

VI

Fertirrigación



Características de la fertirrigación

Como ya es sabido, los fertilizantes son sustancias o mezclas de éstas, que se aplican al suelo para reponer las pérdidas de los elementos de interés para el crecimiento de las plantas, éstas pérdidas se dan principalmente por procesos de lixiviación y percolación profunda. El fertirriego es aquella práctica en la se inyectan los fertilizantes a la red de agua y se aplica a los suelos mediante el riego.

Algunas de las ventajas que obtenemos con la fertirrigación es el aumento en la eficiencia de aplicación, ya que este método es principalmente utilizado en riegos localizados, así el fertilizante queda dentro del bulbo de humedecimiento, justo en el espacio donde se desarrolla las raíces; además se ahorra la energía y el dinero que se invertiría en la aplicación de los fertilizantes por métodos manuales y ó mecanizados.

Equipo de fertirrigación

El equipo de fertirriego se ubica normalmente en la cabezal de riego y está constituido principalmente por una unidad de inyección, la cual es una bomba que inyecta una caudal de fertilización a la red de riego tal como se muestra en la siguiente figura:

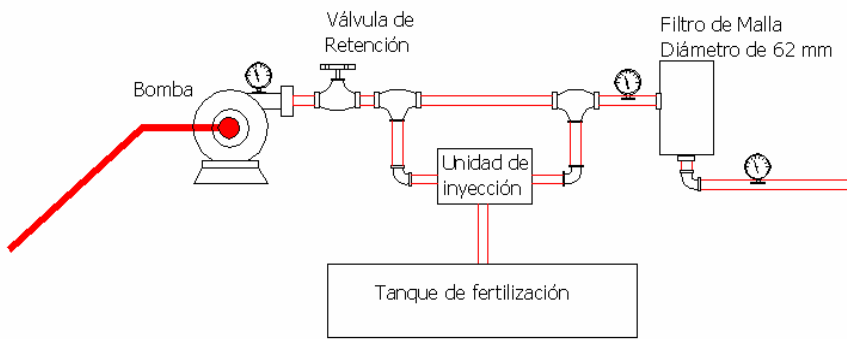


Figura 6.1 Esquema de cabezal de riego

Existen diferentes tipos de unidades de inyección como la tipo venturi, las hidráulicas entre muchas otras, lo importante siempre es conocer el equipo que se posee y así conocer sus capacidades.

Sobre nutrición vegetal y fertilizantes

A nivel teórico se han establecido dieciséis elementos químicos importantes para el desarrollo de la mayoría de las plantas, agrupados en los siguientes grupos:

Del aire:

Son los elementos que las plantas obtiene del agua y el aire, ha saber: carbono, hidrógeno y oxígeno

Elementos primarios:

Son los elementos que la planta toma del suelo en mayor porcentaje, por lo tanto, los esfuerzos para elevar la fertilidad de un suelo se centran en la aplicación de estos elementos: Nitrógenos, Fósforo y Potasio (conocidos como NPK)

Elementos secundarios

Tienen la particularidad de mantener la capacidad de cambio catiónico de un suelo, reducir la toxicidad por sodio, en nuestro país con la característica de suelos ácidos son utilizados como enmiendas neutralizadoras de pH. Calcio, Magnesio y Azufre **Ca Mg S**

Micro-nutrientes

Acá tenemos: al hierro, manganeso, cobre, cinc, boro, molibdeno, cloro. No hay evidencia definitiva del éxito mediante la aplicación de estos nutrientes mediante el riego, por lo que generalmente se aplican mediante vía foliar (Peña y Montiel citado por Villalobos, 2000)

Estimación de consumo nutrientes

Para determinar la cantidad de nutriente que requiere una planta, normalmente se debe recurrir a las curvas de extracción del elemento que tiene un cultivo, a lo largo de su ciclo fenológico; posteriormente se realiza el análisis químico de suelo, de ahí, mediante el balance de lo que requiere la planta y lo que hay en el suelo se toma la decisión de cuanto aplicar, mediante formulados fertilizantes.

Existen extensos trabajos de investigación agronómica para determinar las curvas de demanda de elementos por cultivo, los cuales se presentan normalmente en tablas donde se indica la recomendación de fertilización en kilogramos por hectárea. El cuadro siguiente se muestra como ejemplo los requerimientos de NPK para lechuga, si el lector se interesa por el tema, se recomienda el libro Manual de Fertilización para Cultivos de alto Rendimiento,

publicado por la Asociación Californiana de Salud Vegetal, entre muchos otros.

Cuadro 6.1 Recomendación de fertilización para lechuga

Tiempo de aplicación	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Transplante a 15 días	22	45	25
16 a 45 días	72	36	222
Total	94	81	244

Características de los fertilizantes

La principal característica de los fertilizantes a utilizar en fertirrigación es que sean solubles en agua, otra es que si se mezclan los fertilizantes estos deben ser compatibles entre sí y entre los iones del agua, para que de este forma no se den precipitados que obstruyan ni la red ni los emisores. Si las aguas tienen alto contenido de calcio, más de 100 ppm, se pueden presentar precipitados en presencia de fertilizantes fosfatados; por lo que en forma general se deben realizar pruebas, a pequeña escala de compatibilidad entre fertilizantes y ó el agua, para así proteger el sistema de riego, de igual forma se debe considerar si existen efectos de antagonismo, sinergismo y bloqueo entre los componentes (Villalobos, 2000).

El antagonismo produce la supresión de un elemento por la acción de un primero. El sinergismo produce que un elemento aumento la asimilación de otro por la planta. El Bloqueo es la disminución de asimilación de un elemento por el efecto de otro primero.

Otra característica es que en fertirrigación los abonos se clasifican como líquidos y sólidos. A continuación se presentan una serie de

cuadros que muestran las principales características de algunos fertilizantes.

Cuadro 6.2 Características de algunas formulaciones

Producto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Otro	Solubili. gr/cm ³	P.Espec gr/cm ³
Líquidos						
Ácido nítrico	13					1.4
N-20	20					1.3
N-32	32					1.33
Polifosfato amónico	10	34				1.3
Ácido fosfórico		52				1.63
Granular						
Urea	46				1	
Nitrato potásico	13		44		0.257	
Nitrato cálcico	15.5			21ca	1.13	
Sulfato amónico	21			24S	0.742	
Fosfato monoamónico	11	48			0.227	
Fosfato diamónico	18	46			0.413	
Nitrato amónico	33.5				1.63	
Fosfato monopotásico		51	34		0.148	
Sulfato potásico			50	18S	0.102	
Cloruro potásico			60		0.326	
Nitrato magnésico	11			9Mg	0.10	

Fuente: Villalobos (2000) y Pizarro (1900)

Cuadro 6.3 Reacción de elementos al interactuar

Ión	Interacción	Resultado
Nitrógeno	Fósforo Potasio molibdeno	Sinergia Sinergia Sinergia
Fósforo	Nitrógeno Calcio Manganeso Zinc	Sinergia Bloqueo Bloqueo Bloqueo
potasio	Nitrógeno Calcio Magnesio Hierro Sodio	Sinergia Antagonismo Antagonismo Sinergia-bloqueo Antagonismo
Calcio	Fósforo Potasio Magnesio Hierro Sodio Boro Manganeso Cobre Zinc	Bloqueo Antagonismo Antagonismo Antagonismo Antagonismo Bloqueo Bloqueo Bloqueo Bloqueo
Magnesio	Fosforo Potasio Calcio Sodio	Bloqueo Antagonismo Antagonismo Antagonismo
Azufre	Cloro	Antagonismo

Diseño de fertirriego

Dosis de fertilizantes

Para el cálculo de dosis de fertilizantes en fertirriego, debemos de partir del diseño agronómico propio del sistema de riego (frecuencia, tiempo de riego, área de la parcela regada) y de las demanda de nutrientes que tengan el cultivo (nutriente en Kg/ha); con esta información determinamos la cantidad de nutrimento que se requiere por cada riego. Luego tomamos el elemento más demandante y lo reponemos mediante un fertilizante que contenga principalmente este elemento, así calculamos la cantidad de este fertilizante, si este aporta otro elemento recalculamos, con este aporte, cuanto queda pendiente para utilizar en otra formulación. Así procedemos hasta llenar todo los requerimientos nutricionales de la planta. En la siguiente figura se muestra, esquemáticamente, como se realiza el cálculo de dosis de fertilizante:

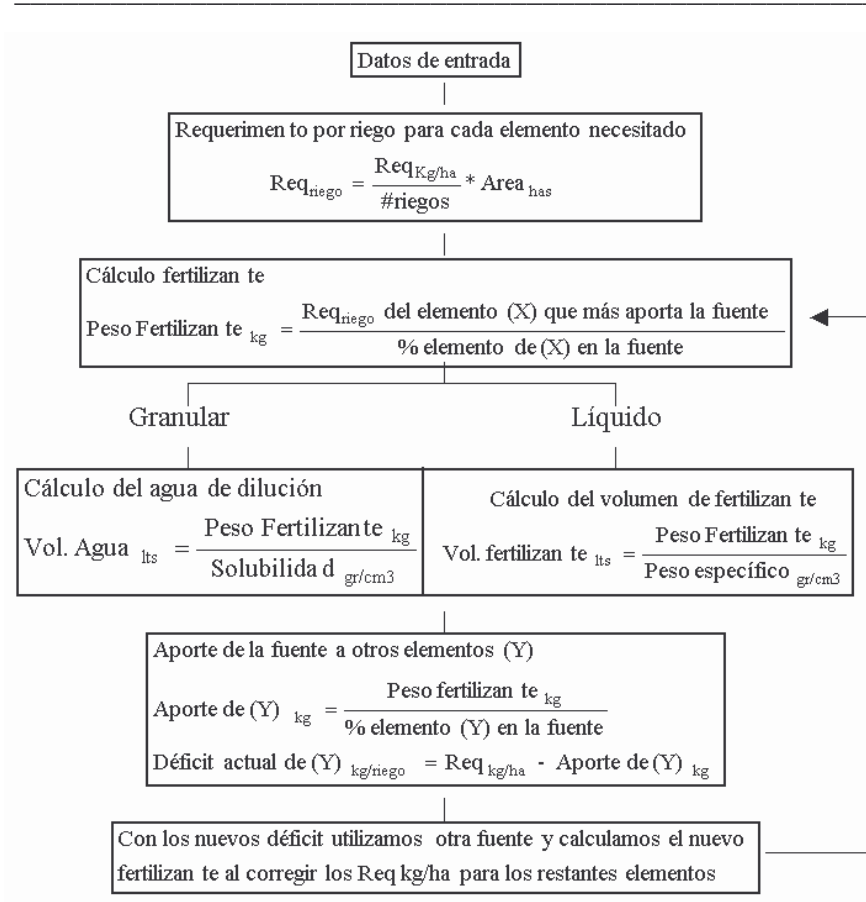


Figura 6.2 Esquema de cálculos en fertirrigación

Cálculo del volumen del tanque

Una vez calculado las dosis de fertilizante a mezclar calculamos el volumen mínimo del tanque, utilizando la siguiente fórmula

$$\text{Vol}_{\text{tanque}} = \text{Agua req}_{\text{Fertili. 1}} + \text{Agua req}_{\text{Fertili. 2}} + \dots + \text{Agua req}_{\text{Fertili. n}}$$

Nota: La anterior ecuación es para abonos sólidos, si el fertilizante es líquido se trabaja con el volumen de fertilizante.

Calculo del tiempo de fertilización

Existen dos métodos para estimar el tiempo de fertilización; uno consiste en el principio de finalizar con la labor cuando haya circulado cuatro veces el volumen del tanque, se trabaja con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{4 * \text{vol}_{\text{tanque}}}{\text{Caudal}_{\text{inyectado}}}$$

otro método consiste en utilizar la ecuación diferencial para la concentración final de fertilizante en un tanque en un tiempo determinado:

$$T = - \left(\frac{\text{Ln} (CF) * \text{Vol}_{\text{tanque}}}{\text{Caudal}_{\text{inyectado}}} \right)$$

donde la concentración final para una adecuada fertilización puede ser del 1.5%

Muy importante: el *tiempo de fertilización debe ser menor al tiempo de riego*, de tal forma que cuando operemos el sistema primero tengamos tiempo para limpiar la red, luego aplicar el fertirriego y posteriormente realizar la limpieza final todo dentro del tiempo de riego.

Ejemplo sobre fertirrigación

Se tiene una unidad una hectárea sembrada con lechuga, se desea ferti-irrigar; por lo que se posee la siguiente información:

Área: 1 ha

Frecuencia de riego: 5 días

Tiempo de riego: 6 hrs

Bomba de inyección de químico de 500 lts/hr

Cuadro 6.4 Requerimiento de lechuga por fases

Fase	Nº días	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
I	15	22	45	25
II	30	72	36	222

Desarrollo:

Primero calculamos la *primer fase*

Cálculo del número de riegos

$$\frac{\text{Nº días I fase}}{\text{frecuencia}} = \frac{15}{5} \Rightarrow 3 \text{ días se fertilizan}$$

Introducimos los datos para la primer fase

Fertilización

Area de riego has Número de riegos

Requerimientos de elementos en Kg/ha

Nitrogeno	Fósforo	Potasio	Otro
22	45	22	

Figura 6.3

Observe que el elemento más demandante es el fósforo por lo iniciamos calculando con **ácido fosfórico** como fuente como se observa en la siguiente figura

Indicar las características de la fuente ☐ Granular ☒ Líquido

Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Otro %	Peso Esp. gr/cm3	litros de fertilizante
0	52	0		1.63	17.697

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro	Fertilizante lts
Requerimos nutrientes kg/riego	7.333	15.0	8.333	0.0	
Aportamos con la fuente kg/riego	0.0	15.0	0.0	0.0	17.697
Déficit elementos kg/riego	7.333	0.0	8.333	0.0	
Déficit elementos kg/has	22.0	0.0	25.0	0.0	

Figura 6.4

Con el nuevo déficit de elementos los ingresamos en los requerimientos de elementos en kg/ha

Requerimientos de elementos en Kg/ha

Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro
22	0	25	

Figura 6.5

Observe que ahora necesitamos satisfacer la demanda de potasio por lo que utilizamos **nitrate potásico** y calculamos

Indicar las características de la fuente ☒ Granular ☐ Líquido

Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Otro %	Solubilidad gr/cm3	Kg de fertilizante
13	00	44		0.257	18.939

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro	Agua lts
Requerimos nutrientes kg/riego	7.333	0.0	8.333	0.0	
Aportamos con la fuente kg/riego	2.462	0.0	8.333	0.0	73.694
Déficit elementos kg/riego	4.871	0.0	0.0	0.0	
Déficit elementos kg/has	14.614	0.0	0.0	0.0	

Figura 6.6

Con el nuevo déficit de elementos los ingresamos en los requerimientos de elementos en kg/ha

Requerimientos de elementos en Kg/ha				
Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro	
14.614	0	0	0	

figura 6.7

Aplicamos urea, fertilizante nitrogenado para atender la necesidad de nitrógeno

Indicar las características de la fuente ☒ Granular ☐ Líquido

Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Otro %	Solubilidad gr/cm3	Kg de fertilizante
46	00	0		1	10.59

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro	Agua lts
Requerimos nutrimentos kg/riego	4.871	0.0	0.0	0.0	
Aportamos con la fuente kg/riego	4.871	0.0	0.0	0.0	10.59
Déficit elementos kg/riego	0.0	0.0	0.0	0.0	
Déficit elementos kg/has	0.0	0.0	0.0	0.0	

Figura 6.8

Resumen de la primer fase

Ácido fosfórico	Urea	Nitrato potásico	Vol. tanque
17.7 lts	10.6 kg	19.9 kg	
---	10.6 lts agua	73.7 lts agua	102.0 lts

Cálculo del tiempo de inyección primera fase

Caudales y tiempos de inyección

Volumen del recipiente lts

Concentración final %

¿Calcular...? ☒ Tiempo ☐ Caudal

Caudal de inyección lts/hr

Tiempo de inyección hrs

figura 6.9

Calculamos ahora la *segunda fase*

Cálculo del número de riegos

$$\frac{\text{Nº días II fase}}{\text{frecuencia}} = \frac{30}{5} \Rightarrow 6 \text{ días se fertilizan}$$

Introducimos los datos para la segunda fase

Fertilización

Area de riego: 1 has Número de riegos: 6

Requerimientos de elementos en Kg/ha

Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro
72	36	222	

Calcular

Figura 6.10

Observe que el elemento más demandante es el potasio por lo iniciamos calculando con **nitrate de potasio** como fuente como se observa en la siguiente figura

Indicar las características de la fuente ☒ Granular ☐ Líquido

Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Otro %	Solubilidad gr/cm3	Kg de fertilizante
13	00	44		0.257	84.091

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro	Agua lts
Requerimos nutrientes kg/riego	12.0	6.0	37.0	0.0	
Aportamos con la fuente kg/riego	10.932	0.0	37.0	0.0	327.202
Déficit elementos kg/riego	1.068	6.0	0.0	0.0	
Déficit elementos kg/has	6.409	36.0	0.0	0.0	

Figura 6.11

Con el nuevo déficit de elementos los ingresamos en los requerimientos de elementos en kg/ha

Requerimientos de elementos en Kg/ha			
Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro
6.409	36	0	0

Figura 6.12

Observe que ahora necesitamos satisfacer la demanda fósforo por lo que utilizamos **ácido fosfórico** y calculamos

Indicar las características de la fuente ☐ Granular ☒ Líquido

Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Otro %	Peso Esp. gr/cm3	litros de fertilizante
0	52	0	0	1.63	7.079

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro	Fertilizante lts
Requerimos nutrientes kg/riego	1.068	6.0	0.0	0.0	
Aportamos con la fuente kg/riego	0.0	6.0	0.0	0.0	7.079
Déficit elementos kg/riego	1.068	0.0	0.0	0.0	
Déficit elementos kg/has	6.409	0.0	0.0	0.0	

Figura 6.13

Aplicamos urea, para cerrar necesidad de nitrógeno

Requerimientos de elementos en Kg/ha

Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro
6.409	0	0	0

Calcular

Indicar las características de la fuente ☒ Granular ☐ Líquido

Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Otro %	Solubilidad gr/cm3	Kg de fertilizante
46	0	0	0	1	2.322

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Otro	Agua lts
Requerimos nutrientes kg/riego	1.068	0.0	0.0	0.0	
Aportamos con la fuente kg/riego	1.068	0.0	0.0	0.0	2.322
Déficit elementos kg/riego	0.0	0.0	0.0	0.0	
Déficit elementos kg/has	0.0	0.0	0.0	0.0	

Figura 6.14

Resumen de la *segunda fase*

Ácido fosfórico	Urea	Nitrato potásico	Vol. tanque
7.1 lts	2.3 kg	84.1 kg	
---	2.3 lts agua	327.2 lts agua	336.6 lts

Debido a que la fase II se requiere un taque de mayor volumen que en la fase I se entiende que el volumen del tanque no debe ser menor a 336.6 lts

Cálculo del tiempo de inyección segunda fase

Caudales y tiempos de inyección

Volumen del recipiente: 336.6 lts

Concentración final: 1.5 %

¿Calcular...?
☒ Tiempo ☐ Caudal

Caudal de inyección: 500 lts/hr

Calcular

Tiempo de inyección: 2.8272 hrs

Figura 6.15

Observe que el tiempo de inyección (fertilización) es menor que el de riego, todo correcto.