

Aguas subterráneas y aguas superficiales

Es de tal importancia para la vida y para el desarrollo económico de un país el contar con recursos hidráulicos suficientes, que cuando la Naturaleza se muestra avara en esta materia, el problema del aprovechamiento integral de esos recursos pasa a primera línea y llega a dominar completamente a todos los demás. Tal es el caso de los países áridos, entre los cuales se encuentra, como es bien sabido, una considerable extensión de nuestra Península.

Pero para plantear con acierto el problema, que es la primera condición para resolverlo, lo primero es darse cuenta exacta de las formas distintas en que esos recursos pueden presentarse y de la magnitud relativa de los suministros que cada una de ellas puede proporcionar; bien entendido que todos deben ser convenientemente aprovechados, dentro de las ineludibles limitaciones económicas.

Por regla general, sólo se conocen bien las necesidades sentidas y los medios que de ordinario se ponen en práctica para satisfacerlas; pero en los países áridos todas las aguas que han podido aprovecharse de esa manera se encuentran ya casi completamente aprovechadas, y pocos progresos pueden realizarse en la materia sin acudir a recursos nuevos o a nuevas modalidades de la técnica que permitan perfeccionar los aprovechamientos existentes.

En tales casos es cuando es más precisa una orientación que permita estimar en su verdadero valor las distintas actividades que han de concurrir al fin perseguido. Por falta de ella, se exagera unas veces la esperanza y se cae otras en el desaliento, apartándose de uno y otro modo de la senda más conveniente y eficaz.

No será, por consiguiente, inútil atraer la atención sobre esas materias, aunque algunas de las observaciones que hemos de hacer son sobradamente conocidas de los especialistas; porque todavía, en público o en privado, se emiten afirmaciones que demuestran que no todas son suficientemente conocidas, o por lo menos no bastante apreciadas, especialmente en su aspecto cuantitativo, que es casi siempre, en las cuestiones prácticas, el más importante.

Entrando ya en el estudio concreto del asunto, bien sabido es de todos que el origen de todas las aguas que el hombre utiliza es la condensación del vapor existente en el aire. Este vapor procede, en su mayor parte, del mar; casi podríamos decir que exclusivamente; porque si es cierto que la evaporación de las aguas continentales contribuye también a aumentar la humedad atmosférica, no lo es menos que este vapor es arrastrado por el viento, condición sin la cual la evaporación no podría prolongarse; y como, por otra parte, del agua caída no toda se evapora, sino que una parte corre por la superficie hasta los ríos que la conducen al mar, resultaría con toda evidencia que, sin los aportes de aire marino, los continentes se desecarían rápidamente.

Existe, sin embargo, entre mucha gente la idea más o menos confusa de un constante cambio de humedad entre la tierra y la atmósfera, una especie de ciclo en sentido vertical, que es el que ha hecho concebir proyectos de modificar el clima de un país, y especialmente la cuantía de sus lluvias, por el esta-

blecimiento de grandes superficies de evaporación, inundación de depresiones por bajo del nivel del mar, construcción de embalses, zonas de riego, repoblación forestal, etc. Conocido el mecanismo del fenómeno, es evidente que agua que se entrega a la evaporación es agua que se pierde y que difícilmente se recupera, y que tales empresas podrán tener en sí mismas, en determinados casos, finalidad que las aconseje, pero no podrán ser del más mínimo auxilio para procurar un aumento de agua meteórica.

Si, pues, el agua nos viene del mar, si son los vientos marinos su natural vehículo y si estos vientos son el resultado de la circulación general de la atmósfera, es claro que el hombre nada puede hacer para variar la situación que se encuentra, y que sólo está en su mano el aprovecharla hasta donde le sea posible.

Todas estas causas contribuyen a suministrar al aire su humedad. Otra circunstancia que conviene tener muy en cuenta es que, de ordinario, la cantidad de agua contenida en el aire es relativamente pequeña, insuficiente las más de las veces, aunque toda ella se condensara, para producir lluvias de la importancia que, en ocasiones, alcanzan éstas en los mismos países secos. Tales lluvias sólo son posibles por el establecimiento de vientos húmedos, que constantemente renuevan la provisión de vapores que alimenta la condensación.

Lo contrario parece algunas veces evidente, sobre todo en tiempo de nubes que no llegan a precipitarse en lluvia. La magnitud aparente de la nube provoca la idea de cantidades de agua considerables sostenidas en la atmósfera por misterioso mecanismo que les impide aglomerarse y caer. Sólo falta, al parecer, la chispa que produzca la explosión: la energía está allí acumulada. Esas apariencias son las que han inspirado los intentos de producir artificialmente la lluvia, dando lugar a infructuosos ensayos, acometidos de buena fe, y a explotaciones no tan disculpables, que sólo han podido tener acogida porque las apadrinaba el prejuicio.

Todo el misterio de la nube consiste, sin embargo, en que está constituida por minúsculas gotitas, que sólo con gran lentitud pueden caer, venciendo la resistencia del aire, que la más ligera corriente ascensional detiene, y que la evaporación disipa, si al bajar llegan a regiones del aire donde no existen ya las condiciones que provocan la condensación.

La separación de esas gotitas es de ordinario considerable, en relación con su diámetro, y la cantidad total de agua que representan es insignificante, como el espesor de la nube no sea considerable, del orden, por lo menos, del medio kilómetro; y cuando así ocurre, no es necesario ya que el hombre intervenga, porque entonces naturalmente llueve.

La única intervención eficaz, si fuera posible, sería la que tuviera por efecto aumentar la cantidad de vapor condensado y, con ella, el espesor de la nube; pero para eso sería preciso absorber las cantidades de calor considerables que la condensación supone: unas 600 calorías por cada litro de agua. La Naturaleza realiza esta condición, mediante la expansión adiabática del aire, provocada por fuerzas colosales

que el hombre no tiene a su alcance en esa proporción, y que, aun aplicadas en escala reducida, suministrarían el agua a un precio inasequible para la mayor parte de los usos a que pudiera ser destinada.

Ni, pues, desde la superficie de la tierra, ni en el seno de la atmósfera cabe hacer nada para aumentar de modo sensible las aguas meteóricas; pero, ya en el suelo, el agua cae más bajo el dominio del hombre, aunque siempre sometida a causas constantes de pérdida, que si, en cierta medida, se podrán atenuar, no será nunca factible anular por completo.

De las formas diversas en que el agua llega al suelo, es la lluvia, incluyendo en ella la nieve y el granizo, la que es, con mucho, la más importante. La condensación directa, productora del rocío y de la escarcha, sólo proporciona cantidades mínimas, en ocasiones, útiles; pero que, en su mayor parte, son perdidas por la evaporación del día siguiente. Las nieblas no son, en definitiva, sino nubes en contacto con el suelo, a las que puede aplicarse cuanto de las nubes hemos dicho.

Todavía se ha pretendido que la condensación podría tener lugar en el interior mismo del terreno y ser origen directo de aguas subterráneas. Jefe de esta escuela fué, a mediados del pasado siglo, el alemán Volger, que atribuía a esta causa todas las aguas del subsuelo y que llegó a afirmar que ni una sola gota de lluvia llegaba a pasar a las capas subterráneas. La exageración era evidente y su opinión no ha prevalecido; pero todavía cuenta con algunos atenuados partidarios. Sin embargo, la dificultad de la renovación del aire en el interior del terreno, la temperatura relativamente constante del mismo y su aumento con la profundidad, no parece que permitan suponer que puedan producirse en esas condiciones condensaciones de importancia, con el correspondiente desprendimiento de calor, cuya difusión no se ve muy fácil. En cambio, la relación de pozos y manantiales con las lluvias es, en muchos casos, evidente, y aunque los fenómenos resulten más complejos que lo que las primeras apariencias indican, todavía hay que reconocer a la filtración de las aguas de superficie como el origen más importante de las aguas subterráneas.

Y no sólo en lo que a las aguas subterráneas se refiere, sino también en lo tocante a las aguas de su superficie, se habla hoy por algunos de *precipitaciones ocultas*, entendiendo por tales las que no llega a recoger el pluviómetro, y que serían en definitiva las condensaciones directas de que antes hemos hablado; pero la mayor parte de los argumentos que se han aducido en su favor son datos incompletos, con los que se pretende probar que determinados manantiales o corrientes poseen un caudal mayor que el que la lluvia podría suministrarles, sin considerar las más de las veces que uno o muy pocos pluviómetros no bastan para dar cuenta de la cuantía total ni de la distribución de la lluvia, sobre todo cuando se trata de regiones montañosas, donde esta distribución puede llegar a ser considerablemente irregular.

Hasta ahora, pues, nada demuestra que no pueda ser considerada la lluvia como el origen de todas las aguas que el hombre utiliza, y es desde luego indudable que, por lo menos, constituye la fuente principal.

La lluvia es aprovechada directamente por la Agricultura, y los métodos de cultivo tienen en gran parte por objeto administrarla debidamente en

beneficio de la planta, ya almacenando el agua en el suelo, para subvenir a sus necesidades futuras, ya procurando alejarla y sanear el terreno, cuando las circunstancias meteorológicas y topográficas así lo aconsejan. Esta última es, de ordinario, la preocupación predominante en los países húmedos, donde el drenaje de las tierras adquiere extraordinaria importancia, hasta el extremo de merecer estímulos y auxilios del poder público, como ocurrió en Inglaterra a mediados del pasado siglo, cuando, a pesar del marcado individualismo y de las ideas económicas entonces dominantes, poco favorables a toda clase de intervencionismo, el Gobierno acudió en ayuda de los agricultores con importantes sumas, para favorecer y facilitar sus actividades en este sentido.

En los países áridos, por el contrario, el hombre lucha por conservar el agua, que se mantiene en defecto durante la mayor parte del año, limitando la producción y poniendo en peligro las cosechas; y de aquí han nacido prácticas, más o menos conscientemente seguidas en todos los tiempos, y que moderadamente tienden a sistematizarse y perfeccionarse, constituyéndose así los diferentes métodos conocidos con el nombre inglés de *Dry farming*, y que no son otra cosa que la organización racional del cultivo de secano.

Pero por mucha que sean la diligencia y la inteligencia del agricultor, es difícil, si no imposible, el aprovechar la totalidad del agua que llega al suelo: una parte se pierde en él por evaporación y a otra hay que dar salida, porque la irregularidad del fenómeno de la lluvia hace que, aun en los países áridos, y a veces muy especialmente en ellos, se presenten en cortos períodos excesos considerables de agua meteórica.

La realmente aprovechada es siempre relativamente pequeña. La producción de 15 hectolitros de trigo exigiría, según datos medios de diversos observadores, un consumo por la planta de unos 500 metros cúbicos de agua. Como la planta no produce sólo grano, y también consume agua para el desarrollo de sus demás órganos y tejidos, el consumo total podrá duplicarse; pero, aun en ese caso, una cosecha de esa cuantía por hectárea no exigiría teóricamente sino una lluvia de 100 milímetros. Sin embargo, los métodos más perfectos del *Dry farming* apenas si permiten obtenerla, si la lluvia media de la región no alcanza los 300 milímetros. Hemos aquí detenidos ante un rendimiento del 33 por 100. Si el cultivo no es inteligente y cuidadoso, si queda en gran parte abandonado a las eventualidades del tiempo y a las condiciones naturales del terreno, este rendimiento disminuye todavía, y una cosecha de esa magnitud puede no alcanzarse ni con 400 milímetros.

No todo el terreno se encuentra cultivado: una parte está completamente desnuda y otra mantiene una vegetación espontánea, que actúa en forma análoga a la de los terrenos de cultivo, aunque de ordinario con un coeficiente de aprovechamiento menor. Así resulta que, por unas y otras causas, siempre hay aguas que no se aprovechan por la Agricultura, y que son las que prestan su caudal a los ríos.

Cuando se compara la cantidad total del agua caída con la que los ríos conducen al mar, se observa desde luego un déficit considerable. Murray calculaba en 1889 que, como término medio para todos los ríos del mundo, la proporción de la lluvia desaguada no pasaba del 22 por 100, aunque podía exceder del 40

en las regiones húmedas y en ríos alimentados por nieves permanentes, alguno de los cuales, como el Ródano, parecía alcanzar el 60 por 100. En los países áridos, este rendimiento puede quedar reducido a sólo algunas centésimas, y aun anularse por completo en cuencas pequeñas y en años extraordinariamente secos.

En España, estudiando el quinquenio de 1916 a 1920, he obtenido un coeficiente medio de 0,28, no sin que queden algunas dudas respecto de determinadas estaciones de aforo, que parece que arrojan un caudal algo excesivo. Quizá no fuera prudente contar con más de 0,25, y aun habría que tener en cuenta que este coeficiente disminuye bastante en las regiones más secas de nuestra Península. Para la cuenca del Guadiana no parece pasar de 0,15 y hay estaciones en que ni a 0,10 llega.

Ante cifras tan reducidas, cabe preguntar qué se hace del resto de la lluvia, resto que, como vemos, es, con mucho, la parte principal. Lo que las plantas directamente evaporan, teniendo en cuenta las superficies desnudas y las cubiertas de vegetación espontánea, no parece que pueda explicar para el conjunto del país un consumo mayor del 15 por 100 de la lluvia, de modo que siempre quedaría un 60 por 100 de pérdidas, cuyas causas habría que investigar y que clasificar.

Las más importantes de esas pérdidas son, sin duda alguna, las debidas a la evaporación. Si hubiéramos de limitarnos a los datos que proporciona la observación del evaporímetro ordinario, no sería preciso más para explicar toda la pérdida, y aun para quedar maravillados de que no fuera mayor. Con raras excepciones, correspondientes todas a la vertiente cantábrica, cuya humedad forma contraste con la del resto de la Península, todas las observaciones hechas concuerdan en el registro de alturas de evaporación superiores a la de la lluvia. Se llega a veces al doble y al triple, en ocasiones al quintuplo, y se comprende entonces que, si llega el agua a los ríos, es porque la lluvia se produce con discontinuidad, y acumulada en poco tiempo puede alcanzar volumen suficiente para escapar a la evaporación, que lentamente la consumiría si se repartiera con mayor uniformidad en el tiempo.

La considerable importancia de la evaporación en nuestro país fué bien señalada por el Sr. Bentabol en su libro *Las aguas de España y Portugal*, publicado en 1900. Ponerla de relieve parece ser la preocupación que se revela en casi todas sus páginas; pero si en este particular vió el Sr. Bentabol claramente el problema, no estuvo ya tan acertado en las conclusiones a que llega y en los medios que propone para combatir el mal, sin duda porque su preparación científica y profesional le llevaban a sobrestimar determinados aspectos del problema.

Con una aparente lógica, el Sr. Bentabol venía a decir: Si es la evaporación la causa principal de pérdida, y si la evaporación sólo tiene lugar por la superficie del agua y en presencia del aire, con hacer penetrar el agua en el terreno a profundidad suficiente para que la evaporación no la alcance, se la habrá sustraído a un estéril consumo y se la tendrá disponible, cuando haga falta, mediante métodos de captación adecuados. Para conseguir ese fin, proponía una porción de medios conducentes todos a provocar y a favorecer la infiltración en el terreno de las aguas de lluvia.

Al mismo tiempo, procurando darse cuenta de la manera como el agua se repartía entre la evaporación y los desagües superficial y subterráneo, llegaba, por consideraciones que juzgaba prudentes, a una distribución media de la lluvia, para toda España, del tenor siguiente:

Evaporación.....	45 por 100
Desagüe superficial.....	35 »
Aguas subterráneas.....	20 »

De modo que si, utilizando los métodos que preconizaba, se consiguiera sustraer a la evaporación sólo la tercera parte del agua que en la actualidad es presa de ella, y esta parte viniera a aumentar el caudal subterráneo, llegaría éste a igualar en importancia al caudal superficial; en realidad, a superarle; porque, como ya hemos visto, la proporción del desagüe superficial es notoriamente inferior a la cifra que el Sr. Bentabol le atribuye.

Las aguas subterráneas pasarían así a primera línea en la resolución definitiva del problema hidrológico de España.

Aunque los procedimientos propuestos por el señor Bentabol no hayan llegado a tener defensores decididos, sus cifras se repiten todavía hoy, y vale la pena de someterlas a la crítica. Desde luego, hemos dicho ya que en ellas se sobrestima el caudal superficial; a mi juicio, se exagera todavía mucho más el caudal subterráneo.

No he de negar que, en algunos terrenos excesivamente permeables, pueda infiltrarse el 20 por 100 y aun más del agua llovida. En regiones de calizas fisuradas puede desaparecer todo desagüe visible y ser sustituido por una circulación profunda, a favor de las grietas y oquedades del terreno, que llegan a veces a constituir verdaderos cauces subterráneos. Es clásico en Europa el ejemplo del Carso, y en España no faltan casos de ríos de algún caudal que, a poco que disminuya, desaparecen en simas o cavernas, como el Cerneja en la provincia de Burgos, o el Gadares en la serranía de Ronda, en la proximidad de los límites de las provincias de Cádiz y Málaga; pero éstos suelen ser casos relativamente excepcionales, que se citan a título de curiosidad y que pueden figurar como tales en repertorios de instrucción y recreo sobre las maravillas de la Naturaleza. Apenas si deberán ser tomados en cuenta cuando se trate de determinar cifras aplicables a la totalidad de un país.

Desgraciadamente, las observaciones en esta materia no son ni muy numerosas ni suficientemente exactas. No hace muchos años, hacía notar Andrimont la enorme divergencia que a veces existe entre las apreciaciones de los especialistas, aun tratándose de capas acuíferas tan completamente estudiadas como la cretácica que corre al norte de la ciudad de Lieja, y de la cual toma su agua el abastecimiento de dicha población, pues mientras unos estiman su rendimiento en el 25 por 100 del agua caída, otros lo elevan hasta el 50 por 100; y con este motivo echaba de menos la existencia de métodos precisos para poder hacer estas evaluaciones.

De todos modos, las cifras que acabamos de apuntar se refieren también a un caso de excepción, y no podrían servir de base a ningún cálculo de carácter general. Más pertinente sería a este efecto una apreciación ya antigua del célebre abate Paramelle, a la que da, sin embargo, bastante autoridad la prolon-

gada práctica, en muchos casos feliz, del famoso hidrólogo.

Durante mucho tiempo, según él mismo nos cuenta, se dedicó a observar las cantidades de agua que producen las mesetas situadas sobre montañas o colinas aisladas, donde le era fácil cubicar el agua de cada fuente y medir la superficie de la cuenca que la producía. El resultado general de sus observaciones lo enunciaba diciendo que, en estas mesetas, recubiertas de una capa de dos hasta siete u ocho metros de espesor de terreno detrítico, reposando sobre una capa impermeable, había encontrado, por cada 5 hectáreas, un caudal permanente de 4 litros de agua por minuto; y como la lluvia, en las regiones francesas frecuentadas por Paramelle, alcanza alturas aproximadas a los 800 milímetros, resultaría que la proporción de agua que viniera a mantener la capa subterránea no pasaría del 5 por 100 de la lluvia.

Todavía, si se tratara de calcular el total del agua que llega a la capa impermeable, habría tal vez que elevar esa cifra hasta 7 u 8 por 100, para tener en cuenta los períodos de aguas altas, que sólo se extienden sobre determinados meses del año, y es posible que este cálculo resultara un poco exagerado; porque las fluctuaciones del caudal subterráneo, en las condiciones supuestas, suelen ser menores que las de las corrientes superficiales, y porque Francia es, en general, un país de lluvias continuas, donde, por esta causa, esas mismas fluctuaciones se acentúan menos que donde existe una estación marcadamente seca.

Pero no habría que deducir de aquí que ese 8 por 100 pudiera considerarse como una media: los datos de Paramelle se refieren al «producto ordinario de los terrenos *más favorables* a las fuentes», y es él mismo el que se encarga de hacer notar que sus cifras son un máximo; porque «hay terrenos—dice—tan compactos e impenetrables, que ni 20 ni 100 hectáreas de extensión producen la menor fuente».

Si quisiéramos, a la vista de estos datos, escoger un término medio prudente, aplicable a toda Francia, no podríamos pasar, probablemente, ni del 4 por 100, y aun habría que hacer observar que, desde el punto de vista de la utilización de las aguas, la mayor parte de esos volúmenes no debe atribuirse a las aguas subterráneas; porque la mayoría no lo son más que temporalmente, surgiendo al cabo en fuentes y manantiales, que son las que alimentan en definitiva el caudal permanente de los ríos.

A esta clase pertenecen, desde luego, todas o casi todas las aguas absorbidas por las calizas fisuradas, que descansan de ordinario sobre arcillas o margas y dan origen a los manantiales más abundantes y famosos, lo que acaba de justificar el que hayamos prescindido de ellos en las medias que, de todos modos, no serían muy alteradas por su influencia, dado su carácter excepcional. En resumen, la cantidad de

agua definitivamente perdida para el desagüe superficial y que pudiera ser considerada como un recurso completamente aparte, explotable mediante alumbramientos adecuados, no llegaría tal vez ni al 1 por 100.

Y hablábamos hasta ahora de Francia; ¿qué podríamos decir de España? Con una altura de lluvia que en las mesetas centrales no llega a la mitad de la de Francia; con temperatura más elevada y ambiente más seco, lo que favorece extraordinariamente la evaporación; con pendientes más pronunciadas en las cabeceras de los ríos, que acentúan su torrencialidad y disminuyen en las grandes lluvias las cantidades de agua que escapan al desagüe superficial inmediato; con una altitud mayor en el conjunto, lo que tiende a disminuir la posibilidad de corrientes subterráneas que vayan a perderse en el mar, es seguro que no podríamos contar aquí ni con la mitad de los recursos que en esta materia encierra la República vecina.

Consideraciones de otro orden tienden a corroborar esta opinión. Cuando se estudia el régimen de nuestros ríos, en aquellas cuencas que carecen de alimentación de nieves, y donde el período estival transcurre completamente seco, se encuentran estiajes considerablemente pequeños, que se reducen a veces al 2, al 3 ó al 5 por 100 del caudal medio anual, hasta en cuencas de extensión considerable; en cuencas más pequeñas, donde dominan los terrenos impermeables, la corriente llega a cortarse, y aun en aquellas donde una mayor permeabilidad domina, el coeficiente 0,10 es bastante frecuente.

Ahora bien, estos estiajes se encuentran exclusivamente alimentados por el caudal subterráneo, y pueden servir para medirlo. Si admitiéramos como término medio para el desagüe superficial el 25 por 100 de la lluvia, ese 10 por 100 de perennidad representaría el 2,5 por 100, y sería del mismo orden del que venía asignado, por comparación con los datos franceses. En asunto donde tantos elementos faltan y donde tantas influencias juegan, no es fácil llevar más adelante la precisión, y la comprobación parece suficiente.

De todo ello, una conclusión parece imponerse: las aguas subterráneas que naturalmente no surgen a la superficie son entre nosotros un recurso de importancia muy escasa, cuando se le compara con las aguas vistas: interesantes desde un punto de vista particular para fincas o en zonas de especiales circunstancias, han de representar siempre muy poco en la resolución de los grandes problemas de la hidrología nacional.

En ella, el hecho dominante parece ser que la totalidad de las aguas que no aparecen en las corrientes superficiales son casi por completo consumidas por la evaporación.

Pedro M. GONZÁLEZ QUIJANO

La actividad en la construcción de Obras públicas y la valoración de la peseta

Desde hace algún tiempo se vienen expresando valiosas opiniones en la Prensa, particularmente en la financiera, respecto al modo de conseguir la estabilización de los cambios, y recientemente se han tomado medidas de la mayor importancia: tras-

paso al presupuesto ordinario de los gastos extraordinarios de varios Departamentos ministeriales y elevación del tipo de descuento en el Banco de España. Se estima por algunos que la actividad actual de las Obras públicas debe reducirse en gran escala, hasta