

Tecnología del riego: microirrigación

II PARTE

NURIA CARAZO
ANNA GRAS

Ingenieros Agrónomos. Profesoras de la EUITAB.



Sistema de goteo en suelo arenoso (Foto: Regaber).

Para poder programar un riego racionalizado será necesario conocer

la disponibilidad de agua en el suelo.

El tensiómetro es el sistema más utilizado por el agricultor debido al fácil manejo, bajo coste y a la vez permite determinar el momento y dosis adecuada de riego.

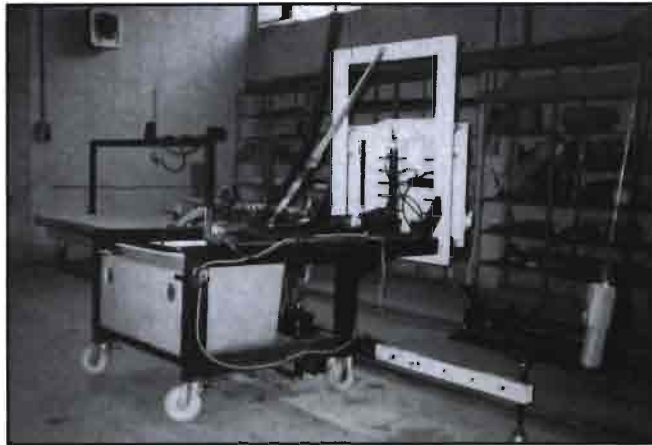
Programación del riego y fertirrigación

La programación del riego y la fertirrigación fue tratada por **J. Gómez Aparisi, Moise Cohen, Robert Brufau**, quienes orientaron su exposición desde un punto de vista frutícola. Los dos primeros hicieron incapié en la importancia de considerar la complejidad del sistema agua-suelo-planta y de todo lo referente al cultivo, mientras que **Brufau**, hizo una interesante exposición sobre la tecnología, cálculo y diseño de los equipos de fertirrigación.

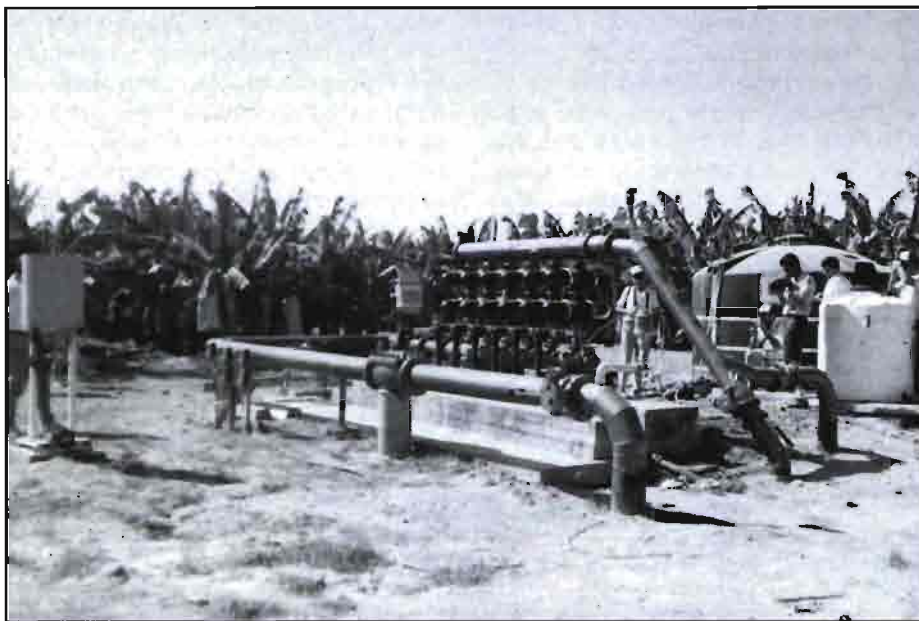
Aparisi comentó la dificultad de determinar las necesidades hídricas de los frutales por dos particularidades, la primera por la profundidad



Abajo, estación de filtraje de anillas. (Foto: Regaber).



Banco de pruebas de barras para realizar tratamientos y banco de pruebas de bombas en la Estación de Mecánica Agrícola en Lérida.



del sistema radicular que nos condiciona el volumen de suelo que actuará como reservorio de agua y la segunda por la extensión del ciclo fisiológico del frutal.

La longitud del ciclo reproductor del frutal desde la inducción floral hasta la maduración del fruto, pasando por el crecimiento vegetativo, provoca un solapamiento de las distintas etapas que originan interacciones y competencia entre los distintos órganos, por el agua y nutrientes. En consecuencia las necesidades hídricas de los frutales variarán según el momento fisiológico en que se encuentren, pasando por unas fases críticas cuando haya solape de estadios, siendo las más críticas la fructificación y crecimiento vegetativo. Con

estas consideraciones **J. Gómez Aparisi** clasificó las especies frutales de la siguiente manera:

Especies que fructifican sobre madera de un año

- Variedades precoces: necesidades hídricas bien distribuidas a lo largo de la estación vegetativa.

- Variedades tardías: se dan paralelamente la maduración y la formación de los ramos mixtos.

Especies que fructifican en madera de dos años

- Variedades precoces: hay un solape entre la inducción floral, crecimiento vegetativo y crecimiento del

fruto, por consiguiente hay un período crítico en primavera-verano.

- Variedades tardías: necesidades hídricas bien distribuidas.

Con esto **J. Gómez Aparisi** concluyó que hay momentos en que un déficit hídrico puede ser perjudicial y hasta comprometer la cosecha del año siguiente, mientras que hay momentos en que puede ser incluso beneficioso y favorecer la calidad del fruto.

Para poder programar un riego racionalizado será necesario conocer la disponibilidad de agua en el suelo y el estado hídrico de la planta, por lo que se deberá recurrir a la realización de medidas y controles. Algunos de ellos requieren técnicas sofisticadas por lo cual serán sólo aplicables en centros de experimentación (bloques de yeso, porómetro, bomba de Scholander,...) siendo el tensiómetro el sistema más utilizado por el agricultor debido al fácil manejo, bajo coste y a la vez permitimos determinar el momento y dosis adecuada de riego.

M. Cohen basa la programación del riego en la recopilación de datos sobre el clima, el cultivo, el suelo y el sistema de riego (fig. 1). Los datos climáticos para llegar a conocer la ETo mensual se obtiene de la estación más cercana, los datos del cultivo y la plantación han de ser suministrados por el agricultor. Estos son: variedad, superficie, marco de plantación, profundidad radicular, número de árboles total, % de agotamiento permisible, % de agotamiento permisible, % de zona mojada y el coeficiente de cultivo. Los datos del suelo requeridos son: % de humedad a capacidad de campo y a punto de marchitamiento y la densidad aparente del suelo.

Disponiendo de riego localizado, salvo algunas excepciones, es recomendable aportar los abonos con el agua debido a las grandes ventajas que esto presenta.

Conociendo estos datos, y el sistema de riego elegido y sus características hidráulicas, **M. Cohen** expuso dos ejemplos de programación del riego para dos cultivos de fruto seco (avellano y almendro), para los cuales llegó a determinar: el consumo máximo diario de agua por árbol, el % de suelo mojado, la dotación máxima de agua por árbol, la tasa de precipitación (para microaspersión) y el intervalo entre riegos.

Sobre el tema de fertirrigación en general así como de sistemas y dosificación del abono, nos habló extensamente **R. Brufau**. Disponiendo de riego localizado, salvo algunas excepciones, es recomendable aportar los abonos con el agua debido a las grandes ventajas que esto presenta.

Lo primero que se comentó fueron los sistemas para introducir el abono en la red de riego:

El tanque solubilizador que es un sistema muy simple pero poco automatizable, por lo que exige más mano de obra. La aplicación de abono no es constante en el tiempo, sino

que al principio de su funcionamiento se aporta una gran parte de abono que disminuirá mucho a lo largo del tiempo de riego; como consecuencia de esto puede haber grandes pérdidas de lavado.

La inyección por Venturi; es un método sencillo, pero para su funcionamiento requiere pérdidas de carga que a menudo limitan su utilización. Consiste en un estrechamiento en el circuito que provocará la aspiración de la solución del tanque.

Bombas inyectoras o dosificadoras; pueden ser hidráulicas o eléctricas, todas ellas proporcionales al caudal de inyección y con posibilidad de regulación. Es un sistema automatizable y puede resultar caro para instalaciones pequeñas.

En el caso de inyectoras, para conocer la cantidad de abono aportado se puede hacer mediante controladores y programadores, controlando el tiempo de funcionamiento cuando el caudal de inyección es constante y fijar el tiempo o bien controlando la cantidad inyectada con contadores

Climatización
frío-calor
y generadores
de aire caliente



ININSA
INVERNADEROS
E INGENIERIA, S.A.

Nuestros invernaderos
permiten
la automatización
total



Los hacemos bien

CAMINO XAMUSSA, s/n.
TEL. (964) 51 46 51
FAX (964) 51 50 68
APDO. CORREOS 145
12530 **BURRIANA**
(CASTELLÓN)



Tecnología hortícola
y diseño industrial
a su servicio



cuando el caudal es variable.

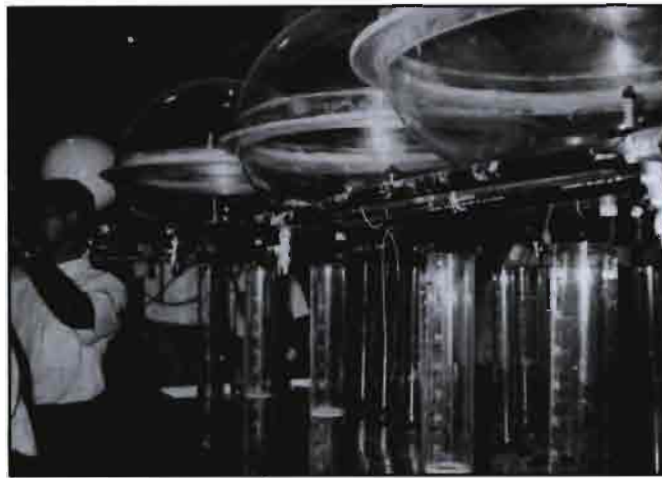
Para tener una buena distribución del abono **R. Brufau** señaló algunas consideraciones:

- Durante el tiempo en que se empieza a regar hasta que se llega a un régimen de funcionamiento permanente no se debe de abonar.

No se puede parar el riego de un sector hasta que haya estado regando sin abono durante un tiempo igual al tiempo de recorrido de un sector (tiempo que en el agua se ha inyectado abono hasta que éste ha llegado al emisor más desfavorable).

Para tener un buen lavado es conveniente regar con agua sola durante un tiempo mínimo igual al tiempo de recorrido del sector más el tiempo de lavado.

Para preparar las soluciones nutritivas deberemos conocer la solubilidad del abono a utilizar, que nos indicará la concentración máxima del abono en la solución nutritiva y siempre será aconsejable mantenernos en concentraciones más diluidas para evitar posibles precipitaciones.



Felipe Graña explica el funcionamiento de los sistemas de comprobación de los materiales de microirrigación.

Conviene controlar también la CE de la solución puesto que no es aconsejable que sea superior a 2 mmhos/cm o que la presión osmótica esté comprendida entre 0,7 y 1 atm. Para ello los fertilizantes se clasifican por su efecto salinizador respecto al NO_3Na que se refleja con el índice salino (I). Esto se calcula teniendo en cuenta que:

$$CE = (C \times I / 100 \times K) + CER$$

(C= abono disuelto en el agua (g/m^3)
 CE= CE del agua de riego con abono
 CER= CE del agua de riego (ms/cm)
 K= constante que relaciona la conductividad con el contenido en NO_3Na disuelto en agua destilada, toma valores alrededor de 0,4 (g/m^3 (ms/cm)).

En cuanto al control del pH de la solución, éste debe oscilar entre 5,5 y 6; con pH superiores a 6,3 no de-



Cristal y Plásticos de ambiente como el Celloflex, policarbonato, poliester, etc



Adaptación y proyectos con doble cámara hinchable, ventiladores, paneles de cooling-system, pantallas térmicas enrollables.

Adaptamos el clima a las necesidades del cultivo



Con nuestras estructuras es posible adaptar todo tipo de mallas para la protección de cultivos en las especies de clima mediterráneo.

ININSA
 INVERNADEROS
 E INGENIERIA, S.A.



Invernaderos adaptados a los cultivos



Los agentes físicos presentes en el agua causantes de problemas pueden ser eliminados por filtración de éstas y lavado de las tuberías, la instalación de filtros en microirrigación es casi obligada en todos los casos, recomendándose grados de filtración de 1/7-1/10 del diámetro del emisor. Arriba, estación de filtrado (Copersa). En las otras fotografías, cabezal con filtros (Regabert).



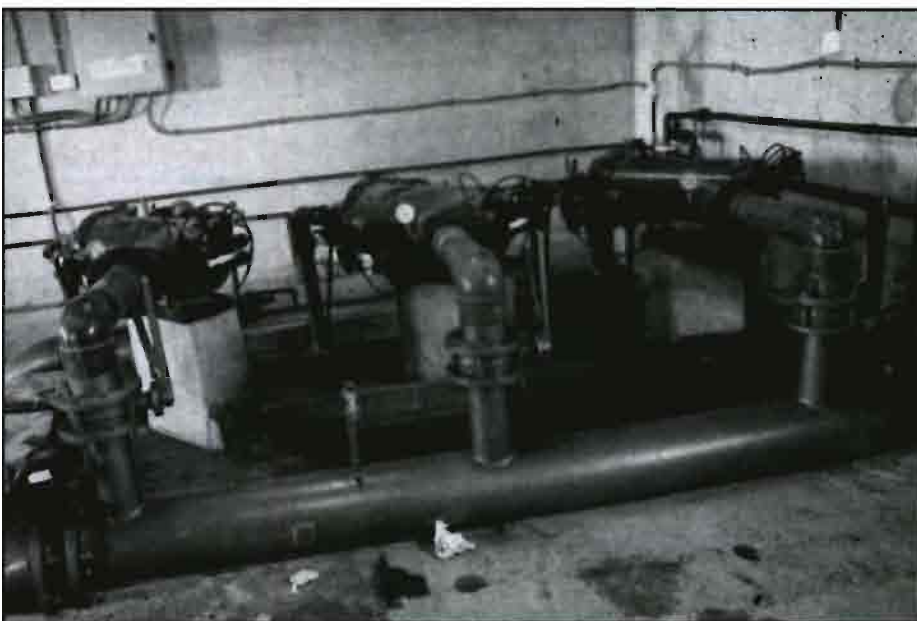
ben mezclarse soluciones fosfatadas con soluciones cálcicas. Otras precauciones que se han de tener es no mezclar sulfatos con calcio, que pueden dar precipitados en la red y tampoco mezclar fosfatos con quelatos.

R. Brufau considera que para poder estimar las necesidades de fertilizantes se deberían conocer las necesidades globales del árbol en base a las extracciones de los elementos nutritivos y cómo se reparten a lo largo del ciclo. Pero esto presenta algunos problemas, como el de que los datos disponibles no son nunca autóctonos, que las extracciones de nutrientes se hacen tanto de la zona regada como de la no regada, que hay pérdidas por lavado y por retrogradación etc.

Viendo la complejidad del sistema, en el caso de fertirrigación en campo nos basaremos en algunas consideraciones generales:

- La curva de absorción de fertilizantes es proporcional a la temperatura ambiente y a las necesidades hídricas, a excepción del N que es conveniente reducirlo en fechas próximas a la recolección, puesto que dificulta la maduración; la absorción de potasio disminuye mucho después de la recolección y los aportes de Fe deben hacerse en período de crecimiento activo (primavera).

- Conviene calcular el abonado para cada uno de los elementos a partir de las extracciones a lo largo del ciclo, y preparar un programa de abonado orientativo que deberá irse corrigiendo a lo largo de los años siguientes, según sean los resultados



Para preparar las soluciones nutritivas deberemos conocer la solubilidad del abono a utilizar, que nos indicará la concentración máxima del abono en la solución nutritiva y siempre será aconsejable mantenernos en concentraciones más diluidas para evitar posibles precipitaciones.



Cabezal con filtro de arena
(Foto: Regaber).

de los análisis foliares realizados durante la campaña y de la observación en campo de las posibles carencias.

Materiales y diseño hidráulico

F. Gracia Aguilà, de la Estación de Mecánica Agrícola, inició su clase definiendo los distintos tipos de distribuidores, clasificándolos según la superficie mojada, el caudal emitido y el principio de funcionamiento. Se distinguen:

- Emisores, aquellos en que el caudal emitido no es superior a 16 l/h, en forma de gotas o de flujo continuo. Pueden estar conectados sobre la línea (sobrelínea) o incorporados a ella (interlínea). Los emisores pueden ser de largo conducto (microtubo, helicoidales y de laberinto), de ciclo cónico o vortex, de corto conducto o de orificio y autocompensantes.

- Tubería emisora, se trata de dispositivos integrados en la tubería que nos proporcionan caudales superiores a 16 l/h, en forma de gotas o flujo continuo. Existe tubería emisora compensante.

- Difusor; distribuye agua en una superficie de diámetro máximo 6 m., con una de sus partes dotadas de movimiento de rotación y conexión sobre la línea. Los hay con el deflector fijo o estático (difusor) y con el deflector giratorio, bailarina o rotor (microaspesor).

Las características del distribuidor son evaluadas por medición del caudal de una muestra representativa de 25 unidades, bajo condiciones stan-

Los nuevos micro-aspersores autocompensantes



DAN-JET

- Microjet autocompensante de bajos caudales (19 l/h a 76 l/h)
- Presión mínima de trabajo de sólo 1 atmósfera
- Capacidad autolimpiante debido a la flexibilidad de la membrana de caucho
- Aplicación ideal en terrenos con pendientes y ondulados



MICROASPERSOR 2001

- Aspersión autocompensante desde 1,2 a 4,0 atm.
- Capacidad autolimpiante debido al desplazamiento de la membrana interna
- Fabricado en materiales reforzados para evitar daños mecánicos
- Amplio rango de bajos caudales, de 20 a 70 l/h

DAN SPRINKLERS

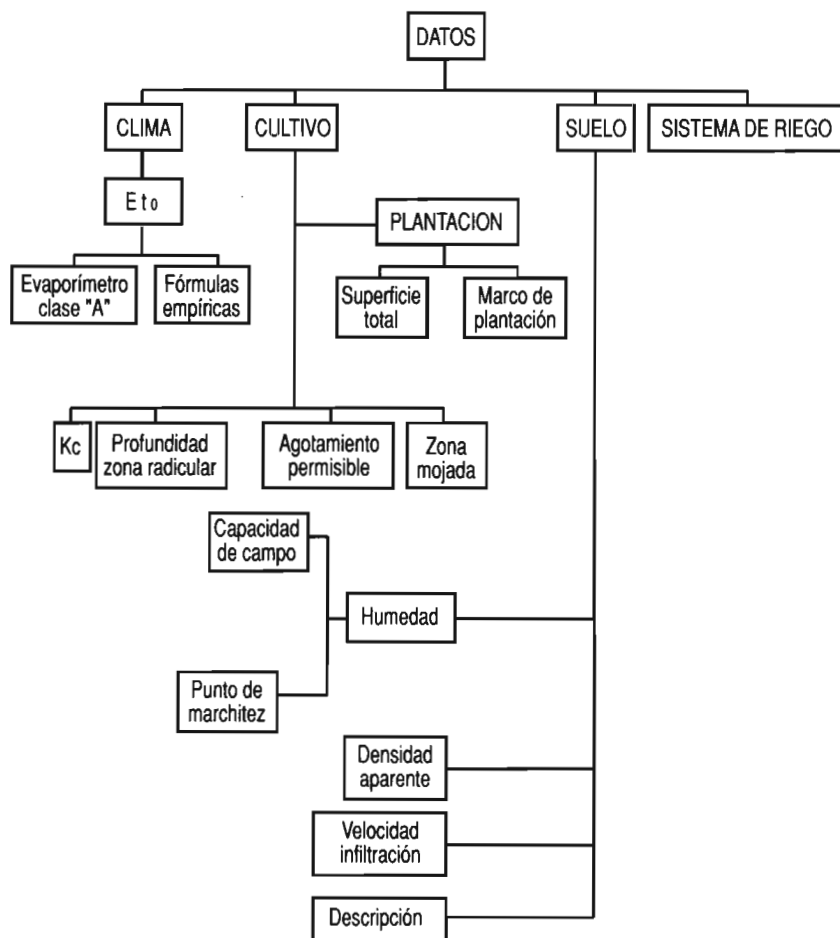


Riegos Iberia Regaber, S.A.

C. Rafael Biera Frats, s/nale 6 V. assar de Dalt, 08339 Barcelona
Tel. 93 753 12 11 Telex 59226 RGBRE Fax: 93 750 65 12

Regaber

Figura 1:
Programación del riego según datos sobre el clima, el cultivo, el suelo y el sistema de riego



Una vez conocidas las necesidades hídricas del cultivo y realizado el diseño agronómico de la instalación de riego, definimos el tipo de distribuidor a utilizar y la distribución de éstos, se procede a hacer el diseño hidráulico de toda la instalación (laterales, terciarias y primarias).

Con los datos obtenidos se define la calidad de fabricación a partir del cálculo de:

(Vq) Variación del caudal medio (qm) respecto al caudal nominal (qn), en condiciones de ensayo:

$$Vq = \frac{[qn - qm]}{qn} \times 100$$

(C.V.) Coeficiente de variación, nos indica la variación del caudal de una muestra respecto al caudal medio (qm), viene expresada en la siguiente fórmula:

$$C.V. = \left(\frac{S}{qm} \times 100 \right)$$

(S= desviación standard de la muestra).

Según sea el C.V. obtenido, el material ensayado (difusores, emisores o tuberías emisoras) quedará clasificado en las siguientes categorías definidas por la UNE (1986).

Categoría A: C.V. ≤ 5%

Categoría B: 5% < C.V. < 10%

No calificados: C.V. ≥ 10%

Otra característica que debe ser conocida de un distribuidor es la que mantienen la presión y el caudal, ésta viene determinada por la ecuación característica de cada distribuidor, teniendo todas ellas una expresión del tipo $q = Kp^m$, siendo: m=exponente de descarga característico de cada distribuidor, p la presión de entrada del distribuidor y K el coeficiente de descarga característico de cada distribuidor.

Según sea el valor de m, se puede diferenciar si un distribuidor es compensante ($m \leq 0,2$) o no lo es ($m > 0,2$), cuando m toma el valor 0 indica que el distribuidor es totalmente compensante, dando un caudal constante a cualquier cambio de presión. En el caso de distribuidores de orificio será $m = 0,5$.

Por último, si el emisor es de largo recorrido (microturbo), el caudal es función de la temperatura, presión, diámetro (d) y longitud del microtubo (L), tomando la ecuación característica la siguiente expresión:

$$q = K' \times L^a \times p^b \times d^c$$

(K', a, b, c, son coeficientes que dependen del diámetro del microtubo).

En la Estación de Mecánica Agrícola de Lleida, se llevaron a cabo estudios sobre el efecto de la variación de temperatura sobre el caudal para cada tipo de distribuidor; concluyeron que el valor de m es un buen estimador de la sensibilidad: que para emisores compensantes de $m \leq 0,2$ y en general para emisores con $m < 0,5$ la temperatura tiene efectos negativos sobre el caudal; mientras que para valores de m cercanos a 1 si la temperatura aumenta el caudal también; para valores próximos a 0,5 la temperatura no afecta a la uniformidad de distribución del caudal.

Una vez conocidas las necesidades hídricas del cultivo y realizado el diseño agronómico de la instalación de riego, con lo cual definimos el tipo de distribuidor a utilizar y la distribución de éstos, se procede a hacer el diseño hidráulico de toda la instalación (laterales, terciarias y primarias).

El Dr. J. Barragán, hizo una extensa exposición sobre las dos metodologías a seguir para hacer el diseño hidráulico de una instalación de riego localizado, el método numérico y el método gráfico (Wu). El primer método se caracteriza por la necesidad de manejar un gran número

de fórmulas, algunas de ellas complejas, mientras que el segundo método requiere utilizar una serie de gráficas y ábacos con cierta habilidad.

En ambos métodos, no obstante, el objetivo fundamental es conseguir una uniformidad en los caudales emitidos a lo largo de los laterales de cada subunidad de riego, la cual será mayor o menor según sean las pérdidas de carga ocasionadas por el razonamiento del agua a lo largo de las tuberías, por las diferencias de cotas del terreno, y por el desigual funcionamiento de los propios emisores.

En base a todo ello el profesor **Barragán** hizo una amplia descripción numérica sobre la distribución de la presión en los laterales de riego y la variación de la presión en los laterales de riego y la variación de presión máxima en los 3 casos siguientes: laterales alimentados por un extremo, laterales alimentados por dos extremos, y laterales alimentados por un punto intermedio, y todos ellos con la suposición de ser tuberías hori-

zontales, ascendentes y descendentes.

El método gráfico del profesor **Wu** sigue los mismos criterios que el método anterior, pero no se debe olvidar que las curvas de pérdidas de carga en las tuberías están dibujadas para la fórmula de Hazen-Williams.

Para evaluar la variación de los caudales, se recurre al cálculo empírico de distintos coeficientes:

Coeficiente de uniformidad:

$$C.U. = 1 - \frac{\Delta q}{q} = 1 - \frac{\sum(q_i - q)}{nq}$$

siendo:

$$q = \frac{\sum q_i}{n}$$

Wu, propone calcular la variación de caudal (qvar)

$$qvar = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{mas}}$$

qvar, mantiene la siguiente relación con el C.V. antes descrito, para valores de x = 0,5

C.U. = 99% qvar = 5% hvar = 10%

C.U. = 98% qvar = 10% hvar = 20%

C.U. = 95% qvar = 20% hvar = 36%

Keller y **Karmelli**, describen el

El objetivo fundamental es conseguir una uniformidad en los caudales emitidos a lo largo de los laterales de cada subunidad de riego, la cual será mayor o menor según sean las pérdidas de carga ocasionadas por el rozamiento del agua a lo largo de las tuberías, por las diferencias de cotas del terreno, y por el desigual funcionamiento de los propios emisores.

PARADÍS
Hivernacles
S.L.

NUEVO

OFRECEMOS MAS SOLUCIONES

- **Proyectos:** agrarios agrícolas ganaderos, industriales.
- **Subvenciones:** Tramitamos para cualquier sector
- **Estudios:** Estudios económicos sobre la viabilidad del producto y las tendencias de los mercados.
- Estudio de la zona para saber que cultivo se adapta mejor.
- **Comercialización:** Compramos la fruta y las hortalizas a su mejor precio.

Y ADEMÁS

- Puesta a punto del sistema de cultivo hidropónico, con el cual se incrementa la producción y calidad.
- **Sistemas de calefacción:** Ventilación, riego, humidificación, pantallas térmicas
- **Granjas** prefabricadas, **cubrimientos** de piscinas.

Ctra. Banyoles a Figueres, Puig de la Batalla, s/n

17832 CRESPIÀ (Girona)

Tel. (972) 59 70 16 - Fax: (972) 59 70 16

**TUNELES - MULTITUNELES - CAPILLAS - MULTICAPILLAS
CUBRIMIENTOS DE PISCINAS - GRANJAS Y ALMACENES**

Una nueva concepción en estructuras para invernadero de gran robustez y facilidad de montaje. Con cualquier tipo de cubrimiento, plástico, P.V.C., policarbonato, vidrio, **PARADÍS** da una rentabilidad por m² superior



BUSCAMOS PROVEEDORES DE FRUTA Y HORTALIZAS

En la Estación Mecánica Agrícola de Lérida, se pretende llevar a término una evolución de las instalaciones calculando los distintos coeficientes de uniformidad y en el caso de no ser satisfactorias, establecer un diagnóstico de las causas y poder actuar para mejorar dichos parámetros.

coeficiente de uniformidad como producto del coeficiente de uniformidad de fabricación del emisor y el coeficiente de uniformidad hidráulica

$$C.U. = C.U. \text{ fab.} \times C.U. \text{ hid.} =$$

$$= \left(1 - \frac{1,27 C.V.}{e^2}\right) \frac{q_{min}}{q}$$

(C.V.= coeficiente de variación del distribuidor; éste C.U., oscila entre 0,65 y 0,95).

Wu recomienda unos intervalos de valoración para $x = 0,5$:

Deseable:

$$qvar \leq 10\% \text{ o } C.U. \geq 98$$

Aceptable:

$$10 < qvar < 20\% \text{ ó } 95 < C.U. < 98\%$$

Rechazable:

$$qvar \geq 20\% \text{ ó } C.U. \leq 95\%$$

El diseño de las terciarias se realizará con el mismo criterio que las laterales, por ejemplo si partimos de que en la terciaria $qvar = 10\%$ y en las laterales $qvar = 10\%$, la variación total de q será del 20%, y de aquí:

$$Ea = 90\% = q_{min}/q$$

C. Rodríguez analizó los factores que influyen en la eficiencia de aplicación ($Ea = Ks \times C.U.$), siendo Ks el coeficiente de almacenamiento, que representa el agua disponible para la planta respecto al agua aportada, es decir que pretende reflejar las pérdidas por percolación, evaporación, etc. que dependerán de dosis y frecuencia de riego, tipo de suelo, bulbo húmedo, etc.

El coeficiente de uniformidad de aplicación del agua de riego (C.U.), desde un punto de vista técnico es proporcional al coste de la instalación. Esta uniformidad también puede reducirse por una mala uniformidad de la distribución de presiones, mala calidad de los distribuidores o mal estado de éstos.

En la Estación de Mecánica Agrícola de Lérida, se pretende llevar a término una evaluación de las instalaciones calculando los distintos coeficientes de uniformidad y en el caso de no ser satisfactorias, establecer un diagnóstico de las causas y poder actuar para mejorar dichos parámetros.

La evaluación consiste en tomar unos datos de campo: en un subsector de riego representativo se eligen de una manera totalmente determinada (no al azar) unos laterales, y en cada lateral unos distribuidores, en

ellos se toma la presión de trabajo y el caudal de cada distribuidor: también se toma la presión al inicio del primer y último lateral del resto de subsectores y a continuación se aplican las ecuaciones de uniformidad que se mencionan:

- Coeficiente de uniformidad de subsector (Keller).

- Coeficiente de uniformidad absoluta (Keller et al 1974).

- Coeficiente por presiones (Bliesner, 1976).

Finalmente se podrá hacer una estimación del estado de la instalación, siguiendo los criterios del cuadro 1.

Se considera un buen funcionamiento si el C.U. por caudales (Keller o Absoluta) es superior al 86%; en caso de ser inferior; se buscan las causas de falta de uniformidad por presiones, si éste es superior al 90% indica que las presiones se distribuyen correctamente por lo que la causa radicaría en los distribuidores.

El Coeficiente de Variación (C.V.) de fabricación de los distribuidores, refleja la calidad de los mismos; como indicó Faci, en caso de ser éste elevado el motivo de tener un bajo C.U. será debido a obstrucciones de origen físico, químico o biológico.

Pero si la falta de uniformidad es debido a una mala distribución de presiones, la causa se deberá buscar en los reguladores de presión y las pérdidas de carga excesiva en laterales y/o terciarias, por lo que se deberían sustituir los distribuidores por otros de caudal menor. Si la falta de uniformidad es ocasionada por obstrucciones, se deberá proceder a tratar las aguas de riego de la manera adecuada, en el cabezal del sistema, para poder prevenir obstrucciones de la instalación.

M. Pascual inició su charla de «Cabezal de riego y automatismos», hablando sobre el tratamiento de las aguas de riego.

Los agentes físicos presentes en el agua causantes de problemas pueden ser eliminados por filtración de éstas y lavado de las tuberías, la instalación de filtros en microirrigación es casi obligada en todos los casos, recomendándose grados de filtración de 1/7-1/10 del diámetro del emisor. El tipo de filtro a utilizar dependerá de la calidad del agua de riego, existiendo en el mercado los siguientes tipos:

- Filtros de membranas o porosos;

Cuadro 1:
Coeficiente de uniformidad en relación al estado de la instalación

C.U.	Evaluación
> 94	Excelente
86-94	Bueno
80-86	Aceptable
< 80	Inaceptable

útiles para caudales bajos y aguas bastante limpias.

- Filtros de malla o anillas; trabajan a caudales elevados, de hasta 90 m³/h, tienen mayor superficie filtrante que los anteriores. Existen modelos autolimpiantes automatizables. habitualmente van instalados detrás de filtros de arena, en caso de ir solos, Las aguas deberán tener un bajo contenido en partículas sólidas.

- Filtros de succión y separadores; para aguas superficiales y subterráneas donde hay problemas por arenas y/o materias orgánicas; tienen sistemas autolimpiables que mantiene las mallas constantemente limpias.

- Filtros de gravedad; muy efectivo para todo tipo de partículas. En ellos se debe controlar la velocidad de circulación del agua.

- Separadores centrífugos; son indicados cuando el problema lo causan las partículas sólidas. Son recomendados como prefiltros ante los grupos de bombeo.

Filtros de arenas; son los más utilizados, debido a su versatilidad. La capacidad y grado de filtración dependerá del tamaño de las arenas filtrantes que deberá procurarse la mayor uniformidad.

Con el tratamiento químico del agua se pretende controlar las sales disueltas (principalmente carbonatos de calcio) y las deposiciones de tipo biológico. En caso de practicar la fertirrigación se deberá tener en cuenta las cantidades de hierro superiores a 2 mg/l, puesto que se puede provocar su precipitación en caso de utilizar HCl como agente limpiante de las tuberías. También los lubricantes pueden ser causantes de obstrucciones.

El tratamiento de las aguas debe hacerse siempre detrás de todos los equipos del cabezal de riego (bombeo, filtración,...).

La distribución del agua y su control a lo largo de la red de riego se hará con válvulas, y su dosificación atenderá a las necesidades del cultivo y a la economía del agua, ésta podrá hacerse con contadores de volumen, tendremos información sobre el volumen de agua aplicado a las parcelas, el caudal que circula y el volumen de fertilizantes y su dosificación; en este caso podremos aportar el fertilizante a una concentración supuestamente óptima. ☼

Bibliografía

- J. Keller; D. Karmeli. (1975). Trickle Irrigation Design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corp. Glendora California, EE.UU. 133 pp.
- J. Doorenbos; W.O. Pruitt. (1977). Crop Water Requiriments Food and Agricultural Organization of the United Nations. Irrig. and drain. Paper 24. Revised. Roma. Italia. 144 pp.
- I.P. Wu; T.A. Howell; E. Hiler. (1979). Hydraulic Design of Drip Irrigation Systems. Technical Bulletin nº 105.
- E. Fereres. (1981) Drip Irrigation Management. Division of Agricultural Sciences University of California. Leaflet 21-259. 39 pp.
- J. Faci; R. Araques; J. Gómez-Aparisi. (1981). Optimización del riego en frutales. I.- Relaciones agua-suelo-planta. Anales de la Est. Exp. de Aula Dei. CSIC vol 13 (3-4): 315-331.
- J. Faci; R. Araques; J. Gómez Aparisi. (1981). Optimización del riego en frutales. II.- Necesidades hídricas y régimen de riegos. Anales de la Est. Exp. de Aula Dei. CSIC vol. 15 (3-4): 283-314.
- Cemagref, División Irrigation. (1981). Micro-irrigation. Etude technologique de quelques distributeurs. Aix-en-Provence.
- J. Barragán. (1982). Fórmulas de pérdida de carga para tuberías de plástico empleadas en el riego por goteo. Jornadas de plástico en agricultura. Barcelona.
- I.P. Wu; H.M. Gitlin. (1982). Drip Irrigation Lateral Line Network Design. Transactions ASAE. Vol. 25 nº 3: 675-685.
- I.P. Wu; C.A. Saruwatari; H.M. Gitlin. (1983). Design of drip Irrigation Lateral Length on Uniform Slopes. Irrigation Sciences. 4: 117-135.
- D.K. Frevert; R.W. Hill; B.C. Braaten. (1983). Estimation of FAO Evaporation Coefficients. ASCE. J. Irrig. and Drain. Eng. 109 (2): 265-270.
- S. Armoni. (1986). Micro-sprinkler Irrigation. DAN Sprinklers, Kibbutz DAN, Israel. pp: 40-46.
- AENOR. (1986). UNE 58083. Norma Española. Material de riego: difusores. Requisitos generales y métodos de ensayo. 9pp.
- AENOR. (1986). UNE 68083. Norma Española. Material de riego: difusores. Requisitos generales y métodos de ensayo. 10pp.
- J.M. Iglesias; J. Barragán. (1986). Dimensionamiento de ramales de riego por goteo (I). Riegos y drenajes nº7: 29-9.
- F.S. Nakayama. (1986). Water Treatment. In Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier.
- F. Gracia; S. Planas. (1987). Programa de certificación de características de material de micro-irrigación. Proc. 21 Conf. Int. de Mecanización Agraria, Zaragoza.
- J.M. Hernández-Abreu; J. Rodrigo; A. Pérez Regalado; J.F. González. (1987). El riego localizado. Curso Internacional de riego localizado. Tenerife (España). Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. M.A.P.A. Madrid. España. 317pp.
- F. Pizarro. (1987). Riegos localizados de alta frecuencia. Mundi-Prensa. Madrid. 461pp.
- M. Cohen; J. Girona; M. Mata; J. Gené. (1988). Evolución del potencial hídrico de hoja y resistencia a la transpiración del avellano según condiciones de medio. Riegos y drenajes nº 21: 42-43.
- Varios. (1990). IV Cursos Tecnología del riego. II. Microirrigación. Cátedra de Hidráulica.