

D

I

S

UNIVERSIDAD DE CHILE
SEDE SANTIAGO SUR

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
Y SUELOS

444 L
**ALGUNAS EXPERIENCIAS DE RIEGO
POR GOTEO EN CHILE**

CLAUDIO STOCKLE L.

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPTO. INGENIERIA Y SUELOS

"EXPERIENCIAS DE RIEGO POR GOTEO EN CHILE"(*)

Ing. Agr. CLAUDIO STOCKLE L. (**)

(*) Trabajo presentado al Quinto Seminario Nacional de Riego y Drenaje. (Agosto 1976)

(**) Profesor Auxiliar de Riego y Drenaje de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile.

1.- INTRODUCCION

En Israel, desde hace ya más de quince años en América Latina, desde 1968 en México y 1972 en Argentina, y en países europeos y Estados Unidos, se viene investigando sobre las posibilidades y condiciones de la aplicación de un nuevo método de riego, consistente en colocar el agua localizada en las plantas en forma de gota, y que se conoce como riego por goteo. Esta forma de proporcionar el agua a las plantas no tendría mayor importancia si no fuera porque de esta manera se han obtenido incrementos altamente significativos de rendimiento y ahorros considerables de agua de riego.

El Departamento de Ingeniería y Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile, conciente de la necesidad de incorporar al país nuevas tecnologías, ha iniciado en el año 1974 los estudios para la aplicación del método en nuestro país, cuyos primeros resultados se entregan en el presente trabajo.

Este artículo fue preparado para ser presentado en el Quinto Seminario Nacional de Riego y Drenaje, realizado en el Campus Antumapu de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile en Agosto de 1976, y sólo pretende dar una breve síntesis de la labor efectuada en esta materia.

2.- GENERALIDADES

2.1.- Definición y descripción

El riego por goteo, como su nombre lo indica, consiste en la aplicación localizada de agua al terreno, en forma de gotas. Para ello, se utiliza un equipo compuesto de los siguientes elementos:

- a) Grupo motobomba. - provisto de manómetro y válvula de regulación, permite dar la presión necesaria para la conducción del agua en el sistema. Puede ser eliminado en el caso de que la presión se obtenga por gravedad.
- b) Tanque fertilizante. - Permite el almacenamiento y dosificación de los fertilizantes en el sistema, de modo de obtener la aplicación de los abonos a través del agua de riego.
- c) Filtros. - El taponamiento de los goteros es un problema que requiere especial atención en el riego por goteo. Para evitarlo, se deben instalar filtros, los que impiden el paso de partículas que pueden obstruir el estrecho paso de los goteros. Estos filtros pueden consistir en arena graduada, mallas de acero o sistema de centrifugación, etc. En el caso de aguas con alto contenido de

sólidos en suspensión, por ejemplo, se requiere de la construcción de desarenadores antes de la toma de agua.

- d) Cañerías de distribución. - Tienen por función conducir el agua por todo el terreno a regar. Se fabrican en material plástico (polietileno negro, cloruro de polivinilo, etc). En nuestro país, en los sistemas que requieren diámetros superiores a 4 pulgadas, debe utilizarse tubo de cemento o asbesto-cemento para dichos diámetros.

Las cañerías laterales, el último nivel de distribución, y sobre las cuales val los goteros o emisores, normalmente tienen un diámetro de media pulgada.

- e) goteros. -

Son dispositivos que provocan una caída de presión, logrando la aplicación del agua en forma de gotas a cada planta. Los hay de baja presión (1,5 a 3 metros de altura de agua) y de alta presión (de 10 o más metros). El gasto emitido varía entre 2 y 4 l/hr hasta 9 o más litros por hora. Existen gotero de gasto fijos y otros de gasto regulable. El funcionamiento de los goteros, en general, se basa en obligar al agua a pasar por un orificio estrecho o circular por un microtubo. Sobre la base de esta idea, existe una innumerable cantidad de diseños di-

ferentes, los que funcionan con mayor o menor éxito. Estos dispositivos pueden ir insertos en la tubería, anexados mediante un "espagueti" de conexión o intercalados en la línea. El número de goteros puede variar desde uno cada cuatro plantas (hortalizas), dos por planta (viñas) hasta cuatro a seis goteros por planta, dependiendo de las condiciones de suelos (frutales)

2.2.- Condiciones características de la aplicación del riego por goteo.

Al regar por goteo implica algo más que la simple aplicación de agua en forma de gotas al terreno. Su exitosa utilización tiene algunos requisitos, los que se indican a continuación:

- a) Regar diariamente, o cuando más, cada dos días, aplicando la cantidad de agua que la planta consuma, de acuerdo a las condiciones climáticas y a su desarrollo.
- b) Aplicar el agua en un mismo punto, sin mover los goteros, generándose en el perfil un bulbo de humedecimiento, cuyo contenido de humedad oscila desde un poco por bajo la capacidad de campo hasta un poco por bajo la saturación. Las raíces se desarrollan en dicho bulbo, encontrando el cultivo condiciones óptimas para la absorción de agua y nutrientes.

- c) Regar durante las horas de luz, que es el período del día en el que se realiza la fotosíntesis y hay, por lo tanto, absorción de agua.
- d) Aplicar los fertilizantes, especialmente el nitrogenado, a través del agua de riego. Esta práctica permite el adecuado abastecimiento de nutrientes en el bulbo de humedecimiento, en donde prosperan las raíces. La fertilización nitrogenada al suelo tradicional significaría el arrastre del nitrógeno por el frente de humedecimiento a la periferia del bulbo, dejando el elemento fuera del alcance de las raíces.

2.3. Ventajas y desventajas.- Realizando una simple enumeración, se pueden señalar las siguientes:

2.3.1. Ventajas

- a) Ahorro de agua, de alrededor de un 50% comparado con métodos tradicionales de riego.
- b) Incremento de los rendimientos por hectárea.
- c) Ahorro de materias fertilizantes.
- d) Utilización de suelos y aguas marginales.
- e) Precocidad de la producción
- f) Menor incidencia de malezas

2.3.2.- Desventajas

- a) Alto costo inicial, variable entre US\$ 1100 por ha a US\$ 1.300 por hectárea en frutales y viñas, hasta US\$ 2.700 en hortalizas.
- b) diseño e instalación requiere asesoría técnica especializada.

2.4.- Aplicación en Chile.-

El método de riego por goteo, desde punto de vista meramente técnico, puede ser aplicado en todas las áreas de riego del país y para prácticamente todos los cultivos hilerados y frutales.

Sin embargo, si se considera factores económicos, su aplicación se reduce a aquellos sectores y cultivos en donde exista una favorable relación costo-beneficio.

Tales condiciones pueden darse en los siguientes casos:

- a) Terrenos con pendiente pronunciada
- b) Suelos con fuerte microrelieve, con limitaciones para ser nivelados.
- c) Suelos arenosos o muy pedregosos, marginados de la producción.
- d) Sectores abastecidos con aguas salinas.

- e) Zonas con déficit permanente de agua (Norte de Chile)
- f) Sectores de abastecimiento restringido, en donde el caudal con que se cuente no sea manejable por métodos de riego tradicionales.
- g) Cultivos de alta rentabilidad, especialmente destinados a la exportación (parronal para uva de mesa, almendros, etc), o con mercado interno estable (primores, etc), en los cuales el aumento de producción por unidad de superficie sea vital.

3.- EXPERIENCIAS REALIZADAS POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y SUELOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.

El Departamento de Ingeniería y Suelos, desde mediados de 1974, comenzó a interesarse en las condiciones de la aplicación en nuestro país del riego por goteo. Como primera etapa se planteó el conocimiento de los materiales y equipos disponibles en el extranjero. Se realizaron algunas visitas a la Argentina, país que ya había iniciado en esa fecha la aplicación comercial del método. Como resultado de esas gestiones se concluyó que, para las condiciones nuestra era conveniente el desarrollo y utilización de equipos de goteo de baja presión. Esto se basa, por un lado, en el evidente ahorro de energía, más aún cuando es frecuente encontrar situaciones que permiten prescindir del equipo de bombeo, factor muy importante si se considera que se debe regar diariamente. Por otro lado, al utilizar goteros de baja presión, éstos están provistos de pasos de mayor diámetro, lo que significa un menor riesgo de taponamiento, importante si se considera el contenido de sólidos en suspensión del agua en muchas zonas.

En octubre de 1974 se pudieron conseguir los primeros goteros, con lo que se inició la etapa experimental.

3.1.- Riego por goteo en frejoles.

En la temporada 1974-75 se realizó un ensayo comparativo entre el riego por goteo y el riego por surcos y su efecto sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del frejol, variedad Red Kidney. Este cultivo se utilizó únicamente en razón de lo avanzado de la temporada agrícola. El objetivo básico del ensayo fue familiarizarse con el manejo del método y realizar una primera experiencia exploratoria. Los tratamientos consistieron en riego por goteo cada dos días (G_1), riego por goteo cada cuatro días (G_2), riego por surcos cada cuatro días (S_1), riego por surcos cada ocho días (S_2) y riego por surcos cada doce días (S_3). La fertilización se realizó en forma uniforme para todo el ensayo.

La distancia de plantación fue también uniforme para todo el ensayo, con una separación de las plantas de 0,5 m. entre hileras y de 0,1 m sobre las hileras.

En el cuadro N°1 se muestran los rendimientos en qq/ha obtenidos con los distintos tratamientos.

Cuadro N° 1.- Rendimientos (qq/há) obtenidos con los distintos tratamientos aplicados.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO
G1	33,2
G2	36,9
S1	27,2
S2	29,9
S3	27,1

El análisis estadístico demuestra que existieron diferencias significativas entre el rendimiento obtenido con el tratamiento G_2 y los obtenidos por S_1 y S_3 . Los tratamientos de surco entre si no manifiestan diferencias. Algo similar ocurre con los tratamientos de goteo. En general, se puede decir que el rendimiento de las parcelas regadas por goteo fue superior, incluso en el caso en que usó una frecuencia de riego similar, que el rendimiento de las parcelas regadas por surcos. Para las primeras, se consiguió un aumento de 36,1% en el rendimiento.

El análisis de algunos componentes del rendimiento también muestra ventajas para el riego por goteo, como se puede apreciar en el cuadro N° 2.

Cuadro N° 2.- Efecto sobre componentes del rendimiento de los tratamientos aplicados.

<u>Tratamiento</u>	N° Granos por vaina	N° de granos por planta
G ₁	3,78	41,9
G ₂	3,81	47,1
S ₁	3,59	33,4
S ₂	3,66	37,8
S ₃	3,52	32,9

En este ensayo no se incorporó abono nitrogenado al agua, en el riego por goteo. Sin embargo, a pesar, de ello se obtuvo un mejor resultado con este método que con surcos, seguramente debido a la escasa respuesta del frejol a la fertilización.

3.2.- Riego por goteo en tomates.

En ensayo realizado en frejoles, si bien fue exitoso, no aprovechó todas las ventajas posibles para el goteo. Es así como se omitió la fertilización al agua, como ya se explicó, no se experimentó la posibilidad de aumentar la población de plantas por hectárea, factor importante si

se considera el menor desarrollo radicular que el goteo implica.

Se realizó, entonces, en la temporada agrícola 1975-76 un ensayo de riego por goteo en tomates, variedad Pakmor plantado con distintas poblaciones por hectárea, comparándolos con el riego por surcos, con una sola población. Los tratamientos aplicados fueron riego por goteo con una población de 20.833 plantas por hectárea (G_1), riego por goteo con una población de 27.776 plantas por hectárea (G_2), riego por goteo con una población de 33.332 plantas por hectárea (G_3) y riego por surcos con una población similar a G_1 , es decir, 20.833 plantas por hectárea (S). El sistema de plantación en el goteo consistió en colocar pares de hileras a una distancia de 30 cm entre las dos hileras. La distancia entre pares de hileras fue variable entre 1.50 y 2,4 metros medidos entre centro y centro, con lo que se obtuvo las distintas poblaciones. La distancia sobre las hileras fue de 40 cm. En el riego por surco se utilizó una distancia de plantación de 1,2 metros entre hileras simple y de 40 cm sobre la hilera. Esta población corresponde a la óptima recomendada por la investigación.

La frecuencia de riego utilizada fue cada dos días para el goteo y cada quince días para el riego por surco. Esta frecuencia en surco fue la que dio mejor resultado en ensayos realizados anteriormente por el Departamento.

Al analizar el rendimiento obtenido con los distintos tratamientos, resultados que se presentan en el cuadro N° 3, se puede apreciar una mayor producción para el goteo, obteniéndose un aumento del 29% del goteo "G₂" sobre el riego por surcos "S".

Cuadro N° 3.- Rendimiento (ton/ha) de los tratamientos a -
plicados..

Tratamiento	Rendimiento
G ₃	55,0
G ₂	54,5
S	43,4
G ₁	38,4

Si se comparan los rendimientos de surco y del goteo con similar población (S) y (G₁), se puede observar una ventaja para el riego por surcos, lo que implica que el rendimiento por planta fue inferior para el goteo. Esto se puede visualizar si se analiza el cuadro N° 4.

Cuadro N° 4.- Número de frutos y peso de frutos por planta (gr).

Tratamiento	N°frutos por planta	Peso de frutos por planta (gr)
S	28	2.074
G ₂	26	2.018
G ₁	25	1.843
G ₃	25	1.670

Como se puede apreciar en el cuadro, el número de frutos por planta y el peso de frutos por planta fue superior en el riego por surcos comparado con cualquiera de los tratamientos de goteo.

Como conclusión de estos resultados se podría aseverar que el riego por goteo permite un mayor rendimiento por hectárea únicamente en la mayor población que permite implantar. Sin embargo, esto no puede asegurarse mientras no se realicen nuevos ensayos, ya que, infortunadamente, la falta de experiencia en el manejo del sistema de goteo en el transplante y el conocimiento de las distancias de plantación aconsejables sobre la hilera en el tratamiento de riego por goteo, hicieron que las plantas sufrieran fuertemente por déficits hídrico inmediatamente después

del transplante y por varios días. En cambio, las plantas transplantadas en las parcelas regadas por surco estuvieron rápidamente en óptimas condiciones.

Se realizó también un análisis tecnológico del fruto cuyos resultados se presentan en el cuadro N° 5.

Cuadro N° 5.- Análisis tecnológico de los frutos.

Tratamiento	Sólidos solubles	pH	Acidez (%) (expresada como ácido cítrico anhidro)
S	5,7	3,97	1,336
G ₁	7,0	4,07	1,555
G ₂	7,7	4,07	1,687
G ₃	7,0	4,05	1,324

Los valores de pH obtenidos para los distintos tratamientos son normales y adecuados para su industrialización, sin peligro de incidencia de (Clostridium botulinum, bacteria que provoca graves intoxicaciones.

La acidez, por su parte, debe ser razonablemente baja, lo que es deseable como factor de calidad. Los tratamientos "G₁" y "G₂", en ese sentido, son los más

desfavorables, sin que ello sea de importancia.

En los valores de sólidos solubles se manifiesta una ventaja en los frutos obtenidos bajo riego por goteo. Este mayor contenido de sólidos solubles, de mantenerse en futuros ensayos, puede significar un elemento de decisión muy importante en la aplicación del riego por goteo en variedades conserveras de tomate, por la ventaja que imprime como materia prima para la elaboración de concentrados.

3.3.- Comparación del efecto de cuatro métodos de riego sobre el desarrollo vegetativo y producción de manzanos enanos.

En la temporada 1975-76 se aplicaron cuatro tratamientos de riego a un huerto de manzanos enanos que para ese objetivo habían sido plantados la temporada anterior. Los tratamientos fueron: riego por surcos (S), riego por tazas (T), riego por aspersion (A) y riego por goteo (G). En total, durante la temporada se realizaron once riegos por los métodos por taza, aspersion y surcos, riegos diarios por el método de riego por goteo. Se fertilizó con

salitre sódico, en una dosis de 250 gramos por planta.

Las plantas regadas por goteo recibieron fertilizante incorporado en el agua, distribuyéndose la dosis indicada en aplicaciones semanales desde noviembre a febrero.

Este primer año de operación del ensayo ha sido dedicado al conocimiento de aspectos asociados a los métodos de riego (distribución de humedad, sales, potenciales en el suelo y en las plantas, etc). En cuanto a aspectos productivos, se midieron la variación del diámetro de los troncos, valores que aparecen en el cuadro N°6, y peso de poda, en realización.

Cuadro N° 6.- Aumento del diámetro de los troncos (%).

Tratamiento	G	T	S	A
	34,4	16,7	16,0	12,5

El mayor aumento, y muy superior al resto, se obtuvo con el riego por goteo. El escaso aumento obtenido con el riego por aspersión guarda relación con el bajo rendimiento de almacenamiento y baja uniformidad aplicación del equipo, como se aprecia en el cuadro N° 7, en el

cual se presentan los valores de coeficiente de uniformidad
rendimiento de almacenamiento y eficiencia de aplicación de
los métodos de riego utilizados.

Cuadro N° 7.- Coeficiente de uniformidad, rendimiento de almace-
namiento y eficiencia de aplicación de los métodos
de riego por goteo, surcos, taza y aspersión.

Tratamientos	G	S	T	A
C.U. (%)	90,4	89,6	65,2	74,1
R.A. (%)	-	100,0	100,0	87,0
EFa (%)	-	92,4	32,0	76,7

En cuanto a salinidad, el suelo tenía al comien
zo del ensayo (16/9/78) una conductividad eléctrica de 0,825
mmhos/cm. En marzo del año siguiente (cuadro N° 8), la conduc-
tividad había bajado notoriamente en toda la zona de humedeci-
miento en el método por goteo, por lo menos hasta una distancia
de 30 cm del gotero (Cuadro N° 9) En los otros métodos se observer
ó un ligero aumento en la superficie del suelo y una disminución
en profundidad.

Cuadro N° 8.- Contenido de sales del suelo en los cuatro tratamientos

Prof. (cm)	Tratamientos			
	G	T	S	A
0-15	0,525	0,8	1	0,958
15-40	0,541	0,683	0,55	0,641

Cuadro N° 9.- Distribución de sales (C.E. mmhos/cm) en goteo.

Distancia (cm)	0	15	30
<u>Prof. (cm)</u>			
0-15	0,525	0,625	0,792
15-40	0,541	0,491	0,792

Se analizó, también, el contenido de nitrógeno foliar el cual aparece en el cuadro N° 10. Se puede observar que en todos los tratamientos el nivel de nitrógeno bajó de enero a marzo, salvo en el tratamiento de riego por goteo. La causa de este fenómeno fue que en el riego por goteo el nitrógeno se aplicó a lo largo del experimento, en cambio en los otros tratamientos, esta aplicación fue inicial de acuerdo a las tecnologías usuales.

Cuadro N° 10.- Porcentaje de nitrógeno en las hojas.

Tratamiento	G	S	T	A
<u>Fecha</u>				
16/1876	2,119	2,378	2,452	2,445
16/3/76	2,105	2,191	2,092	2,206

Mediciones del potencial mátrico realizadas con tensiómetros a 60 cm de profundidad muestran que, en el mes de Febrero, en el riego por goteo el potencial se mantuvo uniforme alrededor de 0,2 atm. En cambio, los otros tres métodos presentaron fluctuaciones normales entre 0 y 0,6 atm, debidas a las frecuencias de riego.

Mediciones de los potenciales hídricos de las hojas, medidos con la bomba de Schollander, entre y antes de los riegos se diferenciaron notoriamente, de acuerdo al siguiente orden decreciente: goteo, taza, surco y aspersion.