

## Ensayos de hidrología agrícola.—Cantidad de agua para riego

Por M. CONTI

SUMARIO: Estudios sobre la evaporación. Pérdidas de agua libre y del agua en el suelo en relación con las carpidas.— Estudios sobre necesidades de aguas por las plantas. Curva de la absorción. Períodos de mayor consumo.— Dotaciones de agua. Cómo deben utilizarse los datos obtenidos por la experimentación sobre el campo.

### PÉRDIDA DE AGUA EN EL SUELO

El agua almacenada en el suelo vuelve a la atmósfera, parte por evaporación y parte por transpiración a través de las plantas; este último fenómeno es el que más nos interesa, pues determina el crecimiento de las plantas mientras la evaporación constituye una pérdida sin provecho del precioso elemento.

Por más que varios autores hayan estudiado la proporción entre los dos fenómenos mencionados, creemos útil reproducir los datos de investigaciones personales, que hemos realizado con este objeto.

Los ensayos a que nos referimos se practicaron en cajones especiales que se pesaban diariamente (1). En el plazo de 46 días las pérdidas de aguas referidas a una hectárea fueron las siguientes:

Cajón 1 en suelo desnudo con crosta . . .	m <sup>3</sup>	2920
» 2 en suelo desnudo carpido . . . . .	»	1428
» 3 en suelo carpido, con maíz . . . . .	»	4950

En el cajón 1 actuaba fuertemente la evaporación, en el 2 la evaporación era reducida por efecto de la carpida, en el cajón 3 actuaba a la vez la evaporación reducida y la transpiración de las plantas de maíz.

(1) *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata*, tomo ■XV, N<sup>o</sup> 1, 1922.  
M. CONTI: « Estudios experimentales de Hidrología Agrícola ».

La diferencia entre los cajones 3 y 2 se debe, por lo tanto, al agua pasada por transpiración a través de las plantas de maíz crecidas en el cajón 3. Calculando la debida proporción centesimal, resulta el siguiente reparto:

Pérdidas en suelos carpidos:

Por evaporación . . . . 30 %  
» transpiración . . . . 70 %

Estas proporciones se refieren al caso de hallarse la tierra carpida; toda vez que la tierra forme costra como en el cajón 1, aumentará la proporción de agua evaporada, resultando en este caso casi invertido el reparto de la pérdida, como resultó en otras investigaciones realizadas al efecto.

Pérdidas en suelos no carpidos:

Por evaporación . . . . 60 %  
» transpiración . . . . 40 %

Estos datos concuerdan con los que han sido proporcionados en varias ocasiones por distintos autores; ellos no constituyen una novedad ni una revelación y los reproducimos solamente como datos ilustrativos para demostrar una vez más prácticamente la gran utilidad de las carpidas del suelo para evitar las fuertes pérdidas de aguas por evaporación, beneficiando así los cultivos que se realizan.

Con referencia a este importante argumento de las pérdidas de agua por el suelo y a la utilidad de mantener mullida la superficie del mismo, para evitar pérdidas crecidas por evaporación, consideramos útil reproducir también una serie de datos experimentales reunidos a raíz de numerosas observaciones con evaporímetro tomadas en puntos distintos del país donde se instalaron campos para estudios de riego y de hidrología agrícola en general, bajo la dirección del que suscribe.

Son numerosos los datos que se han reunido por medio de esas observaciones y con ellos se han confeccionado diagramas ilustrativos de la marcha del fenómeno de la evaporación, de acuerdo a las condiciones de clima y de suelo de cada zona agrícola del país.

Hemos resumido para esta publicación sólo algunos de esos datos con el objeto de demostrar en términos generales, la entidad de la evaporación del agua en sus distintas formas, de agua libre, agua en el suelo no carpido, agua en el suelo carpido o sea con capa mullida de protección.

Los evaporímetros instalados en cada estación o campo experimental, eran tres, a saber:

- Nº 1 evaporímetro con agua libre
- Nº 2       »       con tierra mojada sin carpí
- Nº 3       »       con tierra mojada y carpida

Cada evaporímetro se pesaba diariamente, se reintegraba el agua perdida y se calculaba la evaporada en milímetros.

RESUMEN DE LAS EVAPORACIONES

(Los números expresan las capas de aguas evaporadas en milímetros diarios, término medio del año).

	Localidades marcadas con número en el mapa	Lluvia anual	Agua libre	Tierra sin carpí.	Tierra con carpí.
1	La Plata . . . . .	900 mm.	7	5.3	2.8
2	Los Laureles (B. A.).	900 »	7	5.3	2.6
3	General Lagos . . . . .	900 »	5.6	4.3	2.1
4	Dolores (B. A.) . . . . .	800 »	7.5	4.0	2.0
5	Argerich (B. Blanca).	500 »	11.—	8.—	3.6
6	Córdoba . . . . .	650 »	5.9	4.7	1.4
7	Col. Dora (Santiago).	530 »	8.—	6.8	1.7
8	Rioja . . . . .	280 »	11.1	6.3	1.2
9	Tucumán (Leales) . . . . .	900 »	6.9	6.3	1.7
10	Mendoza (Atuel) . . . . .	220 »	9.8	6.1	2.3
	Término medio general mm. diario		8	5.7	2.3

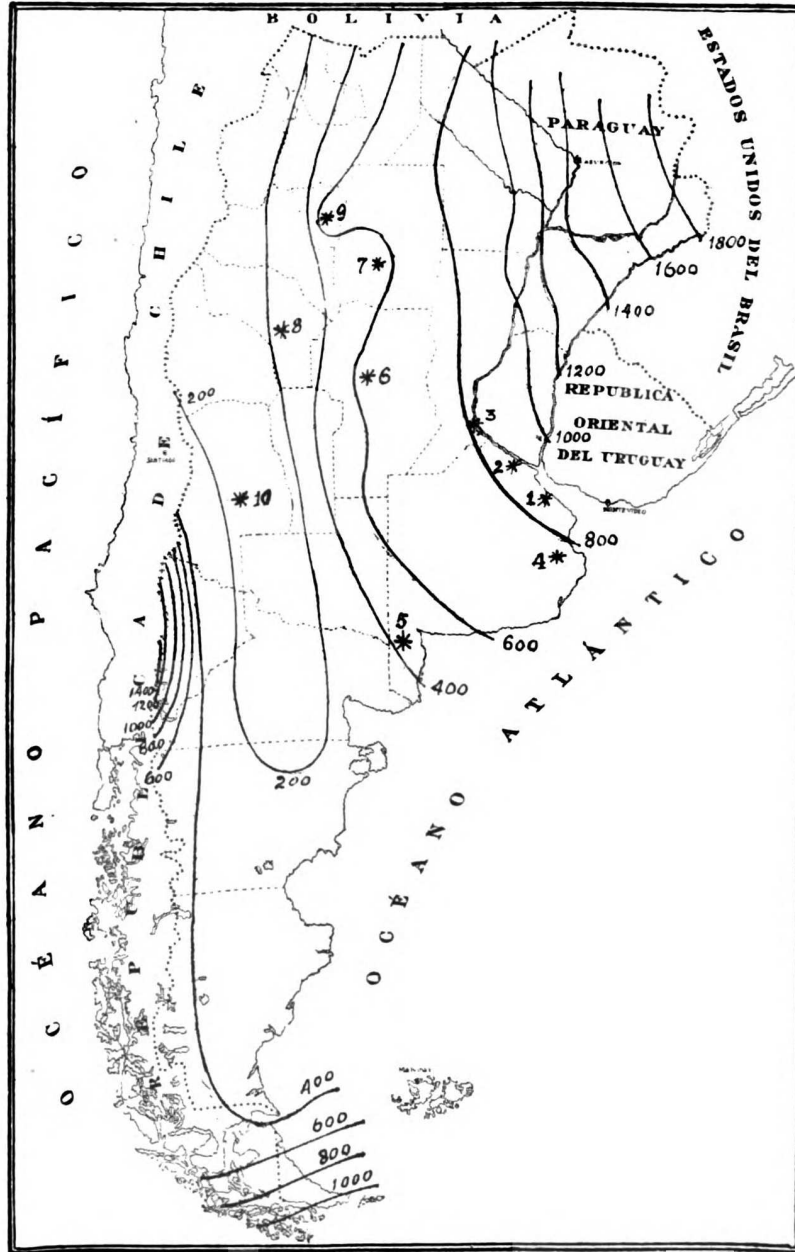


Fig. 1.

Mapa de la República Argentina con la distribución de las lluvias anuales y ubicación de los campos experimentales donde se tomarán los datos evaporimétricos a que se refiere el presente estudio.

\* Puntos en los cuales se realizaron ensayos con evaporímetros

Los números del cuadro que antecede, se prestan a una serie de consideraciones de suma importancia práctica entre las cuales enunciamos sumariamente los que van a continuación:

1º La evaporación del agua libre alcanza las proporciones más elevadas con diez y once milímetros diarios en las regiones áridas o ventosas del país (Sud Oeste de Buenos Aires, Rioja, Mendoza). bajando alrededor de 6 milímetros diarios en la zona del litoral, sin elevarse mayormente hacia el Norte (Tucumán), no obstante el mayor calor, debido al clima relativamente húmedo de esa región.

2º La evaporación del agua ya penetrada en el suelo es muy distinta según se trate de suelos sin carpír o sea con costra, o bien de suelos carpídos o sea con capa mullida de protección, de acuerdo a las prescripciones de la agricultura racional en secano. En el primer caso la evaporación del agua equivale a una capa que varía entre 4 y 8 milímetros diarios aproximadamente de acuerdo a las distintas clases de suelos y climas; en el segundo caso varía entre 1 y 3,8 milímetros diarios, también de acuerdo a la naturaleza distinta de los suelos y de los climas tomados en consideración.

3º La proporción media aproximada entre las tres formas de evaporación, es por lo tanto la siguiente:

1	0,7	0,3
(Agua libre)	(suelo e/costra)	(suelo carpído)

Estos números nos dicen que mientras se evapora una determinada cantidad de agua al estado libre la evaporación del agua ya filtrada en el suelo baja término medio a 0,7, o sea un 70 %, toda vez que el suelo se halle comprimido y con costra, mientras se reduce tan solo a 0,3, o sea a menos de la mitad de la anterior toda vez que el suelo haya sido carpído a la superficie y ofrezca una capa de protección mullida que corte la capilaridad para reducir la evaporación.

#### ESTUDIO DE LA ABSORCIÓN DEL AGUA POR LA PLANTAS

La cantidad de agua que las plantas absorben durante su ciclo vegetativo varían de acuerdo a sus necesidades. Es interesante y de gran utilidad práctica a los efectos de administración de las

aguas de riego, conocer cómo varían esas necesidades en agua por parte de las principales plantas que son objeto de cultivos.

Hemos realizado algunos estudios e investigaciones de esta naturaleza sobre el cultivo del maíz. Se sembró en los primeros días



FIG. 2. — Vista de una de las diez instalaciones de los evaporímetros en los campos experimentales ubicados en los puntos enumerados en el mapa, evaporímetro 1 con agua.

- 2 con tierra mojada y con costra.
- 3 con tierra mojada y carpida.

de Noviembre, se pesaron a fin de cada mes, durante el ciclo vegetativo, cierto número de plantas verdes que luego se secaban a 100 grados, y se volvían a pesar, deduciendo así el término medio del contenido en agua y en materia seca en cada período.

Las curvas que reproduce el diagrama adjunto indican claramente cómo ha variado ese contenido en agua y en materia seca durante las épocas vegetativa de la plantas de maíz. La necesidad de

agua sigue en aumento hasta fines del cuarto mes, siendo también en aumento hasta esa época la acumulación de la materia orgánica. Después de esa época el contenido en agua decrece rápidamente conservándose casi inalterado el peso de la materia orgánica seca;

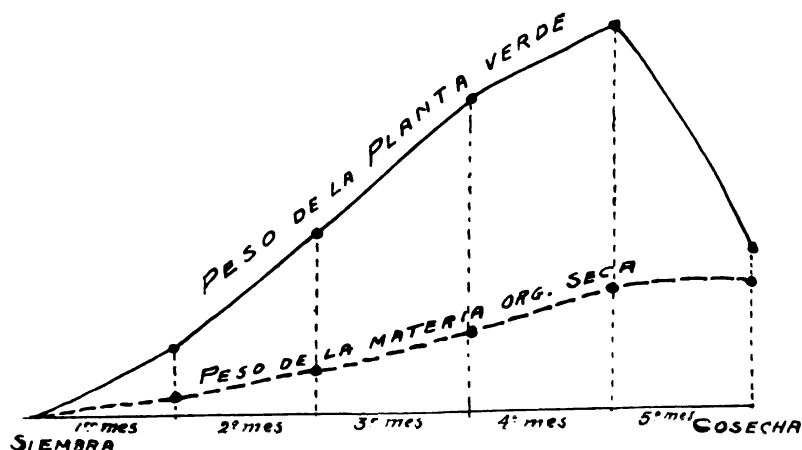


FIG. 3. — Diagrama demostrativo de las variaciones de peso de las plantas de maíz durante su crecimiento para determinar su exigencia en agua. En este caso, al terminar el cuarto mes de su vegetación, la planta no absorbe más agua y su peso va disminuyendo rápidamente quedando en cambio casi inalterada la reserva de materia orgánica seca que habría sido elaborada en las épocas anteriores.

quiere decir que todo aporte de agua después del período culminante en nuestro diagrama, habría resultado sin provecho por parte del cultivo, y quizás perjudicial a los efectos de la buena calidad y conservación del producto en grano.

Considerando muy interesante esta clase de investigaciones nos proponemos ampliarlas a otros cultivos y en otras condiciones de ambiente. El resultado de estos estudios nos indicarán con toda claridad y exactitud, el límite hasta dónde debe considerarse útil el aporte de nuevas cantidades de agua en el riego de los cultivos; toda suministración después de esa época causará un inútil consumo de agua y en ciertos casos, como ya se dijo, hasta perjuicio en los mismos productos.

Estas indicaciones que deben tenerse muy en cuenta en todos los casos, resultarán de suma utilidad práctica toda vez que haya reserva limitada de agua y se quiera beneficiar con ese precioso elemento la mayor superficie de tierra que sea posible.

DOTACIONES DE AGUA PARA RIEGO — UN CASO CONCRETO

Hemos tratado sobre esta misma Revista (1) de las obras de riego ejecutadas por cuenta del Gobierno Nacional para proporcionar agua a los campos que rodean la ciudad de La Rioja.

Se dijo en esa circunstancia que, por pedido de la misma dirección de las obras, quedó instalado allí un Campo Experimental para realizar ensayos de riego, sobre distintos cultivos propios de la región.

Hoy, después de 3 años de experimentación, nos hallamos en condiciones de poder opinar sobre el mejor modo de manejar el agua almacenada en el embalse que pronto será librado al servicio público.

¿A cuántas hectáreas, decíamos en aquel entonces, podrá extenderse el beneficio del riego con los 22 millones de metros cúbicos de agua que quedarán embalsados por el dique de la Quebrada de los Sauces?

Estamos hoy en condiciones de dar la contestación deseada.

Los ensayos realizados bajo nuestra dirección por el ingeniero agrónomo José Minucci, permitieron recoger una cantidad de datos que constituyen una obra notable de experimentación que debería ser dada a publicidad para demostrar la seriedad de los propósitos con que se ha encarado el estudio del problema.

No es nuestro pensamiento dar a conocer, ni siquiera en parte, el contenido de ese trabajo experimental; sólo hemos creído útil a los fines de la enseñanza y de la información de carácter general y científico que persigue nuestra Revista, utilizar los datos finales de las muchas experiencias allí realizadas y sacar con ellos deducciones que consideramos de suma importancia para el estudio de un capítulo muy discutido de la hidrología, cuál es el que se refiere a las dotaciones de agua para riego.

Resumimos en un cuadro las cifras que nos servirán de base para nuestras deducciones.

(1) *Revista de la Facultad de Agronomía*, tomo **XVI**. M. CONTI: «El riego en La Rioja y el porvenir de esa provincia».



RESUMEN GENERAL DE LOS ENSAYOS DE RIEGO SOBRE LOS DISTINTOS CULTIVOS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DE LA RIOJA, DURANTE LOS AÑOS 1925-1926, 1926-1927 Y 1927-1928

Cultivos	Duración riego en días	Produc. p. Ha. Kg.	Agua en c/ riego m <sup>3</sup>	N.º de riegos	Turno días	Dotación en l. p" y Ha.
1. Alfalfa (1) . . . . .	360	20000	900	18	15	0.52
2. Frutales (2) . . . . .	360	—	500	{Veran. 8 {Inv. 2	{Ver. 18 {Inv. 60	0.16
3. Trigo y cereales de invierno . . . . .	140	1500	800	7	20	0.46
4. Maní. . . . .	180	1500	800	9	20	0.44
5. Algodón . . . . .	210	2000	600	15	14	0.50
6. Maíz . . . . .	105	2300	700	7	15	0.55
7. Papas . . . . .	100	15000	500	7	14	0.40
8. Legumbres (3) . . . . .	120	—	500	6	20	0.30
9. Tomates y hortalizas . . . . .	150	30000	550	15	10	0.63

La experimentación sobre el campo nos llevó a la determinación de la dotación de agua por cada uno de los cultivos expresada en litros por segundo y hectárea, según aparece en la última columna del cuadro.

Es fácil comprender como se haya podido conseguir ese dato: se ha multiplicado el número de metros cúbicos de cada riego por el número de riegos y se ha dividido ese total de agua por el número de segundos comprendidos en la duración del período de riego por cada cultivo.

Las dotaciones que se expresan en la última columna del cuadro varían según los cultivos, entre un máximo de 0,55 litros por segundo y hectárea por el maíz, y litros 0,160 para los frutales.

Surge ahora esta pregunta: ¿cuál será la dotación media general que podrá adoptarse para el reparto de las aguas en la zona?

- (1) Tres riegos por cada corte.
- (2) No hay datos de producción por encontrarse las plantas en formación.
- (3) La producción varía según la clase, ellas se cultivan en otoño-invierno.

La contestación implica la necesidad de consideraciones de carácter agrícola-económico, debiéndose ante todo establecer cuál será el tanto por ciento de la superficie ocupada por cada uno de los cultivos que se han experimentado y se han juzgado aptos a la zona de referencia.

Hemos adoptado como bastante lógico el reparto que va a continuación: el cuadro nos ofrece además de ese tanto por ciento, otra columna con dotación correspondiente a cada cultivo, de acuerdo al cuadro anterior; multiplicando el porcentaje por la dotación se obtiene lo que llamamos el *índice de consumo* para cada cultivo. Este índice refleja el consumo efectivo y real del agua por la parte alícuota de la superficie abarcada por cada cultivo en la justa proporción. Las sumas de todos estos índices que figuran en la última columna, nos da directamente la dotación media real en litros por segundo y hectárea.

CÁLCULO DE LA DOTACION MEDIA EN LITROS POR SEGUNDO

Cultivo	% Ocupado P	Dotación co- rrespondiente D	Índice del con- sumo. Produc- to P × D
1. Alfalfa . . . . .	0,30 %	0,52	0,156
2. Frutales y viñas . . . . .	0,15 »	0,16	0,024
3. Trigo y cereal . . . . .	0,10 »	0,46	0,046
4. Maní . . . . .	0,05 »	0,44	0,022
5. Algodón . . . . .	0,10 »	0,50	0,050
6. Maíz . . . . .	0,10 »	0,55	0,055
7. Papas . . . . .	0,05 »	0,40	0,020
8. Legumbres . . . . .	0,05 »	0,30	0,015
9. Tomates y hortalizas . . . . .	0,10 »	0,63	0,063
Dotación media en litros, segundo, hectárea . . . . .			0,451

La dotación resulta ser por tanto de litros 0,451; quiere decir que dejando correr por el canal matriz esa cantidad de agua, *aumentada de la proporción correspondiente a las pérdidas por filtración y evaporación*, se tendrá la seguridad de poder repartir el agua suficiente para los cultivos practicados en la zona en la proporción arriba mencionada.

Tomando como base esa dotación de 0,451 litros por segundo y hectárea, que aumentamos a los efectos arriba indicados, a litros 0,560 y teniendo en cuenta un reparto uniforme de agua durante todo el año menos unos 45 o 50 días, durante el principio del invierno para

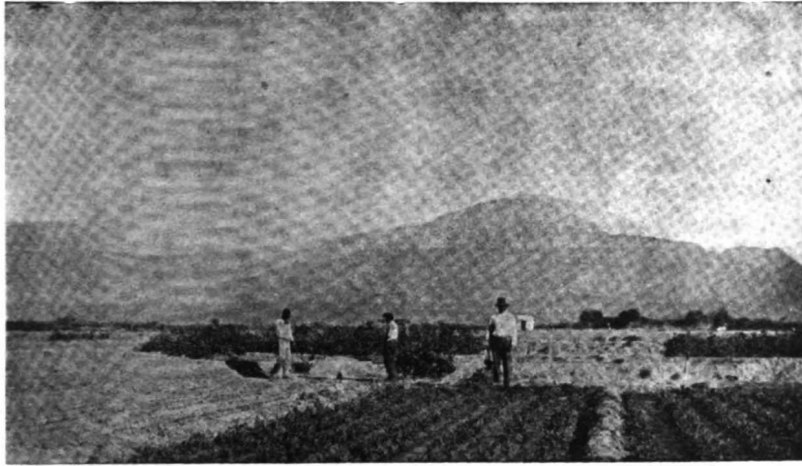


Fig. 4. — Campo experimental de riego de La Rioja que después de tres años de ensayos nos proporcionó las datos que se comentan en este trabajo.

practicar la limpieza y arreglo de los canales, sería posible regar con los 22 millones de metros cúbicos de agua embalsada unas 1500 hectáreas.

Pero no todos los cultivos ocupan el suelo durante todo el año; algunos de ellos sólo lo ocupan en ciertos períodos. Hay épocas en que parte de las cosechas se han levantado y el suelo queda desnudo, en esas épocas puede por lo tanto economizarse agua para beneficiar con el precioso elemento una superficie lo más extensa posible de esos campos necesitados de riego.

Por este motivo hemos creído útil dividir el año en tres épocas y establecer una dotación para cada época, la que corresponde a las cifras expresadas en el cuadro que se adjunta donde cada guión indica que en ese período el cultivo correspondiente no existe o no necesita riego. Así que por ejemplo el alfalfa y los frutales que se riegan en los tres períodos tienen siempre la misma dotación, el trigo cuya cosecha se levanta en noviembre no necesita dotación en el período Diciembre-Marzo, el maní que se levanta en febrero tiene dota-

ción entera el primer período, media dotación en el segundo; del mismo modo se ha procedido con los demás cultivos.

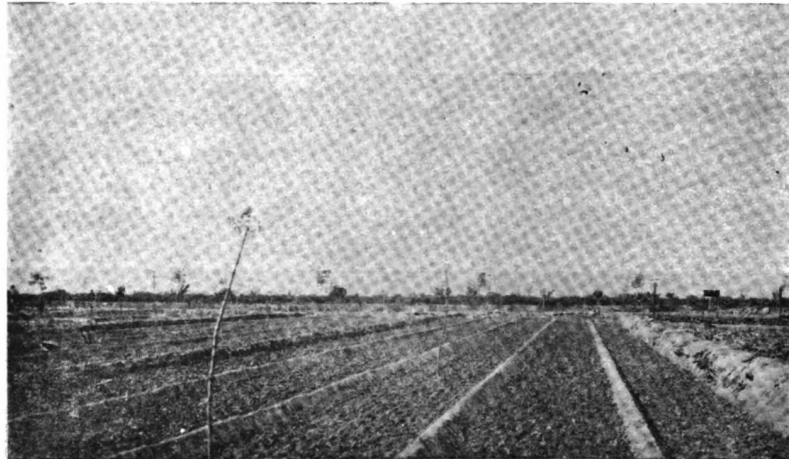


Fig. 5. — Campo experimental de riego. Trazado y sistematización de los bordes o amelgas destinadas a los diferentes cultivos anuales.

CALCULO DE LAS DOTACIONES POR CADA UNO DE LOS PERIODOS EN QUE HA SIDO POSIBLE DIVIDIR EL AÑO AGRICOLA

Cultivo	Repartición del consumo en Períodos		
	Agost. - Nov.	Dic. - Mar.	Abr. - Jul.
1. Alfalfa. . . . .	0.156	0.156	0.156
2. Frutales y viña . . . . .	0.024	0.024	0.024
3. Trigo y cereal. . . . .	0.046	—	0.046
4. Maní . . . . .	0.022	0.012	—
5. Algodón. . . . .	0.050	0.040	—
6. Maíz . . . . .	0.055	0.025	—
7. Papas. . . . .	0.020	—	—
8. Legumbres. . . . .	0.015	—	0.015
9. Tomates y hortalizas. . . . .	0.063	0.063	0.063
Dotaciones en cada período . . . . .	0.451	0.320	0.304

Adoptando este temperamento la administración de riego fijará tres dotaciones correspondientes a los tres cuatrimestres del año, en esta forma:

De Agosto a Noviembre . . . . .	litros	0,451 p " Ha.
» Diciembre a Marzo . . . . .	»	0,320 p " Ha.
» Abril a Julio . . . . .	»	0,304 p " Ha.

La dotación del cuatrimestre Abril-Julio (invierno) podría reducirse aún más, pues en esa época caerá el corte del agua para la limpieza de los canales, pero hay que considerar también el mayor



Fig. 6. — Amelgas cultivadas con legumbres.  
Campo experimental de riego de La Rioja.

consumo de agua al reanudar los riegos de modo que se equilibrará el consumo.

Después de haber tenido en debida cuenta los aumentos de caudales, de estas dotaciones, para neutralizar las pérdidas por filtración y evaporación en los canales y después de realizados los cálculos que por brevedad omitimos, se ha comprobado que con la adopción de este sistema de *dotaciones variables por período* se puede conseguir una economía de agua que permitirá aumentar de un 20 %, o sea de unas 300 hectáreas la superficie susceptible de riego en esa zona.

No es por cierto de mucha consideración ese aumento pero si pensamos a los crecidos gastos que ha reclamado la construcción

de las obras de riego en ese lugar y a la superficie relativamente exigua que con dicha obra se beneficia, lo que represente un fuerte recargo por hectárea regada, se comprenderá que el hecho de aumentar la superficie cultivada en un 20 por ciento constituye un factor económico muy ponderable en esas circunstancias.



Fig. 7. — Sistematización especial para el riego de los frutales.  
Campo experimental de riego de La Rioja.

Antes de terminar sobre este argumento de las dotaciones de agua para riego, cabe hacer resaltar que la dotación que se establezca en esos campos de acuerdo a nuestras indicaciones será de todo punto suficiente para el mejor desarrollo de los cultivos apropiados a la zona. Cambiar un cultivo por otro similar, o variar dentro de ciertos límites los porcentajes de las superficies asignadas a cada uno de ellos, no ha de tener marcada influencia sobre la repartición de las aguas y el éxito de la explotación.

Los agricultores, con esa dotación podrán disponer en todo caso, con la cantidad de agua reclamada para el mayor desarrollo de sus cultivos, pero ellos deben tener presente que hay que saber manejar bien esa agua, repartirla con prudencia y sobre todo saberla economizar con buenas labores de cultivos, carpidas y limpiezas. A no ser muchos serán los reclamos y las protestas, pero podemos adelantar que esos reclamos y esas protestas serán elevadas tan solo por los agricultores incapaces, negligentes y perezosos.

Diciembre de 1928.