

15/95 COMUNICACION I+D  
AGROALIMENTARIA

# AVANCES EN EL DESARROLLO DEL RIEGO LOCALIZADO EN FRUTICULTURA



**JUNTA DE ANDALUCIA**

Consejería de Agricultura y Pesca

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION AGRARIA





# **AVANCES EN EL DESARROLLO DEL RIEGO LOCALIZADO EN FRUTICULTURA**

***Autores: \*José María Farré Massip***

***\*José María Hermoso González***

*\* Estación Experimental "La Mayora". (C.S.I.C.). Algarrobo - Costa. Málaga.*

© *Edita:* JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca.  
*Publica:* Dirección General de Investigación Agraria  
Servicio de Publicaciones y Divulgación.  
*Colección:* **Comunicación I+D Agroalimentaria 15/95.**  
*Autores:* José M<sup>º</sup> Farré Massip y José M<sup>º</sup> Hermoso González.  
*Coordinación y diseño:* Heliodoro Fernández López y Rosa M<sup>º</sup> Mateo Fernández.  
*Depósito Legal* SE. 1273/95.  
*I.S.B.N.:* 84-87564-25-9  
*Imprime:* J. de Haro. Sevilla. ☎ 95 - 433 35 43.

\* Se prohíbe la reproducción parcial o íntegra de esta publicación, sin la autorización expresa de autor/es, o editor.

## INTRODUCCION

A partir de 1970 se produjo un crecimiento explosivo del área cubierta por sistemas de riego localizado. Tras su puesta a punto en Inglaterra para cultivos hortícolas bajo invernadero, el método fue adaptado en Israel a cultivos hortícolas al aire libre (Goldberg y otros, 1970). Desde entonces su crecimiento ha sido muy rápido. Es probable que esta tendencia continúe en los próximos años, extendiéndose a países con menor nivel de renta. Con el fin de aumentar la duración del sistema puede pensarse en enterrar la totalidad de la red, con la excepción de los emisores. Discutiremos a continuación algunos aspectos de los métodos hoy más utilizados, goteo y microaspersión. No cubriremos el diseño de los sistemas, por existir publicaciones que lo hacen exhaustivamente. Dada nuestra estrecha relación con el cultivo del aguacate, ineludiblemente muchas de las referencias serán sobre el mismo. Es una especie muy sensible tanto a los déficits hídricos como a la falta de aireación en suelo, constituyendo un banco de ensayo ideal para la comparación de sistemas.



## METODOS DE RIEGO EN LA DECADA DE LOS SESENTA

En Europa central, la casi totalidad de los árboles frutales de hoja caduca, manzano, peral, ciruelo etc. no se regaba. Era aún muy común el uso de portainjertos vigorosos, francos de semilla en muchos casos, lo que otorgaba al árbol un gran vigor y profundidad del sistema radicular. La situación era semejante en las regiones tropicales. La gran potencia de su sistema radicular permitía a los árboles frutales sobrevivir a los períodos secos.

Estos árboles vigorosos tenían, sin embargo, una baja eficiencia productiva, por lo que fueron sustituidos por plantaciones más intensivas, de mayor rentabilidad económica.

En la Europa mediterránea el riego había sido esencial desde su introducción a gran escala por los árabes. Permitía la supervivencia de diversas especies frutales como cítricos, melocotonero, albaricoquero etc. y su óptimo desarrollo durante los 5 - 6 meses más cálidos del año, con ausencia total de lluvia.

El riego por inundación total o por pozas era el más común. En algunas regiones de clima también mediterráneo, como el valle de San Joaquín en California, era frecuente el uso de surco fijos situados a ambos lados de las filas de árboles. Este sistema permitía una mejor aireación del suelo, ya que no encharcaba el cuello del árbol. Dado que la cresta de los caballones se secaba rápidamente entre riegos el tráfico apenas se interrumpía. El riego a manta en cambio, sobre suelos de textura media y limpios de yerbas, impedía el paso del tráfico rodado a la parcela durante una semana. Resulta curioso pensar, que estas técnicas apenas habían evolucionado en más de veinte siglos.

En las regiones técnicamente más avanzadas era ya común el uso de riego por aspersión, sobre o bajo el follaje. Para disminuir los altos costos que implica un sistema fijo, era frecuente la combinación de la red primaria y secundaria fijas, con una terciaria portaaspersores móvil. Las presiones de trabajo eran de 2 a 3 atmósferas (0.2 a 0.3 MPa). En Israel este sistema permitía reducir el consumo de agua, un bien limitado. En el Sur de California hacía posible la plantación en áreas libres de heladas, pero con grandes pendientes, de especies frutales subtropicales. En ambas regiones el costo del agua era muy elevado.

En California, Israel y Australia era ya común el uso de herbicidas en combinación con el no cultivo del suelo. El comportamiento de los árboles era igual o mejor que el de los cultivados. Probablemente por ello los nuevos sistemas de riego fijo se desarrollaron inicialmente en estos países.

## RAZONES PARA LA ADOPCION DE LOS RIEGOS LOCALIZADOS EN FRUTICULTURA

El riego por goteo se considera de interés en Fruticultura por las siguientes razones:

- Moja una superficie pequeña del suelo, inferior en todos los casos al cinco por ciento. Ello permite el tráfico continuo, reduciendo las pérdidas por evaporación y el crecimiento de malas hierbas.
- Cuando se aplican a través del riego, pueden reducirse las aportaciones de nitrógeno y potasio (Rolston y otros 1981).
- Aunque puede diseñarse un sistema de riego a pie de alta eficacia, esta se pierde frecuentemente por defectos en la nivelación o en la atención por parte del regante. Debe advertirse que es también frecuente encontrar problemas de falta de uniformidad con los sistemas de riego localizado, cuando el diseño o instalación son incorrectos. Una causa inevitable de pérdidas de agua en el riego a pie es la diferente capacidad de retención y permeabilidad del suelo, incluso sobre muy pequeñas distancias como veremos mas adelante.
- En suelos de deficiente estructura, no labrados, el riego por surcos o por inundación disminuye la ya baja permeabilidad superficial. El riego por goteo minimiza este problema.
- Si el sistema de filtrado y la robustez del sistema son adecuados, reduce la necesidad de mano de obra para el riego.
- El costo energético es inferior al de los sistemas de riego por aspersión, fundamentalmente por trabajar a mas baja presión.
- Menor costo de instalación que la aspersión fija, similar al de la móvil pero sin su alto costo de mano de obra.
- Mejora en algunos casos el crecimiento de las plantas, derivada del mantenimiento de altos potenciales de humedad en suelo. Esta mejora es especialmente notable cuando se utilizan aguas salobres (Goldberg, 1971).
- Permite el riego de terrenos en pendiente sin la necesidad de terrazas.

En la década de los setenta se comenzó a utilizar el riego por microaspersión. Las razones de su gran popularidad en algunas áreas frutícolas como el sur de California han sido:

- Obtención de una mayor área mojada, sobre todo en superficie, en comparación con el riego por goteo, a igualdad de caudal instantáneo por hectárea. Ello puede ser importante para las especies con sistema radicular muy superficial o suelos con baja capacidad de retención de agua.
- Menor costo de revisión de la instalación, fundamentalmente por ser fácilmente visibles a distancia sus elementos.
- Sobre suelos permeables, utilizando aguas elevadas eléctricamente, la microaspersión permite el riego nocturno con tarifas bajas. El riego por goteo en cambio debe aplicarse durante el día para minimizar las pérdidas por drenaje profundo, lo que aumenta sus costos de bombeo.

## **FILTRADO**

Los caudales mas frecuentes en goteros para fruticultura oscilan alrededor de 4 litros por hora a 1 atmósfera (0,1 MPa) de presión. Esto se obtiene habitualmente con laberintos de 1 milímetro de anchura. Algunos fabricantes lo consiguen con 1,5 milímetros provocando gran turbulencia o alargando el recorrido del agua. Dados estos estrechos pasos es esencial el filtrado correcto para evitar obturaciones. La tecnología es hoy muy sofisticada, incluyendo filtros de distinta luz. Aunque ligeramente mas caros, los filtros de arena ofrecen unos resultados excelentes y mínima complicación. Su construcción en poliéster y fibra de vidrio puede realizarse por pequeñas industrias artesanales. Para aguas extremadamente sucias, con algas, limo y arena en suspensión pueden utilizarse filtros de arena abiertos, de gran superficie, funcionando por gravedad. También se han obtenido buenos resultados eliminando las partículas mas pesadas mediante un sistema de hidro ciclón, con un posterior filtrado por filtros de arena a presión. Utilizando arena calibrada entre 0.5 y 1 milímetro se obtiene un buen filtrado con una baja pérdida de carga, que nunca debe superar las 0,5 atmósferas (0,05 NPa). La inversión en filtros de calidad tiene una rápida amortización por la reducción de los costos de mantenimiento de la instalación.

## **PRECIPITACIONES**

Uno de los peores enemigos de las instalaciones de riego localizado en la cuenca mediterránea son las precipitaciones de carbonatos cálcico y magnésico. Los microaspersores pueden limpiarse fácilmente sumergiéndolos en una solución ligeramente ácida. Habitualmente es suficiente realizar esta operación una vez al año. Los goteros deben ser sometidos a riegos con agua ligeramente acidificada continua o discontinuamente. Acidificaciones excesivas pueden alterar el complejo de cambio del suelo y consecuentemente la nutrición del árbol.

## **DISTRIBUCION DEL AGUA POR UN MICROASPELOR**

No analizaremos aquí los pulverizadores pues tienen una distribución muy heterogénea, pequeña superficie mojada y excesiva pluviometría, superior a 10 milímetros por hora en muchos casos.

En las Figuras 1 y 2 pueden observarse las pluviometrías de dos microaspersores de similar caudal y presión de trabajo. Una mejor distribución de la pluviometría mejora la eficiencia del riego.

Las pluviometrías medias de los microaspersores están habitualmente entre 1,5 y 4 milímetros por hora. Es recomendable utilizar aspersores de pluviometrías bajas y lo más uniformes posible, para reducir el peligro de encharcamiento. Es relativamente sencillo medir la permeabilidad en campo a distintas profundidades. Cuando la pluviometría más alta, cerca del microaspersor, supera a la permeabilidad en algún punto del perfil del suelo, se producen zonas temporalmente anaeróbicas que pueden ser fatales para la vida del árbol.

# PLUVIOMETRIA Y DISTRIBUCION DE RAICES

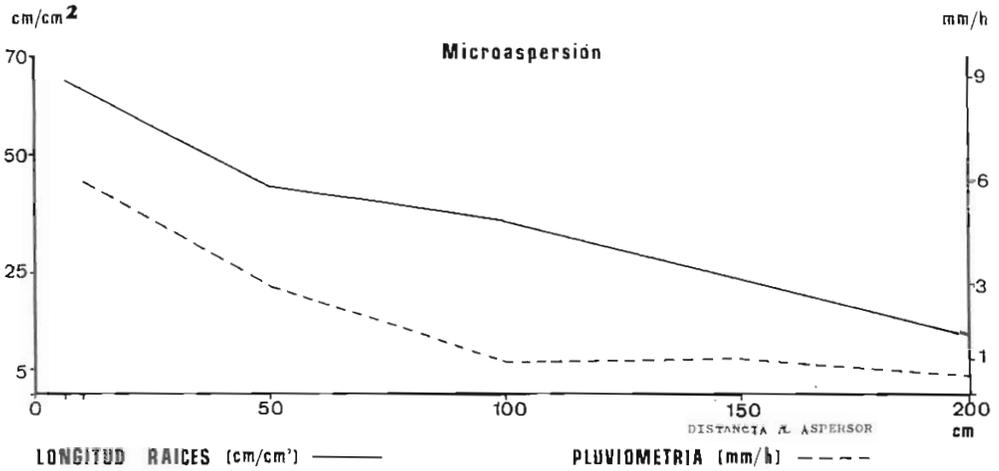


Fig. 1

2001 (regulated) 20 l/hr.

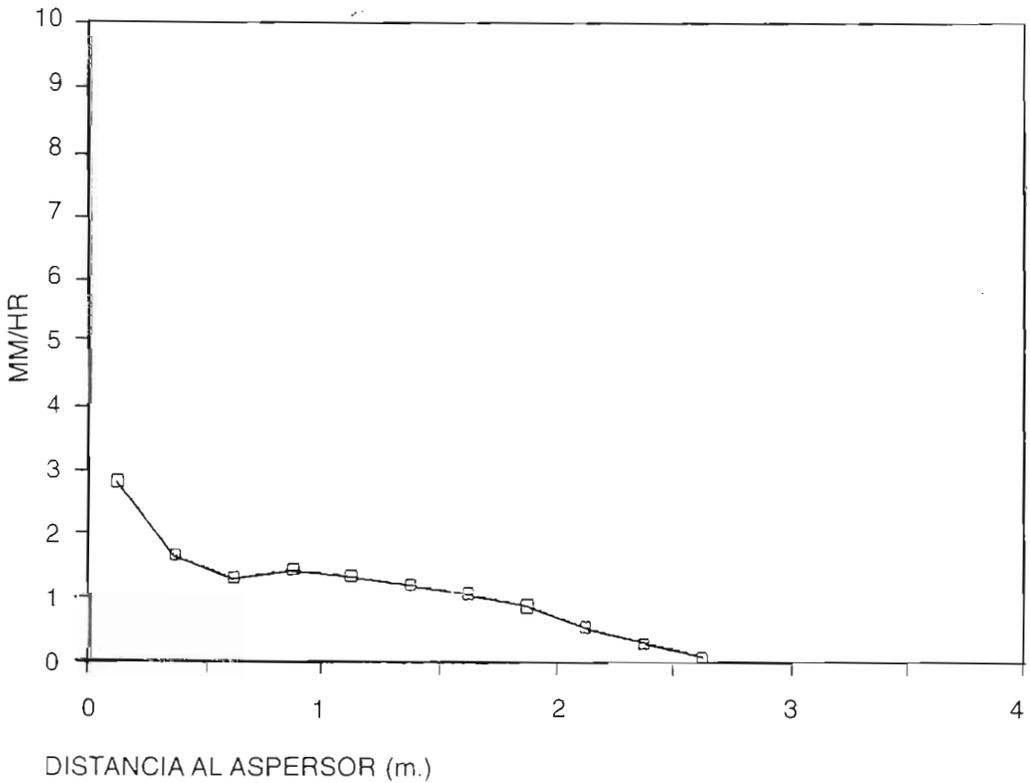


Fig. 2

Se evitará mojar el centro de la calle, donde se sitúa el tráfico pesado. De no hacerse así se produce una compactación progresiva de esta zona mojada, lo que disminuye la permeabilidad hasta que el tráfico se hace imposible. El encharcamiento continuo deteriora además el vigor y la productividad de los árboles cercanos.

Además de mejorar la aireación del suelo, el uso de bajas pluviometrías y caudales instantáneos reduce también el costo de la instalación.

### **DETERMINACION DE LAS NECESIDADES HIDRICAS. MEDICION DE LA HUMEDAD EN SUELO Y DE LA DEMANDA EVAPORATIVA DE LA ATMOSFERA**

Los riegos localizados están basados en el mantenimiento de un alto potencial matricial del agua en suelo, en solo una parte del volumen total del mismo. Para ello es esencial contar con un aparato económico capaz de medirlo en el rango 0 a -50 kPa (centibares). El tensiómetro cumple con estas especificaciones (Figuras 3, 4 y 5).



*Fig. 3*

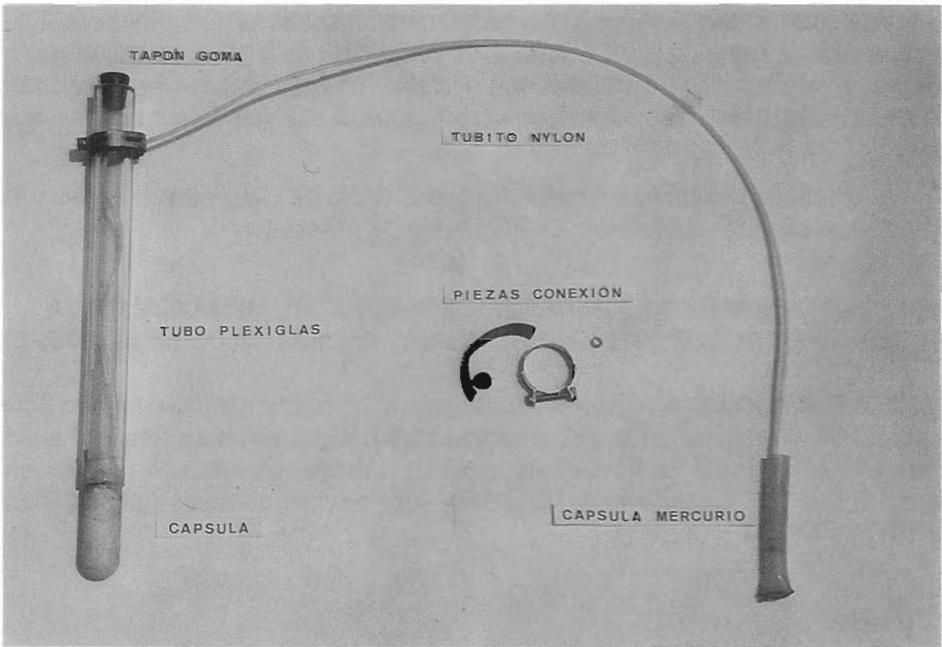


Fig. 4



Fig. 5

Consta esencialmente de un sistema cerrado que contiene agua. En su extremo inferior tiene una cápsula porosa enterrada en el suelo y en el superior un vacuómetro de muelle o de mercurio. Registra la tensión matricial que la raíz tiene que vencer para absorber el agua del suelo. No mide la tensión osmótica, importante solo cuando el suelo o el agua son salinos.

Los evaporímetros, de clase A (Figura 6) o Piche, son de gran utilidad para determinar la demanda evaporativa de la atmósfera. Son esenciales para la gestión de grandes áreas de riego, pero su utilidad a nivel parcela de cultivo es menor, por no integrar todos los factores que inciden en la evapotranspiración. Para ser útiles a este nivel deben ser calibrados para cada especie, zona de cultivo y estado vegetativo del árbol.

## AREA MOJADA

Uno de los parámetros básicos para el diseño de un sistema de riego por goteo es el número de goteros por hectárea a instalar. Afecta de forma directamente proporcional al caudal instantáneo y en gran medida al costo de la instalación. Por ello es frecuente encontrar instalaciones subdimensionadas.

El número de goteros a instalar es función del bulbo húmedo previsto. A 25 centímetros de profundidad, el diámetro del bulbo es de aproximadamente 50 centímetros en suelos arenosos o pedregosos y 100 centímetros en suelos limosos o muy arcillosos. Ello implica 0,2 y 0,8 metros cuadrados de área mojada por gotero respectivamente.

En suelos arenosos son necesarios como mínimo 2000 goteros por hectárea mientras que 1200 son suficientes en suelos limoarcillosos. Aún así, en suelos arenosos se mojaría solamente un área de 750 metros cuadrados a 25 centímetros de profundidad. Ello obliga, para especies de enraizamiento superficial como aguacate o cítricos, al riego diario diurno (Olalla, 1990). Las especies con sistema radicular más profundo, como el mango o el nogal, permiten riegos más espaciados, cada 2 ó 3 días. En suelos arenosos se ha llegado a utilizar 3750 goteros por hectárea con buen resultado. Su costo es sin embargo prohibitivo, debiéndose adoptar en estos casos la microaspersión.

La capacidad de retención de agua entre 0 y  $-40$  kPa en suelos arenosos es con frecuencia del 6 - 8 por ciento. En suelos limosos o arcillosos es mayor lo que, unido al también mayor bulbo mojado, permite el riego cada varios días (Castel, 1977; Tomer, 1988).

Para aumentar el diámetro del bulbo y disminuir las pérdidas por drenaje profundo, se ha propugnado el riego por pulsos. Creemos que en condiciones de campo la ventaja del riego por pulsos se pierde en parte por la desigualdad en el período de riego entre las distintas zonas de un mismo polígono. Estas desigualdades, que alcanzan frecuentemente los diez minutos, pueden ser importantes cuando el



Fig. 6

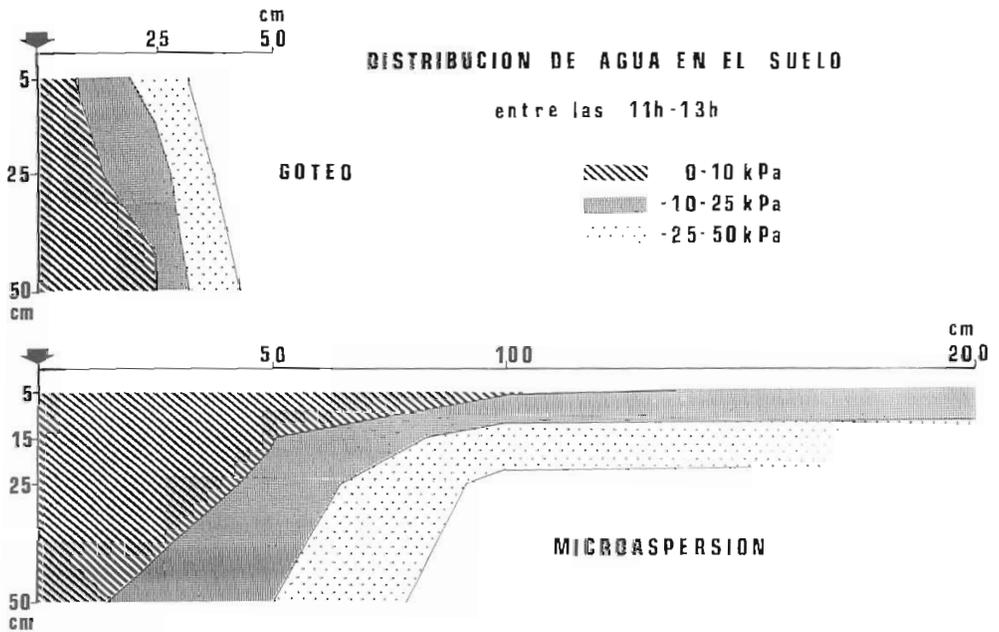


Fig. 7

período de riego se reduce por debajo de aproximadamente cuatro horas. Cuando la red de riego tenga desigualdades de este orden podría pensarse en dividir el riego diario de 8 horas en dos períodos de 4 horas, disminuyendo así las pérdidas por drenaje profundo.

## PERFIL DE HUMEDAD

En la Figura 7 se muestran las tensiones de agua en suelo en la segunda mitad del período diario de riego, en un ensayo comparando goteo y microaspersión. Cada árbol tenía seis goteros de 3,1 litros hora ó un aspersor de 18 litros/hora. El aspersor utilizado era el mostrado en la Figura 1. La zona mojada con microaspersión era mucho mayor en superficie pero no en profundidad. Bajo condiciones de riego diario las pérdidas serán fundamentalmente por evaporación con la microaspersión y por drenaje profundo bajo goteo.

El área mojada en distintos momentos del riego se muestra en la Figura 8. A lo largo del riego aumenta el perfil mojado ligeramente, más en goteo que en aspersión, probablemente debido a las distintas áreas mojadas en superficie. Puede apreciarse aquí el interés de un micro-aspersor con mejor distribución, que podría eliminar casi totalmente las pérdidas en profundidad.

## PERDIDAS POR DRENAJE EN PROFUNDIDAD

En un suelo similar al del ensayo anterior, se estudió la permeabilidad in situ. Es notable la variabilidad de las permeabilidades insaturadas, incluso en puntos alejados menos de un metro de distancia. Estos resultados no son extrapolables a otros tipos de suelos pero, para continuar con el ejemplo anterior, podemos elaborar las siguientes conclusiones:

- Las pérdidas medias en profundidad pueden alcanzar en este suelo 3,5 milímetros/día (litros/m<sup>2</sup>. día) cuando el potencial matricial sube a -2 kPa (centibares).
- Por debajo de -5 kPa las pérdidas en profundidad son casi nulas.
- Cuando los potenciales se acercan a cero las pérdidas suben rápidamente. Este suelo tiene una permeabilidad saturada superior a 10 milímetros/hora (240 milímetros/día).

Volviendo a la Figura 7 se puede comprobar que las pérdidas por drenaje profundo de la aspersión son muy pequeñas, por serlo el área mojada en profundidad. Bajo goteo estas pérdidas son como mínimo doce veces superiores, por ser el área mojada aproximadamente doble y equivaler un aspersor a seis goteros.

En la Figura 9 se muestra la evolución de las tensiones en suelo bajo goteo en unas condiciones similares a las del ensayo anterior (Olalla 1990). El agua se aplicaba durante la noche y la madrugada. En la capa superficial del suelo (profundidad 25 cms. distancias del gotero 0 y 25 cms) donde se encuentra la mayor parte del siste-

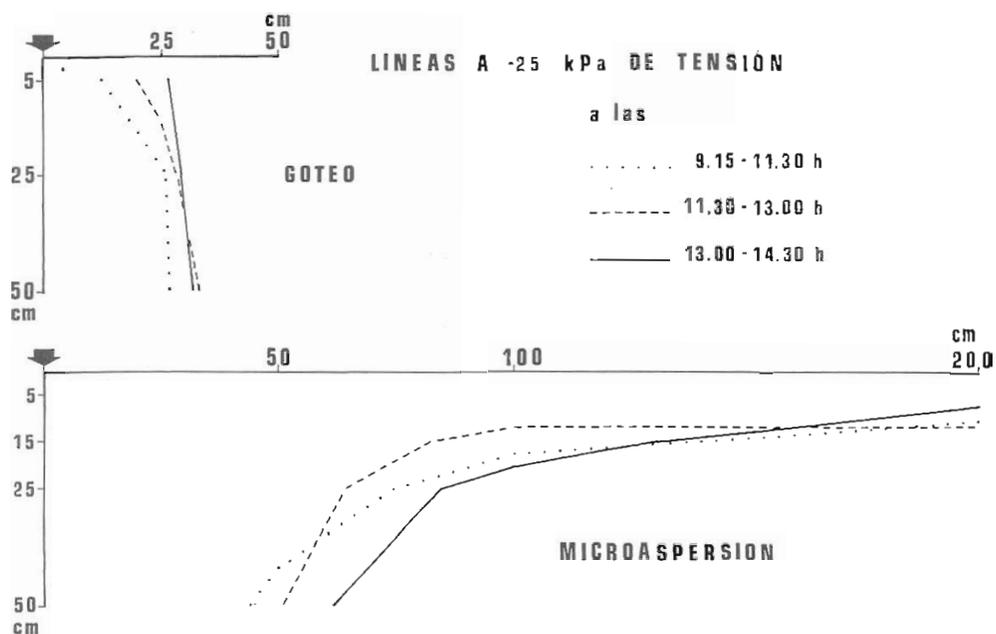


Fig. 8

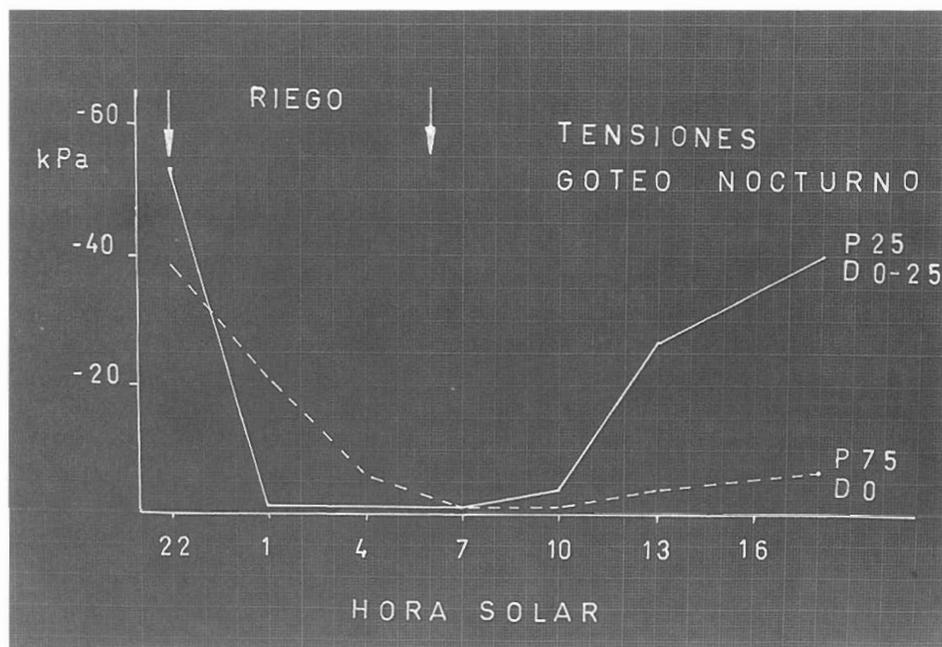


Fig. 9

ma radicular del aguacate, las tensiones eran bastante elevadas a última hora de la tarde, ello no evitaba que, de nueve a doce de la mañana se produjeran pérdidas a 75 centímetros de profundidad. En este caso cabría recomendar el riego durante la mañana ó en dos pulsos diarios, uno por la noche y otro durante el mediodía.

Se puede pues concluir que, generalmente, las pérdidas en profundidad serán críticas con goteo e inapreciables con microaspersión.

## **PERDIDAS POR EVAPORACION**

En estos ensayos las pérdidas por evaporación eran casi nulas por goteo, por ser la superficie mojada de 150 metros cuadrados por hectárea aproximadamente.

Con microaspersión la superficie mojada era de 4400 m<sup>2</sup>/Ha. aproximadamente. La evaporación desde una superficie mojada es semejante a la del tanque de clase A, por lo que sus pérdidas por evaporación son notables. Felizmente, el aguacate produce un empajado natural que sin duda las limita. En especies que no lo producen, deberán espaciarse los riegos dos ó tres días para minimizar estas pérdidas.

Estimamos que con el sistema aquí descrito, si funcionara durante las horas de máxima evaporación cerca del mediodía solar, podría perderse por evaporación la mitad ó más del agua aplicada. Para disminuir estas pérdidas la microaspersión debe aplicarse de noche.

## **DISTRIBUCION DE RAICES**

El sistema radicular de los árboles frutales se adapta a la extraña distribución de la humedad que provocan los goteros y microaspersores. En aguacate, la distribución de raíces, medidas en longitud, a distintas profundidades (Figura 10) es similar en ambos sistemas. Bajo microaspersión son ligeramente mas superficiales, reflejando la mayor área mojada en superficie. La longitud total de raíces (Figura 11) es similar en ambos sistemas.

La longitud total de raíces de diámetros superior a 2 milímetros (Figura 12) es mucho mayor bajo microaspersión. Ello podría permitir un mejor suministro hídrico en períodos de alta demanda. En especies con sistema radicular pivotante, como el mango ó el nogal, la distribución radicular es distinta, con potentes raíces por debajo de 90 centímetros de profundidad, incluso bajo riego por goteo.

## **MANTENIMIENTO DEL SUELO**

El manejo del suelo ha debido adaptarse a los nuevos métodos de riego, Los árboles en espaldera permiten, especialmente si se utilizan alambres, suspender los tubos portagoteros o portaaspersores, por lo que es posible el cultivo del suelo

**% RAICES / PROFUNDIDAD**

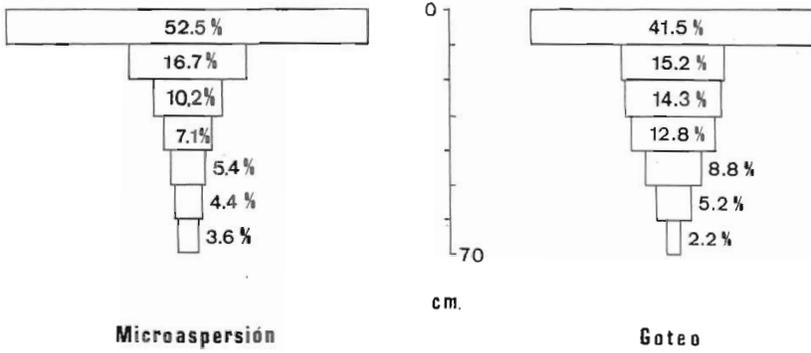


Fig. 10

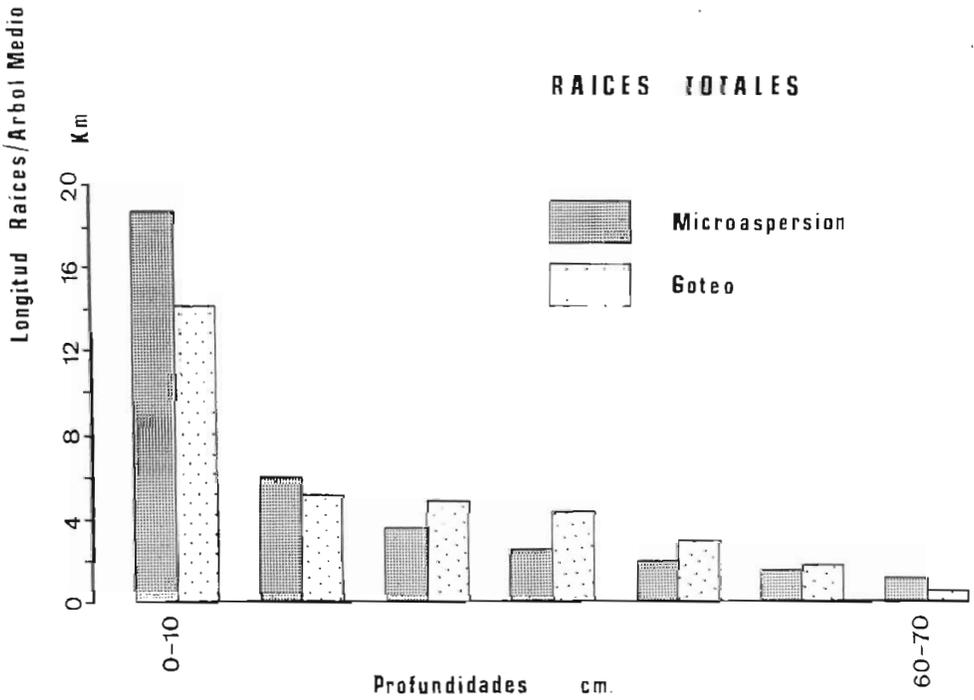


Fig. 11

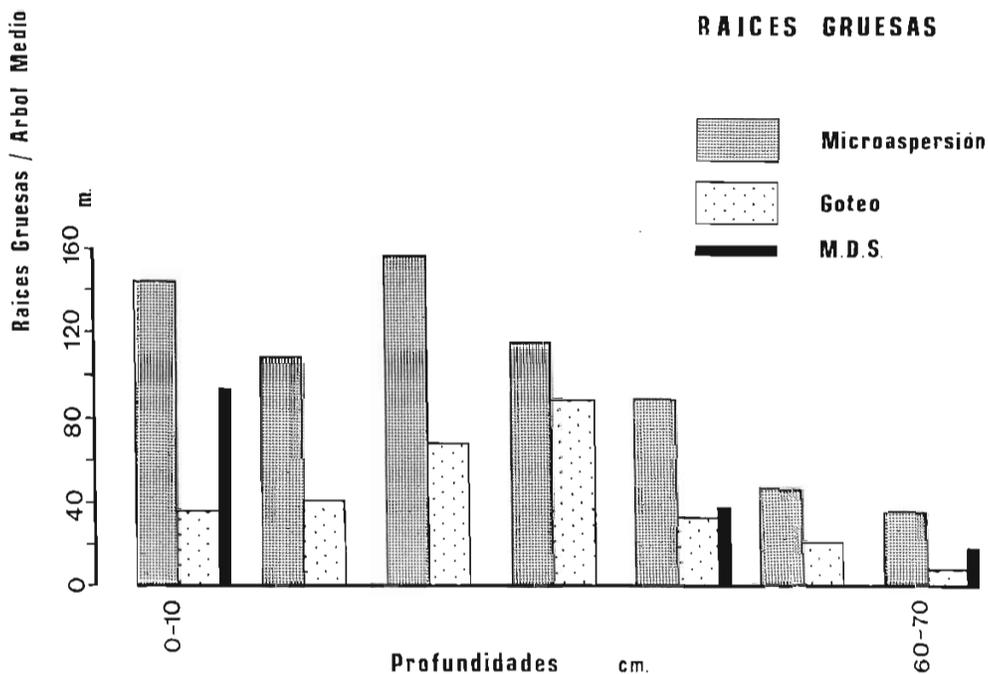


Fig. 12

o el mantenimiento de un césped segado. Con árboles en forma libre los tubos deben apoyarse en el suelo, por lo que es esencial mantener una zona libre de hierba mediante el uso de empajado orgánico, de polietileno o herbicidas.

La persistencia de los herbicidas disminuye con la aplicación frecuente de agua, incrementándose los riesgos de fitotoxicidad y contaminación de las aguas subterráneas. Recientemente se ha comenzado en varios países la selección de materias activas y aditivos que disminuyen las pérdidas en profundidad. Será muy importante adoptar rápidamente estos nuevos productos por la creciente sensibilidad social frente al problema ambiental.

La aparición de materias activas de acción sistémica, ha hecho económicamente posible controlar hierbas perennes, que tienen un crecimiento espectacular bajo riego localizado.

Puede, como resumen, afirmarse que la utilización correcta de las técnicas de no cultivo y riego localizado, permiten al fruticultor mejorar notablemente la productividad, eliminando algunos de los trabajos más fatigosos.

## BIBLIOGRAFIA

- Castel J.R. (1977). Programación del riego localizado y fertirrigación en cítricos y frutales de hueso. *Levante Agrícola*. Marzo. 19- 27.
- Goldberg, D.; B. Gornat; N. Shmueli; I. Ben Asher y M. Rinot (1970). Increasing the agricultural use of saline water by means of trickle irrigation. 6th American **Water Resources Conference**. Las Vegas.
- Goldberg, D. (1971). Irrigation methods and techniques in Israel. **ECAFE Meeting**: "Water development for agricultural purposes".
- Olalla, L. (1990). Proyecto INIA 7518. Necesidad de agua y forma de aplicación en aguacate. Memoria final.
- Rolston, D.E.; R.S. Rauschkolb, C.J. Phene; R.J. Niller; K. Uriu; R.N. Carlsson y D.W. Henderson (1981). Applying nutrients and other chemicals to trickle irrigated crops. University of California, Division of Agricultural Sciences. Bull. 1893.
- Tomer, E. (1988). Respuesta del aguacate al régimen de riego. I. Jornadas Andaluzas de Frutos Subtropicales. Junta de Andalucía.

P.V.P. 500 Ptas

