



# CURSO SOBRE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO



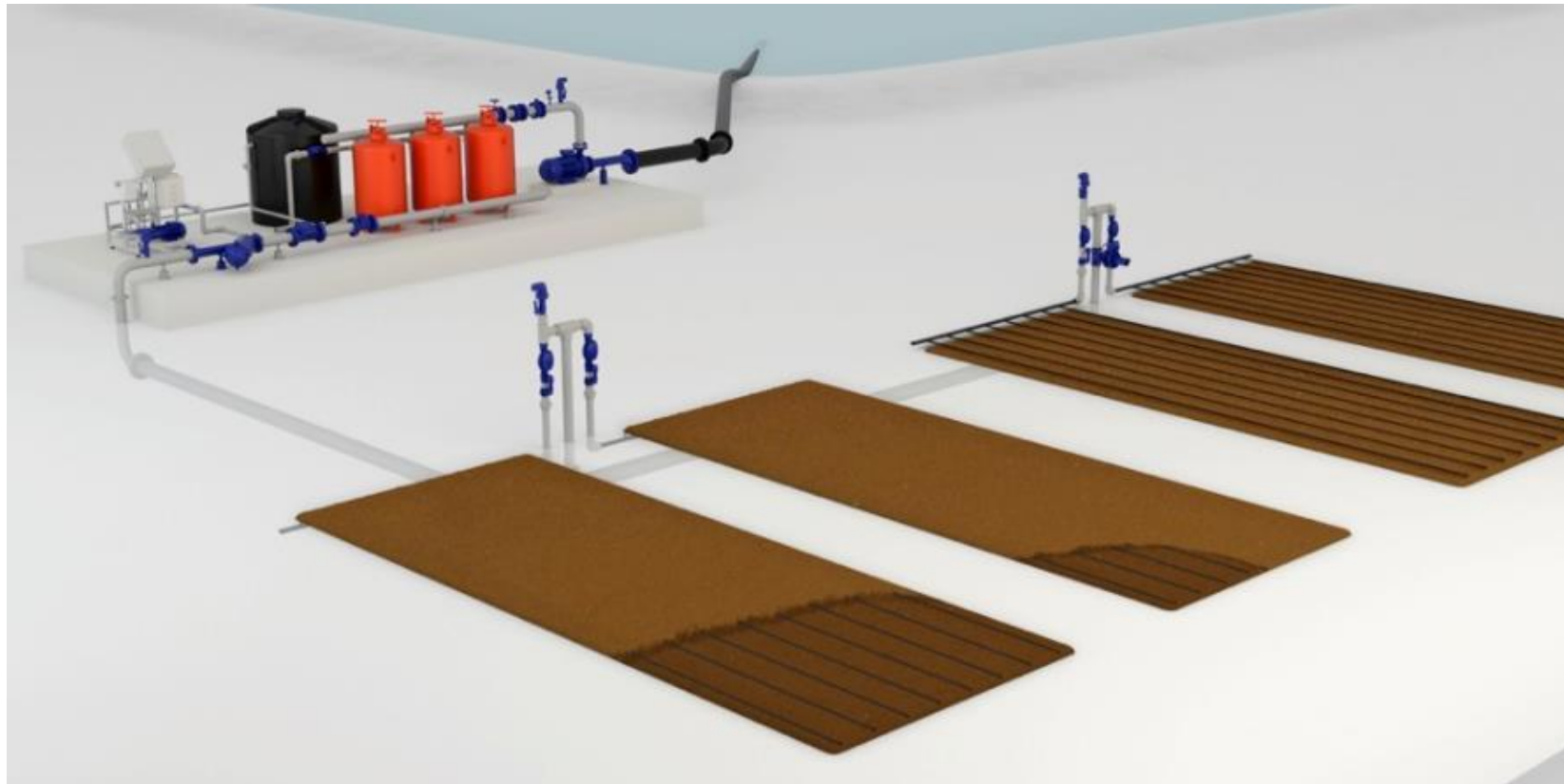
**Selección y diseño de equipos de inyección  
de fertilizantes**

*Ing. Agr. Boaz Guy*



# Fertirriego

- La fertilización a través del sistema de riego



## Tipos de fertilización

Fertilización cuantitativa	Fertilización proporcional
<p>Se aplican los kg de cada nutriente de acuerdo al cultivo, a la etapa fenológica y a la superficie, sin importar el volumen de agua en el cual se aplican, mientras la Conductividad Eléctrica no suba demasiado.</p>	<p>Se aplica el fertilizante para lograr una concentración requerida de cada nutriente en el agua.</p>
<p>kg/ha/día, semana, etapa</p>	<p>ppm (gramos/m<sup>3</sup>), mmol/litro, meq/litro</p>





# ¿ Equipos para cada tipo de fertilización ?

Fertilización proporcional

Fertilización cuantitativa

Multi canal automático

1 canal

Multi canal



# La fertilización cuantitativa se basa en las curvas de absorción de nutrientes por el cultivo.

Las curvas de absorción son hasta la fecha el instrumento que brinda los datos más cercanos a lo que en realidad consume un cultivo durante todo su ciclo de vida; por lo tanto sirven para saber la cantidad mínima requerida por un cultivo que persigue determinado rendimiento. La obtención de estas curvas de absorción de nutrientes se construyen con base en el asocio entre el peso seco de los tejidos de la planta con las concentraciones de nutrientes presentes en esos tejidos (Bertsch 2003).

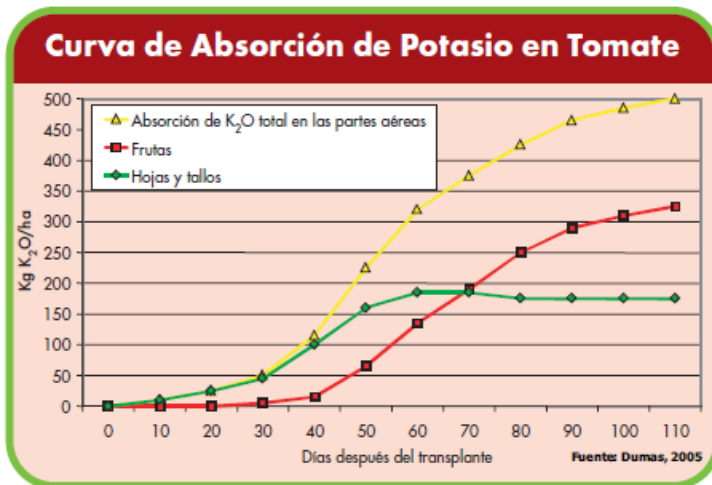


Figura 38. Absorción de K<sub>2</sub>O en frutas, hojas y tallos, y la absorción de K<sub>2</sub>O total en las partes aéreas con un rendimiento de 90 ton/ha de tomate al aire libre.

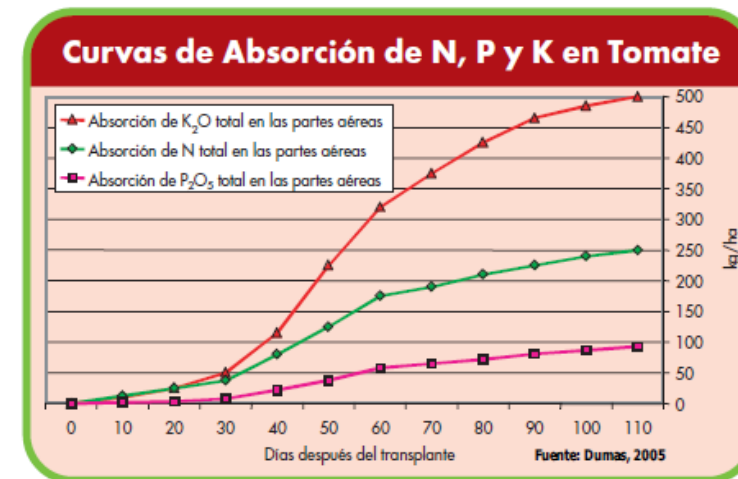


Figura 39. Absorción total de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en las partes aéreas con un rendimiento de 90 ton/ha de tomate al aire libre.



# ¿Cómo se elabora la curva de extracción?

Al final de cada periodo (etapa, 10 días, etc.) se eligen 2-3 plantas con un desarrollo óptimo.

1. Las plantas se seccionan en tres partes: raíz, parte aérea (tallos, hojas y flores) y fruto.
2. Las plantas se secan en una estufa a 70 °C por 72 horas para determinar el peso seco .
3. Se calcula el peso seco (PS) acumulado (kg/ha), multiplicando el PS de una planta por la densidad de plantas/ha.
4. La materia seca se manda a un laboratorio donde se analiza la concentración porcentual de cada nutriente (NUT %).
5. Se calculan los kg del nutriente por hectárea. ( fórmula abajo)
6. Para calcular el consumo por etapa/periodo solo se resta el resultado de la etapa anterior.

$$\text{kg NUT por tejido ha}^{-1} = \text{PS (kg ha}^{-1}) \text{ del tejido} \times \frac{[\text{NUT \%}]}{100} \quad (1)$$

## OBTENCIÓN DE LA CURVA DE EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DEL HÍBRIDO DE TOMATE FB-17

Obtaining of the Absorption Curve for the FB-17 Tomato Hybrid

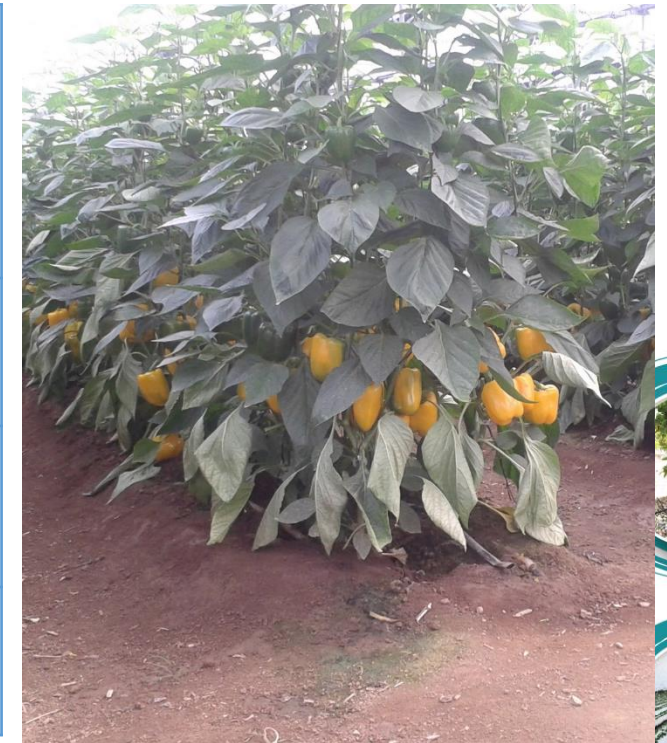
Gustavo Quesada-Roldán<sup>1\*</sup> y Floria Bertsch-Hernández<sup>2</sup>





## Ejemplo : Plan de fertilización para pimiento en suelo

Etapa		Nitrógeno N	Fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Potasio K <sub>2</sub> O	Calcio Ca	Magnesio Mg
Plantación a floración	kg/ha/día	0.7-1.0	0.7-1.0	1.0-1.6	0.7-1.0	0.35
Llenado de frutos	kg/ha/día	2.0-3.0	1.2-1.8	3.2-4.8	2.0-3.0	0.7-1.0
Cosecha	kg/ha/día	3.0-4.0	1.8-2.4	4.8-6.4	3.0-4.0	1.0-1.3



# Aplicación de fertilización cuantitativa manual

Un solo canal- FertiOne



Multicanal- Fertikit manual





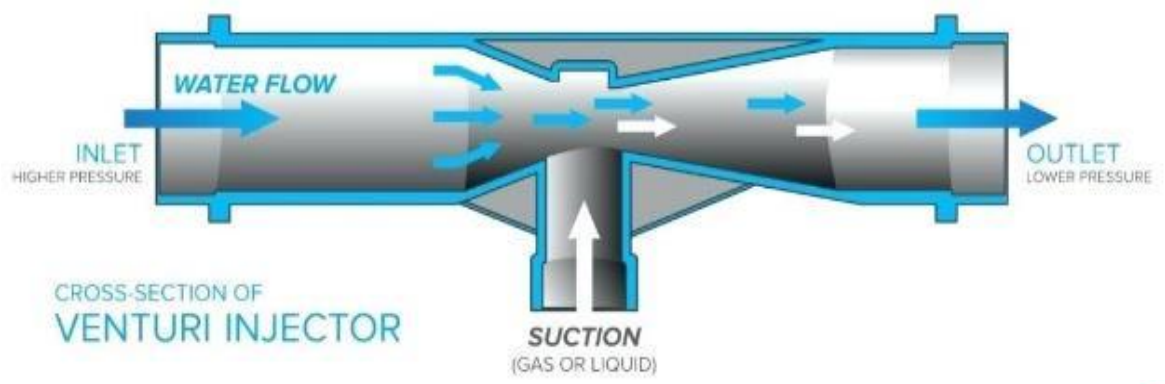
# Un solo canal



Alta presión  
Baja velocidad

Baja presión  
Alta velocidad

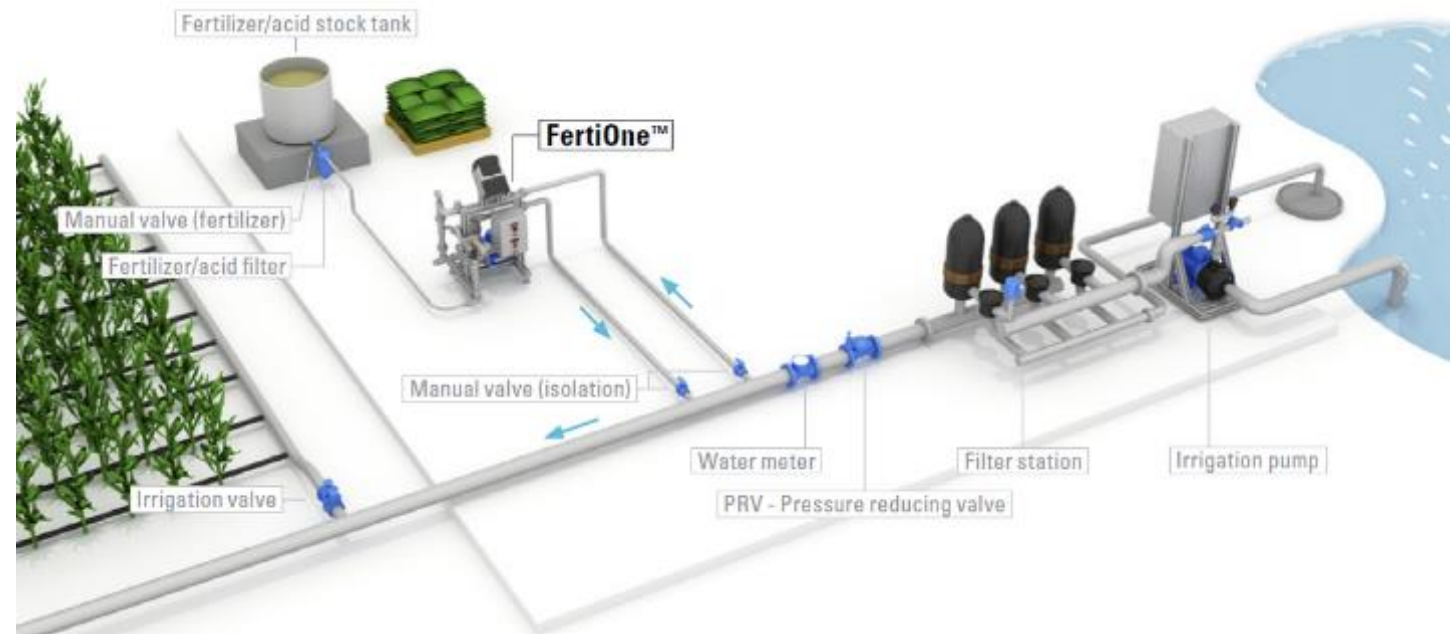
Alta presión  
Baja velocidad





## Venturi

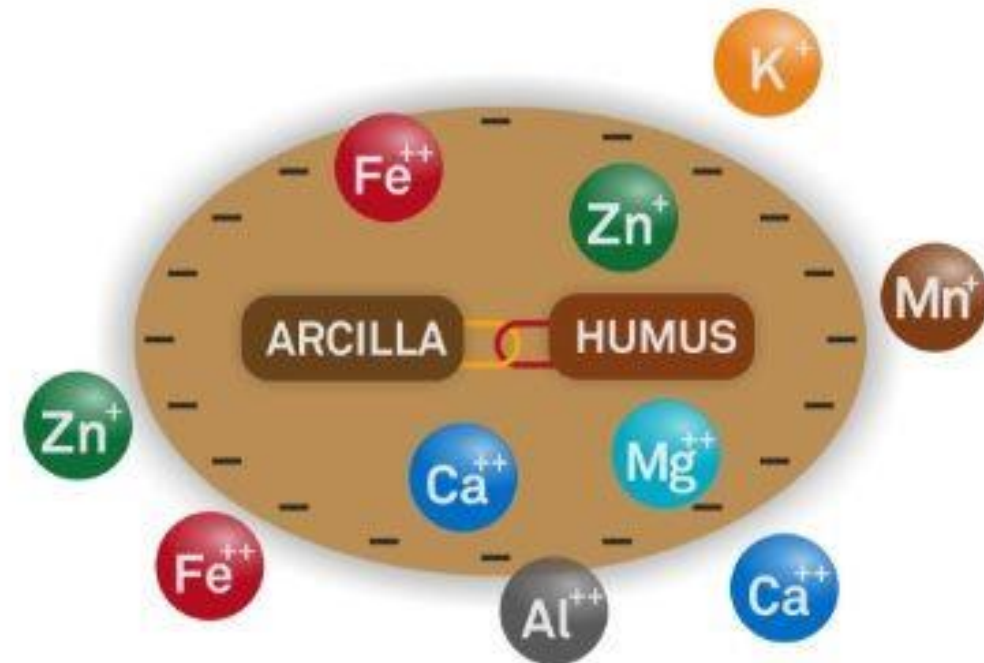
### “FertiOne” - Netafim



# ¿De qué depende la eficiencia de la aplicación cuantitativa por un solo canal?

## Capacidad de intercambio iónico de un coloide de suelo

- ✓ Las cargas eléctricas pueden ser positivas y negativas y en correspondencia con ellas se produce respectivamente la capacidad de intercambio aniónica y catiónica.
- ✓ La capacidad catiónica domina en los suelos, ya que las arcillas y el humus (los coloides más difundidos en los suelos) presentan cargas negativas; sin embargo, los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio que se forman en los suelos ácidos de regiones tropicales, tienen cargas positivas, por consiguiente, desarrollan la capacidad de intercambio aniónico.



Fuente: Coloides orgánico-minerales del suelo y su importancia

Valentín Vásquez





# Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)

La Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos (expresada en meq/100 gramos de suelo) es la capacidad de los suelos para retener cationes a través de sus cargas negativas, en la superficie de sus partículas, ya sean arcillas o materia orgánica.

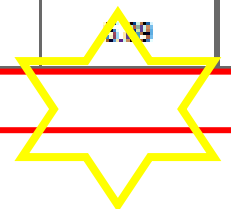
Material	CEC (meq/100g)
<b>Arcillas</b>	
Caolinita	3-15
Illita	15-40
Montmorillonita	80-100
<b>Materia orgánica</b>	200-400
<b>Textura del suelo</b>	
Arena	1-5
Arenoso franco a franco arenoso	5-10
Franco	5-15
Franco Arcilloso	15-30
Arcilloso	>30

Parámetros Físicos	Resultado		
pH 1:1 (H <sub>2</sub> O)	8.34		
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	0.81		
Materia Orgánica (%)	0.87		
Textura	Franca		
Arcilla (%)	17.00		
Arena (%)	37.00		
Limo (%)	46.00		
Aniones (-)	ppm		
Nitrogeno Nitrato N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Brusina)	16.80		
Fosforo de Fosfatos P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (Olsen)	3.60		
Azufre de Sulfatos S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Turbidimétrico)	40.00		
Cationes (+)	ppm	Meq/100 gr.	% Base Saturada
Sodio Na <sup>+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	190.00	0.83	3.33
Potasio K <sup>+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	630.00	1.61	6.50
Calcio Ca <sup>2+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	3,900.00	19.50	78.62
Magnesio Mg <sup>2+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	360.00	2.87	11.56

Cual suelo tendrá mayor C.I.C?



Parámetros Físicos	Resultado		
pH 1:1 (H <sub>2</sub> O)	7.99		
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	1.53		
Materia Orgánica (%)	2.28		
Textura	Franco - Arcillosa		
Arcilla (%)	39.00		
Arena (%)	25.00		
Limo (%)	36.00		
Aniones (-)	ppm		
Nitrogeno Nitrato N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Brusina)	40.80		
Fosforo de Fosfatos P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (Olsen)	84.00		
Azufre de Sulfatos S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Turbidimétrico)	3.33		
Cationes (+)	ppm	Meq/100 gr.	% Base Saturada
Sodio Na <sup>+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	520.00	2.26	6.02
Potasio K <sup>+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	1,200.00	3.07	8.17
Calcio Ca <sup>2+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	5,270.00	26.35	70.13
Magnesio Mg <sup>2+</sup> (Ac.NH <sub>4</sub> pH 7.0)	740.00	3.09	15.68

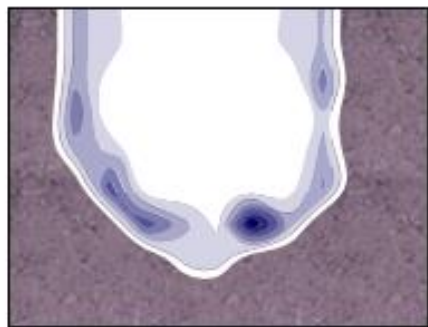


# Desventaja de usar un solo canal en suelos ligeros

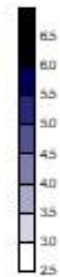
Suelos ligeros tienen 2 características importantes :

- ✓ Baja capacidad de intercambio catiónico, no retienen bien a los cationes y cuando se aplica el segundo fertilizante se lava el que se aplicó primero.
- ✓ Poros grandes hacen que el agua drene rápido hacia la profundidad llevando aniones (-) como el  $\text{NO}_3^-$ .

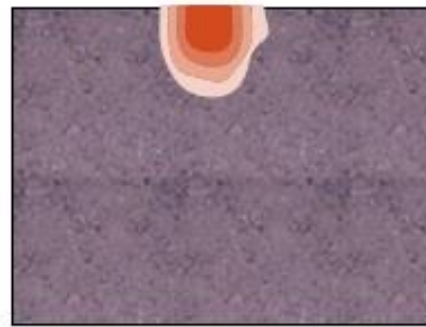
Distribución de nitratos



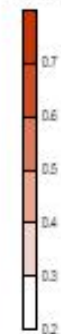
mg/100 g soil



Distribución de amonio



mg/100 g soil



Los nitratos tienen alta movilidad debido a su carga eléctrica negativa.

Se debe evitar lixiviar nitratos fuera del perfil de suelo.

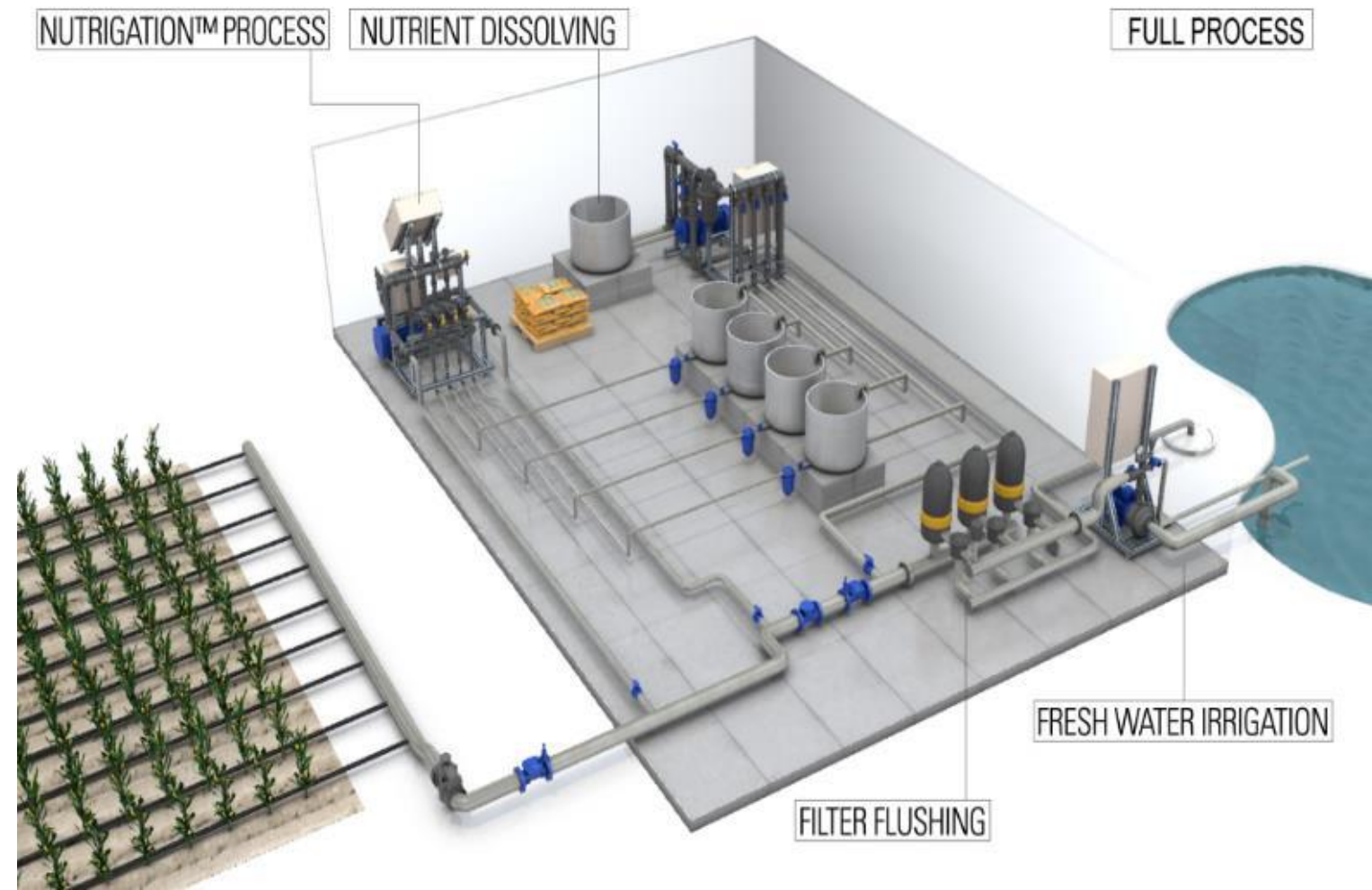
El amonio es fuertemente retenido por las arcillas y materia orgánica debido a su carga eléctrica positiva

Fuente:SQM



Para mayor eficiencia en la aplicación del fertilizante es mejor usar :

## Aplicación por multi-canal



# Aplicación manual por multi-canal





# Aplicación cuantitativa manual por multicanal

- ✓ Se ajusta la inyección del venturi con la válvula del rotámetro para inyectar más rápido o más despacio.
  - ✓ Ej. Si se quiere aplicar 400 litros en 2 horas, es igual a inyectar 200 litros en 1 hora.
- Se ajusta el venturi con la válvula para que el flotador suba a 200 litros por hora.
- ✓ El flotador siempre se queda arriba y la inyección es continua.

Válvula de ajuste del canal de inyección

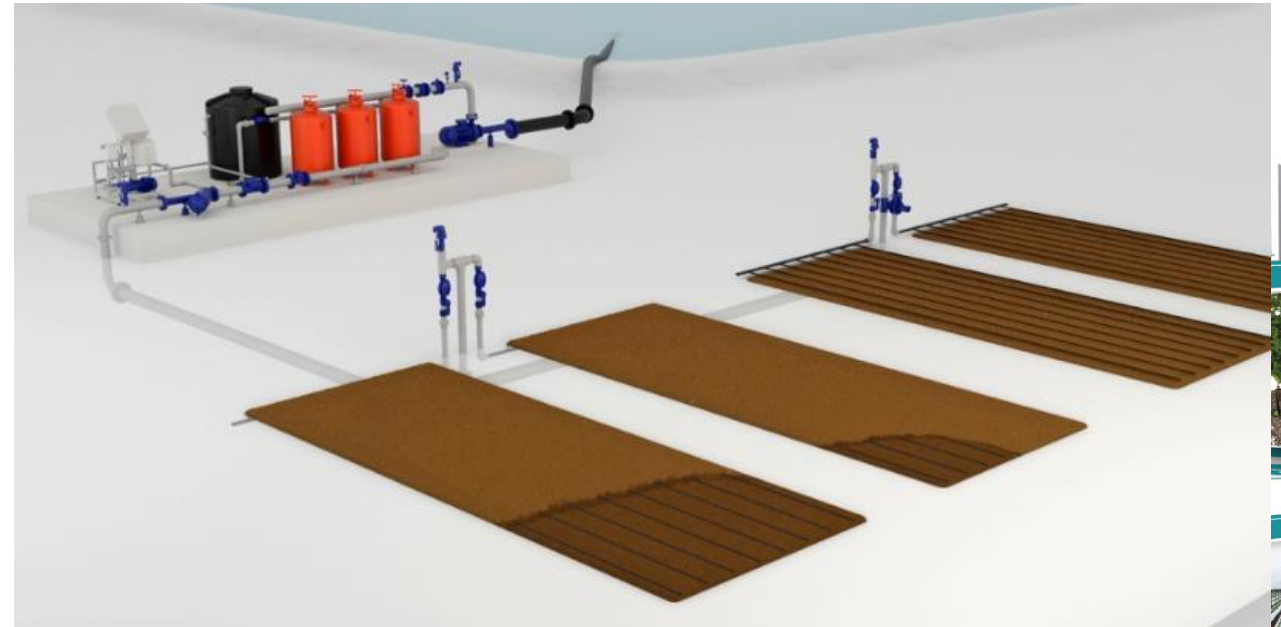




## ¿Las fases de la aplicación cuantitativa?

El fertirriego cuantitativo tiene tres fases:

- ✓ Llenado y presurización
- ✓ Inyección de fertilizante (singular o múltiple canal)
- ✓ Lavado – “Tiempo de avance”



# Conocer el “Tiempo de avance o de transporte” asegura que todo el fertilizante se aplique en el sector deseado.

Se puede medir en campo usando cambio de pH, EC o color, pero en muchas ocasiones el cambio es gradual y no es tan claro cuando parar el cronometro.

VAL-LAT: 1575 seg.	36.72 min	CAB-VAL: 638 seg.					
VAL-LAT: 1575 seg.	37.74 min	CAB-VAL: 689 seg.					
VAL-LAT: 1575 seg.	39.28 min	CAB-VAL: 782 seg.					
VAL-LAT: 1575 seg.	42.34 min	CAB-VAL: 965 seg.					
VAL-LAT: 1575 seg.	39.55 min	CAB-VAL: 788 seg.					
VAL-LAT: 1575 seg.	40.58 min	CAB-VAL: 863 seg.					
VAL-LAT: 1575 seg.	42.12 min	CAB-VAL: 952 seg.					



# Aplicación cuantitativa automática de multicanal

- ✓ Aplicación programada y automática de fertilizante: litros/riego/tanque.
- ✓ El riego se divide automáticamente en tres partes:
  1. Solamente agua- presurizar.
  2. Fertirriego.
  3. Solamente agua- transportar el fertilizante al campo:
    - “ Tiempo de avance”.
- ✓ Los litros de fertilizante se reparten uniformemente a lo largo de todo el tiempo del fertirriego.





# Cuando se usan mas de 1 fertilizante por tanque es importante:

No mezclar en el mismo tanque:

- x Calcio con sulfato
- x Calcio con fosfato



## Las ventajas de la aplicación automática

- ✓ Fertilización por cantidad aplicada en forma proporcional y distribuida uniformemente a lo largo del riego.
- ✓ Permite preparar una fertilización distinta a cada sector de riego (cultivo, variedad, etapa, etc.).
- ✓ Arranque manual por horarios o por radiación acumulada.
- ✓ Permite regar por tiempo o por volumen.
- ✓ Alarmas de caudal, CE, pH.
- ✓ Historial de riegos y consumo de agua y fertilizantes para mejor control y planeación.



## Las ventajas de la aplicación automática

- ✓ Protege el cultivo contra errores de aplicación que resultan en CE y pH altos o bajos.
- ✓ Protege el sistema hidráulico con alarmas de caudal alto o bajo.
- ✓ Sincroniza entre todos los componentes del sistema: bombas, válvulas, agitadores, inyección de fertilizante, lavado de filtros, etc.
- ✓ Riega y fertiliza automáticamente y libera el regador para otras actividades.
- ✓ Evita estrés en la planta y resulta en mayor rendimiento y de mejor calidad.





# Fertilización proporcional

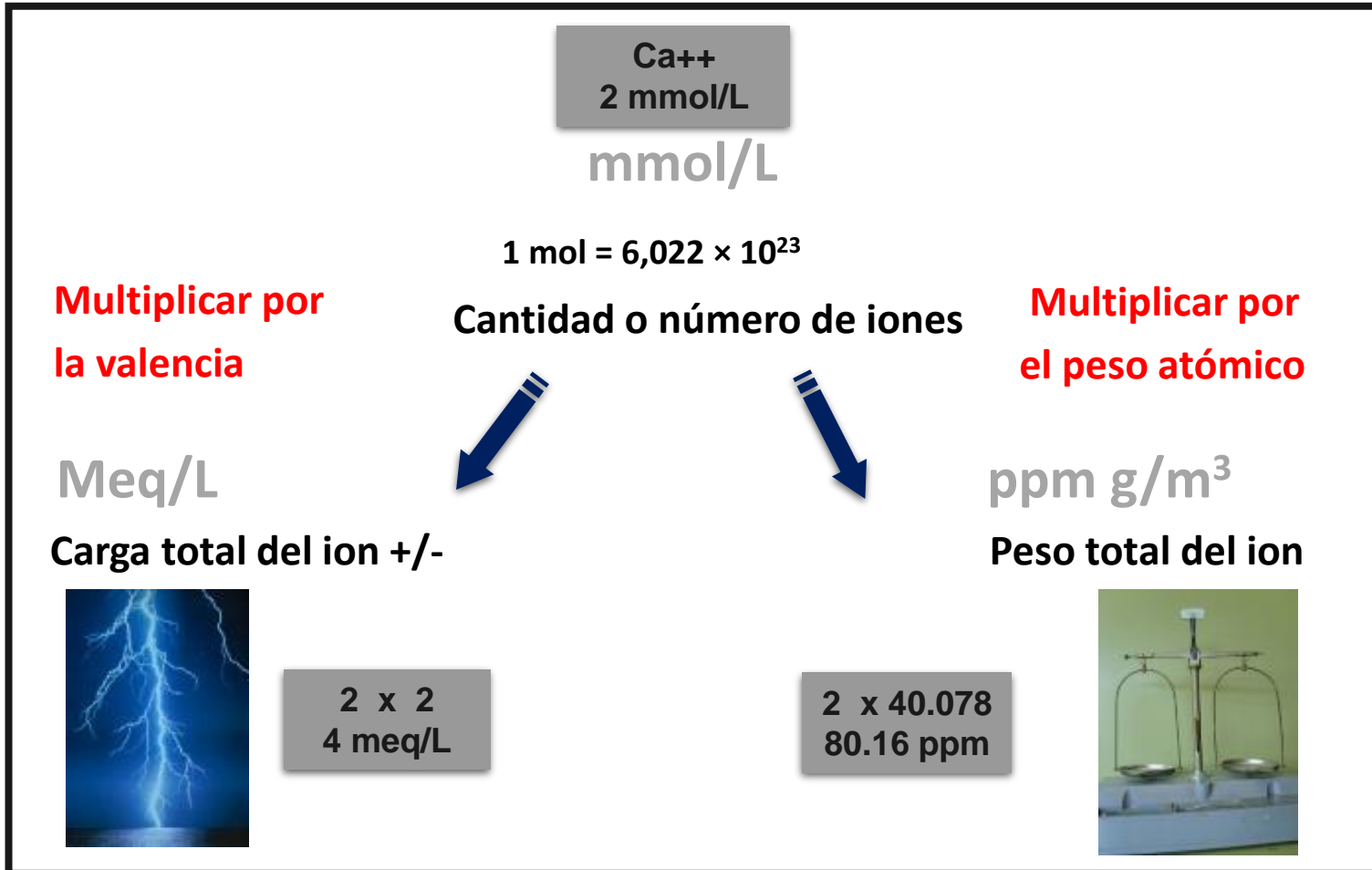
La fertilización proporcional busca preparar una solución nutritiva que incluye a todos los nutrientes en el nivel deseado y en la proporción adecuada con al volumen del agua.

**La concentración de los nutrientes en el agua se expresa en varias formas:**

- ✓ mmol/L (cantidad de átomos en un litro de agua)
- ✓ meq/L (la carga total del ion en un litro de agua) resulta en una conductividad eléctrica.
- ✓ ppm, gramos/m<sup>3</sup>, mg/L (el peso total del ion en un litro o un m<sup>3</sup> de agua).



# Fertilización proporcional - Las formas para expresar la concentración del ion:



Elemento	Peso atómico	Valencia
Ca	40.078	++
Mg	24.305	++
Na	22.990	+
K	39.098	+
Cl	35.453	-
S-SO <sub>4</sub>	32.066	--
HCO <sub>3</sub>	61.01	-
P-PO <sub>4</sub>	30.974	-
N	14.007	
O	15.999	
C	12.011	

## Tasa máxima de inyección

La tasa máxima de inyección, usada para el cálculo de las ppm, tiene que ser el 80 % de la capacidad máxima de inyección del equipo.

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Tasa máxima} \\ \text{de inyección} \\ \hline \text{Litros/m}^3 \\ \hline \end{array} = \frac{\begin{array}{|c|} \hline \text{Capacidad del venturi l/h} \\ \hline \end{array}}{\begin{array}{|c|} \hline \text{Caudal de la operación} \\ \text{de riego m}^3/\text{h} \\ \hline \end{array}} \times 0.8$$

Ejemplo:

Venturi de 1000 l/h y caudal de 80 m<sup>3</sup>/h

Tasa máxima de inyección = 1000/80 x 0.8 = 10 litros/m<sup>3</sup>

Se multiplica por 0.8 para inyectar al 80 % del tiempo.





## ¿Cómo convertir de fertilización proporcional a cuantitativa?

### Proporcional

ppm o g/m<sup>3</sup> del nutriente  
en la solución nutritiva

x

m<sup>3</sup> de agua/  
hectárea/día

=

### Cuantitativa

kg de nutriente/  
hectárea/día  
o unidades

N- 120 g/m<sup>3</sup> o ppm

30 m<sup>3</sup>/ha/día

3600 g N/ha/día o 3.6 kg





NetaJet™ 4G





- Frutales

CITRICOS: NARANGA, LIMON ,  
TORONJA, MANDARINA



BANANA, PLATANO



AGUACATE



FertiKit™ 3G



MANGO



NOGAL



VID-UVA





✓ Granos

FRIJOL



MAIZ



SORGO



GARBANZO





✓ Hortalizas

BROCOLI, COLIFLOR, LECHUGA



CEBOLLA



PIMIENTO Y CHILES



TOMATE



PAPA





FRESA



FRAMBUESA



ARANDANO



ZARZAMORA





✓ Forajes

ALFALFA



CAÑA DE AZUCAR



# Resumen

Fertilización cuantitativa se usaba tradicionalmente en todos los cultivos y en todos los tipos de suelo.

El fertilizante se inyectaba por medio de inyectoros muy simples, normalmente un fertilizante a la vez.

El cultivo en sustratos de bajo volumen exigía el cambio a fertilización proporcional y de multi canal. Esta forma de fertilizar asegura un control preciso y continuo sobre el contenido de los nutrientes en la solución nutritiva y sobre la CE y el pH de esta.

Obviamente para lograr esto, se necesita un equipo de inyección automático con sensores de CE y pH y un controlador que coordine todos los aspectos del fertirriego.

Viendo las ventajas de la fertilización proporcional de multi canal se está cambiando también la forma de aplicar la fertilización cuantitativa especialmente en suelos ligeros con baja retención de agua y de nutrientes.

Ya hay muchos agricultores que usan equipos manuales o automáticos de multi canal en cultivos extensivos en campo abierto como maíz, caña de azúcar y frutales.



# GRACIAS

Ing. Agr. Boaz Guy

[Netafim.mexico@netafim.com](mailto:Netafim.mexico@netafim.com)

