

Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros

por el Ing. Ernesto Illanes F.

Regadío por aspersión

«**Aspersión**».—Estoy casi seguro que hace solamente un año muy pocos sabían el significado de esta palabra, y estoy totalmente seguro que hoy todos ustedes saben lo que ella significa como moderno sistema de riego. Es un hecho sorprendente y admirable cómo se ha extendido rápidamente el interés por conocer detalles de este método; sorprende y admira que, aún en círculos completamente alejados de la agricultura y de la ingeniería, haya despertado una enorme curiosidad el funcionamiento de un equipo de riego por aspersión. Y lo más extraordinario en la extensión de este interés ha sido el demostrado por agricultores que, viviendo en sus campos muy alejados de la ciudad y con una agricultura muy pobremente desarrollada, han llegado a preguntarme en qué consiste y en las posibilidades de poder tener pronto uno en sus tierras. He visto en ellos una esperanza de resolver con la aspersión sus problemas de riego para los cuales, hasta ahora, no han encontrado solución adecuada para un buen desarrollo de su agricultura. He conocido también al agricultor rico y progresista que, con una mayor cultura sobre los adelantos mundiales en maquinaria agrícola, ha decidido la adquisición de un equipo para innovar sus anticuados métodos de riego. Es así como puedo asegurar que el interés por la aspersión se ha extendido por todo el país y que el conocimiento de la existencia de este método ha llegado a los lugares más insospechados, a los agricultores más modestos y alejados de los continuos progresos de la agricultura. Y lo extraordinario y maravilloso es la rapidez de la extensión de este interés: sólo un año ha necesitado en desarrollarse. Al llamar la atención de Uds. sobre estos hechos, no podría dejar de mencionar el interés también demostrado por las esferas gubernativas. Tres importantes medidas así lo demuestran: la traída de los primeros equipos por la Corporación de Fomento de la Producción, la liberación de los derechos de aduana a todos los equipos que se internen en el país y el otorgamiento de dólares preferenciales para su importación.

Este entusiasmo y esta esperanza de que el riego por aspersión sea una solución para la extensión de las áreas cultivadas y para el mejor rendimiento de las cosechas, no es sino la repetición del mismo entusiasmo que él ha despertado antes en otros países. Para no detallar, básteme sólo citar el Congreso de Riego por As-

persión verificado en Italia, en septiembre del año ppdo. con la asistencia del Primer Ministro Alcide de Gasperi y una de cuyas conclusiones dice textualmente:

«El riego por aspersión constituye uno de los medios esenciales para el progreso y para la consolidación de la agricultura nacional, sobre todo en las zonas de colinas y montañas, donde todas las posibilidades han sido agotadas y no se pueden formar nuevas tierras agrícolas, y esto no sólo bajo el punto de vista estrictamente económico, sino también, y en primer lugar, bajo el punto de vista social, con particular interés al problema de la montaña y, en general, de las zonas en las cuales es necesario cuidar la posibilidad de vida y de permanencia de la población. Para estas zonas es cuestión de vida o muerte.»

Esta decisiva y contundente conclusión es el reflejo de la gran difusión que el método ha tenido en Italia, la cual ha llevado también al establecimiento de numerosas fábricas especialmente dedicadas a la ejecución de estos equipos.

Igual cosa ha ocurrido en varios otros países y no hay país industrial que no cuente con varias fábricas de equipos de aspersión: EE. UU., Inglaterra, Alemania, Francia, Austria, Italia, etc. Si dudáramos de las consideraciones favorables a la aspersión, que hasta ahora en Chile podrían tildarse de teóricas por la falta de experiencias propias, este hecho del gran número de fábricas establecidas en el mundo nos llevaría a la conclusión de que estamos ante un método de riego beneficioso.

No se puede desarrollar una exposición sobre el método de riego por aspersión ni hacer resaltar su importancia y sus posibilidades en nuestro país sin examinar antes las condiciones fisiológicas y físicas de un riego.

Hablo de las condiciones fisiológicas refiriéndome a las necesidades de agua de la planta. Es un hecho por todos conocido la necesidad de agua de la planta para su completo y continuo desarrollo. Son muy pocas las que pueden subsistir sin este elemento; sólo podríamos contar aquellas de estructura muy simple, como los musgos y líquenes, y entre las superiores sólo algunas variedades existentes en la flora desértica. El papel principal que desempeña el agua en la vida de la planta es de disolvente de las sustancias nutritivas contenidas en el suelo para entregárselas en su paso circulatorio a través de ella. Este proceso queda regulado por dos fenómenos: la transpiración que se verifica a través de las hojas y tallos y la capacidad absorbente de las raíces para extraer la humedad del suelo. El primero está gobernado por factores climáticos como el déficit de saturación del aire, la temperatura, el viento, etc., y por factores internos como son la estructura de las hojas y el estado de las células y tejidos. En general, puede decirse que la transpiración obedece a las mismas leyes de la evaporación. Las curvas de variación diaria de transpiración, radiación solar, déficit de saturación y temperatura casi coinciden. Mucha es la importancia, con justificada razón, que le han dado los fisiólogos al proceso de la transpiración y varios son los conceptos que han fijado para comparar los resultados obtenidos en las diferentes experiencias. Así, han hablado de la relación entre la cantidad de agua que pierde una planta en un cierto período con la superficie foliar; de la cantidad de agua perdida por la planta en la unidad de tiempo con el total de agua que ella contiene y de muchos otros índices o factores que no sería del caso detallar

en esta ocasión. De todos ellos el más común y el de mayor interés es el que relaciona el agua total transpirada en un período vegetativo de la planta y la cantidad de materia seca producida. Esta magnitud se llama «coeficiente de transpiración» y se expresa en Kgs. de agua evaporada por Kg. de materia seca producida. Sobre sus valores numéricos hablaremos más adelante.

He dicho que el proceso del paso del agua a través de una planta está también regulado por la capacidad absorbente de las raíces. Es a ellas a quienes corresponde absorber el agua contenida en el suelo e impulsarla hacia arriba a través de los vasos. La fuerza con que son capaces las raíces de hacer esta operación de succión alcanza corrientemente a valores de 1,5 a 2 atmósferas. Las fuerzas que se oponen a este trabajo son las de atracción molecular y, en ciertos casos, las de origen osmótico, por una elevada concentración de sales en el agua edáfica. Cuando las raíces no pueden vencer a la primera es cuando se ha alcanzado lo que se llama el «coeficiente de marchitez». Sobre él volveremos más adelante. Las dificultades osmóticas pueden ser vencidas por algunas plantas elevando la concentración de la solución que encierran sus vasos; pero esta defensa tiene su límite y ella no es capaz como para permitir el desarrollo de vegetación en suelos que sean fuertemente salinos. Analizados someramente estos aspectos fisiológicos, veamos ahora la conclusión que más nos interesa a nosotros en nuestro problema de riego, esto es, la cantidad de agua que necesita una planta para su total desarrollo. Ella nos queda determinada a través del «coeficiente de transpiración», ampliamente estudiado por numerosos investigadores tales como Lawes y Gilbert en Inglaterra, Hellriegel en Alemania, Wollny en Munich y King en Norteamérica. En el cuadro siguiente se dan algunos de los valores obtenidos; en él puede verse que los distintos autores dan para una misma planta valores diferentes.

	<i>Lawes y Gilbert</i>	<i>Hellriegel</i>	<i>Wollny</i>	<i>King</i>
Trigo	225	359	—	—
Cebada	262	310	393	774
Avena	—	402	557	605
Trébol rojo.....	249	330	453	—
Guisante	235	292	477	447

Las divergencias que existen entre los resultados se explican por los factores que gobiernan la transpiración y de los cuales ya hemos hablado. Aun cuando sería de desear una mayor investigación, se puede suponer, y así se hace en general, que una cosecha transpira 300 litros de agua por cada Kg. de materia seca producida. En base a este valor es que puede estimarse en definitiva el consumo por hectárea que necesita el desarrollo de una cosecha, como se indica en el cuadro siguiente para un campo que haya dado un buen rendimiento.

Puede observarse que en todas las cosechas las necesidades de agua están muy por debajo de las cantidades que se aplican habitualmente en los riegos que, aún en los casos más optimistas, se estiman en 8.000 m³/Há. No siendo del caso detallar más este punto de nuestro problema, sólo quiero agregar la necesidad de entregar a las plantas las cantidades de agua señaladas en el cuadro que sigue en forma continua y durante todo el período de su desarrollo.

COSECHA	Peso de la cosecha	Agua por ciento	Peso de la materia seca	Agua transpirada durante el desarrollo, calculada teóricamente	
	Toneladas por hectárea		Toneladas por hectárea	Toneladas por hectárea	Mm. de lluvia
Trigo	6,28	18	5,15	1.544	155
Cebada	5,02	17	4,17	1.250	125
Avena	6,28	16	5,27	1.581	158
Heno de césped	3,78	16	3,16	949	95
Heno de trébol	5,02	16	4,22	1.265	127
Nabo seco	42,67	88	5,12	1.536	154
Remolacha híbrida	75,30	88	9,04	2.711	271
Patatas	18,83	75	4,69	1.408	141
Judías	5,02	17	4,17	1.250	125

Ya hemos dicho que el agua la obtiene la planta del suelo y que la extrae de él por medio de las raíces. Aquí es donde intervienen las condiciones físicas del riego.

Un suelo se compone, principalmente, por partículas sólidas de diferentes tamaños y por coloides orgánicos e inorgánicos. El agua que un suelo contiene permanece entre las partículas. Los espacios mayores los llena la llamada «agua gravitacional» por obedecer a las leyes de la gravedad y que, por lo tanto, sólo permanece poco tiempo en la zona vegetal, descendiendo hacia las capas inferiores y perdiéndose para los fines agrícolas: pérdida de percolación. Los espacios menores son llenados por el «agua capilar»; ella resiste a la acción de la gravedad, siendo retenida por la tensión superficial. Su permanencia y el pequeño valor de la fuerza retentiva, generalmente una fracción de atmósfera, la hacen de gran valor para el desarrollo de la planta. Extraída esta agua por la fuerza succora de las raíces, queda en el suelo el agua que rodea directamente a las partículas, atraídas a ellas por la fuerza molecular que, alcanzando grandes magnitudes, es imposible que sea aprovechada por la planta. En este punto se ha llegado a lo que anteriormente hemos mencionado como el «coeficiente de marchitez». Si secamos al aire un suelo a la temperatura ordinaria, siempre tendremos que queda en él algo de humedad: es la «humedad higroscópica». La fuerza de retención de esta agua alcanza a valores del orden de las 1.000 atmósferas.

Los principales investigadores del «coeficiente de marchitez» y del «coeficiente higroscópico» han sido Briggs y Shantz, Heinrich y Sachs.

Briggs y Shantz han determinado la relación del «coeficiente de marchitez» con el «coeficiente higroscópico», o bien con la capacidad de retención total de agua de un suelo; también han establecido la relación entre el «coeficiente de marchitez» y la composición mecánica del suelo. Ellas son, expresando el coeficiente de marchitez en % del peso seco del suelo:

$$q = \frac{\% \text{ agua higroscópica}}{0,68} = \frac{\% \text{ agua saturación} - 21}{2,9}$$

$$q = \% \text{ de arena} \times 0,001 + \% \text{ limo} \times 0,12 + \% \text{ de arcilla} \times 0,57$$

Heinrich da los siguientes valores:

	<i>Coefficiente marchitez</i>	<i>Coefficiente higroscópico</i>	<i>Higroscópico Marchitez</i>
Arena gruesa	1,5	1,15	0,77
Suelo arenoso jardín.....	4,6	3	0,65
Arena fina con limos	6,2	3,98	0,64
Fango arenoso	7,8	5,74	0,71
Fangoso cretáceo.....	9,8	5,2	0,53
Turba.....	49,7	42,3	0,85

Se han anotado los valores del cociente entre «coeficiente higroscópico» y «coeficiente de marchitez» para hacer notar que, en general, ellos concuerdan con la fórmula de Briggs y Shantz.

Maximov da los siguientes valores:

Arena gruesa.....	1%
Arena fina	2 - 3%
Suelo franco	5 - 10%
Suelo fuertemente arcilloso.....	14 - 16%

Del análisis anterior deducimos, entonces, que no toda el agua que se aplica a un suelo será aprovechada por la planta ni que toda la humedad que el suelo retenga podrá ser absorbida por las raíces.

Sólo será útil el exceso de agua que un suelo contenga sobre la que corresponde al grado de marchitez y hasta un poco más allá de la cantidad que corresponde al «agua capilar». Este último límite es lo que los agrónomos llaman «coeficiente de campo» de un suelo. La humedad que vaya más allá de este límite no sólo será inútil, sino también perjudicial, porque impedirá una buena aireación del suelo. Las plantas en un suelo anegado se marchitan, no porque el agua sea perjudicial, sino por la falta de oxígeno. Un buen riego debe ser una buena combinación de agua y aire. Los valores del «coeficiente de campo» para distintos suelos son, en % del peso del suelo:

Arena gruesa	6%
Arena fina	7,5
Tierra arenosa	15,5
Tierra limosa	24
Limo arcilloso	29
Arcilloso-limoso	35

Con los valores dados veamos algunos ejemplos del agua que puede quedar disponible para la planta en un riego:

Tierra arenosa:

Capacidad campo.....	15,5%
Coefficiente marchitez	5,5%

Diferencia..... 10 %

Peso de la tierra arenosa: 1.200 Kgs. m³.
Agua disponible en un metro cúbico de suelo, 120 Kgs.

Si se trata de un cultivo cuyas raíces no sean más profundas que 30 cm. el agua que ellas podrían absorber sería 0,036 m³/m², o sea, 360 m³/Há.

Suelo franco:

Capacidad de campo	24%
Coefficiente de marchitez.....	10%
	14%

Peso, 1.200 Kgs. m³.

Agua disponible en un metro cúbico de tierra, 170 Kgs.

Considerando también un cultivo con raíces más profundas de 30 cm. tenemos que ellas sólo podrán disponer de 0,051 m³/m² de suelo, o sea, 510 m³/Há.

Efectuando un cálculo análogo para terreno arcilloso se tienen los siguientes valores:

Capacidad de campo	35%
Coefficiente de marchitez.....	16%

$$19\% \times 1.000 = 190 \text{ Kgs.}$$

$$190 \times 0,3 = 570 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

Los valores deducidos en los ejemplos anteriores constituirían los valores de las cantidades de agua de un riego ideal. Fácilmente se comprueba que ello es imposible de alcanzar, ya que son inevitables las pérdidas por percolación, evaporación y escurrimiento superficial. El valor de ellas, principalmente la primera y última, depende casi exclusivamente del método de riego que se emplee.

Aquí queda, entonces, planteado el verdadero problema de la aplicación del agua para riego en el suelo. Hemos visto que, tanto por las necesidades fisiológicas de la planta como por el poder retentivo de agua del suelo, las cantidades de agua que debiéramos aplicar en cada riego son muy inferiores a las que usualmente se emplean y a ello debiéramos agregar que los excesos más bien tienden a disminuir el rendimiento de las cosechas. Esta es la razón por la cual en otros países se han desarrollado métodos de riego que permitan una disminución de las cantidades de agua que se aplican, aunque para ello sea necesario entrar en fuertes gastos de preparación del terreno.

Todos estos métodos son casi desconocidos en Chile, donde la costumbre ha sido regar por escurrimiento superficial con consumos que raramente bajan de 1.300 m³/Há.

Entre estos métodos, quizás el que más se ha desarrollado y perfeccionado en los últimos años ha sido el de riego por aspersion.

La base esencial del riego por aspersion consiste en hacer llegar agua a una presión adecuada en correspondencia con el diámetro de la boquilla de un pitón para que ella sea disparada violentamente en forma de chorro, el cual por la alta velocidad que toma por la transformación de la presión en energía cinética, vence a la acción de gravedad y de resistencia del aire. Por una adecuada disposición del pitón, el chorro resultante se transforma en una cortina uniforme de finas gotas que caen lentamente sobre el suelo para ser absorbidas por él, evitando así las pérdidas por escurrimiento superficial.

Una instalación de riego por aspersion comprende:

a) Un grupo moto-bomba, fijo o móvil, para la obtención de la presión necesaria en el agua. En ciertos casos, cuando el canal aductor está suficientemente alto sobre el terreno a regar, puede suprimirse el grupo moto-bomba.

- b) Una red de cañería principal, fija o móvil, para la conducción del agua a presión.
- c) Un sistema de cañerías secundarias donde se colocan los surtidores.
- d) Uno o más surtidores que lanzan el agua en forma de lluvia sobre el terreno.

El motor puede ser eléctrico, Diesel o a bencina. Siempre que sea posible y los estudios económicos no lo excluyan, el motor eléctrico ofrecerá ventajas sobre los otros. Su menor tamaño y el no empleo de combustible redundará en beneficios durante la explotación; la extensión de líneas eléctricas especiales aumentará los gastos de instalación.

De los motores de combustión interna, el de bencina sólo se emplea en instalaciones muy chicas.

El progreso de la técnica en la fabricación del motor Diesel ha contribuido grandemente al desarrollo de la aspersión. Se ha conseguido disminuir mucho su peso y aumentar el número de revoluciones, con lo cual se ha simplificado el acoplamiento directo a una bomba centrífuga. Hoy en día los motores Diesel son sólo 30 a 50% más pesados que los de bencina de igual potencia. En los consumos de combustible el Diesel alcanza a 200 gr. de petróleo por HP. hora y el de bencina de 300 a 350 gr. de bencina por HP. hora, o sea, el Diesel consume menor cantidad de combustible y más barato.

La bomba que se emplea casi exclusivamente es la centrífuga de eje horizontal. En ciertos casos cuando el caudal de agua es muy poco y la altura de elevación grande, puede preferirse una bomba de pistón.

Conocido el caudal y la presión que necesitamos darle al agua en la tubería matriz podemos calcular la potencia del motor con la fórmula simple $P = 20QH$ que supone un rendimiento 0,66 del grupo moto-bomba.

Tubería.—La red de cañería puede ser fija o móvil o parcialmente fija y móvil. La cañería fija, no interesando su peso, puede ser de concreto armado, cemento, asbesto, fierro fundido, etc. La instalación de cañería fija aumenta el costo de instalación y disminuye el de explotación. Sólo se justifica en grandes proyectos o en parques.

En la cañería móvil interesa mucho su peso, por lo cual sólo se fabrican en acero galvanizado delgado y en aleaciones de aluminio. Ambas han tenido un enorme desarrollo durante la última guerra y hoy constituyen un punto de competencia entre las casas fabricantes que ensalzan las bondades de una y otra, según sea la que fabriquen. Las de acero se fabrican bastante delgadas para disminuir su peso y se galvanizan a fuego para hacerlas resistentes a oxidaciones. Las de aluminio son de un espesor un poco mayor que las de acero para darles una resistencia equivalente, y se fabrican en aleaciones de aluminio con sílice, o bien aluminio con magnesio o aluminio con magnesio y manganeso.

Los diámetros deben ser estudiados conforme al caudal que conducirá la cañería, teniendo presente que un diámetro muy reducido dará fuertes pérdidas de carga por frotamiento, lo que va, naturalmente, en perjuicio de la presión y en un mal resultado económico. La velocidad recomendable del agua en las cañerías es de 1,5 a 2 metros por segundo. La longitud de cañería debe ser cuidadosamente estudiada: un exceso aumentará inútilmente los costos del equipo y una falta perjudicará el buen funcionamiento del riego y aumentará

los costos de explotación. Hay que tener cuidado con esta última tendencia que presenta el atractivo de un bajo costo de instalación.

Propio de cada fábrica son los tipos de unión de una cañería a otra y los fittings necesarios para la extensión de la red. La idea básica de todas es el acoplamiento rápido y fácil de tipo cardán que permita desviaciones de una cañería respecto a otra.

Surtidor.—Es el elemento más importante de una instalación de riego por aspersión y al mismo tiempo más delicado. Junto con largar el chorro para la pulverización del agua, el surtidor está provisto de un movimiento de rotación que le permite extender el riego a todo un círculo o a un sector cuando ha sido proyectado para invertir el sentido de rotación automáticamente y en el ángulo que se desee. En el perfeccionamiento de los diseños de los surtidores, los fabricantes han debido considerar:

- a) Un suave paso de la presión de entrada a la de salida.
- b) Eliminación de cualquier ensanche brusco de la sección.
- c) Máxima suavidad en las paredes del conducto.
- d) Eliminación de cualquier discontinuidad en la sección de ajuste de la boquilla al cuerpo del surtidor.
- e) Evitar el empleo de conductos demasiado largos respecto al diámetro.

La parte más característica y mecánicamente más interesante del surtidor es el mecanismo destinado a producir el movimiento de rotación. Todos están basados en aprovechar la energía proveniente de la presión del agua.

Uno consiste en el accionamiento de una pequeña turbina por medio de un chorro secundario colocado en la base del surtidor. En otros, la misma turbina es accionada por el chorro principal, quedando en este caso ubicada cerca de la boquilla y transmitiendo su movimiento de rotación por medio de un eje y engranajes.

Otro sistema adoptado es provocar la rotación del surtidor por un efecto de reacción del chorro. Ello se consigue desviando el eje de la boquilla respecto al eje del cuerpo del surtidor, o bien, colocando fuera de la boquilla una lámina inclinada respecto a la dirección del chorro que lo intercepta parcialmente.

Un buen surtidor debe tener los siguientes requisitos:

- a) Radio de acción lo mayor posible en relación a la presión y al gasto.
- b) Distribución superficial lo más uniforme posible del agua sobre el terreno.
- c) Suficiente pulverización del agua.
- d) Facilidad de transporte, montaje y desmontaje.
- e) Máxima resistencia a la corrosión por las sustancias abrasivas que inevitablemente tiene el agua de riego.

La presión a que trabajan los surtidores varía desde 2 atmósferas a 10 atmósferas, y el diámetro de las boquillas desde 4 mm. a 32 mm. De estos valores dependerá el alcance del chorro, el grado de pulverización y la uniformidad de distribución del agua.

El alcance del chorro va desde los 15 m. a los 100 que tienen los surtidores más grandes. En balística se demuestra que el alcance máximo teórico de un proyectil se consigue con un ángulo de inclinación igual a 45°. En los surtidores de aspersión no sucede exactamente lo mismo y la experiencia ha demos-

trado que el máximo alcance se obtiene con inclinaciones del surtidor de 30 a 32° respecto a la horizontal. Para comparar un surtidor con otro se utiliza el grado o «índice de eficiencia», que se define como el cociente entre el alcance del chorro y la presión en la boquilla. A igualdad de caudal, un mayor alcance del chorro significará distribuir una cantidad de agua en una superficie mayor, lo que exigirá para conseguir un mismo riego una más larga permanencia del equipo en una posición. Este aspecto tiene enorme importancia en el diseño del equipo apropiado a un tipo de suelo, ya que es sabido que, dependiendo de su textura, los suelos tienen diferente rapidez de absorción del agua.

La aplicación muy rápida del agua en un suelo arcilloso provocará la aparición de charcos con posibles pérdidas por escurrimiento. Una aplicación lenta del agua en terrenos arenosos puede aumentar los costos sin justificación alguna.

El grado de pulverización del chorro está íntimamente ligado con el índice de eficiencia, como lo señalamos en la tabla siguiente, deducida de estudios ejecutados en Alemania por L'Oehler.

<i>Índice de eficiencia</i>	<i>Tamaño de gota</i>	<i>Uso</i>
Menor de 1	Finísima	Jardín
1 - 1,1.....	Fina	Cultivos varios
1,1 - 1,2.....	Media	Cultivos varios
1,2 - 1,3.....	Semi-gruesa	Pastos
Mayor de 1,3	Gruesa	No se usa

La distribución de los surtidores es un problema geométrico que busca la solución que da el mínimo de superficie traslapada entre las dos que riegan dos surtidores vecinos. Las principales posiciones son: en cuadrado y en triángulo equilátero. Esta última da una mejor distribución del agua, pero dificulta en parte los trabajos de operación.

Aspecto económico.—Para analizar el aspecto económico tomemos un equipo apropiado para el riego de 200 hectáreas, cuyo costo puede estimarse en US.\$8.000, C. I. F. Valparaíso, es decir, a cambio de \$60 el dólar, unos \$ 550.000, moneda nacional, puesto en algún fundo. Adoptemos para mayor seguridad un costo de \$3.000 por hectárea. Con un interés de capital de 10%, gastos de reparación y mantención de 3% anual y amortización en 15 años, o sea, 6,66%, tenemos que los costos del equipo por hectárea suman al año 20% de tres mil pesos, igual a \$600.

Gastos de explotación. Consumo de combustible.—El equipo del ejemplo tiene un motor de 50 HP. y una bomba para 120 m³/hora. Considerando un consumo de 200 grs. de petróleo por HP. hora, tenemos que la colocación de los 120 m³ de agua representa 10 litros de petróleo, o sea, unos \$ 40. Si se trata de alfalfa y deducimos la cantidad de agua a aplicar en un riego por las necesidades fisiológicas y consideramos las pérdidas probables inevitables, como evaporación, percolación, etc., determinamos que un buen riego será de 420 m³ por hectárea. Luego el consumo del combustible representará por riego \$ 140 la hectárea.

Jornales.—El equipo en referencia necesita el empleo de dos hombres, que en conjunto ganarán \$ 22,50 la hora; esto significa que un riego de 420 m³ por hectárea será, en jornales, \$ 80.

En resumen, tendremos que los gastos de combustibles y jornales en un riego de alfalfa serán de \$ 220 por hectárea, Si consideramos 15 riegos en el año, los gastos en total, incluso amortización de equipo, serán de \$ 3.900.

Los gastos con los procedimientos actuales de riego, considerando el rendimiento de un hombre en 0,6 hectáreas por día y considerando los gastos de limpia de acequias y el mismo número de riegos, pueden estimarse en \$ 2.000 la hectárea.

La diferencia es la que debe ser analizada para definir sobre la conveniencia de la instalación de riego por aspersión.

Desde el punto de vista agronómico siempre podrá emplearse el riego de aspersión salvo el caso muy excepcional del arroz que se cultiva en nuestro país. Desde el punto de vista económico la implantación de este sistema debe ser cuidadosamente estudiada, ya que es necesario contrapesar el mayor costo que él representa con las ventajas que de él se pueden obtener.

La principal de todas es la economía de agua. Así, en el ejemplo anteriormente estudiado, con un empleo de agua igual al tercio de los métodos corrientes tenemos que la mayor utilidad que representan tres hectáreas de cultivo respecto a una hectárea debe sobrepasar la diferencia de $3 \times 3.900 - 2.000 = \$ 9.700$, que representa el mayor gasto de riego.

Otras ventajas se refieren a la obtención de mejores cosechas por la distribución más uniforme del agua, reducción de los problemas de drenaje por la menor cantidad de agua empleada y el control que sobre ella puede ejercerse, eliminación de acequias, con lo cual los trabajos agrícolas se facilitan, etc.

Cuando los terrenos a regarse sobrepasan una pendiente del 5%, ya no existe comparación posible, pues cualquier método superficial de riego provocará erosiones que irán en perjuicio de los rendimientos agrícolas. El riego de aspersión puede aplicarse sin este peligro en cualquier pendiente que sea apta para los trabajos agrícolas.