SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

XVII CONGRESO CHILENO DE HIDRÁULICA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE BULBOS HÚMEDOS DE DISTINTOS GOTEROS COMERCIALES MEDIDOS EN SUELOS CARACTERÍSTICOS DEL SECANO DE LA REGIÓN METROPOLITANA

OSCAR RECKMANN A.[1]
CHRISTIAN THEBAULT.[2]

RESUMEN

La dinámica en la formación del bulbo de humedecimiento de distintos emisores de riego, se evaluó en condiciones de campo, en un terreno libre de cultivo, en 5 series de suelo existentes en el secano de la Provincia de Melipilla, Región Metropolitana. El objetivo fue comparar el comportamiento de modelos de emisores de riego, con caudales de 1; 1,6; 2,3 y 3,5 l/h y presión de operación de 0,5 a 4 bar. Los laterales de riego se dispusieron superficialmente utilizando un sistema modular y portátil. Se observó un buen comportamiento del modelo estadístico propuesto reflejado en el alto valor de R^2 (coeficiente de correlación) en la mayoría de las series de suelo observadas, siendo significativos ($P< 0,05$), para la variable profundidad de bulbo. No ocurrió lo mismo para la variable diámetro, observándose correlaciones más bajas. La máxima profundidad de bulbo húmedo se alcanzó con caudal de gotero de 3,5 l/h en las series de suelos Lingo Lingo, Piedmont Lo Vásquez y Peumo Lo Chacón con valores de 30,7; 23,7; 23; y 21,7 cm, respectivamente. Claramente la serie Lingo Lingo supera en profundidad de bulbo al resto de las series con diferencias que van desde los 7,7 cm a los 9 cm, y una diferencia media máxima en 8,3 cm aproximadamente, equivalente a un 27%.

[1] Investigador, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CRI La Platina - oreckman@inia.cl
[2] Tesista, Universidad del Mar – christianthebault@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El sistema de riego por goteo, esencialmente opera a través de la entrega de agua en un punto sobre la superficie del suelo desde el emisor en forma continua y lenta. Es en esta zona, donde se inicia el proceso de infiltración de agua en el perfil del suelo, con una dinámica de movimiento tridimensional determinando un bulbo de humedecimiento característico para cada tipo de suelo. Es entonces el fenómeno de infiltración el más relevante en el desarrollo del riego y por lo tanto, las propiedades del flujo como parámetros de suma importancia en el diseño de los sistemas de riego por goteo.

Un factor crítico en el proceso de diseño del riego por goteo es la determinación de la combinación adecuada del espaciamiento entre emisores y el caudal por emisor, ambas variables condicionadas por las características del suelo y cultivo definido. (Bresler 1977; Pizarro 1986).

En el proceso de selección de dichas variables de diseño se requiere un conocimiento de las propiedades hidráulicas del suelo, además de la respuesta del cultivo al tamaño y forma del bulbo húmedo. Las dimensiones en profundidad y diámetro del frente de humedecimiento dependen de manera importante de las características de la infiltración del suelo, caudal del emisor y tiempos de riego (Angelakis 1993; Taghavi 1984; Bresler 1977).

La concepción teórica del fenómeno de infiltración de agua en el suelo adolece en la mayoría de los casos de la validación de la misma a través de pruebas experimentales de laboratorio y de campo. Son pocos los trabajos que contemplan estudios *in situ* que permitan demostrar el ajuste existente entre modelos teóricos y la realidad.

Existe una diversidad de factores que influyen en las discrepancias encontradas entre los modelos matemáticos predictivos y los resultados en el campo respecto a las características dimensionales del bulbo de humedecimiento. (Angelakis 1993, Bresler 1971). Estudios realizados por Brandt 1971, sugieren la necesidad de validar a través de experiencias de campo, las predicciones realizadas para los procesos de infiltración en riego por goteo por los modelos matemáticos, basados en la asumción de condiciones iniciales y de frontera.

Muy poca atención se ha prestado a la realización de ensayos de campo y a la evaluación de los procesos de infiltración bajo riego por goteo, y su relación con las propiedades físicas de los suelos. Una restricción importante en ese sentido es la necesidad de realizar estas evaluaciones *in situ*, de modo de garantizar la no disturbación del suelo en estudio conservando sus características originales (Flores, I. 2003).

El objetivo de este trabajo fue realizar evaluaciones de campo respecto al comportamiento dimensional del bulbo de humedecimiento generado en el suelo bajo sistemas de riego por goteo, con distintos caudales de emisión y en distintos tipos de goteros en suelos existentes en la zona central de Chile. Estas evaluaciones fueron realizadas en un área de secano en el sector costero de la Región Metropolitana, en predios con cultivo de frutales menores (berries). Se pretende que la información obtenida permita mejorar la comprensión y conocimiento de las relaciones entre el agua infiltrada en el suelo desde distintos tipos de emisores, con distintos niveles de caudal del emisor asociado a suelos característicos del área. A partir de esta información se espera generar

pautas preliminares de diseño de riego por goteo para suelos del área estudiada en el cultivo de berries en general y frutilla en particular.

2. METODOLOGÍA

Los estudios de determinación de las dimensiones, diámetro y profundidad, del bulbo de humedecimiento formado a partir de un punto de emisión de riego (goteo) fueron realizados durante los meses de enero y febrero del año 2005, en los suelos del área denominada de Secano Interior en la Provincia de Melipilla, Región Metropolitana en la Zona Central de Chile. Esta zona se caracteriza por poseer un clima del tipo mediterráneo semiárido. Los suelos sometidos a estudio integran una superficie intensamente utilizada por agricultores productores de frutilla. Se seleccionaron 4 series de suelos que corresponden a aquellas que representan superficies predominantes en el área de estudio y donde se encuentran insertas las producciones de frutilla (Cuadro 1).

Cuadro 1. Series de suelos utilizadas en el estudio según su caracterización física, taxonómica, de posición y su Capacidad de Uso.

Característica	Serie de Suelo				
	Lo Vazquez	***Piedmont Lo Vazquez***	***Peumo Lo Chacón***	***Lingo Lingo***	***Tronador***
Taxonomía	Ultic Haploxeralfts	Ultic Haploxeralfts	Ty pic Xerichrepts	Ty pic Xerichrepts	Vertic Xerochrepts
Prof. Efec. (cm)	50 – 120	70 – 100	80 - 130	50 – 110	80 – 145
Textura	De franco arcillosa a franco arcillo arenosa	Franco a franco arcillo arenosa	Franco limosa a franca.	Franco arenosa a franco arcillo arenosa	Arcillosa a arcillo limosa
Posición	Cerros de la Cordillera de la Costa	Piedmont aluvial	Cuenca de sedimento	Terraza alta	Cuenca de sedimento
Cap. de Uso	IV – VI – VII	II – III – IV – VI VII	II – III	II – III	III

Fuente. Estudio suelos hoya del Maipo Comisión Nacional de Riego 1981

Como una manera de homogenizar los sitios donde se realizaron las pruebas para cada una de las series de suelos del cuadro anterior, se seleccionaron aquellos predios cuyos propietarios correspondieran a pequeños agricultores (Perfil agricultor del INDAP) y donde cuyo sistema de producción utilizado se basara en el cultivo de frutilla, que hubieran plantado frutilla en años anteriores y que la superficie del sitio se encontrara preparada para su cultivo. Esto es preparación de camellones o mesas de cultivo de 70 cm de alto por 80 cm de ancho.

Se utilizaron goteros del tipo integrados y autocompensados con caudales nominales de 1,6; 2,3 y 3,5 l/h. Se incluyó en la muestra la cinta de riego, que corresponde al tipo de emisor comúnmente utilizado por los productores, con un caudal nominal de 1 l/h. y presión de operación de 0,75 bar (Cuadro 2). El tiempo de riego considerado en la evaluación fue de 0,5 hora.

Cuadro 2: Características de goteros utilizados según marca, modelo tipo, caudal y presión de operación utilizados en el ensayo.

Característica	Gotero			
Gotero	Netafim	Netafim	Netafim	Netafim
Tipo	Integrado	Integrado	Integrado	Cinta de riego
Modelo	Uniram CNL	Uniram CNL	Uniram CNL	Aquatrax
Caudal (lt/hr)	1,6	2,3	3,5	1
Presión (bar.)	1-4	1-4	1-4	0.55 - 0.75

Fuente: Catálogos Netafim

Con el fin de realizar las evaluaciones de diámetro y longitud de bulbo húmedo en terreno, y de no alterar las características y propiedades físicas de los suelos en estudio, se utilizó un equipo portátil que permite realizar los controles de presión y caudal en grupos de goteros instalados en líneas laterales operando normalmente a los tiempos de riego predeterminados.

El equipo de evaluación portátil (Reckmann, 2004) esta conformado por un generador eléctrico, una bomba marca Pedrollo de 0,5 HP con rangos de caudal y presión de 0,5 a 4 l/s y de 5 a 40 m.c.a. respectivamente, válvulas de control de presión y regulación de caudal, tambor de 200 litros como fuente de agua, todo ello sobre un cuerpo metálico que otorga el sostén a toda la estructura. En la tubería de descarga de la bomba se conectó una tubería de polietileno de la cual salían 3 laterales de riego de 30 metros de longitud, las que a su vez se subdividían en 2 sectores de 15 metros de longitud mediante una maxi válvula con el objeto de separar 2 sectores que eran tratados con diferentes tiempos de riego. Se contaba con 3 juegos de 3 tuberías de polietileno las cuales contenían los goteros utilizados. (Foto 1).

Durante la prueba se extendió un lateral por mesa de plantación, con longitudes de 30 m, las mesas estaban separadas a 1,2 metros. En el sitio se procedió a poner en condiciones las mesas, preparando el suelo con tractor y dando la forma manualmente por medio de palas. Previo al inicio de la prueba se tomaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad para la obtención de la humedad inicial en el perfil de suelo por el método gravimétrico.

En el momento de la evaluación se procedió a realizar los ajustes de presión en el equipo verificando los caudales deseados en cada gotero en base a aforos volumétricos. Una vez transcurrido el período de evaluación o tiempo de riego, esto es, 0,5 hora se realizaron las determinaciones de diámetro y longitud excavando directamente en la zona media del bulbo de humedecimiento.

Foto 1. Equipo portátil utilizado en los ensayos y medición de bulbos húmedos

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la gráfica (Figura 1) se presentan los datos de profundidad de bulbo húmedo en función de distintos caudales de gotero con un tiempo de riego de media hora. Se observa una buena correlación entre la variable dependiente (diámetro del bulbo) con respecto a la variable independiente (caudal gotero), a excepción de las series de suelos Piedmont Lo Vásquez y Tronador. La serie Tronador estudiada presenta un depósito superficial arcilloso, con densidad aparente media de 1,8 g/cm^3, asociado a niveles reducidos de porosidad lo que genera problemas de drenaje. Esto, en parte puede explicar el comportamiento del bulbo húmedo en su perfil. Por su parte la serie Piedmont Lo Vásquez su posición corresponde a suelos con pendientes de 6%, con severos daños de erosión, de horizontes superficial muy pobre en fertilidad con densidad aparente de 1,8 g/cm^3, esto provoca una heterogeneidad en el perfil muy marcada poniendo de manifiesto diferencias en la capacidad de transmisión de agua de parte de las distintas estratas, arrojando un nivel alto de variabilidad en los valores de diámetro del bulbo húmedo. Se observa un buen comportamiento del modelo estadístico propuesto reflejado en el alto valor de R^2 (coeficiente de correlación) en el resto de las series observadas, siendo todos ellos significativos ($P< 0,05$).

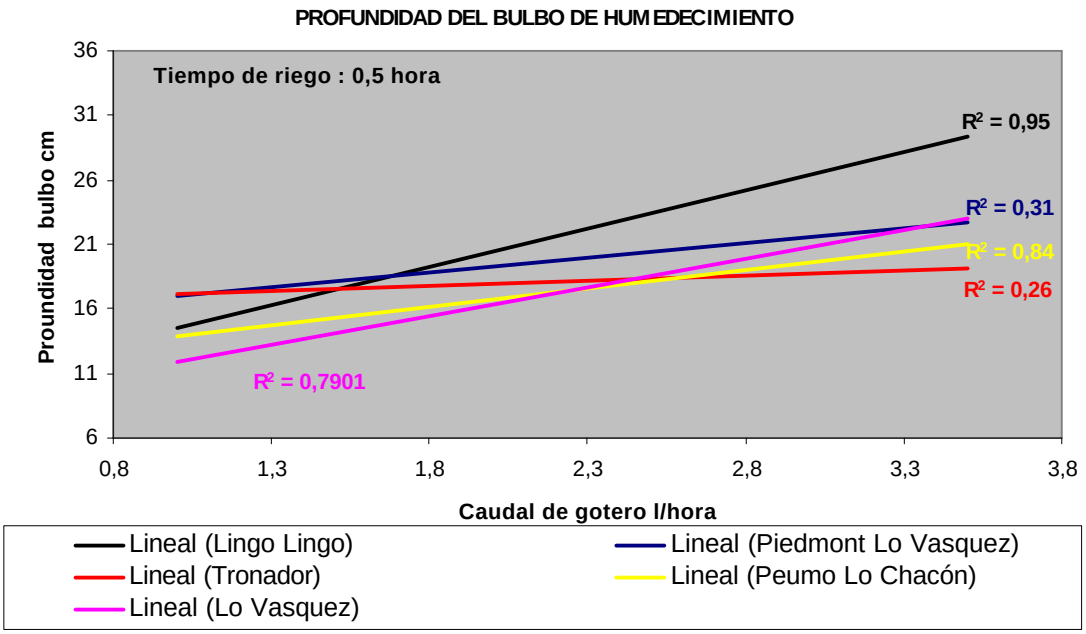

Figura 1. Profundidad de bulbo húmedo con distintos caudales de emisor en diferentes series de suelos.

La máxima profundidad de bulbo húmedo se alcanzó con caudal de gotero de 3,5 l/h en las series de suelos Lingo Lingo, Piedmont Lo Vásquez y Peumo Lo Chacón con valores de 30,7; 23,7; 23; y 21,7 cm, respectivamente. Claramente la serie Lingo Lingo supera en profundidad de bulbo al resto de las series en valores que van desde los 7,7 cm a los 9 cm, con una diferencia media superior de 8,3 cm aproximadamente, equivalente a un 27%. La serie Tronador no alcanzó la mayor profundidad del bulbo con el mayor caudal de gotero. Flores, 2004 evaluando bulbos de humedecimiento en suelos de secano, de series existentes en la VI región similares en posición y propiedades físicas a Piedmont Lo Vásquez y Lingo Lingo, series Nilahue y Quinchamalal, observó profundidades de bulbo de 30 y 45 cm respectivamente, con caudal de emisor de 2,5 l/h en dos horas de tiempo de riego. Estableciendo la necesidad de aumentar, los tiempos de riego en futuras evaluaciones, esencialmente considerando la demanda de agua de parte del cultivo.

El diámetro mayor de bulbo húmedo se alcanzó con el caudal también mayor de 3,5 l/h. en las series de suelo Tronador, Piedmont Lo Vásquez y Lingo Lingo con valores de 21; 19,7 y 18 cm, respectivamente. Las series Peumo Lo Chacón y Lo Vásquez, mostraron un comportamiento diferente con diámetro de bulbo mayor que 27,3 y 25,7 cm obtenido con caudal de emisor de 1 y 2,3 l/h respectivamente. No se observó un aceptable valor del coeficiente de correlación (R^2) en 3 de las series observadas. (Figura 2).

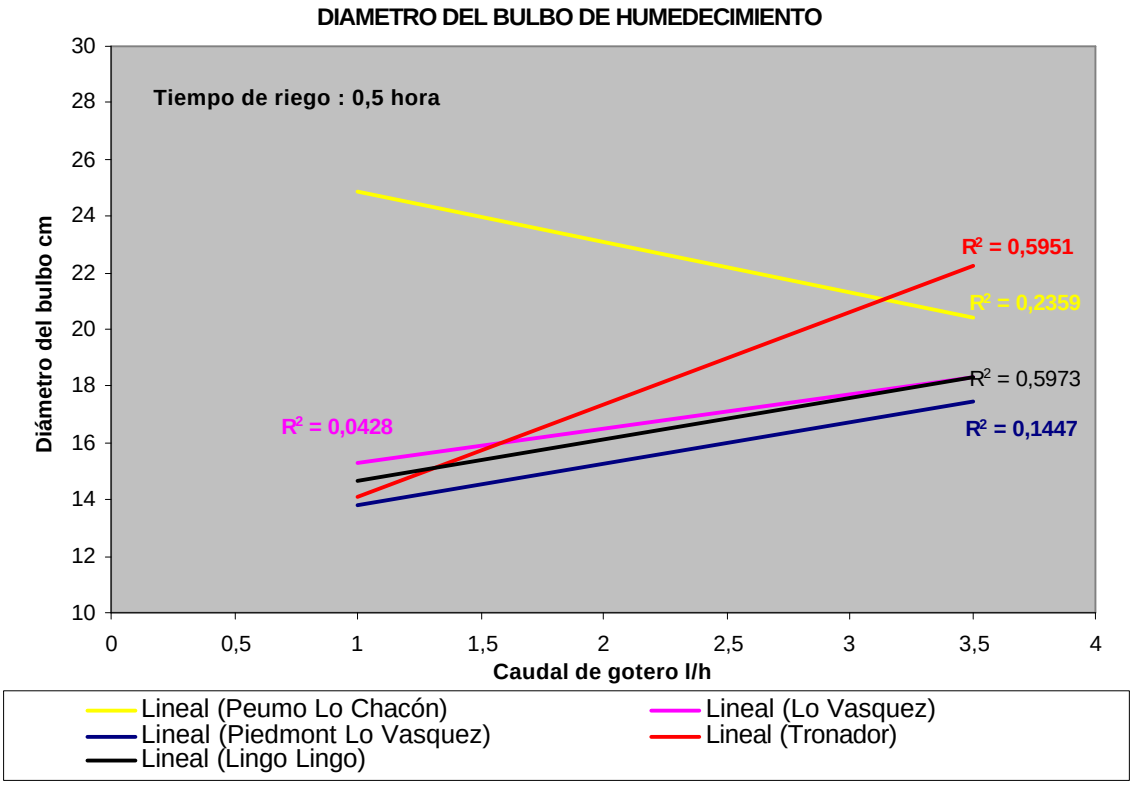

Figura 2. Profundidad de bulbo húmedo con distintos caudales de emisor en diferentes series de suelos.

Es interesante notar que con tiempos de riego relativamente cortos los diámetros y profundidades de bulbo de humedecimiento de los distintos emisores alcanzan valores cercanos asociados a la disposición del arraigamiento en el perfil de suelo del cultivo de frutilla. Como las plantas de frutilla se disponen a 20 cm entre si sobre la hilera, en algunos casos los bulbos húmedos se traslapan, sin embargo esto exige que la distancia entre goteros en la línea de riego sea como máximo de 30 cm. Esta última condición no se cumple para los modelos de gotero integrado con 2,3 y 3,5 l/h, que poseen de fábrica distancias entre goteros de 50 y 70 cm, respectivamente. Desde el punto de vista de manejo del riego, la fertirrigación es una práctica común en riego por goteo, provocando una concentración de sales en las fronteras de los bulbos, siendo mayor en la zona de traslape de éstos. La decisión con respecto al modelo de riego a adoptar necesariamente debe tener en cuenta esta condición, especialmente para la frutilla considerado un cultivo extremadamente sensible a la presencia de exceso de sales en el suelo (Reckmann,2004).

Las evaluaciones realizadas en el presente estudio de carácter preliminar, indican una tendencia respecto al comportamiento del bulbo húmedo en suelos característicos de la zona que año a año se cultivan con frutilla y que en el corto plazo se incorporarán a los sistemas de explotación agrícola nuevas especies de berries. Nuevas evaluaciones, permitirán ir optimizando el diseño del riego por goteo en el área, consiguiendo la combinación adecuada del espaciamiento entre emisores y el caudal por emisor, ambas variables condicionadas especialmente por las características del suelo.

REFERENCIAS

Bresler, E., Heller, J., Diner, N., Ben-Asher, J., Brandt, A., and Goldberg. D (1971). "Infiltration from trickle source II. Experimental data and teorical predictions." Soil Sci. Soc. Amer. J., 35(5), 683- 689.

Bresler, E (1977) "Analysis of trickle Irrigation with Application to Design Problems" Irrigation Science. 1. 3-17.

Comisión Nacional de Riego (C.N.R.) 1978. Estudio Prefactibilidad Hoya del Río Rapel. Agroipla Ingenieros Consultores. Santiago, Chile. Volumen 3, Libro Primero, 399 p.
Comisión Nacional de Riego (CNR) Estudio de suelos del proyecto del Maipo, Santiago Chile, 1981.

Flores, I. Evaluación de distintos goteros comerciales en suelos característicos del secano de la VI región Universidad Del Mar, Valparaiso, 2003.

Pizarro F. 1996. Riegos Localizados de Alta Frecuencia, goteo, microaspersión, exudación. 3º edición. Madrid, España. Ediciones Mundi Persa. 513 p.

Reckmann, A. O. Evaluación del comportamiento de bulbos húmedos de distintos goteros comerciales probados en suelos característicos del secano, 54° Congreso Agronómico de Chile, Puerto Natales, 2003

Reckmann, A. O. Equipo portatil para evaluación de riego localizado en el campo. Revista Tierra Adentro, pag. 24 y 25. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. enero – febrero 2004.

Reckmann, A.O. Avances en técnicas de cultivo de la frutilla: fertirrigación, uso de agua, control de plagas y calidad de plantas. Publicaciones Míscelaneas Agrícolas N° 52. Universidad de Chile Pag. 53-62, año 2004.

Taghavi, S.A., Mariño, M,A., and Rolston. D.E. (1984) "Infiltration from a trickle irrigation source" J.Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 110(2), 331-341.