

ta que las raíces nuevamente formadas hayan soldado, por decirlo así, su cabellera con un número suficiente de partículas de tierra.

En todos los puntos en que se establece el contacto más íntimo entre el suelo y la cabellera de la raíz, el agua adherente del primero, y el jugo celular de la segunda, se ponen en contacto, por el intermedio del agua en vez de la membrana de la cabellera. Como la absorción del agua no tiene lugar más que en los puntos indicados, el equilibrio de las capas acuosas de las diversas partículas del suelo, se destruye. El agua retenida en éste por la capilaridad se dirige á los puntos de soldadura con la cabellera. Este movimiento se propaga en seguida progresivamente al rededor de cada raíz, y se extiende poco á poco á las partes más alejadas del terreno hechas tributarias de las plantas.

Esto supuesto, si las capas de agua que envuelven las partículas de la tierra contienen sales en disolución, por ejemplo, el sulfato de cal (ó sea el yeso), estas sales seguirán el movimiento del agua y penetrarán en la cabellera de la raíz.

DISOLUCION Y ABSORCION DE LAS SALES. Una gran parte de las sustancias nutritivas, en especial las sales amoniacales, las de potasa y los fosfatos se encuentran en el suelo en un estado de inmovilidad, y el lavado con grandes masas de agua no basta para extraerlas. Sin embargo, la raíz las absorbe fácilmente.

Para darse cuenta de esto podemos admitir que estas sustancias forman un revestimiento sumamente delgado en la superficie de las partículas, y no pueden ser absorbidas sino en los puntos en que estas partículas se encuentran soldadas á la cabellera, en donde se hacen solubles por intermedio del ácido carbónico exhalado por la raíz. Esta acción de la raíz sobre las sustancias condensadas está limitada á los puntos de soldadura, y tan sólo las pequeñas partes inmóviles de dicha sustancia, que están en contacto inmediato con la membrana de la cabellera, son disueltas y absorbidas por ésta. Pero como en toda planta el número y longitud de las raíces es muy considerable, como se alargan sin cesar y forman continuamente nuevas raicillas, de aquí resulta que el sistema de raíces se establece progresivamente en contacto con un número incalculable de partículas de tierra, y puede por consiguiente, absorber las sustancias necesarias para la planta.

Esta propiedad de las raíces de absorber, gracias al jugo ácido que embebe la membrana de sus células superficiales, sustancias que el agua pura no disuelve, se manifiesta con gran claridad cuando se hacen germinar granos en una capa de arena de algunos centímetros de profundidad colocada sobre una tabla pulimentada, de mármol (carbonato de cal) ó osteolita (fosfato de cal). Las raíces bajan hasta tropezar contra la tabla mineral pulimentada, se multiplican por su superficie y se unen á ésta íntimamente; al cabo de algunos días se vé al quitar la capa de arena una imagen del sistema de raíces esculpida en hueco sobre la superficie pulimentada; cada raíz ha disuelto, en efecto, en todas las líneas de contacto una pequeña porción de mineral por medio del agua acidulada que hay en la membrana de su cabellera y en las células que la rodean.

De lo anterior resulta que la planta misma disuelve las sustancias minerales, insolubles en agua pura, que se alimenta con ellas, y que las absorbe por endósmosis al través de esta membrana.

A pesar de esta complicación el consumo de la sustancia por la planta, es decir, su transformación en el interior de la misma, es quien regula la absorción. De aquí es que la composición de las cenizas de la planta es diferente de la del suelo, bajo el aspecto cuantitativo, y aún que varias plantas de aspecto diferente que crecen in-

mediatas en el mismo terreno presentan en sus cenizas una composición diferente.

Por otra parte la composición misma del suelo puede influir en la organización de la planta; plantas de la misma especie, por ejemplo, absorben más cal cuando viven en un terreno calizo que cuando vegetan en una tierra pobre de cal. Es evidente que este hecho no contradice en nada el principio establecido; muestra solamente que la descomposición de una sal en la planta puede operarse en proporción tanto mayor cuanto más fácil sea la absorción de esta sal.

AGUA EVAPORADA POR LAS PLANTAS. Después de las anteriores consideraciones, necesarias para justificar el empleo del agua como vehículo de la nutrición de las plantas, y habiendo probado ya que las hojas no absorbían agua, y que por el contrario la pierden continuamente por transpiración, debemos indicar ahora cuál es la cantidad de agua evaporada por las plantas.

Para conocer la cantidad de agua exhalada por los vegetales, Hales ha pesado plantas cultivadas en tiestos y dispuestas de modo que no puedan perder agua sino por la transpiración de sus órganos aéreos. Ha encontrado asimismo que esta pérdida era abundante por el día, poco sensible durante la noche y que en doce horas del día pierden las plantas.

Un girasol.....	708 gramos.
Una berza.....	625 "
Una cepa de viña.....	595 "

Miller hizo experimentos análogos á los de Hales y halló iguales resultados.

Guetard, en Francia, experimentó sobre diversas plantas, y entre otros resultados halló que un trozo de rama que pesaba 22 gramos próximamente había dado en 14 días 625 gramos de agua, lo que hace 44 gramos por día, ó sea el doble de su peso.

En otra serie de experimentos halló Hales que un pié de lúpulo perdía 143 gramos de agua en 12 horas, lo que equivale á una evaporación diaria por hectárea de 2.521 kilogramos. Por último, Gasparin ha hallado que un kilogramo de alfalfa verde evaporaba 124 gramos de agua cada 24 horas, experimento hecho á 21° de temperatura y con una cantidad de agua en la atmósfera igual á la de humedad ordinaria.

Estos resultados demuestran al par que las grandes cantidades de agua evaporada por los vegetales, que éstos no pueden vivir si no transpiran libremente por sus hojas.

CANTIDAD DE AGUA EN LOS RIEGOS. Lo expuesto parece indicar á primera vista la cantidad de agua que se necesitará dar artificialmente al terreno para que sirva de base para la vida vegetal. El problema es, sin embargo, más complejo: en efecto, es preciso tener en cuenta, en primer término, la cantidad de agua que contienen las tierras; hay que saber además la que se descompone químicamente para transformarse en elementos asimilados por las plantas; hay que conocer la pérdida por evaporación en el suelo y por transpiración en aquéllas. Además, como estos elementos varían con la clase de planta, con su edad, con la repartición sobre el terreno, con la naturaleza de éste, con el clima de la localidad y con otras circunstancias, llega á ser tan complicado el problema, que es preciso atenerse á medios empíricos y experimentales para determinar la cantidad de agua que el riego ha de suministrar á una heredad. Más aún: cada labrador debe hacer pruebas en las tierras de su propiedad, hasta llegar al resultado que concilie la economía con el mayor provecho.

De aquí los límites bastante extensos que se dan á los números relativos á este asunto y el referirse casi siempre á la naturaleza de los cultivos y la permeabilidad del terreno, los

cuales á su vez modifican la manera de hacer el riego, segun indicaremos en otro lugar. Con un sub-suelo permeable, como el que existe, por ejemplo, en muchos terrenos regados por el Henares, es preciso aumentar la capa de agua, mientras que con un sub-suelo impermeable, como el de tierra de Campos, basta menor cantidad de líquido. Las diferencias referentes al clima, á la naturaleza de las cosechas, al modo de hacer el riego y áun á la riqueza del agua, tienen ménos importancia en general que la relativa á la permeabilidad del suelo, lo cual se comprende bien, porque en un caso se detiene más que en otro la cantidad de agua en el terreno.

El objeto principal que se trata de conseguir al buscar la cantidad media de agua que debe consumir un riego, es sentar sobre una base conveniente las relaciones que se establecen, ya entre la Administracion pública y los concesionarios de un canal, ya entre éstos y los regantes. Esta cantidad entra necesariamente en cuenta en la evaluacion de los productos que debe prometerse una empresa de este género, así como en la fijacion del precio del riego.

Sabiendo, pues, que hay una multitud de circunstancias capaces de hacer variar el volumen de agua necesario para el riego de una comarca, se debe procurar, sin embargo, conocer una evaluacion media de la relacion que existe entre cierto gasto continuo tomado por unidad y la superficie del terreno á la cual se quiere regar convenientemente.

Si la calidad de las aguas no entrase por mucho en esta cuestion, nada se opondria á que se hiciese directamente esta investigacion, preguntándose cuál es el grado de riego que conviene á una tierra de una situacion dada para colocarla en el estado normal de su mayor produccion. Esto no puede suplirse sino con la experiencia de los cultivadores ilustrados de la localidad.

LITRO POR HECTÁREA. Como el agua debe correr por regueras y acéquias que pueden estar abiertas en terreno permeable, absorben en pura pérdida una porcion notable del volumen que piden los regantes alejados de las mismas, sobre todo en las intermitencias. Si se hace un riego por sumersion, por muchas precauciones que se tomen hay tambien pérdidas debidas á la inclinacion del terreno. Estas perturbaciones deben tenerse presentes a par de otras ya indicadas.

La Administracion pública, al intervenir en várias naciones sobre asunto de conveniencia tan general, y en que se debaten los intereses de la industria y del comercio, pues los rios cuyas aguas se toman pueden tener saltos con motores y servir además para la navegacion, ha debido fijar una regla para el término medio ó unidad que ha de adoptarse en los canales de riego. Esta regla, que es una simple aproximacion, ha sido basada sobre el empleo de un litro por segundo para cada hectárea de terreno regado.

Este modo de valuar el agua es natural por parte de la autoridad, llamada á vigilar el régimen de la que corre libremente por la superficie de una nacion; pero no es base suficiente para los propietarios del terreno, pues no empleando éstos el líquido sino de una manera intermitente, tienen necesidad de darse cuenta del volumen efectivo puesto á su disposicion para cada riego, y multiplicando este volumen por el número de riegos en cada estacion, llegan á saber la suma total que representa el consumo que ellos hacen.

Si las circunstancias son tales que deducidas todas las pérdidas pueda cada regante obtener la cantidad que desea, éste dirige sus cultivos con entera libertad. En el caso contrario, que es el más frecuente, es decir, cuando cada particular no puede obtener sino un volumen inferior al que pretende, entónces es preferible restringir la extension de las tier-

ras regadas á basar la operacion sobre una superficie mayor, pero incompletamente regada.

El tipo medio para las concesiones administrativas, es decir, para los volúmenes de agua que se permite introducir en los canales de derivacion, regulado como hemos dicho sobre la base de un litro por segundo para cada hectárea en el estiaje, sería siempre suficiente y áun muy elevado, si las causas de consumo anormal que hemos indicado no absorbiesen en pura pérdida la mayor parte del líquido y si no hubiese terrenos excesivamente permeables que exigen cifras de consideracion.

Tratándose de prados, la concesion de un litro por hectárea puede mirarse como excesiva. En efecto, esto equivale al cabo del dia á 86,4 metros cúbicos; al cabo del mes á 2.592, y al cabo de seis meses, que es la duracion ordinaria de la estacion de riego para los prados en comarcas no muy secas, á 15.552.

Aun suponiendo que la tercera parte de este volumen sea absorbida por filtraciones, escapes, etc., queda un volumen de más de 10.000 metros cúbicos, que representan sobre el terreno una capa de agua de una altura total de 1 metro. En los prados este volumen puede darse en veinte riegos de 0^m,05 cada uno, lo cual es una cantidad muy elevada, pues equivale á veinte dias de lluvia completamente excepcionales, y tomando como capa de agua la que cae en un dia de lluvia regular, que es cosa de 5 milímetros, equivale á 200 de éstos, ó sea no sólo como si hubiera llovido todos los dias del semestre, sino 20 más. Solamente en las partes más secas de nuestro clima puede aceptarse este número, y áun así convendria aumentar el número de meses de riego sin pasar de la cantidad prescrita.

CONSUMO EN EL MEDIODÍA DE FRANCIA. El clima de la parte oriental del Mediodía de Francia es más cálido y seco que el de la occidental y central del Norte de España, por lo cual vamos á citar algunos de sus datos que pueden aplicarse á várias comarcas de nuestro país.

Los arrozales que exigen una alimentacion continua reclaman por término medio al mes cosa de 6 á 7.000 metros cúbicos, lo cual da un gasto continuo de 2,5 litros por segundo cuando hay pocas filtraciones, refiriéndose todo á cada hectárea de terreno.

Los huertos dedicados á legumbres en Provenza reclaman casi la misma cantidad. Vienen en seguida los prados, las alfalfas, los guisantes, los cardos, á los cuales se da cosa de un litro de agua por segundo. La grama consume unos 0,6 y por último los cultivos diversos, como cereales, olivos, sementeras, etc., no tienen cantidad fija determinada, y reciben un riego eventual que depende del consumo que hacen los cultivos anteriores.

En algunos sitios los cultivos regularmente regados son algo ménos que las tres cuartas partes de la totalidad de las tierras á quienes alcance el líquido, y solamente las primeras son las sometidas á la tasa anual para sufragar los gastos de conservacion del canal. Las otras no pagan sino una cuota conforme al riego efectivo que reciben.

En conjunto puede decirse que el consumo medio de agua por hectárea en esta region viene á ser cosa de 0,8 á 0,9 litros por segundo, teniendo en cuenta los diversos cultivos y sus riegos: basta, pues, aquí un litro por segundo y hectárea. Hay que hacer, sin embargo, una observacion en este punto y es que el gasto está hecho en tiempo de estiaje, es decir, cuando la corriente lleva ménos agua, y como esto es allí á fin de Agosto, se han podido hacer durante cinco meses riegos abundantes que no se hallan impuestos en la restriccion indicada, pues dado el estado imperfecto de la distribucion del agua, la administracion tolera que los regantes se aprovechen en primavera, y áun en otras estaciones, del exceso del volumen de agua correspondiente al del estiaje.

Notemos aún que en los riegos de Provenza, en el momento en que empieza á escasear el agua, están ya cosechados los cultivos que consumen mayor cantidad de ella. Así los melones, que son objeto de un gran comercio en esta comarca, no se riegan más allá del 13 de Agosto, y los cereales y otras plantas de riego eventual no piden tampoco agua en esta época. No queda más en el momento del estiaje que la grama, la cual reclama bastante agua en el momento de ser arrancada y el quinto corte ó guadañado que por entonces se da á los prados artificiales.

En el Rosellon, donde hay poco cultivo de huerta á diferencia de la Provenza y donde se conserva el uso de regar por sumersion sobre superficies planas rodeadas de camellones, se acostumbra emplear, principalmente para los prados, cantidades menores de agua que las citadas.

Aunque el sub-suelo es bastante permeable, las cantidades de agua consumida por hectárea exceden rara vez de 320 á 360 metros cúbicos por riego, que en doce riegos dan cosa de 4.300 metros cúbicos, lo que para un gasto continuo equivale á 0,3 litros por hectárea y por segundo. Los terrenos que gozan en este país de un riego regular basado sobre el gasto de 0,5 litros están mirados como muy abundantemente provistos, y tanto, que sería perturbar las costumbres locales introducir en el Rosellon los gastos de agua de la Provenza y de otros sitios, lo cual proviene de que la falta de agua en aquella comarca ha hecho á sus labradores aprovechar extraordinariamente el líquido beneficioso, como sucede precisamente en la mayoría de las comarcas regadas en España.

CÁLCULO DE LA CAPA DE AGUA. El gasto continuo de un litro por segundo representa por cada día, según hemos dicho, 86 metros cúbicos; por mes 2.592, y por estación de seis meses, 15.552. Para el gasto continuo de $\frac{1}{2}$ litro por segundo, tendríamos la mitad de estas cantidades, es decir, 43 metros por día ó 7.776 metros cúbicos en cada seis meses.

¿Qué altura de agua representa sobre una hectárea este último volumen de 43^m,2 gastado en 24 horas? Puesto que el cubo es el producto de la superficie por la altura, ésta se obtiene dividiendo el cubo por la superficie, y en este caso tendremos $\frac{43,2}{10.000} = 0^m,00432$.

Así, pues, un gasto constante de $\frac{1}{2}$ litro por segundo representa diariamente sobre 1 hectárea de superficie una capa de agua de un poco más de 4 milímetros de altura. Ahora bien, una cantidad tan pequeña de agua, dada por riego sencillo, es por efecto de su pequeño volumen, perdida en gran parte por la evaporacion. Habria igualmente bastantes dificultades para verificar su reparticion igual en la superficie del suelo; y finalmente, lo que hay de más positivo es que los prados, sobre los que razonamos en este momento, no reclaman en verano un riego continuo que les sería más perjudicial que provechoso. En este caso se hace periódico el riego á fin de dar en una sola vez á esta extension de una hectárea el volumen de agua que habria recibido con menos provecho durante varios días.

Uno de los períodos más usuales en los climas análogos al mediodía de Francia, es el de 7 días para efectuar los riegos. Tiene la ventaja de estar en relacion con las necesidades del suelo atendiendo á la probabilidad de alguna lluvia de verano, y se presta al turno regular de los mismos días de la semana para los mismos regantes. En esta hipótesis será la altura del agua $0,00432 \times 7 = 0^m,03$, es decir, que en cada riego se darán 3 centímetros de altura. Ahora bien, se sabe que una lluvia fuerte que representa por día 2 á 3 centímetros de altura, penetra á 8 ó 10 de profundidad en un suelo cultivado y algo ménos en un suelo de

prado; es decir, que es siempre completamente eficaz, puesto que no penetra solamente hasta el nivel inferior de las raíces de la yerba, sino que alcanza la frescura natural del suelo que se encuentra rara vez más allá de esta profundidad de 8 á 10 centímetros, aun durante los períodos más prolongados de sequía.

Segun esto se gastará un casi doble del agua necesaria dando 6 centímetros de altura de agua para el riego, ó sea 600 metros cúbicos por hectárea si no hubiese pérdidas que experimentar y si se pudiese operar en la superficie del terreno una reparticion tan perfecta como la natural hecha por la lluvia. Pero por estos motivos esta cifra de 600 metros cúbicos, por cada riego para los prados, es tan sólo suficiente cuando se emplea el período normal de 14 días, pues atendiendo á las filtraciones y evaporacion cuando hay que regar con sol, podrá suceder que el regante no reciba en su terreno más que la mitad del agua que le concede el canal.

En el caso de que siendo rara el agua se tiene gran interés en economizarla, es positivo que $\frac{1}{4}$ de litro por segundo representa un gasto suficiente para los prados y con más razon para los otros cultivos, excepto para las hortalizas.

Segun los cálculos indicados, este gasto representa al cabo de 24 horas 21,6 metros cúbicos, que multiplicado por 14, que es la rotacion supuesta, nos da por riego y por hectárea 302,4 metros cúbicos, que equivalen á 30,24 litros por metro cuadrado en el caso en que estuviera igualmente repartida. Todos saben que con tal riego se puede humedecer á suficiente profundidad un suelo muy seco.

CONSIDERACIONES SOBRE ESTE CÁLCULO. Si se tuviese que disponer de un medio de reparticion tan exacto como el que representan las mangas de riego usadas en las calles de las poblaciones, como en Madrid, por ejemplo, se podría reducir sin temor á esta cantidad el volumen de agua gastado en el riego de prados durante el verano. Pero la dificultad en que tantas veces hemos insistido de repartir el agua de un modo perfecto y las filtraciones, son las causas principales en vista de las cuales es preciso elevar la cifra del volumen tomado en el canal ó acequia. Así en un clima meridional, para los prados no se puede contar ménos de $\frac{1}{2}$ litro por cada hectárea de agua continua, y aun siempre que se emplee con discrecion. Este riego normal, con período de 14 días y sin contar las pérdidas, representa algo más de 6 centímetros de altura por cada riego y en 6 meses una capa de agua de 0^m,72. En cuanto al volumen real es en estas circunstancias de 600 metros cúbicos por hectárea y riego, y en toda la estación 7.200 metros cúbicos.

Suele darse más del doble del agua necesaria para atender á las pérdidas y filtraciones, pero cuanto más perfeccionado está en una comarca el uso de los riegos se obtiene mayor economía en el agua perdida. La administracion pública es la encargada de vigilar el uso que se hace de las aguas de riego, pues los regantes pedirian como medida de precaucion el triple ó el cuádruple de la cantidad de agua consumida por ellos útilmente, con grave perjuicio de los ribereños aguas abajo.

En el norte de Italia se llega á consumir tambien la cantidad de un litro por segundo y hectárea, pero los primeros regantes suelen ceder á los otros el agua que les sobra, la cual se reparte de esta suerte con mayor equidad. Debe admitirse $\frac{1}{2}$ litro por segundo como tipo usual en la mayoría de los casos.

En los riegos de España este gasto no llega sino á cosa de $\frac{1}{4}$ litro por segundo y por hectárea, y se aprovecha en ellos mucho mejor el agua que en los países del Norte, lo cual prueba lo que anteriormente hemos indicado, á saber, que la cantidad de agua necesaria