

**ASPECTOS BÁSICOS DE
FERTIRRIGACION**

**JUAN CARLOS VALVERDE CONEJO, Msc
Ingeniero Agrónomo**

julio de 2004

INTRODUCCIÓN

Fertirrigación, nutriirrigación o fertirrigación es la técnica de incorporar los fertilizantes disueltos en el agua de riego con el objetivo de regar y nutrir al mismo tiempo un cultivo, combinando los dos principales factores de desarrollo: el agua y los nutrientes.

En nuestro país la técnica del riego localizado se ha expandido con gran rapidez en los últimos años, superando en la actualidad las 20.000 has., y su paulatina introducción en zonas de agricultura tradicionalmente de regadío extensivo y climatología adversa ha obligado, tanto al técnico como al agricultor, a adaptar y asimilar esta nueva filosofía sobre riego.

1.-TIPOS DE FERTIRRIGACIÓN

Dependiendo de los diferentes sistemas de riego empleados se pueden diferenciar tres clases de fertirrigación:

- Fertirrigación en riegos de alto caudal y baja frecuencia.

Están incluidos los riegos por inundación y aspersión, ya sea ésta con instalaciones fijas o móviles. En este caso la fertirrigación, generalmente, se reduce al aporte de abonos nitrogenados en el agua de riego, en sustitución de abonado tradicional, fraccionando la aplicación durante parte del ciclo vegetativo.

- Fertirrigación en riegos de bajo caudal y alta frecuencia.

Se incluyen todos los sistemas de riego localizado, denominados así por mojar solamente una parte de la superficie del suelo, donde se efectúa la aportación de macroelementos y también a veces de microelementos, a través del agua durante todo el ciclo del cultivo.

- Fertirrigación en hidroponía.

Consiste en la aplicación de soluciones nutritivas completas, con todos los macro y microelementos, a cultivos en los que el sistema radicular se encuentra en un soporte prácticamente inerte.

2.-VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA FERTIRRIGACION

Aunque la fertirrigación se aplica a todos los sistemas de riego, tiene su máximo beneficio cuando se emplea en un sistema de riego localizado de alta frecuencia.

INCONVENIENTES

- Si no existe un buen reparto del agua no hay, lógicamente, una buena distribución de los fertilizantes. En riego por inundación se necesita una buena nivelación del terreno para que el agua se distribuya lo más uniformemente posible, mientras que en los riegos localizados es necesario un adecuado coeficiente de uniformidad de la instalación, al ser la nutrición de cada planta, proporcional al agua que recibe.
- No todos los fertilizantes pueden aplicarse mediante fertirrigación, pues deben reunir unas características especiales en cuanto a solubilidad, pureza, bajo índice de salinidad, pH, etc.
- Es posible la formación de precipitados en las instalaciones de goteo si no se usan aguas adecuadas y/o fertilizantes específicos.
- Es necesaria una mayor preparación técnica, pues la fertirrigación puede conducir a fracasos si no es bien realizada y controlada.

VENTAJAS

- Comodidad de aplicación de los fertilizantes y ahorro de mano de obra.
- Evita la compactación del suelo al suprimir el paso de la maquinaria de abonado.
- Perfecta dosificación y control de la fertilización.
- Posibilidad de fraccionamiento del abonado.
- Distribución de los nutrientes a lo largo del perfil del suelo explorado por las raíces en función del nivel mojado, lo que facilita una mejor asimilación radicular.
- Ahorro de fertilizantes.
- Rapidez de actuación para corregir deficiencias carenciales.
- Mejor asimilación de los nutrientes.

ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA FERTIRRIGACION

- **ESTUDIO DEL SUELO O SUSTRATO**
 - Análisis químico
 - Análisis físico

- **ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO**
 - Salinidad
 - Sodicidad
 - Toxicidad

- **ESTUDIO DE LOS FERTILIZANTES**
 - Compatibilidad con el agua de riego
 - Compatibilidad con otros fertilizantes o agroquímicos
 - Corrosión

- **ANÁLISIS FOLIARES**
 - Estado nutricional de macro y microelementos

- **SISTEMAS DE APLICACIÓN**
 - Mantenimiento
 - Limpieza

- **SISTEMA AUTOMATICO DE DOSIFICACION**

3.- NECESIDAD DE LA FERTIRRIGACIÓN

En la fertilización tradicional el suelo se utiliza y actúa como un almacén o depósito de los nutrientes, de donde los tomará la planta cuando los necesite y encuentre, teniendo en cuenta que esta absorción de los elementos por las raíces se realizará cuando los fertilizantes estén disueltos en agua (solución del suelo).

En riego localizado el sistema radicular de la planta, al menos la parte más activa para la absorción, se haya concentrado principalmente en las zona húmeda que se forma en este tipo de riego denominada **bulbo húmedo** y que representa solamente una pequeña parte del volumen de suelo.

Como la capacidad de almacén de agua (bulbo húmedo) es muy limitada, no se pueden aplicar cantidades grandes de abono, ya que una vez saturada la capacidad de almacenamiento, el resto se perderá. En consecuencia, tal y como sucede también con el agua, las dosis usadas en fertirrigación deben ser pequeñas para evitar las pérdidas. Es decir que, por sus características agronómicas, el riego localizado necesita la fertirrigación y el fraccionamiento de las aplicaciones.

Por lo tanto es factible entonces con la fertirrigación, colocar los fertilizantes en el entorno del sistema radicular de la planta y, por añadidura, ya en solución, con lo que se consigue un contacto más rápido y directo de los elementos nutritivos con las raíces y consecuentemente los fertilizantes se pueden aprovechar mejor.

Además como las pérdidas por lixiviación a causa de las lluvias pueden ser escasas si el fraccionamiento es adecuado, además de las sufridas por desnitrificación, entonces la fertilización alcanza una mayor eficiencia lo que permite reducir el número de unidades fertilizantes que es necesario aplicar.

4.- ELEMENTOS QUE INTERVIENEN

4.1.- El suelo

El papel del suelo en la fertirrigación es más importante desde el punto de vista de su composición física que química, pues la actividad del complejo arcillo-húmico en fertirrigación es mucho menor que en los otros sistemas de riego y abonado, debido a la posibilidad de aportar, mediante el fraccionamiento adecuado, lo que diariamente necesita la planta, que se incorpora a la solución del suelo, de donde es fácilmente absorbido.

4.2.- La planta

Aunque existen teorías que recomiendan mantener una riqueza constante de nutrientes en la solución del suelo, el estado vegetativo de la planta y en consecuencia sus necesidades nutritivas en cada momento también son importantes para decidir la cantidad y el tipo de abono a incorporar.

Se sabe que en los primeros estados fenológicos son importantes las necesidades en fósforo para el crecimiento radicular, el nitrógeno para los momentos de máximo desarrollo vegetativo y el potasio es decisivo en la fructificación.

Se ha comprobado que la planta responde mejor al aporte de fósforo cuanto mayor es su solubilidad y que la movilidad del fósforo y potasio aumenta, aún en el caso de alto grado de fraccionamiento.

4.3.- El agua.

Un perfecto conocimiento del agua que se va a utilizar es necesario si se desea realizar una adecuada fertirrigación. Si se conoce su posible comportamiento físico-químico se sabrá, con bastante aproximación, cual será la respuesta a la incorporación de cada fertilizante aplicado.

Desde el punto de vista de la fertirrigación son importantes las siguientes determinaciones en lo que se refiere a la calidad del agua:

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores normales
Conductividad eléctrica	CE a	Decisiemens/metro	0-3 dS/m
Total de sólidos en solución	TSS	Miligramos por litro	0-2000 mg/l o 2000 ppm
Ca	Ca ⁺⁺	Miliequivalente por litro	0 – 20 meq/l
Mg	Mg ⁺⁺		0 – 5 meq/l
Na	Na ⁺		0 – 40 meq/l
Carbonatos	CO ₃ ⁻		0 – 0.1 meq/l
Bicarbonatos	HCO ₃		0 – 10 meq/l
Cloruros	Cl ⁻		0 – 30 meq/l
Sulfatos	SO ₄ ⁻		0 – 20 meq/l
Nitrato – nitrógeno	NO ³ – N	Miligramos por litro	0 – 10 mg/l
Fosfato – fósforo	PO ⁴ – P	^	0 – 2 mg/l
Potasio	K ⁺		0 – 2 mg/l
Acidez	PH	De 1 a 14	6 - 8.5
Relación de absorción de sodio	RAS	(Mequivalentes / litro) ^{1/2}	0 – 15 (meq/l) ^{1/2}

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la salinidad.

Los cloruros, sulfatos y sodio pueden provocar toxicidad según sea su concentración, pero además el sulfato puede incidir en la solubilidad de fertilizantes a base de sulfato por el efecto del ión común.

Los nitratos, magnesio y potasio se deben tomar en cuenta por su valor como fertilizantes.

Lo importante es bajar el pH del agua en el punto de emisión, bien sea acidificándola previamente o añadiendo productos ácidos.

4.4.-El fertilizante

En fertirrigación se pueden utilizar tanto abonos sólidos (solubles) y líquidos. Los primeros necesitan previamente disolverse en agua para su utilización en las instalaciones de riego localizado.

Se encuentran en el mercado abonos sólidos simples y mezclas, así como abonos líquidos simples, NPK ácidos, NPK neutros y ácidos fertilizantes (nitrítico y fosfórico).

Una lista de abonos usados en fertirrigación es la siguiente:

Sólidos:

Los productos sólidos que se adjuntan se caracterizan porque cada uno presenta un nivel de solubilidad que se debe tomar en cuenta al momento de preparar la mezcla, con la ventaja de que su precio es similar a los fertilizantes usados en la fertilización convencional.

Fertilizante	Presentación	Solubilidad a 20° C (g/l)	Observaciones
Urea	46-0-0	1050	No saliniza ni acidifica el agua. Solución madre en proporción 1:2 (abono-agua).
Nitrato de amonio	33.5-0-0	1920	Solución madre en proporción 1:1 (abono-agua). Reacción ácida. Muy soluble
Sulfato de amonio	21-0-0-23S	754	Problemas de salinidad y acidifica ligeramente. Proporción 1:2.
Fosfato monoamónico	12-60-0	365	Bajo efecto salinizante con reacción ácida. Solución madre en proporción 1:4. No usar en mezclas con Ca.
Nitrato de potasio	13-0-46	316	Reacción básica Proporción 1:4
Nitrato de magnesio	11-0-0-15MgO	760	Reacción ácida
Nitrato de Ca	15-0-0-	1290	Reacción básica Proporción 1:1

Líquidos

En el mercado nacional hay muchas mezclas fertilizantes solubles que tienen diferentes concentraciones de N,P,K que se recomiendan según la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo, pudiéndose encontrar fórmulas de crecimiento, de desarrollo, de mantenimiento, etc; sin embargo, el problema principal es que su costo es elevado y encarece profundamente la práctica de la fertirrigación.

4.4.3.- Salinidad

El efecto salino se refleja en el aumento de la conductividad eléctrica de la solución, aspecto a considerar al preparar las mezclas fertilizantes en el agua de riego.

4.4.6.- Mezclas

Con respecto a las posibles mezclas, en el cuadro n° 1 se presenta una tabla de compatibilidades que indica si pueden mezclarse o no, porque se forman productos insolubles o porque se compactan los fertilizantes al mezclarse. Ejemplo de esto último es la mezcla de urea y nitrato amónico. El nivel crítico de humedad de cada uno de estos productos para que no se compacten es del orden del 72,5% y 54,9% respectivamente, pero al mezclarlos con solo un 18,1% de humedad relativa se produce la compactación.

Cuadro n° 1.- Tabla de compatibilidades para fertilizantes solubles

Fertilizante	Urea	NA	SA	NCa	MAP	MKP	AF	NK	SK	SMg	NMg
Urea		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato amónico(NA)	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato amónico (SA)	C	C		X	C	C	C	L	C	C	C
Nitrato de calcio (NCa)	C	C	X		X	X	X	C	X	C	C
Fosfato mono amonio (MAP)	C	C	C	X		C	C	C	C	X	X
Fosfato monopotásico (MKP)	C	C	C	X	C		C	C	C	X	X
Acido fosfórico (AF)	C	C	C	X	C	C		C	C	X	X
Nitrato potásico (NK)	C	C	L	C	C	C	C		C	L	C
Sulfato potásico (SK)	C	C	C	X	C	C	C	C		C	C
Sulfato de magnesio (SMg)	C	C	C	X	X	X	X	L	C		C
Nitrato de Mg	C	C	C	C	X	X	X	C	C	C	

C – Compatible	L – Compatibilidad limitada	X - Incompatible
----------------	-----------------------------	------------------

La tabla está basada en las siguientes premisas:

- Los fosfatos de calcio y de magnesio son insolubles, por tanto, no deben mezclarse sales fosfatadas con sales cálcicas o magnésicas.
- El sulfato de calcio es también insoluble, por tanto, ningún sulfato debe mezclarse con sales cálcicas.
- El sulfato potásico tiene una solubilidad baja, por tanto la mezcla de sulfatos con sales potásicas en alta concentración puede superar la solubilidad del sulfato potásico, provocando su precipitación.

Las combinaciones recomendadas de fertilizantes son

Tanque 1 Fertilizantes sin calcio	Tanque 2 Fertilizantes sin fosfatos ni sulfatos
Complejos NPK Nitrato potásico Fosfato monoamónico Fosfato monopotásico Urea Nitrato Amónico Sulfato potásico Acido fosfórico	Nitrato potásico Nitrato de Magnesio Urea Nitrato de calcio Nitrato amónico Acido nítrico

5.- EFECTOS DE LOS FERTILIZANTES EN EL AGUA DE RIEGO

Al disolverse los fertilizantes en el agua las características químicas de ésta se ven alteradas. Estas alteraciones influyen en tres aspectos principalmente:

1º) *Modificación de la temperatura.*

Aunque posteriormente no afecte al almacenamiento de la solución, en el momento de la disolución de los fertilizantes, a causa del proceso físico, se produce una reacción energética por lo general de carácter endotérmico que puede originar un brusco descenso de la temperatura del agua y, como consecuencia de ello, una menor disolución del abono.

Los abonos nitrogenados presentan una reacción de disolución muy endotérmica; en los fosfatados es mayor la del fosfato urea que la del fosfato monoamónico y en los potásicos el nitrato potásico presenta una reacción mucho mayor que la del sulfato potásico. En general, cuanto mayor es la solubilidad de un fertilizante, mayor es su reacción endotérmica.

2º) *Modificación del pH.*

Al ser los abonos sales altamente disociables, su disolución influye en las propiedades químicas y en particular en el pH, con las consecuencias que ello presenta. Al aumentar el pH aumenta el riesgo de precipitaciones del calcio, ya que las variaciones de pH afectan al equilibrio CO_2 -bicarbonato-carbonato. Por el contrario, si el abono baja el pH, no sólo evitará obstrucciones, sino que además puede limpiar la instalación.

En el cuadro nº 2 se presenta una tabla de solubilidad del Ca para distintos valores de pH. Como puede observarse la solubilidad se ve tan afectada que simplemente pasar de un pH 6 a un pH 7 se disminuye 5 veces la solubilidad.

Cuadro nº 2.- Solubilidad del calcio para diferentes valores de pH.

<u>pH</u>	<u>Ca meq/l.</u>	<u>Ca p.p.m.</u>
6	36,8	734,4
6,4	17,6	357,7
6,8	9,3	186,3
7	7	140,2
7,4	4,2	84,1
7,8	2,6	52,1
8,2	2,0	40,0

Lo ideal, realmente, es realizar en la propia finca o en laboratorio, mediante un conductímetro y un pHmetro, lo que sucederá con el agua de riego que se va a utilizar, pudiéndose programar previamente la dosis necesaria para que no haya obstrucciones y la salinidad sea la menor posible.

3º) *Modificación de la conductividad eléctrica (CE).*

La adición de las distintas sales fertilizantes aumenta el contenido salino del agua, y por tanto modifican la CE empeorando su calidad desde el punto de vista del efecto osmótico, pudiendo repercutir incluso negativamente en el cultivo.

La medida del contenido de sales de una solución, por lo general, no se realiza en **gr/l** sino que se recurre a una medida indirecta, la conductividad eléctrica (C.E.), que se expresa en milimho/cm. (mmho/cm) o, actualmente, en deciSiemens/metro (dS/m) siendo ambos equivalentes (1 mmho/cm = 1 dS/m).

Pero existe una relación aproximada entre la conductividad eléctrica y la cantidad de sales del agua de riego, que es la siguiente:

$$1 \text{ mmho/cm} = 1 \text{ dS/m} = 0,64 \text{ gramos/litro (U.S.D.A.)}$$

Por lo tanto el contenido de sales, expresado en gr./l, del agua de riego puede obtenerse, de forma aproximada, multiplicando la medida de la conductividad eléctrica de la misma, expresada en mmho/cm o en dS/m, por 0,64.

$$\text{Contenido sales (gr./l)} = 0,64 \times \text{CE (mmhos/cm o dS/m)}$$

Lo ideal es que la concentración a la que se empleen los abonos no aumente la CE del agua de riego más de 1 mmho/cm., por ello se recomienda fraccionar lo más posible la fertilización. La CE del agua más el abono debería de estar, idealmente, en el entorno de 2-3 mmho/cm como máximo.

6.- PREPARACION DE LAS SOLUCIONES MADRE

Para inyectar el abono en el agua de riego con los equipos de fertirrigación se debe tener previamente una solución fertilizante (abono+agua). Para ello se necesita un depósito o recipiente, normalmente de plástico, resistente a ácidos y provisto de algún tipo de agitador (manual, hidráulico, por aire o eléctrico), donde se prepara la solución fertilizante disolviendo el abono o abonos deseados en una determinada cantidad de agua, obteniendo así lo que se llama **solución madre**.

Para preparar esas soluciones hay que conocer la solubilidad de los fertilizantes que, como se ha visto, depende de:

- temperatura del agua
- pureza del agua
- reacción térmica de disolución

7.- FERTIRRIGACIÓN DE CULTIVOS HORTÍCOLAS.

Las hortalizas no poseen órganos de reserva que les permitan utilizar en el siguiente ciclo productivo los elementos nutritivos almacenados para tal fin. Por tanto el crecimiento y desarrollo estará a expensas de lo que pueda asimilar el sistema radicular durante el ciclo productivo.

En el cuadro siguiente se dan recomendaciones sobre dosis para algunas hortalizas .

Cuadro 3.- Dosis (kg/ha) recomendadas para fertirrigación de hortalizas.

Cultivo	Nitrógeno	P₂O₅	K₂O	MgO
Melón – sandía	140	60	250	30
Pepino	170	90	350	50
Tomate	170	80	300	40
Chile	230	90	400	50
Coliflor	220	100	275	45
Brócoli	300	100	400	60
Lechuga	130	50	170	25

Para planear la fertirrigación de los cultivos hortícolas es necesario conocer además de las necesidades totales de elementos (cuadro 3) el ritmo de absorción periódico de los diferentes elementos.

Si se conoce el ritmo de absorción de nutrientes se pueden determinar tanto las cantidades a aportar como los equilibrios entre los diferentes elementos, ya que la aplicación localizada y continua de fertilizantes disueltos en el agua, aplicados en limitadas zonas mojadas, puede producir interacciones entre nutrientes si las aplicaciones no son equilibradas.

8.- PROCESO DE LOS CÁLCULOS EN FERTIRRIGACIÓN

El proceso para realizar los cálculos correspondientes para la fertirrigación de un cultivo se sintetiza en el ejemplo siguiente

Ejemplo: Desarrollar un plan de fertilización para el cultivo de tomate bajo riego por goteo, que se desea fertilizar 3 veces por semana.

Se trata de una plantación de 1 ha de tomate de la variedad Lenor, sembrada a 1.20 entre hileras y 0.4 m entre plantas; la recomendación de fertilización según análisis de suelo es la siguiente: N: 100 kg/ha, P: 80 kg/ha, K: 120 kg/ha

El ciclo fenológico del tomate se divide en 120 días y de acuerdo a los niveles de extracción de nutrientes, se distribuye su aplicación en forma porcentual, como se indica en la siguiente tabla:

	Inicio 2 semanas	Crecimiento 7 sem	Producción 7 semanas	Mantenimiento 4 semanas
N	17	35	45	3
P ₂ O ₅	26	35	27	12
K ₂ O	17	27	50	6

Los fertilizantes que se van a utilizar son:

- Nitrato de amonio (33.5-0-0)
- Fosfato monoamónico (12-60-0)
- Nitrato de potasio (13-0-46)

Con esta información, se procede a calcular la cantidad de nutriente para cada etapa fenológica, empezando por aquel fertilizante más limitante.

Etapa fenológica	Nitrato amonio	MAP	Nitrato de potasio	Volumen en lt
Inicio 2 sem.	2.4	5.8	7.4	53
Crec. 7 sem	2.8	2.2	3.4	24
Prod. 7 sem	3.3	1.7	6.2	32
Manten. 4 sem	0.2	1.3	1.3	10

Teniendo en cuenta lo expresado en el tema, la fertirrigación debe de plantearse como una técnica que contemple diversos aspectos:

- Adecuación de las aportaciones a las extracciones que realiza el sistema radicular de la planta.
- Fraccionamiento máximo posible en función de las necesidades y de la tolerancia a la salinidad del cultivo.
- Adecuación de la composición del abono a las características del suelo, a la época climatológica y a las características del agua de riego.

De esta forma la eficiencia del abonado puede ser máxima, al tiempo que la alimentación de la planta será óptima, cosa que indudablemente se reflejará en una adecuada respuesta productiva.

9. RESULTADOS OBTENIDOS

- **Cebolla:** se efectuó un trabajo de investigación en cebolla con gorteo que consistió en la comparación de dos sistemas de fertilización : convencional y con fertirrigación, en un área de 1000 m²

En ambos tratamientos la dosis fue la siguiente: N: 100 kg/ha, P: 50 kg/ha, K: 120 kg/ha usando las siguientes fuentes sólidas: nitrato de amonio (33.5% N), sulfato de potasio (50% K₂O, 18%S) y superfosfato concentrado (46% P₂O₅).

El fósforo en ambos tratamientos se aplicó al trasplante, pero el N y K se aplicó por medio de un inyector Venturi cada semana hasta los 90 días y en la fertilización convencional se utilizó la fórmula 12-24-12 al trasplante, a los 15 días la fórmula 18-5-15-6-2, luego la 15-15-15 y al final se utilizó nutrán.

El rendimiento obtenido en el tratamiento con fertirrigación fue de 11.3 kg ± 1.96 kg en la parcela útil de 1 m² y en el Tratamiento convencional fue de 7.0 kg ± 1.18 kg.

- **Tomate:** se efectuó una evaluación de dos tratamientos de fertirrigación en tomate de la variedad Mountain Fresh en Santa Ana, en un área de 1500 m² en la que se variaba la distribución porcentual de N,P,K en las siguientes dosis: N: 200kg/ha, P: 200 kg/ha y K: 150/ha.

La distribución pocentual fue la siguiente:

Tratamiento 1	Inicio 2 semanas	Crecimiento 9 sem	Desarrollo y Producción 9 semanas
N	9	50	41
P ₂ O ₅	11	42	47
K ₂ O	27	27	46

Tratamiento 2	Inicio 2 semanas	Crecimiento 7 sem	Producción 7 semanas	Mantenimiento 2 semanas
N	17	35	45	3
P ₂ O ₅	26	35	27	12
K ₂ O	17	27	50	6

Los resultados obtenidos fueron realmente extraordinarios, siendo mejor el tratamiento 2, en el que se obtuvo un rendimiento de 150 t/ha y en el tratamiento 1 fue de 125 t/ha, con producto de 1º calidad en un 90 %.

LITERATURA CITADA

1. CADAHIA LOPEZ C. (coord.). 1998. **Fertirrigación Cultivos hortícolas y ornamentales**. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
2. MADRID VICENTE R. (ed. científico). 1991. **El agua y los fertilizantes Fertirrigación localizada**. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Región de Murcia. Serie Congresos nº 3.
3. RODRIGO LÓPEZ J., HERNÁNDEZ ABREU J.M., PÉREZ REGALADO A. 1992. **Riego localizado**. Ed. M.A.P.A. - Mundi-Prensa.