

# Las aguas ascendentes de Canarias <sup>(1)</sup>

## III

### Origen de las aguas subterráneas, según Volger

Durante varias centurias se tuvo la teoría de la *filtración* como la única cierta y verdadera, según la cual una parte de las aguas que caen de la atmósfera se filtra o se sume a través del suelo hasta profundidades variables. Hay filtración cuando el suelo está formado por terrenos porosos, y sumersión en aquellos, sitios donde su suelo contenga fallas, grietas, hendiduras, etc.

Frente a esta teoría de la filtración, el Dr. Otto Volger concibió, en 1877, una nueva para explicar el origen de las aguas subterráneas. Según Volger, la lluvia no penetra nunca tan profundamente en el suelo que pueda dar origen a las aguas subterráneas, siendo partidario de que sea rechazada casi por completo la teoría de la filtración y se atribuya a la formación de las aguas subterráneas a la condensación del vapor de agua, incoloro e invisible, existente en la atmósfera, que siendo transportado por un aire caliente, se ponga en contacto con un terreno frío. Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura, mayor será la cantidad de agua condensada.

Esta teoría ha sido combatida por muchos sabios.

El ingeniero civil inglés, Baldwin Lathan, realizó experimentos *durante treinta años* para determinar las cantidades mensuales de agua procedentes de la condensación del vapor de agua atmosférico, obteniendo los siguientes promedios:

Enero.....	1,54 mm.	Julio.....	0,001 mm.
Febrero.....	1,17 »	Agosto.....	0,05 »
Marzo.....	0,46 »	Septiembre....	0,05 »
Abril.....	0,10 »	Octubre.....	0,96 »
Mayo.....	0,03 »	Noviembre....	0,66 »
Junio.....	0,07 »	Diciembre....	2,41 »

Para el año, estos promedios dan un total de 7,50 mm.

La condensación anual más elevada fué medida en 1893, con un resultado de 32,90 mm; la más pequeña en 1899, de 2,41 mm.

Según expone el ingeniero civil alemán E. Prinz en su Hidrología, de las anteriores medidas de Lathan se deduce que la cantidad de agua subterránea originada por la condensación es *casi despreciable* comparada con la proporcionada por las lluvias.

## IV

### Experimentos de Marloth

El clima del extremo sudoeste del Sur de Africa está caracterizado por un invierno lluvioso y un verano seco; mientras la lluvia total anual es de 710 mm, 560 caen durante los seis meses de invierno, y 55 durante los tres meses de verano (diciembre a febrero).

Tal sequía hace sentir sus efectos en las vegetaciones de las zonas bajas y medias; pero en las altas no,

pues la vegetación, constituida por arbustos, cañas y juncos, se desarrolla en ellas exuberante, formando un monte muy espeso.

Visitando Marloth estas altas montañas, concibió la idea de que tal exuberancia en su vegetación estaba sostenida por las nieblas que acompañan a los vientos del Sudeste, frecuentes en la localidad; y con el fin de comprobarla, realizó los experimentos que vamos a describir.

En noviembre de 1901 colocó en la cima de Table Mountain, aprovechando un claro del monte, dos pluviómetros. Uno de éstos era del tipo corriente, y el otro llevaba encima una armazón, representando un haz de cañas, formada por dos aros de 127 mm de diámetro, reunidos por cuatro varillas de fuertes alambres. Redes de éstos se fijaron entre los aros, y varias cañas fueron metidas por las mallas y atadas a ellas. La total altura de esta armazón era de 30 cm.

En la siguiente tabla se consignan los resultados de las lecturas, desde el 21 de diciembre de 1902 al 15 de febrero de 1903:

PERÍODOS	Pluviómetro ordinario	Pluviómetro con cañas
	Milímetros	Milímetros
Diciembre 21 a enero 1.º de 1903.....	»	386
Enero 1.º a 11.....	»	372
Enero 11 a 18.....	26	423
Enero 18 a 1.º febrero.....	89	423
Febrero 1.º a 15.....	11	423
TOTALES.....	126	2 027

Estos resultados son lógicos y naturales, pues estando constituidas las nieblas por diminutas partículas de agua en estado líquido, al chocar éstas con la superficie que les presentan las cañas y alambres de la armazón, extensísima comparada con la que presenta el pluviómetro ordinario, se adhieren a ella por la atracción molecular, se acumulan y acaban por formar gruesas gotas, las cuales, descendiendo por las cañas, se depositan en la cubeta del pluviómetro.

En el artículo donde Marloth describe sus experimentos, hace constar que no se trata de afirmar que tal cantidad de agua reunida por las cañas sea, con relación a otros efectos, equivalente a una cantidad similar de lluvia, pues bien sabido es, dice, que la primera lluvia al fin del verano difícilmente afecta a las fuentes, debido a que prácticamente toda el agua es absorbida por el suelo y la vegetación. Las raíces y tallos subterráneos de las plantas penetran en la tierra en todas direcciones y forman una esponjosa y tupida masa, con espesores variables entre unas cuantas pulgadas y varios pies. Esta esponja, continúa diciendo, absorbe una gran cantidad de agua, y sólo cuando está totalmente saturada permitirá que alguna sobrante discurra por las fisuras de las rocas situadas debajo. Simultáneamente, las plantas renuevan sus tejidos cada vez que las raíces se humedecen; de aquí que sea obvio que una gran cantidad del agua así reunida es retenida por las plantas y el suelo.

(1) Véase REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, número 2.456, página 327.

Por último, termina Marloth su artículo expresándose así: «Este aspecto de la cuestión, el relativo a la influencia que las nieblas del Sudeste tengan sobre los caudales de las fuentes y corrientes, requiere mayor investigación.»

## V

## Las aguas juveniles de Suess

Suess afirma que las aguas subterráneas no tienen sólo su origen en la atmósfera, sino también en el interior de la tierra; pero limitando estas últimas a las que son calientes.

Estas, denominadas *juveniles* por dicho geólogo, son el producto, a su juicio, de la condensación de los gases desprendidos de las materias flúidas e ígneas del interior de la tierra al solidificarse y formar nuevas rocas.

El ingeniero alemán, A. Heilmann, autor de una obra sobre abastecimiento de aguas, publicada en 1914, no acepta la limitación impuesta por Suess, y extiende la denominación de juveniles a las aguas frías de fuentes existentes en regiones cuya riqueza en aguas subterráneas es claramente muy superior a las que pueden provenir de la atmósfera.

## VI

## Estudios del profesor D. Lucas Fernández Navarro

El profesor D. Lucas Fernández Navarro ha hecho estudios sobre las aguas subterráneas de Canarias, y como resultado de los mismos publicó, en 1924, un folleto titulado *Estudios Hidrogeológicos en el Valle de la Orotava*.

Tratando del origen del agua subterránea consignando varios datos pluviométricos del Valle de la Orotava y los caudales de todas las galerías existentes, y comparando las cifras obtenidas, hace la siguiente afirmación: «Ahora bien, el agua absorbida no es más que una parte de la que cae, puesto que por evaporación y por corrimiento superficial ha de perderse otra porción considerable. Y como del agua absorbida no toda ha de alumbrarse, sino que por paso a niveles inferiores se perderá quizá más de lo que se aprovecha, resulta en último término que el agua subterránea alumbrada lo es en proporción mucho mayor que la correspondiente a las precipitaciones registradas.

»Y si, por consiguiente, resulta que las precipitaciones acuosas no pueden ser origen más que de una parte de las aguas utilizadas, ¿de dónde vienen las restantes? He aquí la pregunta a que nos lleva el estudio anterior y a la que vamos a procurar responder de la mejor manera posible.»

Más adelante añade: «Pero hay otro origen de agua, la condensación directa del vapor acuoso de la atmósfera, que no suele tomarse en cuenta, y que yo creo el más importante, no ya para Tenerife sólo, sino para el archipiélago todo.»

Después, ocupándose de la influencia del bosque, dice: «No es, como por algunos se afirma, que la presencia del arbolado provoque una precipitación de lluvias considerable; las experiencias hechas repetidas veces demuestran claramente que no hay en el bosque tal facultad de atraer la lluvia, al menos en can-

idad importante. Pero sí hay, en grado extraordinario, el poder de condensar la humedad atmosférica y apoderarse de ella haciéndola pasar al subsuelo, si como en los terrenos volcánicos ocurre, el terreno tiene buenas condiciones absorbentes. Las experiencias realizadas por Marloth en El Cabo, son definitivas en este respecto.»

Vemos, pues, que no hallando en las lluvias, por su insuficiencia, el origen de las aguas subterráneas de Canarias, cuya abundancia reconoce, acude el señor Fernández Navarro a la teoría de Volger (no Vogler, como erróneamente dice), de la cual nos hemos ocupado anteriormente, quedando demostrado, por los experimentos de Lathan, que la cantidad de agua suministrada por la condensación del vapor acuoso de la atmósfera es de una importancia ínfima para poder explicar la riqueza de Canarias en aguas subterráneas.

Se ha visto también que semejante condensación exige una cierta diferencia de temperatura entre las rocas, que han de hallarse frías, y el aire, que ha de ser caliente; y como del vapor acuoso, al sufrir la condensación, se desprenden calorías (536,50 por cada litro de agua resultante), esa indispensable diferencia de temperatura desaparece rápidamente, y, por ende, el paso del vapor al estado líquido.

También el Sr. Fernández Navarro acude a los experimentos de Marloth para buscar el origen de las aguas, dándoles una extensión rechazada por el propio autor de dichos experimentos. Estas precipitaciones acuosas procedentes de las nieblas, impropiedades denominadas condensaciones por dicho geólogo, pues el vapor de agua en ellas está ya condensado, podrán ocasionar crecidas en las fuentes, pero no sostendrían sus caudales perennes por la irregularidad de las nieblas y las escasas cuencas, por regla general, afectas a las mismas. Además, esto podría tener aplicación a las zonas cubiertas de bosques, que son pocas en Canarias, pero no a las desprovistas de vegetación, que son las más, y de las cuales surgen más fuentes que de las de bosques.

Al abrirse una galería en busca de nuevos veneros, ocurre frecuentemente que las fuentes existentes por encima se agotan al alumbrarse aguas en ella, y que éstas nacen al principio por el techo, paredes y piso de la galería; pero bien pronto, por lo general, sécanse todos estos veneros, excepto los del piso, los cuales persisten con carácter ya permanente. Hay más: si una fuente del techo, por ejemplo, persiste, prolongada suficientemente la galería y con adecuada dirección, acaba por descender y emerger del piso.

Esta es una evidente prueba de que la circulación de las aguas subterráneas en Canarias es ascendente, y tan característica particularidad ha sido omitida en absoluto por el Sr. Fernández Navarro, no queriendo, al parecer, afrontar la gran dificultad que tal circunstancia entraña. Si para salvarla se acude a imaginar sifones, constituidos por una cuenca receptora, un conductor vertical, un codo y otra rama vertical, en cuya extremidad surja la fuente a un nivel inferior al de la cuenca receptora, será difícilísimo, en la mayoría de los casos, la encajadura de semejantes sifones en montañas con cimas de corta extensión superficial y divididas en numerosos compartimientos por diques verticales paralelos a dos direcciones formando ángulo.

En el X Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, celebrado en Coimbra

del 14 al 19 de junio de 1925, el Sr. Fernández Navarro dió una conferencia sobre el *problema del agua subterránea en los terrenos volcánicos*, y al tratar del gran fenómeno hidrológico ocurrido en el túnel de Roque Negro-Catalanes (Tenerife), expresó así:

«No es imposible en terrenos volcánicos el aislamiento de una masa muy permeable en el seno de otra de permeabilidad sensiblemente nula (se refiere a las aguas fósiles); pero el caso debe ser raro, y, desde luego, no conozco de él ejemplo alguno. En cambio, son muy frecuentes en estos materiales las grandes soluciones de continuidad: cuevas alargadas a veces como verdaderos túneles, cavidades redondeadas como grandes ampollas otras, y redes de gruesas grietas con ensanchamientos locales en ciertos casos. De estas cavernas hay numerosos ejemplos en las islas Canarias, especialmente en Lanzarote y Hierro: histórica cueva de los Verdes, en Lanzarote; cueva del Hoyo, en el Golfo de Hierro; cueva del Hielo, del Teide, y tantas otras. Cuando una de estas cavidades no tenga comunicación con el exterior y sus paredes ofrezcan cierta impermeabilidad, podrá retener el agua indefinidamente, constituyendo un depósito que solamente la casualidad, puede descubrir.

Es, sin duda, el caso que se ofreció al perforar el túnel de Roque Negro-Catalanes, para llevar a Santa Cruz de Tenerife el agua de un pequeño nacimiento. La perforación debió de alcanzar a alguno de estos depósitos interiores, produciéndose la inundación re-

pentina de la galería, que hubo que desviar, y pereciendo algunos de los obreros. Grandes esperanzas se cifraron en el hermoso caudal que parecía alumbrado; pero bien pronto empezó a disminuir su importancia, que ha quedado reducida finalmente a bien poca cosa.»

La palabra *inundación*, empleada por el Sr. Fernández Navarro en este caso, parece comprobar la existencia del supuesto depósito; pero podemos afirmar que no hubo tal *inundación*, sino una *importantísima inyección de materiales*, consistentes en bloques, piedras, tierras y una muy pequeña cantidad de agua. El gran caudal se alumbró mucho antes de llegar la perforación a la falla encontrada en la parte central del túnel, y después de ocurrir dicha inyección continuó el nacimiento de las aguas en los mismos sitios y en las mismas cantidades que antes de ocurrir el fenómeno.

Cierto es que ha disminuído mucho el primitivo caudal alumbrado por no haberse adoptado, según nuestra opinión, para terminar la perforación del túnel, las precauciones exigidas por la clase del fenómeno ocurrido; sin embargo, han quedado fluyendo con carácter permanente unos 30 litros por segundo, cuyo valor es superior a tres millones de pesetas, donde sólo existían antes fuentecillas insignificantes; y como en las obras no ha llegado a gastarse un millón, no parece apropiado decir, como dice el Sr. Fernández Navarro, que la importancia del caudal *ha quedado reducida a bien poca cosa*.

Eugenio SUÁREZ GALVÁN  
Ingeniero de Caminos

## Obras públicas en la isla de Madera

Aprovechando el estar atracado en el dique del puerto de la Luz, mientras tomaba aceite combustible, el hermoso trasatlántico alemán *Cap Polonio*, de 211 m de eslora y 26 pies de calado, que hacía un viaje de turismo desde la Argentina a Alemania, con escalas, nos trasladamos a Funchal, la capital de la bonita isla portuguesa de Madera, para permanecer allí día y medio, aprovechando para el regreso un vapor de la Yeoward Line, la que, además de transportar plátanos a Inglaterra, explota el turismo modesto entre las Británicas y Canarias.

Nos movió más que nada a aceptar la galante invitación del cónsul alemán en Las Palmas, Mr. Sauer mann, el deseo de conocer personalmente los puertos que por su situación pueden ser competidores de este, aparte del gusto de viajar en un buque de 21 000 toneladas, equipado con los últimos adelantos modernos de *confort* para el turista, y entre los que nos llamaron la atención la piscina de natación y el invernadero de plantas.

Sabido es que el hermoso puerto de La Luz, con cuya dirección nos ha honrado recientemente la Superioridad, tiene un tráfico propio de embarque de frutos del país, y uno mucho más importante de movimiento de buques que vienen a tomar combustibles sólidos o líquidos, aprovechando la posición de la isla en las grandes rutas Europa-Suramérica y Europa-Africa. Baste decir que en el último año se llegó a una entrada de buques de 5 564, con un tonelaje de 8 408 487, y como comparación citaremos la

de 1 922, que fué 4 758 buques, con un tonelaje de 6 590 750, y la del mismo año del gran puerto de Barcelona, que sólo llegó a 2 706 buques, con un tonelaje de 1 910 817.

Es claro que otros puertos disputan a éste su tráfico especial, y haciendo excepción del de Santa Cruz, por varias razones, la principal de ellas el ser español, están los de Casablanca y Dakar, esforzándose por suplir su inferioridad de posición con el adelanto de sus obras y facilidades para el aprovisionamiento; y con respecto a los portugueses de Madera y Cabo Verde, se habla de que piensan acometer grandes obras, que alarman naturalmente a los canarios, que en el puerto fundan, con razón, todas sus ansias, y patrióticamente desean que España conserve y acreciente la riqueza que le produce la posesión de esta isla.

Es la isla de Madera muy montañosa y apenas en su ladera SE deja sitio para el establecimiento de la ciudad a la orilla del mar, que, como en Tenerife, tiene fondos profundos correspondientes a las vecinas alturas, fondos que dificultan económicamente la construcción de obras de abrigo que completen el de la naturaleza. Sus casas salpican la verde falda, que ofrece un bello panorama al turista nortefío, que ansía sol y tranquilidad; pero apenas se ven valles con anchura bastante para que puedan dedicarse al cultivo, lo que convertiría aquello en un vergel, dada la temperatura y la abundancia de aguas que bajan de las cumbres, indudablemente como en Canarias, por condensación de las nubes.