

## Eficiencia del agua usada en el regadío

---

### Discusion sobre la conservacion i utilizacion del agua, desde el punto de vista práctico

POR

F. W. HANNA

(Autor del Proyecto de Regadío del Valle de Boise, U. S. R. S.)

---

(Traducido del «Engineering Record», 11 Nov. 1911, por Francisco I. Cereceda.)

En esta discusion el término *eficiencia* está tomado en su sentido mas lato: es la relacion que existe entre la cantidad de agua tomada de la fuente de abastecimiento i la cantidad de agua realmente aprovechada por la planta. Se refiere especialmente a las pérdidas orijinadas en el regadío i en esto se diferencia de la tasa de trabajo del agua (water duty).

La eficiencia media del agua usada en los grandes sistemas de irrigacion es a menudo tan baja como la de una máquina de vapor. Se debe ello a las pérdidas del transporte, al escurrimiento superficial (field surface run-off), a las pérdidas por evaporacion i a las por filtracion.

Cada uno de estos items tiene una influencia considerable en la cantidad de agua necesaria para un proyecto de irrigacion, i ofrecen, a cual mas, un ancho campo de estudio e investigacion, tanto para la determinacion de esa cantidad, como para su mejor aprovechamiento.

En la solucion acertada de estas cuestiones descansa no pequeña parte del futuro de la irrigacion en Estados Unidos, *donde un incremento considerable de las tierras regadas debe producirse principalmente por el empleo mas económico i racional de las aguas actualmente aprovechadas.*

Las pérdidas orijinadas por el trasporte se deben a la filtracion i a la evaporacion, i forman una parte considerable en el total de las pérdidas. Alcanzan esas pér-

didadas, entre el punto de derivacion de las aguas i el de llegada al campo que debe aprovecharlas, al 30 i aun al 60% de la cantidad totalmente tomada, siendo un promedio aproximado probablemente 40%, del cual se atribuye por lo jeneral un 5% a la evaporacion. Las variaciones de estas pérdidas se deben a diferencias de terreno, de tamaño, forma i longitud de canal, i a la influencia de la temperatura.

Despues de numerosas esperiencias realizadas en canales del valle de Boise, seguidas de un estudio concienzudo de todos los datos existentes en la materia, el autor ha llegado a la conclusion que, canales antiguos dejan escapar por filtracion, *de 0,5 piés cúbicos en terrenos arcillosos a 1,5 piés en terrenos arenosos, por día i por pié cuadrado de perimetro mojado de canal.* (Mas detalles pueden consultarse en el *Journal of the Idaho Society*, Mayo 1911).

Con el propósito de evitar las pérdidas por filtracion, se procurará, siempre que sea posible, ubicar el canal en el terreno mas impermeable que se encuentre. Como quiera que ellas son proporcionales a los perímetros mojados, es evidente que habrá ventaja en reducir éstos a un minimum. Habrá ventaja tambien en conducir las aguas por un solo canal, en vez de dos o mas de menor seccion. El largo de los canales puede a menudo reducirse por la omision de curvas i por el uso de canoas o cañerías para cruzar depresiones, en lugar de darles vuelta. Tomadas todas estas precauciones para la ubicacion del canal, puede aumentarse la impermeabilidad de éste, por el uso de flumes de acero o madera, cañerías, etc. De 30 a 90% de las pérdidas de transporte pueden eliminarse por este método, efectuando así una economía de 10 a 50% de la cantidad total derivada.

La intensidad de filtracion aumenta con la temperatura, siendo a 100° Fahr (38° C) 1,6 veces la intensidad a 60° Fahr (16° C); hecho que debe tomarse en cuenta en la proyeccion de sistemas de regadío, de acuerdo con el clima de la rejion. Para un mismo clima, puede disminuirse la intensidad de filtracion aumentando la profundidad del canal; esto solo dentro de límites reducidos.

Aunque la magnitud del escurrimiento superficial está en gran parte bajo el control del agricultor, el ingeniero debe conocer esta pérdida tan exactamente como sea posible para las diversas clases de terreno. El valor del escurrimiento superficial depende del sistema de entrega del agua, de los métodos de riego, de la preparacion del terreno i de la destreza del agricultor. En cuanto al sistema de entrega, parece inútil demostrar que la adopcion del método rotativo o de turno es mas favorable que el sistema continuo: da mas facilidades al agricultor i ocasiona un minimum de pérdidas. La eleccion del método de riego, en conformidad con la topografía del suelo, la calidad del terreno i la naturaleza del cultivo, es de mucha importancia. Los cereales i los pastos se riegan jeneralmente por el método de inundacion o sumersion (*wild flooding*), por el de camellones (*border*) o por el de surcos (*furrow*); las papas i las betarragas por medio de surcos, i las arboledas frutales por este último método o por el de sumersion de fajas o parcelas a nivel (*check method*): pero, en todo caso el agricultor debe adoptar con el mas severo juicio el método mas favorable a las tierras de

su fundo. En la aplicación económica del agua a la tierra, es de la mayor importancia la ubicación i construcción racionales de las acequias regadoras, en conformidad con la topografía del suelo, la calidad del terreno i la disposición jeneral de los cultivos (1); como, asimismo, en la medida de lo posible, el aumento de la impermeabilidad de las mismas.

Esperimentos llevados a cabo en el proyecto del Boise, Idaho, para determinar de un modo jeneral, el escurrimiento superficial, indicaron para 9 potreros de alfalfas i gramíneas, regados principalmente por el método de surcos un máximo de 18%, un mínimo de 4% i un término medio de 11%. Estos potreros estaban en regular estado de preparación para la irrigación. Es probable que el escurrimiento superficial en los sistemas de regadío corriente no sea inferior a 10% del total del agua introducida a los canales de la hacienda; i que por lo ménos la mitad de esta pérdida podría evitarse con un poco de cuidado.

Las pérdidas por evaporación en los terrenos regados son variables i complicadas; los datos que sobre ella se han acumulado en Estados Unidos son de escaso valor. En una localidad dada, la evaporación varía con la naturaleza del terreno i el crecimiento

(1) En jeneral, impera sin contrapeso en nuestras prácticas agrícolas, la rutina más absoluta. Bien pocos son los agricultores que, inspirados en ideales de progreso, tratan de perfeccionar los métodos de cultivo de la hacienda que les diera, no el esfuerzo propio, sino obligada herencia de sus mayores. Es así como, por la ignorancia de los unos i la indiferencia de los otros, se reciben sin beneficio de inventario i se transmiten de generación en generación por ignorantes mayordomos, métodos de cultivo que no tienen más sanción ni más apoyo que el que puedan acordarle los estatutos sagrados de la rutina.

Frutos del desconcierto que, como consecuencia necesaria, nace de este estado de atraso de nuestra agricultura, son las frecuentes reyertas que se originan entre nuestros hacendados por el reparto de las aguas. El agricultor de aguas arriba, como primer consumidor, i amparado por la deficiencia de nuestras leyes, tiene en sus manos el control práctico de su distribución, i si, en un raptó de moralidad, cruza por su mente la peregrina idea de hacer economías en el uso de las aguas, para no perjudicar a su vecino de aguas abajo, que quizá tiene más derechos que él, bien pronto el imperio del abuso, hijo de la impunidad, avasalla este sentimiento de justicia. Para no citar más que un caso, ahí tenemos, para afrenta de nuestra cultura, el juicio de los agricultores del Aconcagua, en que los propietarios de aguas abajo, que tienen derechos adquiridos desde tiempos inmemoriales, se ven obligados a contemplar, cruzados de brazos, el desastre de sus fundos, mientras que inescrupulosos hacendados de aguas arriba tienen probablemente para gastarlas a rosó i velloso.

Tiempo es ya de que el Estado tome una iniciativa enérgica i decidida en la distribución i empleo del primer elemento de vida de los campos. A ningún habitante del país puede serle indiferente la utilización racional de un bien de uso público, al cual están ligadas la vida i la prosperidad de la nación.

El Estado debe propender por medio de la esperimentación en grande escala, al desarrollo científico de la agrología. A imitación de lo que hace el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de N. A. debe hacer esperiencias para determinar la cantidad de agua necesaria para el regadío, en conformidad con la calidad del suelo, la naturaleza del cultivo i las condiciones climatéricas de la rejión. Estas esperiencias, unidas a las de evaporación, filtración, escurrimiento perdido, sistemas de irrigación, etc. etc. le permitirán ejercer un control eficaz en el reparto de las aguas, i propender al establecimiento del desideratum de dar a cada uno todo lo que necesita i no más de lo que necesita, para obtener de sus tierras el máximo de rendimiento.—(N. del T.)

de la planta, i con las condiciones de aquél i de ésta. La evaporacion en terrenos arenosos es mui inferior a la de los suelos ordinarios; i la de los terrenos plantados es menor que la de los terrenos desnudos o de vejetacion escasa.

En terrenos i cultivos ordinarios es probable que no ménos de 20% del agua que reciben los canales del fundo, se pierda por evaporacion. En terrenos sembrados con granos i pastos, la pérdida por evaporacion puede reducirse fácilmente en 50%, por el uso del método de acequias, en lugar de la inundacion o la sumersion; i en las arboledas i betarragas i en las plantaciones de papas, 10% de la pérdida puede ser evitada por el uso del método de acequias profundas; i de 10 a 15% por la preparacion del suelo en caso de usar la inundacion o la sumersion.

(V. Boletín 177. Pérdidas por evaporacion en el regadío; cantidad de agua requerida por el cultivo. U. S. Dept. de Agricultura).

Finalmente, una porcion considerable del agua empleada en el regadío, escapa al alcance de las raices de la planta, para unirse a las napas subterráneas. Esta perdida es considerable, no siendo inferior a 20%, i de control mui difícil. Depende del método de riego, como tambien, en parte principal, de la calidad de las tierras, siendo grande en las arenosas i cascajosas, i pequeña en las arcillosas.

En el método de riego por sumersion es asunto relativamente fácil, con algun cuidado, usar la cantidad de agua realmente necesaria para el riego.

En los métodos de irrigacion por inundacion, sumersion o acequias, bajas o profundas, en que el agua riega las tierras *en passant*, influyen grandemente en las pérdidas por filtracion el largo de escurrimiento, la duracion de éste i la altura de la napa. Si la altura de la napa es considerable, ocurren erosiones i el escurrimiento superficial toma cuerpo; por el contrario, si es mui pequeña, la duracion del escurrimiento es larga, i las partes altas llegan a la saturacion mucho ántes de que las bajas esten satisfechas por el riego, de donde resultan fuertes pérdidas por filtracion.

Evidentemente debe adoptarse un término medio; i, en un terreno dado, esto no puede determinarse sino por la esperimentacion, buscando el juego mas favorable de la duracion del escurrimiento i de la cantidad de agua requerida por el suelo. Tablas o curvas de variacion de estos factores para valores diversos de la altura o carga de agua, indicarán la magnitud mas conveniente de ésta. En esperimentos realizados en el Valle del Boise, en un potrero de 4,3 acres (1,7 HA.) se encontró que, para un escurrimiento de 500 pies (150 metros) en terreno cascajoso, la duracion del escurrimiento debia de ser de 70 minutos, i la cantidad total de agua de 1,8 acrespies (1 acrepié es una napa de agua de superficie=1 acre (0,4HA) i de una altura de 1 pié (305 mms.) Las esperiencias dieron a conocer el hecho de que cuando la carga de agua era bastante pequeña para exigir una duracion de escurrimiento de 80 minutos, la cantidad de agua requerida para la completa irrigacion subia a 2,2 acrespies; i que, cuando la duracion del escurrimiento llegaba a 600 minutos, con el correspondiente descenso de la carga, la cantidad de agua requerida subia a 4,3 acrespies, resultando un exceso perdido de 22% i 136% respectivamente sobre la cantidad que exigia la carga mas económica.

En el mismo terreno se hicieron experiencias para determinar las pérdidas debidas al largo de escurrimiento. De ellas resultó que la cantidad de agua requerida por el riego del primer cuarto i la cantidad requerida por el largo entero estaba en la relacion 1:5,4

Estos experimentos muestran claramente las valiosas economías que pueden esperarse en la práctica de la implantacion de los métodos científicos de irrigacion.

De los datos espuestos resulta de un modo aproximado, que un 40% del agua derivada para la irrigacion se pierde en el camino, i un 30% en los campos de cultivo. Puede, pues, considerarse que la eficiencia media del agua usada en los grandes sistemas de irrigacion alcanza solo a 30%.

Si se supone una cosecha de rendimiento medio bruto de  $4\frac{1}{2}$  toneladas por acre (10,6 tons. por HA.), i un rendimiento, para esa misma cosecha, de 1 tonelada por 450 toneladas de agua, la cantidad de agua, necesaria para el riego será de 1,4 acrespies por acre. Tomando como base los porcentajes de pérdidas indicadas *ut supra*, esta cosecha i esa cantidad de agua corresponden a una tasa de trabajo del agua de 2,8 acrespies en el marco del fundo i de 4,7 acrespies en el punto de derivacion. Con mayores rendimientos de cosecha, es evidente que se necesitará una mayor cantidad de agua para una provechosa agricultura.

Del 70% del agua perdida, mas o ménos un 50% corre superficial o subterráneamente, determinando la subida de la napa subterránea i causando perjuicios a las tierras bajas o exijiendo costosas obras de drenaje. Este uso estravagante del agua es pues, un perjuicio para el contratista como tambien un inconveniente al avance de la irrigacion. Parece probable que las pérdidas en los canales i en los campos cultivados pueden ser considerablemente disminuidas, i en este trabajo de perfeccionamiento tiene ancho campo la iniciativa de los que trabajan en la ingeniería civil i en la agricultura.

Trascurridas dos o tres décadas mas, las necesidades de la agricultura exijirán un rendimiento del agua mucho mayor; las leyes i las cortes exijirán el revestimiento de los canales antiguos i la adopcion de sistemas científicos de regadío; i se construirán nuevos sistemas de irrigacion basados en una mayor eficiencia del agua.