordieria Pyrenai-ca?* Ronault.; *Raphitoma* cf. *subatenuata*, D'Orb.; *Tornatellaca* cf. *simulata*, Sol.; *Scaphander*, sp.)

307 DE COINCY.—*Nota acerca de los diatomeas de Morón.*—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.; 1898, págs. 50 á 52.

Cita las especies siguientes recogidas y estudiadas por él y que no se encuentran en el trabajo del Sr. Cala: *Gephyria gigantea*, Grev.; *G. incurvata*, Grev.; (*En odia*) *Janischi*, Grun.; *Stictodiscus Grunowi*, Ir. et W.; *St. Johnsonianus* v. *trigona*, Ir. et W.; *Cestodiscus pulchellus*, Grev.; *Liradiscus*, sp.; *Hyalodiscus subtilis*, Bail.; *H. radiatus*; Arn.

308. DEREIMS (SR. A.).—*Recherches géologiques dans le Sud de l'Aragon* (Investigaciones geológicas por el Sur de Aragón): LILLE, 1898.—Un vol. de VII-199 páginas con dos láminas (Mapa geológico de la extremidad meridional de la cordillera Ibérica.—Mapa geológico de la extremidad meridional de la cordillera Hespérica).

Sumario: Introducción. Consideraciones generales.—*Orografía re-*

*gional*: Cordillera Hespérica.—Cordillera Ibérica.—*Mesa de Teruel.*—*Hidrografía regional*: Río Tajo.—Río Júcar.—Río Cabriel.—Río Guadalaviar.—Río Jiloca.—Río Huerva.—Río Aguas.—Río Martín.—Río Guadalupe.—Río Bergante.—Río Mijares.—Río Palancia.—*Bibliografía.*—ESTRATIGRAFÍA. *Cambriano* (cortes de Cubel á Herrera). Faja de Murero (cortes: 1.º, á lo largo de la Rambla de Murero; 2.º, á un quilómetro al Sur de Villafeliche).—Faja de Badules (corte de Badules á Fombuena).—Comparación del cambriano de la comarca y el de otras regiones.—*Siluriano*. Cordillera Ibérica. Faja de Badules (cortes: 1.º, de Fombuena á la Virgen de Herrera; 2.º, del cerro de la Virgen de Herrera; 3.º, á un quilómetro al SO. de Bádenas).—Faja de Murero (corte de Santed á Balconchán).—Cordillera Hespérica (cortes: 1.º, de Monterde á Tramacastilla; 2.º, de Griegos á Orihuela del Tremedal; 3.º, de Almoaja á San Ginés).—Comparación del siluriano del Sur de Aragón con el de otras regiones.—*Rocas hipogénicas*: Diques de labradorita en el Val de Ocino; porfiritas del camino de Vistabella á Cerveruela; microgranulita del Castillo, al NO. de Noguera.—*Devoniano*. Distribución geográfica.—Detalles geológicos (cortes: 1.º, de la Virgen de Herrera á Nogueras; 2.º, á un quilómetro al Norte de Rudilla; 3.º, de la Hoz á Armillas (camino de Segura); 4.º, de Montalbán á Peñarroya).—Comparación del devoniano inferior con el de otras regiones.—*Rocas hipogénicas*: Microgranulitas, diorita micáceo-cuarcifera y porfirita anfibólica de los barrancos de la Modorra y de Santo Domingo.—*Triásico*. Generalidades y distribución geográfica. Datos geológicos.—Cordillera Ibérica. Murero (corte tomado al Norte de Cubel).—Badules (corte de los alrededores de Fombuena).—Sierra de Cucalón (cortes: 1.º, á un quilómetro al Norte de Rudilla; 2.º, á dos quilómetros al Norte de Montalbán; 3.º, de Montalbán á Peñarroya; 4.º, de La Josa á la Hoz de la Vieja; 5.º, transversal al camino de Blesa á Muniesa).—Cordillera Hespérica. Sierra Menera.—Sierra de Albarracín (cortes: 1.º, del Río Calomarde á Royuela; 2.º, de los alrededores de Bezas).—Sierra Javalambre (corte de Las Viñuelas, cuatro quilómetros al Sur de Villel).—Sierra de San Jaime (corte del valle de Camarena).—Valle del Jiloca.—Comparación del triásico del Sur de Aragón y el de otras regiones.—*Rocas hipogénicas*: Diabasas ofíticas y porfiritas augíticas entre Valacloche y Camarena; porfiritas de los valles de Sarrión y del río Abentosa.—*Jurásico inferior*. Generalidades.—Estudio de la caliza dolomítica (triásico superior de los geólogos españoles).—Distri-

bución geográfica del jurásico inferior.—Detalles geológicos: Sierra Palomera (corte á lo largo de la Rambla del Salto).—Cordillera Ibérica: Cercanías de Obón y La Josa (corte).—Cordillera Hespérica: Sierra Menera (corte de la Sierra Menera á Ojos Negros).—Sierra de Albarracín (corte de Valdecomadres al hoyo de Valdevacara).—Comparación del jurásico inferior con el de otras regiones.=*Jurásico medio*. Distribución geográfica.—Datos locales: Cordillera Hespérica (cortes: 1.º, del Barranco Canaleja, parte oriental; 2.º, á dos kilómetros al Oeste de Noguera; 3.º, á lo largo del camino de Albarracín á Torres).—Sierra de Javalambre.—Sierra Camarena.—Sierra San Jaime.—Sierra Palomera.—Cordillera Ibérica.—Comparación del jurásico medio con el de otras regiones.=*Jurásico superior*. Generalidades y distribución geográfica.—Datos geológicos: Cordillera Hespérica (cortes: 1.º, del Barranco Canaleja, parte occidental; 2.º, al Norte de Moscardón; 3.º, de la mesa de Noguera á la Muela de San Juan, un poco al Sur de Griegos).—Montes Universales.—Sierra Javalambre.—Sierra Palomera.—Sierra Menera.—Cordillera Ibérica (corte entre Torrevelilla y La Ginebrosa).—Comparación del jurásico superior del Mediodía de Aragón y el de otras regiones.=*Cretáceo*. Noticias históricas y distribución geográfica.—Descripciones locales: Cordillera Hespérica (cortes: 1.º, del Monte Javalón; 2.º, de Moscardón al molino de Molina).—Cordillera Ibérica (cortes: 1.º, de La Rocha; 2.º, á lo largo del río Adovas; 3.º, de Alacón á la Venta de San Pedro).—Comparación del cretáceo de la provincia de Teruel y el de otras regiones.=*Terciario*. Detalles históricos.—Distribución geográfica de los sedimentos terciarios.—Datos geológicos (cortes: 1.º, del pueblo de Libros á las minas de azufre; 2.º, del Campillo á Concud; 3.º, del barranco Salobral á Santa Bárbara; 4.º, alrededores de Villafeliche).—Formación y edad de las cuencas terciarias del Norte de España.—Pleistoceno.—Resumen de la historia geológica de la región.

El estudio del Sr. Dereims, trabajo detenido y erudito como tesis de doctorado que es, ofrece la particularidad, respecto á la geología peninsular, de considerar las calizas dolomíticas que forman la parte superior de los yacimientos triásicos de la casi totalidad de los parajes de España en que se presenta este sistema, como constituyendo el infralías ó jurásico inferior de algunos autores. En apoyo de su opinión no da ninguna prueba paleontológica ni estratigráfica: solamente aduce la posibilidad de que pertenezcan al horizonte del in-

fralías á causa de ser, según su creencia, de origen marino, pues de no ser así, faltarían en el Sur de Aragón el infralías y el sinemuriense, y también (dice, pág. 95) por haber observado en algunos puntos un tránsito insensible entre las calizas dolomíticas y las calizas gredosas con *Pecten Hehli*. Reconoce la concordancia de los estratos, sin disputa triásicos, y las calizas dolomíticas; pero no acepta los datos del P. Leandro Calvo ni del Sr. Cortázar en cuanto se refieren á la discordancia estratigráfica de las dolomías y las capas jurásicas. El resto de la obra contiene numerosas observaciones de carácter local respecto á las formaciones sedimentarias que forman la comarca por el autor recorrida, las cuales, como todos los trabajos de detalle, sirven para precisar los límites ya conocidos de los diversos manchones geológicos reseñados por los autores que han descrito la región. [Véanse las observaciones al núm. 795.]

809 DOGNON (SR. P.).—*Sur l'orientation de la chaîne des Pyrénées d'après Strabon* (Acerca de la orientación de la cordillera Pirenaica según Estrabón).—ANN. DE GÉOGR., VII: PARÍS, 1898, págs. 166 á 172.—Una lámina.

810 FERNÁNDEZ (FR. JUSTO).—*El magnetismo y la electricidad*.—LA CIUDAD DE DIOS, XLVI: SAN LORENZO DEL ESCORIAL, 1898, págs. 536 á 549, 571 á 590; XLVII, 1898, págs. 515 á 520, 550 á 559 (en publicación).

Sumario: Generalidades.—El magnetismo en la antigüedad.—Variedad de nombres dados al imán.—Diferentes clases de imanes admitidas por los antiguos.—Observaciones, hipótesis y teorías de los filósofos antiguos acerca de los fenómenos magnéticos.—Teorías de los antiguos sobre el magnetismo.—El magnetismo según los Santos Padres.—Origen de la brújula.

811 FERNÁNDEZ NAVARRO (D. LUCAS).—*Minerales de España existentes en el Museo de Hist. Nat.* (cuarta nota).—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT., 1898: MADRID, 1898, págs. 133, 137. [Véanse núms. 40, 102 y 173.]

Sumario: *Azufre*. Riodeva y Libros (Teruel), Fuente de Nava (Oviedo), Benamaurel (Granada), Palma de Mallorca (Baleares), Planes (Valencia).—*Grafito*. El Muyo (Segovia), Sierra de Alcaraz (Albacete), Ronda, Marbella (Málaga).—*Plata nativa*. Hiendelaencina y

Bolaños (Guadalajara).—*Cobre nativo*. Barranco Jaroso (Almería), Lorca (Murcia), Mantua (Isla de Cuba), Riotinto (Huelva).—*Oropimente*. (Asturias).—*Estibina*. Valencia de Alcántara (Cáceres), Montes de Oca (Badajoz), Auceares (Lugo), Losacio (Zamora), Riomonte (Lugo).—*Blenda*. Cartagena (Murcia), Marbella (Málaga), Colmenar del Arroyo (Madrid).—*Pirrotita*. Massanet (Gerona), Río Malo (Cáceres).—*Pirita*. (Vizcaya), Baigorri (Navarra), Carolina y Alcalá la Real (Jaén), Munilla (Soria), Bustarviejo (Madrid), Tapia (Oviedo), Fombuena (Zaragoza) y Almadén (Ciudad Real).—*Cobaltina*. Albuñuelas (Granada).—*Esmaltina*. [(Co, Ni, Fe) As<sub>2</sub>] (Aragón).—*Mispiquel*. Bustarviejo (Madrid).—*Galena*. Fondón (Granada?), Barranco Jaroso (Almería), (Valle de Buelna (Santander), (Málaga), Cartagena (Murcia), Cáceres, Villanueva de los Arcos (Oviedo), Fuencaliente (Ciudad Real), Charches (Granada).—*Cinabrio* Almadén. (Ciudad Real), Langreo (Oviedo),—*Freislebenita*. Hiedelaencina (Guadalajara).

812 FONT Y SAGUÉ (D. NORBERTO).—*Excursió espeleológica á la Bancó, les Barbotes y cingles de Bertí*.—Un vol. en 8.º: BARCELONA, 1898.

813 GARCÍA DEL REAL (D. A.).—*El Puerto de Vacares*.—BOLETÍN DE LA INSTITUCIÓN LIBRE DE ENSEÑANZA, XXII: MADRID, 1898, páginas 550 á 552.

Sumario: Alrededores de Granada.—Güejar.—Minas de *La Estrella*.—Corral de Veleta.—Laguna y ventisquero de Vacares.—Cerro de la Alcazaba.

814 HAÜY (SR. R. JUSTO).—*Carta al naturalista español Don Francisco de Angulo* (Paris 11 de Abril de 1785) *acerca de varios estudios mineralógicos*.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 174 á 176.

815 HOYOS Y SÁINZ (DR. LUIS DE).—*Cráneos antiguos de Ciempozuelos é Itálica* (notas bibliográficas).—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, págs. 100 á 103.

La nota del Sr. Hoyos es un resumen de las observaciones de los Sres. Antón y Olóriz en los informes que acerca de varios descubrimientos practicados en las cercanías de Ciempozuelos y ruinas de Itálica dieron dichos señores á la Real Academia de la Historia en

1897, y que esta Corporación dió á conocer en su *Boletín* del mismo año.

816 HOYOS Y SÁINZ (DR. LUIS DE).—*Anuarios de bibliografía antropológica de España y Portugal, 1896 y 1897*.—ANALES DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT., 2.ª SERIE, IV (XXVI): MADRID, 1897 (publicado en Marzo de 1898), páginas 245 á 264.

Las relaciones del Sr. Hoyos comprenden la indicación sumaria de los títulos de las obras publicadas en España ó en el extranjero que perteneciendo á las materias de *Antropología general*, *Etnografía* y *Sociología*, *Lingüística* y *Prehistorica*, tratan de España y de los españoles de diversas épocas. Es de sentir que el autor no dé más que la indicación del título y la de la revista ó publicación periódica en que se halla el trabajo, pues por regla general no bastan estos datos para juzgar del contenido, y porque si el concienzudo antropólogo Sr. Hoyos diese el resumen de los artículos por él citados, ganarian seguramente con ello los que se dedican en nuestro país al estudio de esas cuestiones.

El citado autor presenta modestamente su trabajo como continuación, por decirlo así, de nuestro *Ensayo bibliográfico de Antropología prehistórica ibérica*; sin embargo, no es así, tanto por la indole misma de aquél, según se deduce del título y materias que tratan los *Anuarios*, como por comprender en ellos los trabajos debidos á extranjeros, siendo así que en el indicado *Ensayo* únicamente tienen cabida los de escritores españoles y portugueses, ó de los extranjeros nacionalizados en España y Portugal.

817 INGUNZA (D. ROMÁN DE).—*Memoria descriptiva é industrial de las capas de hulla enclavadas en las pertenencias de la mina Santa Ana, tercera de la cuenca de Hornachuelos (Córdoba)*: MADRID, 1898.—Un vol. de 61 páginas en 8.º y cuatro láminas aparte (planos y cortes geológico-mineros).

Corresponden á los asuntos que comprenden las presentes «Notas bibliográficas» los capítulos que denomina el Sr. Ingunza: Situación, naturaleza de las rocas y relaciones geológicas de la cuenca.—Capas de hulla que afloran y capas que no rompen el suelo.—Determinación de la edad de la hulla por la clasificación específica de las impresiones de vegetales fósiles encontrados en las orillas del muro

y techo de las capas.—Analogía de esta cuenca y otras importantes de la región meridional de España.

818 KILIAN (Sr. W.)—*Sur la présence de l'étage barrémien en Catalogne* (Acerca de la presencia del tramo barremiense en Cataluña).—BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3.<sup>a</sup> SERIE, XXVI: MADRID, 1898, pág. 581.

Dice que caracterizan este tramo, con facies pantanosa, una serie de *Heteroceras*, *Leptoceras* y otras formas que le han sido enviadas por el Dr. Almera, las cuales establecen un paralelo entre la fauna catalana y la de Wernsdorf, correspondiente á la zona del *Desm. difficile*.

819 LAPPARENT (SR. A. DE.)—*Hierro nativo y meteoritos* (versión española de D. MARCIAL DE OLAVARRÍA).—REVISTA CONTEMPORÁNEA, XXIV: MADRID, 1898.—Un vol. de 33 páginas en 8.º (en tirada aparte).

Encabeza la traducción el Sr. Olavarría con unas noticias acerca del fenómeno cósmico acaecido en Madrid el 10 de Febrero de 1896, y otras relativas á los meteoritos del *Cañón-Diablo* del Arizona, de los que posee ejemplares que forman parte de la notable colección de esta clase de cuerpos extraterrestres que expuso en la Exposición histórico-americana, que tuvo lugar en esta Corte con motivo del cuarto centenario del descubrimiento de América. El autor da además explicaciones de la causa que le mueve á presentar el trabajo del señor Lapparent, y que no es otra que generalizar las nuevas teorías que este sabio geólogo sostiene acerca de la constitución y origen de estos cuerpos.

820 MAC-DOWALL (SRTA. M. W.)—*Anaga y sus antigüedades*.—BOLETÍN DE LA SOC. GEOGR. DE MADRID: MADRID, 1898, págs. 42 á 55.

Sumario: Población pre-española.—Caverna de la ladera del Barro.—Llano de las Cancelas.—El Tagoror.—Cueva de la Visogue.—Corral de Icobro.—Las Magadas y las Magadillas.—Cueva de Juan Sánchez.—Cueva de los Palos.—Gruta sepulcral del Cabezo de los Muertos.—Gruta sepulcral del Vegeril.—Cueva sepulcral de la ladera de Ujana.—Costumbres primitivas conservadas por los actuales habitantes de Anaga.—El barranco de los Infernos.—La Caleta del Marrajo.—El Paso del Gamonal.—Morro de los Cerrilleros.

821 MAC-PHERSON (D. JOSÉ).—*Origen probable de las rocas cristali-*

linas.—ACTAS DE LA SOC. ESP. DE HIST. NAT.: MADRID, 1898, páginas 187 y 188.

Para explicar su teoría, que sólo da como hipótesis posible, parte del supuesto de haber experimentado la tierra en sus primeras épocas temperaturas cercanas á 5000º, tiempo durante el cual la química terrestre debería ser muy distinta de la actual por no poderse formar los cuerpos hoy conocidos, y en los que no existiría el agua ni los hidróxidos; pero cuando llegado el tiempo, por el enfriamiento gradual, en que estos últimos fueron posibles, y, sobre todo, aquél en que el agua se precipitó sobre la tierra bastante cálida, y se pusieron en contacto el agua y los hidróxidos por una parte, y los carburos y siliciuros metálicos por otra, se originarian en el fondo de aquellos mares primitivos la sedimentación especial que hoy se nos ofrece en la forma de neises, granitos, micacitas, etc., es decir, unos depósitos de origen químico, y no sedimentario ni aun mixto.

822 MADARIAGA (D. JUAN A. DE.)—*Datos de las avenidas en los ríos Segura y Guadaletín con motivo de los temporales de Enero de 1898*.—REVISTA DE MONTES, XXII: MADRID, 1898, págs. 256-241 y 265-268.

823 MALLADA (D. LUCAS).—*Explicación del Mapa geológico de España*.—III. *Sistemas devoniano y carbonífero*.—MEMORIAS DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP.: MADRID, 1897 (publicado en 1898).—Un vol. de 405 páginas en 4.º, con 37 grabados en el texto (cortes geológicos).

824 MARTEL (D. E. A.)—*Exploraciones subterráneas en Baleares y Cataluña* (traducción y notas de D. GABRIEL PUIG Y LARRAZ).—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.<sup>a</sup> SERIE, IV (XXIV): MADRID, 1897 (publicado en 1898), págs. 229 á 258, con dos grabados en el texto.—Una lámina (Plano de la caverna del Drach, cerca de Manacor).

Sumario: Prólogo de D. G. P. L.—BALEARES. Isla de Mallorca.—*La cova del Drach, La cova dels Coloms*.—La fuente submarina de la Murtra.—La caverna de Artá.—CATALUÑA. Cueva del Salitre.—*Foux de Bar*.

825 ——— *Exploraciones espeleológicas en Baleares y Cataluña*.—

BOLETIN DE LA SOC. GEOGR. DE MADRID, XL: MADRID, 1898, págs. 220 á 246, con dos grados en el texto y una lámina aparte.

Sumario: *La cova del Drach*.—*La cova des Coloms*.—Fuente subterránea de la Murtra.—Caverna de Artá.—Cavernas de Cataluña.

826 MARTÍNEZ NÚÑEZ (FR. ZACARIAS).—*La Antropología moderna*.—LA CIUDAD DE DIOS, XLV: SAN LORENZO DEL ESCORIAL, 1898, páginas 175 á 182, 321 á 331; XLVI, 1898, págs. 81 á 91, 241 á 251, 417 á 428; XLVII, 1898, págs. 487 á 496, 633 á 643 (en publicación).

Sumario: Herencia de los caracteres adquiridos.—Teoría de Weismann.—Mortalidad é inmortalidad de los infusorios.—La herencia de los caracteres adquiridos en zoología y en botánica.—El problema de la transmisión de caracteres.—¿Cuál es el vehículo de la transmisión?—Estudio del protoplasma.—La conjugación.—Maduración del óvulo.—Reducción cromática anterior al acto fecundante.—La fecundación.—La evolución del sexo.—Equivalencia de las substancias hereditarias.—Las teorías bio-químicas.—Teoría de Le Dantec.—Teorías de Janet, Tornier y Schater.—La teoría darwiniana.—Hipótesis de Vries.

827 NICKLÉS (SR. RENATO).—*Nota acerca de los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante* (traducida por D. R. SÁNCHEZ LOZANO).—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 5.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898), págs. 145 á 149. [Véase «Notas bibliográficas,» 1896, núm. 658.]

828 NOLAN (SR. H.).—*Noticia preliminar acerca de la isla Cabrera (Balears)*.—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, IV (XXIV): MADRID, 1897 (publicado en 1898), págs. 225 á 228, con un grabado en el texto (corte del cabo Falcón al Castillo).

229 OLAVARRÍA (D. MARCIAL).—*Huevos fósiles encontrados en Cevico de la Torre (provincia de Palencia)*.—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898), págs. 133 á 138.—Una lámina.

Sumario: Descripción del coto de la Horca.—Caracteres que presentan los veintisiete ejemplares recogidos.—Género probable de las aves á que pertenecen.

830 OSSUNA (D. M. DE).—*El problema de la Atlántida y geografía de la región de Anaga (Islas Canarias)*.—BOLETÍN DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO ARGENTINO, XVIII: BUENOS AIRES, 1897 (publicado en 1898), págs. 522 á 528.

831 PALACIOS (D. PEDRO).—*Observaciones acerca del terreno estrato-cristalino de la provincia de Navarra*.—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, III (XVIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898), págs. 139 á 143, con un grabado en el texto (corte geológico del monte de Arbeiza).

832 — *Descripción de algunos cefalópodos triásicos encontrados en España*.—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898), págs. 199 á 209, con dos láminas (*Trachyceras Vilanovæ*, d'Arch.; *Tr. hispanicum*, E. v. Mojsisovics; *Hungarites Pradoi (Ceratites Pradoanus)*, Mojsis.)

833 PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—*Los hipuritos de Cataluña, Compendio de los trabajos de M. H. Donvillé referentes á los rudistos*.—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898), págs. 211 á 278, con 55 grabados en el texto.

Sumario: Generalidades.—La evolución de los hipuritos.—Clasificación de los hipuritos.—Hipuritos con poros reticulares: Grupo del *Hippurites galloprovincialis*. Grupo del *Hippurites Moulinsi*.—Hipuritos con poros subreticulares.—Serie evolutiva de los hipuritos con poros reticulares y tramos cretáceos en que se hallan.—Hipuritos con poros poligonales: Grupo del *Hippurites sulcatus*. Grupo del *Hippurites sulcatoides*. Grupo del *Hippurites variabilis*. Grupo del *Hippurites resectus*. Grupo del *Hippurites Castroi*.—Hipuritos con poros lineales ó vermiculares. Grupo del *Hippurites canaliculatus*. Grupo del *Hippurites Arnaudi*. Subgrupo del *Hippurites turgidus*.—Resumen paleontológico.—Cretáceo de la región pirenaica.—Los géneros *Batolites* y *Pironea*.—Variaciones en la nomenclatura de las especies.

834 — *Observaciones á la nota del Sr. D. Eduardo Alfredo Martel acerca de sus exploraciones arqueológicas en Balears y Cataluña*.—BOLETÍN DE LA SOC. GEOGR. DE MADRID, XL: MADRID, 1898, páginas 247 á 259.

Sumario: Bibliografía físico-geográfica de las islas Baleares, especialmente de Mallorca.—Hipótesis del Sr. Saavedra acerca del primitivo destino de los *Talayots*.—Datos bibliográficos para el estudio de los *Nuraghi* de Cerdeña.—La finca de Miramar y la hospitalidad de S. A. el Archiduque Luis Salvador.—La Cala de Manacor (Porto Cristo del Sr. Martel).—Conocimiento de la caverna del Drach, anterior á 1878.—La vasija de barro encontrada por los Sres. Rius y Llorens en la *Cova del Drach*.—Descripción de la *Cova del Drach* ó *Covas de Manacor*, hecha en nuestra obra *Cavernas y simas de España* con anterioridad á las exploraciones del Sr. Martel.—Miramar y Ramón Lull (*Raimundo Lulio*).—La palabra provenzal *calanque*.—Los fósiles recogidos por el Sr. Martel y los datos del Sr. Hermite en sus *Estudios geológicos de las islas Baleares*.—Las atalayas (*guaytas*) y la época de su institución.—Descripción hecha por el Rey D. Jaime I en su *Crónica* acerca del asedio de las cuevas de Artá y Manacor.—Descripción de las *Covas de Artá* ó *Covas de la Ermita* (de la obra *Cavernas y simas de España*).—Historia del nombre de *Cueva del Salitre*, dado á la conocida caverna llamada *Cuevas de Montserrat* ó de *Collbató*.—La *Cova de Borgunyá* ó la *Foux de Bar*.

855 ROTHPLETZ (SR. A.) Y SIMONELLI (SR. V.)—*Formaciones de origen marino de la Gran Canaria* (traducción del alemán por DON PEDRO PALACIOS).—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1886 (publicado en 1898), págs. 1 á 85, con cinco grabados en el texto y dos láminas (*Trochocyathus cuculliformis*, n. sp.; *Sphenotrochus pharetra*, n. sp.; *Ostreæ Chili*, n. sp.; *Pectunculus insolitus*, May.; *Lucina (Jagonia) actinophora*, n. sp.; *Rothplezia rudista*, n. gen. et n. sp.; *Trivia canariensis*, n. sp.; *Peristermia atlantica*, n. sp.; *Marginella augustiformis*, n. sp.; *Olivella Chili*, n. sp.; *Chenolobia hemisphærica*, n. sp.; *Diodon sigma*, Martin).

Sumario: Generalidades.—ESTRATIGRAFÍA. *Planicie superior*. Serie sedimentaria en las inmediaciones de la ciudad de Las Palmas.—Capa de *Lithothamnium* ó *Lithophyllum*.—*Planicie inferior*. Caracteres de las rocas.—Roca impropia llamada «Oolita de la Gran Canaria.»—Opiniones de Leopoldo de Buch, Berthelot y K. von Fritsch.—Estudios macroscópico y microscópico de la roca practicados por los autores.—Origen probable.—Marga y caliza de las estepas.—Aspecto físico.—Opinión inadmisibles de Hartung y Lyell.—Fauna.—Flora.—Acciones química y mecánica para explicar la for-

mación del polvo calizo.—Origen de la caliza de las estepas.—Deducciones geológicas.—Comparación con los depósitos análogos de algunas islas atlánticas.—FAUNA. *Capas de la planicie superior*. Anthozoarios: *Trochocyathus cuculliformis*, n. sp.; *Sphenotrochus pharetra*, n. sp.—Equinodermos: *Dorocidaris tribuloides*, Lk.; *Clyspeaster altus*, Lk.; *Brissus*, sp. ind.—Briozoarios: *Fasciculipora*; *Eschara monilifera*, M. E.; *E. lamellosa*, Mich.; *Retepora cellulosa*, L.; *Celleporaria verrucosa*, Rss.; *Cupularia intermedia*, Mich.—Lamelibranchios: *Ostreæ (Lopha) hyotis*, L.; *O. Chili*, n. sp.; *Anomia ephippium*, L.; *Spondylus*, sp. ind.; *Lima (Radula) atlantica*, May.; *Pecten pusio*, L.; *P. af. Blumi*, May.; *P. pes-felis*, L.; *P. latissimus*, Broc.; *Janira Rhegiensis*, Seg.; *Pyris pyxidatus*, Broc.; *Pectunculus insolitus*, May.; *P. stellatus*, Gmelin; *Mytilocardia calyculata*, L.; *Crassatella*, sp. ind.; *Chama gryphoides*, L.; *Lucina (Jagonia) actinophora*, n. sp.; *L. (Codokia) leonina*, Bast.; *L. Bellardiana*, May.; *Cardium (Lævicardium) Hartungi*, May.; *Venus multilamella*, Lam.; *Mactra?* sp. nov.; *Eastonia mitis*, May.—Gasterópodos: *Fissurella graeca*, Lin.; *Haliotis tuberculata*, L.; *Trochus (Gibbula) patulus*, Br.; *Nerita plutonis*, Bast.; *N. grateloupana*, Fer.; *Solarium*, sp. ind.; *Mitrularia semicanalis*, Br.; *Rothplezia rudista*, nov. gen. et nov. sp.; *Hyponix sulcatus*, Bors.; *Cerithium varicosum*, Broc.; *Cerithiolum scabrum*, Olivi; *Triforis perversa*, L.; *Chenopus cf. pes-pellicani*, L.; *Strombus coronatus*, Defr.; *Trivia avellana*, Wood.; *Tr. canariensis*, nov. sp.; *Cassis (Semicassis) sulcosa*, Lam.; *Ranella (Lampas) scrobiculata*, L.; *Ran. (Aspa) marginata*, Mart.; *Nassa atlantica*, May.; *Cantharus variegatus*, Gray.; *Peristermia atlantica*, n. sp.; *Marginella augustiformis*, n. sp.; *Marginella*, sp. ind.; *Mitra Da-Costani*, n. sp.; *Uromitra recticostata*, Bell.; *Olivella Chili*, n. sp.; *O. stricta*, Bell.; *Ancillaria glandiformis*, Lam.; *Terebra Basteroti*, Nyst.; *Raphitoma perturrita*, Bronn.; *Conus (Lepto-conus) Puschi*, Michtl; *C. Reissi*, May.; *C. papilionaceus*, Brug.; *C. Eschwegi*, P. da Costa; *C. (Cheliconus) mediterraneus*, Hwas.; *Ringicula Hörnesi*, Seg.; *Bulla micromphalus*, May.—Crustáceos: *Balanus cf. perforatus*, Brug.; *Chenolobia hemisphærica*, n. sp.—Peces: *Oxyrhina plicatilis*, Ag.; *Oxyrhina*, sp. ind.; *Galeocерdo cf. Egertoni*, Ag.; *Chryso-phrys*, sp. ind.; *Nummo palatus africanus*, Cochi; *Diodon sigma*, Martin.—Deducciones: Géneros que no viven actualmente en la región lusitánica.—Especies vivientes.—Edad de las especies fósiles.—Comparación de las faunas fósiles de Gran Canaria, Madera



y Azores.—Estratos de Santa Catalina.—Arena y margas de la Isleta.

836 SAMLER BROW (SR. A.)—*Madeira and the Canary islands* (Islas Canarias y Madera).—Un vol. de XVIII-546 páginas en 8.º: LONDRES, 1898, con numerosos grabados en el texto y 16 mapas coloridos.

Comprendemos esta guía en nuestras «Notas bibliográficas,» por consistir las variaciones que presenta con las ediciones anteriores de la misma, en haber introducido en el texto noticias geológicas y mineralógicas referentes á diversas localidades de las islas Canarias y aumentado el número de las ilustraciones con un mapa geológico en bosquejo de las Canarias.

837 SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—*Nota sobre algunos criaderos argentíferos de los términos de la Acebeda y Robregordo en la provincia de Madrid.*—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898), págs. 151 á 166, con un grabado en el texto.

Sumario: Descripción física de la comarca.—Reseña geológica.—Descripción de las minas: 1.º Parte histórica. 2.º Datos acerca de las minas *Maria Josefa, Socavón San José, Pozo Antonia, Pozos Maestro y San Francisco, Pozos de la Felicidad, Virgen del Carmen, San Antonio y San Francisco, Mina La Caridad, Mina La Esperanza.*—Minerales: Datos macroscópicos.—Resultado de los ensayos.—Resumen y conclusiones.

838 SCHLUMBERGER (SR. C.)—*Note sur le genre «Meandropsina» Mun.-Chalm. n. g.* (Nota acerca del genero *Meandropsina* Mun.-Chalm., nov. gen.)—BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3.ª SERIE, XXVI: PARÍS, 1898, págs. 336 á 359.—Dos láminas (*Meandropsina Nidali*, n. sp.)

Los fósiles descritos por el Sr. Schlumberger corresponden al tramo senonense de Tragó de Noguera (provincia de Lérida), y han sido recogidos por el Sr. D. Luis Mariano Vidal.

839 SCHRODT (SR. J.)—*Datos para el estudio de la fauna pliocena del Sur de España* (traducción del alemán por D. PEDRO PALACIOS).—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, III (XXIII): MADRID, 1896 (publicado en 1898), págs. 85 á 131.—Dos láminas (*Pelosina apiculata*, n. sp.; *Textilaria sphaerica*, n. sp.; *Hippocrepi-*

*na constricta*, n. sp.; *Marginulina acuminata*, n. sp.; *Mar. ventricosa*, n. sp.; *Mar. curvata*, n. sp.; *Mar. problematica*, n. sp.; *Mar. Pecketti*, n. sp.; *Lingulina alata*, n. sp.; *Cristellaria Maldenhaueri*, n. sp.; *Vaginulina striatissima*, n. sp.; *Polystomella iberica*, n. sp.; *Vaginulina margaritifera*, Batsch.; *Dimorphina tuberosa*, d'Orb.; *Rhabdogonium tricarinatum*, d'Orb.; *Nodosaria Ewaldi*, Rss.; *Tritaxia lepida*, Brady.; *Truncatulina agglutinans*, Schrod.; *Oxyrhina hastalis*, Ag.)

Sumario: Disposición estratigráfica de las capas pliocenas de la comarca de Vera.—Lista comparativa de los foraminíferos del plioceno de Garrucha y de los reconocidos en otras localidades.—Comparación entre el yacimiento de Garrucha y los de otras regiones.—Profundidad á que se sedimentaron las margas de Garrucha.—Edad geológica de las margas de Garrucha.—Observaciones acerca de algunos foraminíferos que en este trabajo se mencionan, y descripción de las especies y variedades nuevas: *Astrorhizidos.*—*Miliólidos.*—*Textiláridos.*—*Lituólidos.*—*Nodosáridos.*—Formas de transición entre las nodosarias y las marginulinas.—*Globigerinidos.*—*Rotálidos.*—*Numulitidos.*

Conclusiones: 1.ª Las margas de Garrucha que constituyen la base del plioceno, representan una formación cuyo depósito tuvo lugar en aguas marinas á gran profundidad. 2.ª En los alrededores de Cuevas se marca una formación sabulosa. 3.ª Cerca de Vera, la fauna, rica en briozoarios, supone una profundidad menor del mar. Y 4.ª Las masas de conglomerados con fósiles de los géneros *Patella* y *Trochus* de la rambla del Esparto, acusan una sedimentación exclusivamente litoral.

840 SORALUCE (D. PEDRO MANUEL DE).—*Excursiones á la Peña de Aya (Ayako Arriga).*—EUSKAL ERRIA, XXXIX: SAN SEBASTIÁN, 1898, págs. 490 á 494, 530 á 534, 602 á 605 (en publicación).

Sumario: Picos que forman el peñascal del Aya: *Iru-mugieta, Chururumuru* y *Errolbide.*—Caminos conocidos.—Excursión á Arichulegui y al Errolbide: Oyarzun, Fuente de *Zulochiki-iturriya.*—Rio Oarso.—Minas romanas de *Ardi-iturri.*—Pradera de Arichulegui. Mesa de Enarrigaña.

841 — *Expedición al Adarra.*—EUSKAL ERRIA, XXXVIII: SAN SEBASTIÁN, 1898, págs. 241 á 247, 278 á 282.

842 SOUVIRÓN (D. RAFAEL).—*Sierra Almagrera*.—REVISTA MINERA, METAL. Y DE ING., SERIE C, XVI (XLIX): MADRID, 1898, páginas 273 y 274, 280 y 281, 320 y 322, 328 y 330.

El trabajo del Sr. Souvirón tiene mayores dimensiones de las que consignamos, pues su objeto principal es describir la galería general de desagüe; no señalando nosotros más que lo correspondiente á las materias que comprenden las presentes «Notas bibliográficas.»

Sumario: *Bosquejo general*. Descripción física de la comarca.—Caracteres petrográficos de las rocas que la constituyen.—Grietas y fallas.—*Filonos y menas*. Mineral dominante.—Minerales accesorios.—Efectos de las influencias atmosféricas en los crestones.—Grupos principales de criaderos.—Metalización irregular de los criaderos.—*Las aguas subterráneas*. Análisis reciente de las aguas.—Caracteres de las mismas, distintos de las del mar.—Origen probable.—Curso subterráneo.—Acciones químicas y mecánicas de las aguas.—Efectos terapéuticos.—*Volumen total y régimen de las aguas interiores*.

843 SPENDER (SR. HAROLD) y SMITH (SR. H. LLEWELLYN).—*Through the High Pyrenees* (A través de los altos Pirineos): LONDRES, 1898.—Un vol. de XII-370 páginas en 8.º, con grabados en el texto y un mapa.

Describe sus excursiones por los llamados altos Pirineos y la república de Andorra, conteniendo curiosas noticias acerca de esta región.

844 STUART-MENTEATH (SR. P. W.).—*La nueva geología francesa*.—REVISTA MIN., METAL. Y DE ING., SERIE C, XVI (XLIX): MADRID, 1898, págs. 368 a 370.

845 — *Progrès de la géologie dans les Pyrénées* (Progreso de los estudios geológicos acerca de los Pirineos).—BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 5.ª SERIE, XXVI: PARÍS, 1898, págs. 877 á 879.

846 — *Sur la tectonique des Pyrénées* (Acerca de las formas orográficas de los Pirineos).—BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 5.ª SERIE, XXVI: PARÍS, 1898, págs. 453 y 454, 582 á 584.

847 — *Sur le sens du refoulement dans les Pyrénées* (Acerca de la dirección de la compresión en los Pirineos).—BULL. DE LA

SOC. GÉOL. DE FRANCE, 5.ª SERIE, XXVI: PARÍS, 1898, páginas 46 y 47.

848 STUART-MENTEATH (SR. P. W.).—*Sur les ophites de la Navarre* (Acerca de las ofitas de Navarra).—BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 5.ª SERIE, XXVI: PARÍS, 1898, págs. 55 á 57.

849 THOS Y CODINA (D. SILVINO).—*Sobre la explotación de las sales de potasa en los criaderos de sal gemma de Starsfurt*.—MEMORIAS DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES DE BARCELONA, II: BARCELONA, 1898, págs. 319 á 355, con dos láminas (cortes geológicos).

850 — *Breves indicaciones sobre hidrología del campo de Tarragona*.—Un vol. en 4.º: BARCELONA, 1898.

851 — *Estudio de los movimientos ocurridos en 1894 en los terrenos de la montaña de Montjuich anexos al cementerio del Sudoeste y medios de evitar su reproducción*.—Un folleto en 4.º: BARCELONA, 1898.

852 ALMERA (DR. D. JAIME) y BOFILL (D. ARTURO).—*Moluscos fósiles recogidos en los terrenos pliocenos de Cataluña*.—BOLETÍN DE LA COM. DEL MAPA GEOL. DE ESP., 2.ª SERIE, IV (XXIV): MADRID, 1897 (publicado en 1898), págs. 1 á 223.—14 láminas.

Sumario: Prólogo.—Pterópodos.—Gasterópodos.—Lamelibranchios.—Braquiópodos.—Cuadro de la distribución cronológica de las especies.—Índice alfabético de los géneros, especies, variedades y sinonimias.

# INDICE GEOGRAFICO

## PROVINCIAS

|                  |                                                                 |
|------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Albacete.....    | núm. 844.                                                       |
| Alicante.....    | núm. 827.                                                       |
| Almería.....     | núms. 798, 827, 839, 842.                                       |
| Avila.....       | núm. 774.                                                       |
| Badajoz.....     | núms. 794, 797, 798, 839.                                       |
| Baleares.....    | núms. 844, 824, 825, 828, 834.                                  |
| Barcelona.....   | núms. 772, 773, 775, 777, 786, 799, 812, 824,<br>825, 834, 854. |
| Burgos.....      | núm. 798.                                                       |
| Cáceres.....     | núms. 797, 844.                                                 |
| Canarias.....    | núms. 820, 830, 835, 836.                                       |
| Ciudad Real..... | núm. 844.                                                       |
| Córdoba.....     | núm. 847.                                                       |
| Gerona.....      | núms. 772, 773, 789, 798, 844.                                  |
| Granada.....     | núms. 844, 843, 827.                                            |
| Guadalajara..... | núms. 793, 794, 844.                                            |
| Guipúzcoa.....   | núms. 840, 844.                                                 |
| Huelva.....      | núms. 778, 798, 844.                                            |
| Jaén.....        | núm. 844.                                                       |
| Lérida.....      | núms. 773, 838.                                                 |
| Lugo.....        | núm. 844.                                                       |
| Madrid.....      | núms. 844, 845, 837.                                            |
| Málaga.....      | núms. 798, 800, 804, 802, 803, 844.                             |
| Murcia.....      | núms. 795, 844, 822, 827, 842.                                  |
| Navarra.....     | núms. 844, 834, 848.                                            |
| Oviedo.....      | núms. 784, 785, 798, 844.                                       |
| Palencia.....    | núm. 829.                                                       |
| Salamanca.....   | núm. 798.                                                       |
| Segovia.....     | núm. 798.                                                       |
| Sevilla.....     | núms. 798, 807, 845.                                            |
| Soria.....       | núm. 844.                                                       |
| Tarragona.....   | núm. 850.                                                       |

|               |                 |
|---------------|-----------------|
| Teruel.....   | núms. 808, 811. |
| Valencia..... | núms. 788, 811. |
| Vizcaya.....  | núm. 811.       |
| Zamora.....   | núm. 811.       |
| Zaragoza..... | núms. 808, 811. |

## REGIONES

|                        |                                                                                                    |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| España en general..... | núms. 791, 792, 796, 804, 811, 816, 823, 832.                                                      |
| Andalucía.....         | núms. 778, 798, 800, 804, 802, 803, 807, 813,<br>839, 842, 852.                                    |
| Aragón.....            | núm. 808.                                                                                          |
| Asturias.....          | núms. 784, 785.                                                                                    |
| Canarias.....          | núms. 820, 830, 835, 836.                                                                          |
| Castillas.....         | núms. 793, 794, 798, 837.                                                                          |
| Cataluña.....          | núms. 772, 773, 775, 776, 777, 779, 780, 781,<br>782, 786, 787, 789, 799, 806, 818, 824, 833, 834. |
| Extremadura.....       | núm. 737.                                                                                          |
| León.....              | núms. 798, 829.                                                                                    |
| Murcia.....            | núm. 795.                                                                                          |
| Navarra.....           | núm. 834.                                                                                          |
| Valencia.....          | núm. 788.                                                                                          |
| Vascongadas.....       | núms. 783, 840, 841.                                                                               |
| Pirineos.....          | núms. 806, 809, 843, 845, 846.                                                                     |
| Filipinas.....         | núm. 803.                                                                                          |
| Antillas.....          | núm. 711.                                                                                          |

## INDICE

## DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN EL TOMO V (2.ª SERIE)

|                                                                                                                                                                                                              | Páginas. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Las aguas de España y Portugal, por D. Horacio Bentabol y Ureta..                                                                                                                                            | XI       |
| Datos referentes á diversas cavernas de la provincia de Segovia, y particularmente de la conocida con el nombre de Cueva de la Solana de la Angostura, en el término de Encinas, por D. Tomás Llorente. .... | 349      |
| Notas bibliográficas, 1898, por D. Gabriel Puig y Latraz. ....                                                                                                                                               | 377      |

# ÍNDICE

## DE LAS LÁMINAS CONTENIDAS EN EL TOMO V (2.ª SERIE)

|                                                                                        | Láminas. |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Mapa eudiométrico é hipsométrico de España y Portugal.                                 |          |
| Estaciones prehistóricas de Encinas (Segovia).—Cueva de la Solana de la Angostura..... | I        |
| Estaciones prehistóricas de Encinas (Segovia).—Cabeceras de Encinas. ....              | II       |



## ESTACIONES PREHISTÓRICAS DE ENCINAS (SEGOVIA)

## CUEVA DE LA SOLANA DE LA ANGOSTURA



*Fot. de Hauser y Menel.-Madrid*

1. Cráneo humano de perfil  $\frac{1}{3}$ .—2. Otro cráneo humano visto por encima  $\frac{1}{3}$ .—3 y 4 Hachas de piedra  $\frac{1}{2}$ .—5. Punta de flecha de piedra  $\frac{1}{2}$ .—6 y 7. Fragmentos de vasijas de barro cocido  $\frac{1}{2}$ .

## ESTACIONES PREHISTÓRICAS DE ENCINAS (SEGOVIA)

## CABECERAS DE ENCINAS



1



3



4



5



8



7



6

2



Fot. de Hauser y Menet.-Madrid

1. Cráneo humano de perfil  $\frac{1}{3}$ .—2. Otro cráneo humano visto por encima  $\frac{1}{3}$ .—3 y 4. dos cuchillos de piedra  $\frac{1}{2}$ .—5. Punta de flecha de piedra  $\frac{1}{2}$ .—6. Hacha de piedra  $\frac{1}{2}$ .—7 y 8. Fragmentos de vasijas de barro cocido  $\frac{1}{2}$ .

**MAPA EUDIOMÉTRICO É HIPSOMÉTRICO DE ESPAÑA Y PORTUGAL**  
 Reducido del trazado por el Excmo. Sr. D. FEDERICO DE BOTELLA, para la obra Las aguas de España, por HORACIO BENTABOL

