

DESARROLLO DE UN METODO DE ESPACIAMIENTO ENTRE EMISORES DE RIEGO POR GOTEO PARA LA REGION DE CUYO

Ciancaglini, N.C. ⁽¹⁻²⁾; **G. Ortiz Maldonado** ⁽¹⁾; **E.H. Rearte** ⁽¹⁾; **R. Perez Valenzuela** ⁽¹⁾;
G. Castro ⁽¹⁾, **J.C. Schilardi** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Agrarias, U.N. Cuyo, Mendoza; ⁽²⁾ INA- CRA, Mendoza.
Almirante Brown 500; Chacras de Coria (5507), Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina;
fax: (0261)4135010; nciancaglini@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN

Se llevó a cabo un proyecto para establecer una metodología adaptada a la Región de Cuyo a fin de obtener el espaciamiento mas adecuado de los emisores de goteo en función del tipo de suelo, caudal y volumen de agua erogado, tiempo de emisión, tipo de cultivo y profundidad radicular deseada.

La metodología desarrollada contempló la obtención de muestras de suelo ubicadas a profundidades de 0-30 cm; 30-60 cm y 60-90 cm., determinándose el tipo de suelo mediante el tamizado del material y sedimentación. Se caracterizaron los parámetros hidráulicos del suelo mediante infiltrómetros de doble anillo. Se midió el volumen explorado por el bulbo húmedo y su radio de humedecimiento para en cada tipo de suelo y caudal del gotero.

Se han obtenido una serie de ecuaciones y una tabla de relaciones entre las variables involucradas y para suelos arenoso, franco arenoso, franco, franco arcilloso y arcilloso, con caudales de 2 y 4 l/h. Esta tabla permite poder diseñar con mayor precisión el caudal del gotero, la separación entre ellos y la profundidad a que se quiere llegar conforme la exploración radicular del cultivo. Los resultados obtenidos tendrán implicancia en las pautas de diseño, buscando aquellos que, siendo económicos, cumplan satisfactoriamente con los requerimientos y características de los cultivos.

Palabras clave: goteo* espaciamiento* diseño

INTRODUCCIÓN

El riego por goteo y microaspersión es de relativa reciente introducción en la Rca. Argentina pero se encuentra en un proceso de expansión acelerada, existiendo unas 61.406 ha. con riego presurizado (Morábito y otros, 1998), aunque actualmente deben sobrepasar las 71.500 ha. con un crecimiento anual del 5,5 %, mientras que el crecimiento de la superficie regada en general es del 1,8% anual. De ella un 66,58% corresponde a goteo, microaspersión, miniaspersión, cinta y exudación.

La aplicación de este sistema ha traído tanto ventajas en cuanto a rendimientos, reducción de costos, etc., como una serie de interrogantes que será necesario aclarar mediante experiencias locales. En reuniones y visitas técnicas realizadas en áreas de riego en Catamarca, La Rioja, San Juan y en Mendoza, se ha comenzado a observar la presencia de salinización paulatina en diversos cultivos, especialmente en frutales y vid y la disminución de rendimientos relativos de algunos cultivos. Ello a pesar de que teóricamente los equipos han sido bien diseñados y se encuentran operando conforme las pautas técnicas de las empresas vendedoras, existiendo profesionales ingenieros agrónomos que se encargan de su aplicación dentro de las propiedades.

Se ha observado que en algunos casos los bulbos húmedos no tienen el espaciamiento que establece la tabla de Karmeli y Keller (Keller y Karmeli, 1975), la cual es ampliamente utilizada y tienden a dar valores dudosos en frutales, observándose también que se presentan problemas de salinización, disminución de rendimientos, no respuesta de la fertirrigación como era esperable, etc , por ello se ve la necesidad de controlar este aspecto muy importante del diseño y posterior operación del sistema, desarrollando una metodología que considere la profundidad del bulbo húmedo en relación con el desarrollo de las raíces del cultivo que se desea implantar.

ANTECEDENTES

El bulbo húmedo es la porción de suelo humedecida por un emisor de riego por goteo. Cuando el agua empieza a fluir desde un emisor o gotero, afecta solo una superficie muy reducida del suelo, produciendo un charco pequeño (Fig. 1), cuyo radio se va extendiendo relativamente si el riego continúa. El agua va penetrando horizontalmente en el suelo y éste se humedece; la velocidad de infiltración del agua disminuye y la conductividad hidráulica aumenta al aproximarse a la saturación. La disminución de la velocidad de infiltración favorece aún más el incremento del radio del bulbo y cuando la "pluviometría" del riego (caudal del emisor dividido por la superficie del charco) iguala a dicha velocidad, se estabiliza el área del bulbo húmedo.

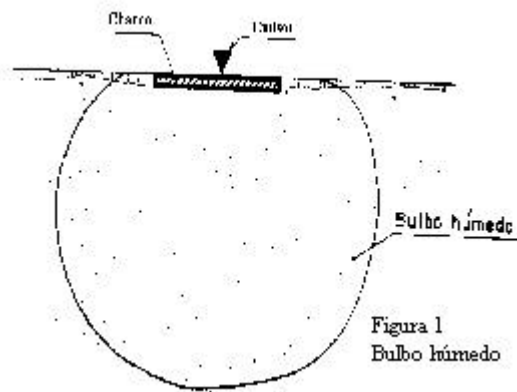


Figura 1. Bulbo húmedo

En términos generales es aceptado que cuanto más grande es el caudal y más impermeable es un suelo tanto más extendido en ancho será el bulbo húmedo.

En relación con la adaptación de las raíces, las plantas necesitan con riego por goteo un volumen de suelo muy inferior al que exploran en secano o con otros sistemas de riego. Ello se debe al dinamismo y plasticidad del sistema radicular. Las raíces se adaptan rápidamente al régimen de humedad, concentrándose en el bulbo húmedo, que puede contener una densidad de raíces tres o cuatro veces superior a un suelo con riego no localizado. Por otra parte las raíces -en climas con periodos de lluvia definidos- no se limitan al bulbo húmedo, ya que fuera de él también existe humedad.

Generalmente se acepta un valor del 30 - 40 % de reducción del volumen de suelo mojado sin detrimento de los rendimientos. Por debajo de ello se corre riesgo de que sea insuficiente. Por encima de esos valores la situación es más segura pero la instalación de riego es más cara. La cifra del 30 - 40 % de suelo mojado supone que el 70 - 60% restante del suelo no se aproveche.

En el diseño de un sistema de riego por goteo se debe tener en cuenta el área mojada por un emisor y de allí el número de emisores por planta en riego por goteo. El cálculo del área mojada por un emisor se puede realizar mediante tres procedimientos: 1) empleo de fórmulas teóricas; 2) utilización de tablas y 3) prueba de campo. El empleo de fórmulas teóricas se encuentra aún muy lejos de ser de aplicación práctica por lo que se descarta.

1- Uso de Tablas: Usualmente se emplean tablas, y la de Karmeli y Keller (Keller y Karmeli, 1975) es ampliamente utilizada, con derivaciones según las empresas fabricantes de equipos. La Tabla 1 muestra el porcentaje de suelo mojado en función de la separación de los laterales de riego, del caudal del emisor y del tipo de suelo.

Tabla 1 Porcentaje de suelo mojado en función de separación de laterales, caudal y suelo

Separación entre laterales	Caudal de goteros (l/h)														
	-1,5			2			4			8			12		
	Separación entre goteros (Se) (m)														
Sl (m)	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1	0,6	1	1,3	1	1,3	1,7	1,3	1,6	2
Porcentaje de suelo mojado (%)															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6	5	12	18	7	14	20	14	20	30	20	27	34	27	34	40

G= Textura gruesa (arenosa)
M= Textura media (franca)
F= Textura fina (arcillosa)

También se dispone de la tablas de Keller (1978) (Tabla 2).

Tabla 2- Diámetro mojado por un emisor de 4 l/h

Prof. raíces y textura del suelo	Grado de estratificación del suelo		
	Homogéneo	Estratificado	En capas
Diámetro mojado (m)			
Profundidad = 0,80 m			
Ligera	0,50	0,80	1,10
Media	1,00	1,25	1,70
Pesada	1,10	1,70	2,00
Profundidad = 1,70 m.			
Ligera	0,80	1,50	2,00
Media	1,25	2,25	3,00
Pesada	1,70	2,00	2,50

Algunas empresas emplean la tabla 3 para el diámetro mojado del gotero y el área promedio que ocupan

Tabla 3- Diámetro mojado y área cubierta por un gotero según textura de suelo y caudal

Suelo	Caudal (l/h)	Diámetro mojado (m)	Area promedio (m ²)
Arena	2,0	0,6 - 0,9	0,45
	4,0	0,9 - 1,0	0,70
	8,0	1,0 - 1,2	0,95
Areno-limoso	2,0	0,9 - 1,2	0,80
	4,0	1,2 - 1,5	1,30
	8,0	1,5 - 1,7	2,00
Limo	2,0	0,9 - 1,5	0,95
	4,0	1,5 - 1,8	2,00
	8,0	1,8 - 2,1	2,80
Limo-Arcilloso	2,0	1,2 - 1,8	1,75
	4,0	1,8 - 2,1	2,80
	8,0	2,1 - 2,4	3,80
Arcilla	2,0	1,5 - 2,1	2,50
	4,0	2,1 - 2,4	3,80
	8,0	2,4 - 2,7	4,60

2- Pruebas de campo: Para saber cuál es el área mojada por un emisor se requiere hacer una prueba de campo en condiciones similares a las reales. Para ello se emplea un depósito portátil de unos 200 l., tubería de polietileno y emisores del tipo que se va a instalar posteriormente. Se sigue una metodología elaborada por Hernández Abreu, citada por Fernando Pizarro (1996).

En la figura 2 se muestra un esquema de la prueba. Los emisores, todos del mismo caudal y características, se instalan en grupos de tres y se hace que cada grupo emita un distinto volumen de agua por emisor (V_e), variando el tiempo de riego. Se emplean tres emisores en cada grupo de V_e a fin de hallar valores medios. Hay que tomar la precaución de espaciar suficientemente los emisores, para que no se produzca el solape de los bulbos. Una vez finalizada la prueba se excava el terreno y se miden los parámetros = radio (r), profundidad del bulbo húmedo (p) dando la figura 3 y se confecciona una tabla con los valores logrados.

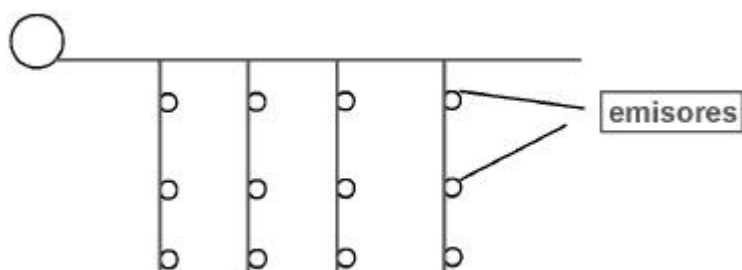


Figura 2.

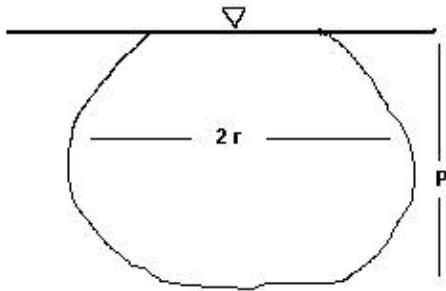


Figura 3

Entre los trabajos realizados con esta metodología, se tiene a Arviza V. (1996) quién cita las siguientes fórmulas en función de la textura del suelo:

$$\text{. Textura fina} \quad D_m = 1,2 + 0,1 q_a \quad (13)$$

$$\text{. Textura media} \quad :D_m = 0,7 + 0,11 q_a \quad (14)$$

$$\text{. Textura gruesa:} \quad D_m = 0,3 + 0,12 q_a \quad (15)$$

donde:

D_m = Diámetro mojado del bulbo húmedo (m)

q_a = Caudal nominal del emisor (l/h)

Ciancaglini y otros (2001) y Ciancaglini (2002) compara 3 procedimientos de diseño: a) experiencia citada por Fernando Pizarro (1996); Tabla 2 de Keller (1978) y la tabla de Keller y Karmeli. Es así que siguiendo la metodología establecida a través de la Tabla de Karmeli y Keller y por la tabla 1, no se ajustarían bien a los valores obtenidos a través de la experiencia a campo, desarrollada por Pizarro, dando un 66,32% más de agua que el supuestamente requerido en la prueba a campo y por otra parte, el sistema requerirá de un 50% más de goteros, con la consiguiente incidencia en el costo del equipo, dado por número de goteros y tubería de mayor diámetro para llevar un caudal mayor. Por todo ello, surge que es evidentemente necesario la revisión y ajuste a las condiciones regionales de las tablas habitualmente en uso y de que es conveniente la realización de experiencias en el lugar con el cultivo que se adopte.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es la búsqueda de relaciones empíricas necesarias para el diseño agronómico y para determinar el espaciamiento que deben tener los emisores de riego por goteo según tipo de suelo, caudal del emisor y características del cultivo (principalmente profundidad radical), adaptados a la Región de Cuyo y que pueda ser extrapolado a otras zonas de características similares.

MATERIAL Y METODO

Se realizó la experiencia en dos propiedades, una finca denominada El Paraíso, de la firma Leoncio Arizu S.A., con 80 ha. con riego por goteo ubicada en Maipú (Mendoza) y la otra en la Empresa Lahur S.A., con 8 ha ubicada también en Maipú (Mendoza). Se muestrearon los sitios tomando muestras a profundidades entre 0-30 cm.; 30-60 cm.- y 60-90 cm., determinando los siguientes parámetros: a) Clasificación edáfica mediante determinación textural por Bouyucos

modificado por Nijensohn en cada profundidad; b) Caracterización hidráulica mediante infiltración con infiltrómetro de doble anillo para obtener valores de Infiltración Acumulada, Infiltración Instantánea ó Intensidad de infiltración y de la Infiltración Promedio que caracterizan al suelo en estudio, haciendo 2 a 3 determinaciones en cada pozo donde se tomó la muestra textural..

Para la experiencia de determinación del bulbo húmedo se usó una tubería ciega de 16 mm. con goteros on-line (exteriores) autocompensados de 2 y 4 l/h. No fue posible obtener en el comercio goteros de 8 l/h. En cada línea se colocaron 4 goteros de igual caudal, separados cada 2 m. de distancia. Se midió la presión con que trabajó la línea. Se aprovechó la presión entregada y el caudal entregado por el equipo de riego por goteo en funcionamiento.

Se hizo un test en blanco para observar el caudal de cada emisor de riego, comprobando que la variación de caudales entre ellos no superó un Coeficiente de Variación de 0,5%, por lo que fue aceptado. En el gotero del extremo se tomó el volumen entregado durante el tiempo de la experiencia y en los otros 3 se determinó el bulbo húmedo.

La determinación se realizó dando tiempos diferentes (volúmenes de agua diferentes) en cada posición de un lateral de determinado caudal (Tabla 4). Para ello en el último gotero de cada línea se colocó un recipiente que recogió toda el agua de ese gotero, quedando los otros tres para la determinación del bulbo. Cuando se llegó al tiempo deseado para cada línea, se interrumpió el riego y se midió el volumen entregado en el recipiente. Los tiempos y volúmenes tomados fueron:

Tabla 4- Volúmenes aplicados

Tiempo	Volumen (q = 2 l/s)	Volumen (q = 4 l/h)
1	2	4
2	4	8
4	8	16
6	12	24
8	16	32

Se decidió tomar hasta 8 horas de tiempo debido a que en la práctica del riego ese es un valor máximo tomado para cada secuencia de riego.

Por ello, se tuvieron 5 laterales con goteros de 2 l/h y 5 laterales con goteros de 4 l/h. Una vez finalizado el periodo de riego, se dejó en reposo durante 24 horas y luego se trazó una cruz con punto central en la zona húmeda, dividiendo en 4 partes, tomando solo dos partes opuestas de las 4 y realizando calicatas en lugares con piedra y pozos a pala en los restantes lugares, se determinó el bulbo. Se midió la distancia desde el centro a la periferia y la profundidad alcanzada para cada volumen entregado. Se obtuvo así la profundidad de mojado y el radio mojado promedio de los 3 emisores y por cada volumen entregado. Dado que durante el año 2000 se obtuvieron resultados para suelos arenosos, franco- arenosos y franco- arcillosos, se decidió realizar durante el año 2001 experiencias buscando suelo franco y arcilloso, a fin de completar el espectro de suelos en forma básica. Con los valores obtenidos de Profundidad de mojado y Radio alcanzado en el bulbo húmedo, se hicieron correlaciones para poder predecir los valores que pueden tomar los parámetros en otras situaciones.

RESULTADOS

La tabla 5 muestra como ejemplo los valores obtenidos en la Finca El Paraíso para el pozo n° 2 sobre el comportamiento hidráulico del suelo mediante infiltrómetros doble anillo. Se representaron gráficamente los valores obtenidos de Infiltración Acumulada promedio (Icum) en mm., Infiltración Promedio (Ip) en mm/h y Velocidad de Infiltración (I) en mm/h (Fig. 4.a,b y c)

Las Tablas 6.1 a 6.6 dan los valores promedios de volumen de agua entregado (litros), profundidad alcanzada por el bulbo húmedo (m) y Radio del Bulbo vs. profundidad (m), para cada tipo de suelo.

Con los valores obtenidos de Profundidad de mojado y Radio alcanzado en el bulbo húmedo, se confeccionó la Tabla 7 que da las relaciones entre “Profundidad mojada – Volumen de agua – Radio de mojado, para caudales de 2 y 4 l/h” para diversas texturas de suelo, que es de suma utilidad para diseñar un sistema de riego por goteo y con dichos valores se hicieron correlaciones para poder predecir los valores que pueden tomar los parámetros en otras situaciones. La Tabla 8 muestra los resultados de las correlaciones obtenidas entre la Profundidad de Mojado y el Radio, como así la ecuación seleccionada

CONCLUSIONES

Se ha obtenido información sobre las relaciones entre el Volumen de agua a incorporar, la profundidad de mojado y el radio de mojado, con caudales de 2 y 4 l/h y para suelos de textura arenosa, franco arenosa, franca, franco arcillosa y arcillosa (Tabla 7), como así también una serie de ecuaciones entre dichas variables (Tabla 8). Esta tabla y ecuaciones permiten poder diseñar con mayor precisión el caudal del gotero, la separación entre ellos y la profundidad a que se quiere llegar conforme la exploración radicular del cultivo, que es el objetivo buscado en este trabajo.

Es así que como ejemplo, para un suelo franco arenoso se requiere diseñar el riego por goteo para un cultivo de frutal (manzano) y otro de hortaliza (ajo). Tomando de la Tabla 7 se tiene que para el cultivo de ajo, con una profundidad radicular de unos 30 cm. se pueden tener las siguientes opciones:

- a) Colocar goteros de 2 l/h que darán un volumen de 4,8 litros por emisor en un tiempo de $(4,8/2= 2,4)$ 2,4 horas y llegarán hasta unos 30 cm. de profundidad con un radio de mojado de 14 cm, lo que conllevará a establecer un espaciamiento entre goteros de
$$Se = r(2 - \frac{s}{100})$$
 (Ciancaglini, 2002), con r= radio mojado en cm. y s = espaciamiento en porcentaje., obteniendo un espaciamiento entre goteros entre 23 a 29 cm a fin de lograr una superposición entre el 30 al 15% respectivamente,
- b) Si se selecciona un gotero de 4 l/h se dará un volumen de 3,7 litros en 0,92 horas para llegar a una profundidad de 30 cm. logrando un radio de 13 cm., por lo que colocando los goteros entre 22 a 24 cm de distancia se logrará entre un 30 al 15 % de superposición. Por supuesto que luego habrá que buscar la distancia comercial.

En el caso del cultivo de manzano, si se tiene una profundidad radicular de 1,00 m (zona activa de raíces), se comprueba que:

- a) Para utilizar emisores de 2 l/h, dando un volumen de 31 litros durante 8 horas, se requieren 2 goteros durante 8 horas de operación por sector, colocando los goteros a un espaciamiento de 60 cm. (obtenido por fórmula de Se) y en dos líneas por árbol, con lo que se tendrá el equivalente de un espaciamiento de 30 cm., por lo que se tendrá una superposición en cada lateral de un 20%.
- b) Con goteros de 4 l/h se dará un volumen de 46 litros durante 8 horas de operación por sector, colocando los emisores a un espaciamiento de 1,00 m y en dos líneas por árbol, con lo que se tendrá el equivalente de un espaciamiento de 50 cm., por lo que se tendrá una superposición en conjunto del 38,5 %. De allí se decide la combinación que brinde más ventajas.

Como se observa, los resultados obtenidos tendrán implicancia en las pautas de diseño, buscando aquellos que, siendo económicos, cumplan satisfactoriamente con los requerimientos y características de los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Arviza Valverde, J.** (1996). "*Riego Localizado*". Escuela Politécnica de Valencia, España, 468 p.
- Ciancaglini, N.C; G. Ortiz Maldonado; E.H. Rearte; R. Perez Valenzuela; G. Castro y J.C. Schilardi-** (2001). "*Desarrollo de un método de espaciamiento entre emisores de riego por goteo para la Región de Cuyo: Parte I: suelo Franco-Arenoso*". XVIII Jornadas de Investigación de la Universidad Nacional de Cuyo. 29 y 30 de noviembre de 2001. International Symposium on "Irrigation and water Relations in Grapevine and Fruti Trees" and National Seminar on "Sustainable Water Resources management in Arid Regions". December 4-6, Mendoza. Argentina. 5 p.
- Ciancaglini, N.C.** (2002)- "*Riego por goteo*". Maestría en Riego y Drenaje. INA-CRA y Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza; 270 p.
- Keller, J. and Karmeli, D.** (1975). "*Trickle Irrigation Design*". Edited and Published by Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corp., Glendora, California.
- Morábito J.A.; S. Salatino; C. Mirábile; J. Chambouleyrón; L. Fornero y M. Nuñez.** (1998)- "*Evolución del riego presurizado en diferentes regiones de Argentina*". XVII Congreso Nacional del Agua y II Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur; Sta. Fé. Argentina. Tomo 3; pp: 151-160.
- Pizarro, Fernando.** (1996)- "*Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Goteo, microaspersión, exudación*"- Ed. Mundi-Prensa, 3° edic. 513 p.

Tabla 5**EXPERIENCIA DE INFILTRACION CON DOBLE ANILLO**

Lugar: Finca El Paraíso Maipú; Mendoza

Fecha: 21/12/99

Infiltrómetro n° 1

Pozo: 2

Hora	At (min)	Lectura (cm)	Enrase	Ah (mm)	Ah ac. (mm)	At ac. (min)	At ac. (h)	Ip (mm/h)	I (mm/h)	Obs.
9:43	0	15,0		0,0	0	0	0	0	0	
9:48	5	14,7		3,0	3,0	5	0,08	36	36	
9:53	5	14,4		3,0	6,0	10	0,17	36	36	
9:58	5	14,2		2,0	8,0	15	0,25	32	24	
10:03	5	14,0		2,0	10,0	20	0,33	30	24	
10:08	5	13,9		1,0	11,0	25	0,42	26	12	
10:18	10	13,8		1,0	12,0	35	0,58	21	6	
10:30	12	13,5		3,0	15,0	47	0,78	19	15	
10:38	8	13,4		1,0	16,0	55	0,92	17	7,5	
10:48	10	13,2		2,0	18,0	65	1,08	17	12	
10:58	10	13,0		2,0	20,0	75	1,25	16	12	
11:08	10	12,8		2,0	22,0	85	1,42	16	12	
11:18	10	12,6		2,0	24,0	95	1,58	15	12	
11:48	30	12,2		4,0	28,0	125	2,08	13	8	
12:18	30	11,7		5,0	33,0	155	2,58	13	10	

EXPERIENCIA DE INFILTRACION CON DOBLE ANILLO

Lugar: Finca El Paraíso Maipú; Mendoza

Fecha: 21/12/99

Infiltrómetro n° 2

Pozo: 2

Hora	At (min)	Lectura (cm)	Enrase	Ah (mm)	Ah ac. (mm)	At ac. (min)	At ac. (h)	Ip (mm/h)	I (mm/h)	Obs.
9:45	0	16,0		0,0	0	0	0	0	0	
9:50	5	15,4		6,0	6,0	5	0,08	72	72	
9:55	5	15,1		3,0	9,0	10	0,17	54	36	
10:00	5	15,0		1,0	10,0	15	0,25	40	12	
10:05	5	14,9		1,0	11,0	20	0,33	33	12	
10:10	5	14,8		1,0	12,0	25	0,42	29	12	
10:20	10	14,6		2,0	14,0	35	0,58	24	12	
10:30	10	14,3		3,0	17,0	45	0,75	23	18	
10:40	10	14,1		2,0	19,0	55	0,92	21	12	
10:50	10	13,9		2,0	21,0	65	1,08	19	12	
11:00	10	13,9		0,0	21,0	75	1,25	17	0	
11:10	10	13,6		3,0	24,0	85	1,42	17	18	
11:20	10	13,5		1,0	25,0	95	1,58	16	6	
11:51	31	13,0		5,0	30,0	126	2,10	14	10	
12:20	29	12,5		5,0	35,0	155	2,58	14	10	

EXPERIENCIA DE INFILTRACION CON DOBLE ANILLO

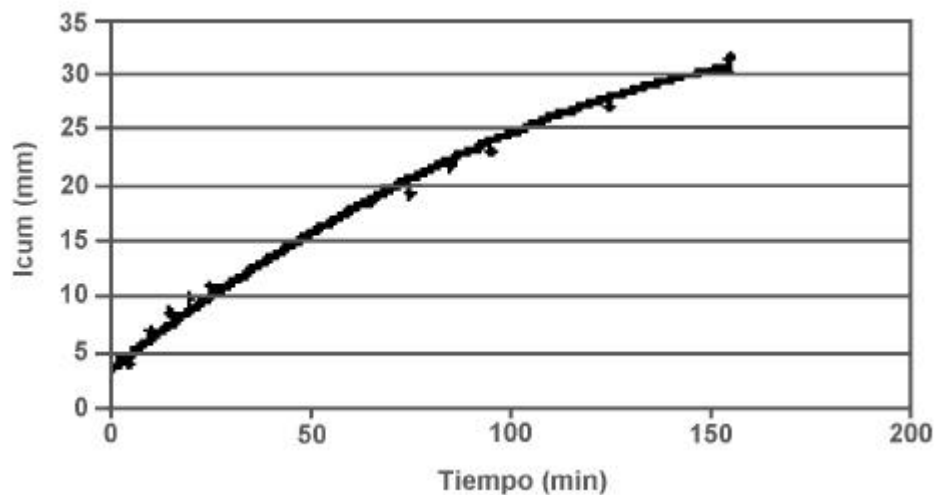
Lugar: Finca El Paraíso Maipú; Mendoza

Fecha: 21/12/99

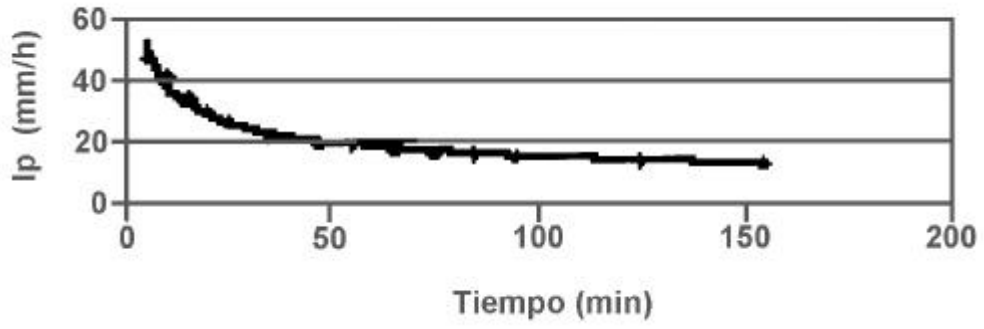
Infiltrómetro nº 3

Pozo: 2

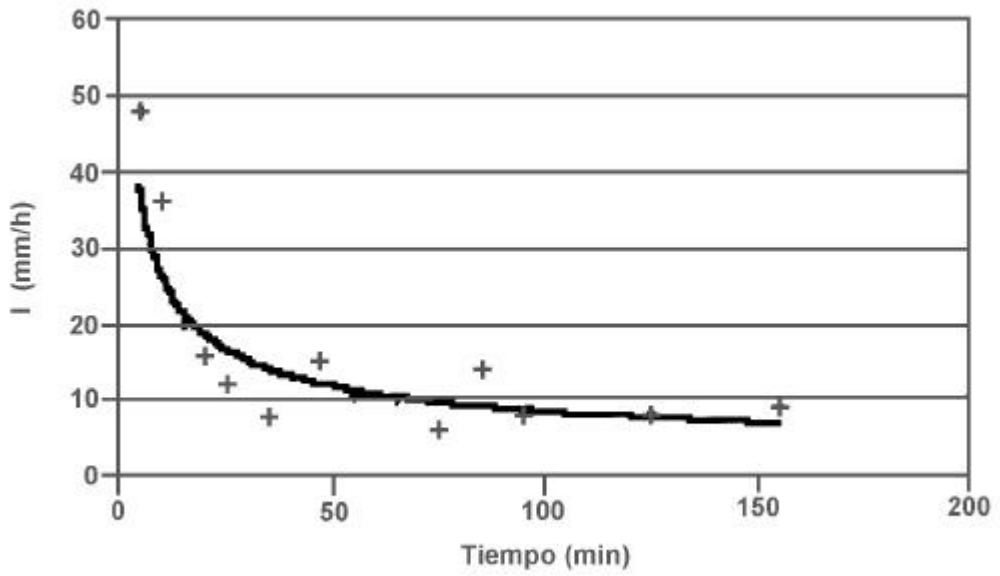
Hora	At (min)	Lectura (cm)	Enrase	Ah (mm)	Ah ac. (mm)	At ac. (min)	At ac. (h)	Ip (mm/h)	I (mm/h)	Obs.
9:47	0	15,0		0,0	0	0	0	0	0	
9:52	5	14,7		3,0	3,0	5	0,08	36	36	
9:57	5	14,4		3,0	6,0	10	0,17	36	36	
10:02	5	14,2		2,0	8,0	15	0,25	32	24	
10:07	5	14,1		1,0	9,0	20	0,33	27	12	
10:12	5	14,0		1,0	10,0	25	0,42	24	12	
10:22	10	13,9		1,0	11,0	35	0,58	19	6	
10:32	10	13,7		2,0	13,0	45	0,75	17	12	
10:42	10	13,5		2,0	15,0	55	0,92	16	12	
10:52	10	13,4		1,0	16,0	65	1,08	15	6	
11:02	10	13,3		1,0	17,0	75	1,25	14	6	
11:12	10	13,1		2,0	19,0	85	1,42	13	12	
11:22	10	13,0		1,0	20,0	95	1,58	13	6	
11:53	31	12,7		3,0	23,0	126	2,10	11	6	
12:22	29	12,4		3,0	26,0	155	2,58	10	6	



**Figura 4a Infiltración acumulada promedio.ozo 2
Finca El Paraíso (Maipú)**



**Figura 4b. Infiltración promedio. Pozo 2
Finca El Paraíso (Maipú)**



**Figura 4c. Velocidad de infiltración. Pozo 2
Finca El Paraíso (Maipú)**

Tabla 6.1- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisores

Finca= Laur S.A

Fecha= 26/09/00

Suelo= Franco Arenoso

Sitio= 2

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,17	0,12	4	0,39	0,12
2	4	0,34	0,15	8	0,49	0,15
4	8	0,4	0,21	16	0,82	0,21
6	12	0,68	0,23	24	0,9	0,26
8	16	0,77	0,2	32	(1)	(1)

(1)= no se pudo observar a profundidad superior a 90 cm por presencia de ripio

Tabla 6.2- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisores

Finca= El Paraíso

Fecha= 18/10/00

Suelo= Arenoso

Sitio= 2

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,22	0,13	4	0,38	0,16
2	4	0,36	0,14	8	0,61	0,27
4	8	0,58	0,21	16	0,75	0,23
6	12	0,69	0,22	24	0,93	0,22
8	16	0,73	0,21	32	(1)	(1)

(1)= no se pudo observar a profundidad superior a 90 cm por presencia de ripio

Tabla 6.3- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisores

Finca= El Paraíso

Fecha= 07/11/00

Suelo= Franco Arenoso

Sitio= 4

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,15	0,12	4	0,16	0,16
2	4	0,28	0,15	8	0,49	0,16
4	8	0,41	0,21	16	0,66	0,26
6	12	0,61	0,23	24	0,72	0,25
8	16	0,62	0,19	32	0,81	0,23

Tabla 6.4- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisores

Finca= El Paraíso

Fecha= 27/11/00

Suelo= Franco a Franco Arcilloso

Sitio= 9

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,14	0,17	4	0,3	0,18
2	4	0,26	0,26	8	0,39	0,22
4	8	0,34	0,34	16	0,56	0,34
6	12	0,45	0,37	24	0,72	0,33
8	16	0,51	0,32	32	0,78	0,36

Tabla 6.5- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisoresFinca= El Paraíso
Suelo= ArcillosoFecha= 25/09/01
Sitio= 11

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,13	0,2	4	0,22	0,34
2	4	0,19	0,32	8	0,28	0,41
4	8	0,26	0,39	16	0,39	0,53
6	12	0,35	0,37	24	0,51	0,58
8	16	(1)	(1)	32	(1)	(1)

(1)= no se pudo observar a profundidad superior a 90 cm por presencia de ripio

Tabla 6.6- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisoresFinca= El Paraíso
Suelo= FrancoFecha= 20/11/01
Sitio= 12

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,14	0,16	4	0,26	0,22
2	4	0,25	0,21	8	0,36	0,28
4	8	0,35	0,26	16	0,53	0,33
6	12	0,43	0,29	24	0,62	0,33
8	16	0,52	0,31	32	(1)	(1)

(1)= no se pudo observar a profundidad superior a 90 cm por presencia de ripio

Tabla 6.5- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisoresFinca= El Paraíso
Suelo= ArcillosoFecha= 25/09/01
Sitio= 11

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,13	0,2	4	0,22	0,34
2	4	0,19	0,32	8	0,28	0,41
4	8	0,26	0,39	16	0,39	0,53
6	12	0,35	0,37	24	0,51	0,58
8	16	(1)	(1)	32	(1)	(1)

(1)= no se pudo observar a profundidad superior a 90 cm por presencia de ripio

Tabla 6.6- Determinación de bulbo húmedo- Promedio de 3 emisoresFinca= El Paraíso
Suelo= FrancoFecha= 20/11/01
Sitio= 12

Tiempo (h)	Caudal= 2 l/h			Caudal= 4 l/h		
	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)	Volumen (l)	Prof. Mojado (m)	Radio mojado (m)
1	2	0,14	0,16	4	0,26	0,22
2	4	0,25	0,21	8	0,36	0,28
4	8	0,35	0,26	16	0,53	0,33
6	12	0,43	0,29	24	0,62	0,33
8	16	0,52	0,31	32	(1)	(1)

(1)= no se pudo observar a profundidad superior a 90 cm por presencia de ripio

Tabla 7- Relaciones Profundidad mojada - Volumen de agua - Radio mojado para caudales de 2 y 4 l/h

Text. Suelo	2 l/h										4 l/h									
	Arenoso		Franco Arenoso		Franco		Franco Arcilloso		Arcilloso		Arenoso		Franco Arenoso		Franco		Franco Arcilloso		Arcilloso	
Prof. Mojado (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)	V. Agua (l)	R.moj. (m)
0,10	0,49	0,06	1,14	0,08	1,06	0,10	0,98	0,12	1,51	0,16	0,65	0,05	1,12	0,08	0,49	0,08	1,12	0,07	1,19	0,15
0,20	1,20	0,09	2,73	0,11	3,09	0,15	2,92	0,18	4,66	0,27	2,97	0,08	1,89	0,10	2,21	0,14	3,00	0,11	4,22	0,27
0,30	2,49	0,11	4,77	0,14	6,11	0,21	5,94	0,25	9,36	0,39	5,30	0,10	3,71	0,13	5,22	0,20	5,42	0,16	8,98	0,39
0,50	6,78	0,17	10,16	0,20	15,12	0,33	15,19	0,39	23,34	0,61	9,95	0,16	10,49	0,18	15,06	0,31	11,90	0,25	23,66	0,63
0,80	17,52	0,25	21,55	0,29	36,05	0,50	37,10	0,59	55,80	0,95	16,93	0,24	28,55	0,26	39,43	0,48	25,74	0,39	58,61	0,99
1,00	27,55	0,31	31,35	0,35	54,96	0,61	57,07	0,72	85,10	1,18	21,58	0,30	45,83	0,31	62,06	0,59	37,70	0,49	90,52	1,24
1,20	39,87	0,36	42,92	0,41	77,82	0,72	81,33	0,85	120,53	1,41	26,23	0,36	67,31	0,36	89,82	0,71	51,86	0,58	129,32	1,48
1,40	54,49	0,42	56,25	0,47	104,64	0,84	109,88	0,99	162,10	1,63	30,88	0,41	93,00	0,41	122,69	0,82	68,20	0,68	175,02	1,72
1,60	71,39	0,47	71,34	0,53	135,42	0,95	142,72	1,12	209,79	1,86	35,54	0,47	122,88	0,47	160,68	0,94	86,74	0,77	227,61	1,96
1,80	90,59	0,53	88,20	0,59	170,16	1,07	179,85	1,26	263,61	2,09	40,19	0,52	156,96	0,52	203,78	1,05	107,48	0,86	287,09	2,20
2,00	112,09	0,58	106,83	0,65	208,86	1,18	221,27	1,39	323,56	2,32	44,84	0,58	195,24	0,57	252,00	1,16	130,40	0,96	353,46	2,45

Tabla 8- Relaciones entre radio mojado vs. profundidad mojada

Textura	Caudal 2 (l/h)	Caudal 4 (l/h)
Arenosa	$r_m = 0,03 + 0,277 P_b$	$r_m = 0,02 + 0,28 P_b$
Franco arenosa	$r_m = 0,046 + 0,30 P_b$	$r_m = 0,05 + 0,26 P_b$
Franco	$r_m = 0,04 + 0,57 P_b$	$r_m = 0,024 + 0,57 P_b$
Franco arcilloso	$r_m = 0,05 + 0,67 P_b$	$r_m = 0,018 + 0,47 P_b$
Arcilloso	$r_m = 0,045 + 1,135 P_b$	$r_m = 0,026 + 1,21 P_b$

donde $P_b=D$ = Profundidad radical del cultivo en la zona activa de raíces (m)