

# Fertilizantes y su manejo en sistemas de riego por goteo

David Sotomayor-Ramírez  
Colegio de Ciencias Agrícolas  
Universidad de Puerto Rico - Mayagüez  
[david.sotomayor@upr.edu](mailto:david.sotomayor@upr.edu)



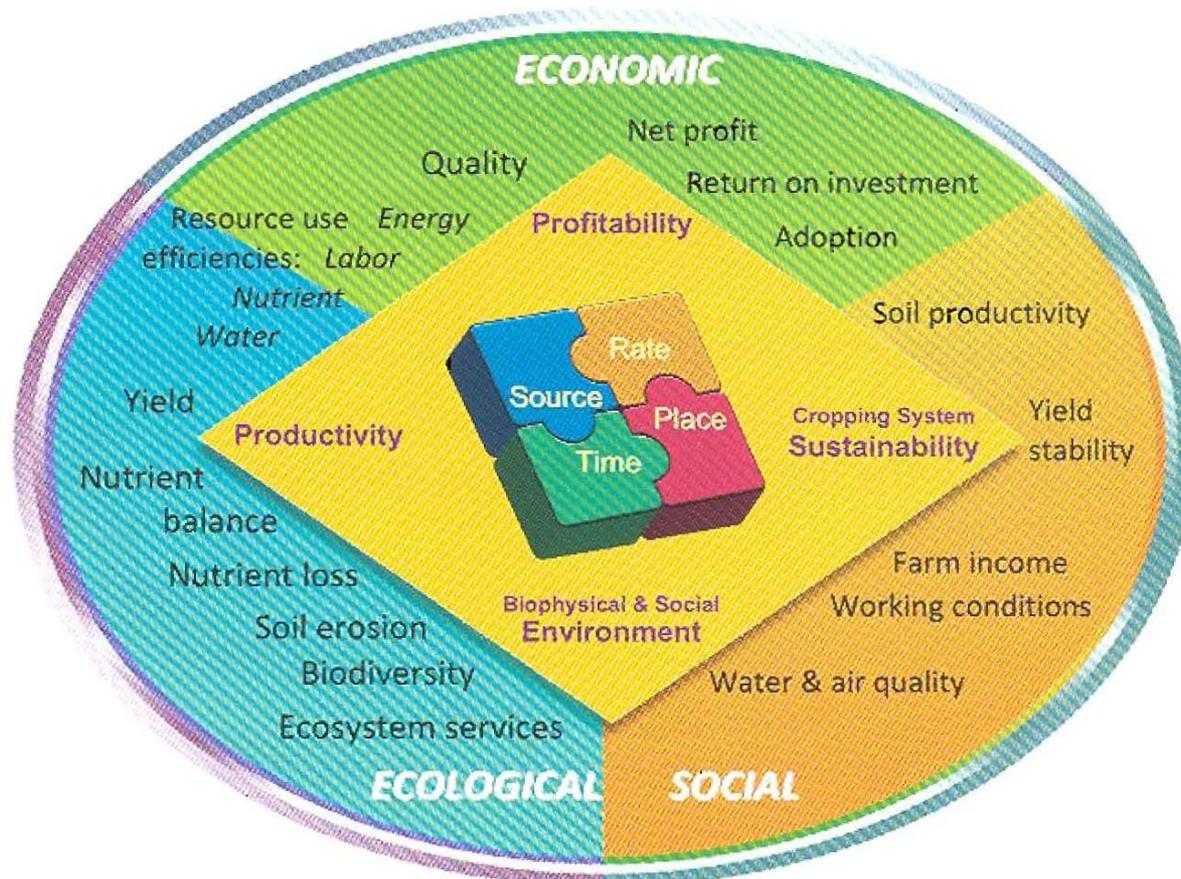
# Fertilizantes y su manejo en sistemas de riego por goteo

1. Introducción y trasfondo
  2. Fuentes de nutrientes y sus características
  3. Conceptos asociados al requisito nutricional
  4. Distribución y persistencia de nutrientes al fertigar
- Características importantes de aguas de riego
    - Propiedades deseables del agua de riego (pH, CE, concentraciones de cationes y aniones)
    - Medidas y pruebas adecuadas
    - Reacciones de nutrientes en los fertilizantes con el suelo y las aguas de riego

# 1. Introducción

- Fertigación o “ferti-irrigación” – La práctica de suplir fertilizantes a los cultivos por medio del agua de riego en sistemas hidráulicos presurizados
- Se desea proveer los fertilizantes para sincronizar la oferta con la demanda nutricional de los cultivos conforme este pasa por las distintas etapas de crecimiento, aplicando los principios de 4R

# Mejores Prácticas Manejo de fertilizantes

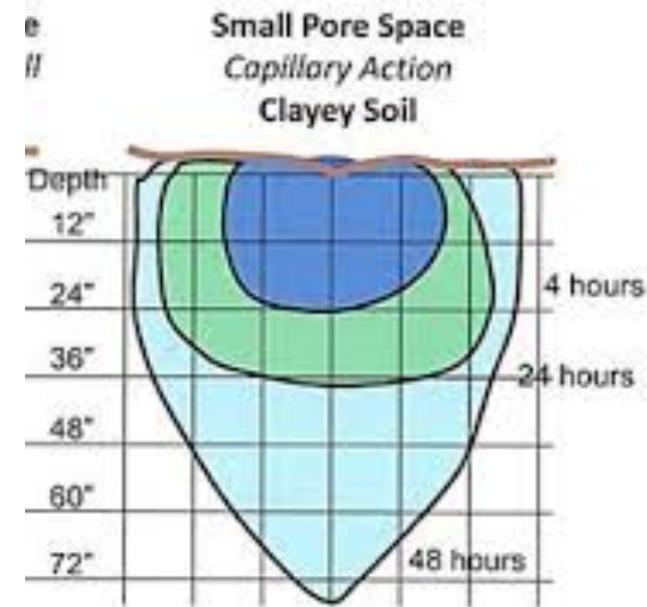


(Brulsema et al. 2008, Better Crops: 92(2): 13-15)

- Es una herramienta para suplir a la planta con su demanda diaria de agua y nutrientes según es requerido por su etapa específica de crecimiento, para lograr la mayor eficiencia de utilización del fertilizante aplicado

# Movimiento de agua en el suelo por riego por goteo

- Movimiento de agua ocurre en forma horizontal y vertical en el perfil
- El humedecimiento es en forma de pistón (suelo saturado) y fuera del pistón con una variación en humedad
- Las moléculas de agua interaccionan con los solutos del suelo (física) por fuerzas de sorción y capilaridad
- El humedecimiento parcial del suelo restringe el sistema radicular del cultivo a la zona húmeda (modificar el manejo clásico de fertilización)



[http://msue.anr.msu.edu/news/soil\\_type\\_influences\\_irrigation\\_strategy](http://msue.anr.msu.edu/news/soil_type_influences_irrigation_strategy)

# Particularidades de la fertigación

- Positivos
  - Favorece la absorción de los elementos por las raíces
  - Aplicación más uniforme
  - Aplicación localizada
  - Menos costos de aplicación
  - Mayor flexibilidad en el uso de distintos productos
  - Aumentan rendimientos, la eficiencia de uso de agua y nutrientes
  - Se reducen las pérdidas de nutrientes al medio ambiente

# Particularidades de la fertigación

- Negativos
  - Desarrollo radicular reducido porque raíces no tienen que explorar tanto volumen de suelo (negativo)
  - El desarrollo radicular reducido puede hacer que las plantas sean mas susceptibles a carencia de otros elementos (microelementos)
  - Las fuentes son mas costosas
  - Requiere un nivel tecnológico (infraestructura) mas alto
  - Requiere un nivel tecnológico (agronómico) mas avanzado

# 2. Fuentes de nutrientes y sus características

Producto	Formula	Concentracion			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Otros
<b>Nitrógeno</b>					
Urea	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	46			
Sulfato de amonio (SA)	NH <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	21			24S
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	13 (12)	(2)	46 (44)	
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15			34CaO
Nitrato de amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	34			
Nitrato de magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	7			10MgO
<b>Fosforo</b>					
A. Fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		62		
Fosfato monopotásico			52	34	
*fosfato monoamónico - MAP	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12	61		
*fosfato diamónico - DAP	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> •HPO <sub>4</sub>	18	46		
<b>Potasio</b>					
Muriato de potasa	KCL		60		
Sulfato de potasa	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		50		
<b>Otros</b>					
Sulfato de Magnesio					16MgO; 13S
Sulfato de Fe					20Fe
Sulfato de Mn					27Mn
Sulfato de Zn					35Zn

# Características de las fuentes

- Las fuentes de fertilizantes sólidos deben ser soluble en agua
- Las fuentes de fertilizantes líquidos ya están en solución
- Al mezclar las fuentes deben ser compatibles, no formar precipitados, y su solubilidad no debe alterarse al mezclar
- Ej. Al mezclar SA (750 g/L) con KCl (340 g/L), la solubilidad será la de sulfato de potasa (110 g/L) quien tiene una solubilidad de 3x menos la de KCl.
  - Evitar materiales que tengan algo grado de salinidad
  - Evitar materiales corrosivos (materiales acídicos o con cloruros)

# Compatibilidad (mezclas físicas)

	NA	NC	NP	SA	MAP	SP	CP	SM	U
Nitrato de amonio (NA)	C								
Nitrato de calcio (NC)	CL	C							
Nitrato de potasio (NP)	C	CL	C						
sulfato de amonio (SA)	CL	CL	CL	C					
Fosfato de amonio (MAP)	C	CL	C	C	C				
Sulfato de potasio (SP)	C	CL	C	C	C	C			
Cloruro de potasio (CP)	CL	CL	C	C	C	C	C		
Sulfato de magnesio (SM)	C	CL	C	C	C	C	C	C	
Urea (U)	NC	CL	C	C	C	C	C	CL	C

C - Compatible

CL - Compatibilidad limitada (química, física, o seguridad)

NC - No compatible (química, física, o seguridad)

Higroscopicidad

Detonabilidad

# Compatibilidad (mezclas en solución)

	NA	NC	NP	SA	MAP	SP	CP	SM	U	AF	MS	MQ
Nitrato de amonio (NA)	C											
Nitrato de calcio (NC)	C	C										
Nitrato de potasio (NP)	C	CL	C									
sulfato de amonio (SA)	C	NC	C	C								
Fosfato de amonio (MAP)	C	NC	C	C	C							
Sulfato de potasio (SP)	C	NC	C	CL	C	C						
Cloruro de potasio (CP)	C	CL	C	C	C	CL	C					
Sulfato de magnesio (SM)	C	NC	C	C	NC	CL	C	C				
Urea (U)	C	CL	C	C	C	C	C	C	C			
A. fosfórico (AF)	C	NC	C	C	C	CL	C	C	C	C		
Fe, Mn, Zn, Cu sulfato (MS)	C	NC	C	C	NC	CL	C	C	C	C	C	
Fe, Mn, Zn, Cu quelatos (MQ)	C	CL	C	C	CL	C	C	C	C	CL	C	C

C - Compatible

CL - Compatibilidad limitada (química, física, o seguridad)

NC - No compatible (química, física, o seguridad)

Reacciones, formación de precipitados

Detonabilidad

# Fuentes de fertilizantes y su reacción (pH) en agua

Producto	Formula	pH de la solución saturada (1A)	Equivalente a CaCO <sub>3</sub> (1B)
<b>Nitrógeno</b>			
Urea	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	>9	-84
Sulfato de amonio (SA)	NH <sub>4</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	5.4	-112
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	7	0
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	7	0
Nitrato de magnesio	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		
Nitrato de amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	5	-63
<b>Fosforo</b>			
A. Fosfórico			
Fosfato monopotásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	6	
Fosfato monoamónico - MAP	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3.5	-65
Fosfato diamónico - DAP	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> •HPO <sub>4</sub>	8	-64
<b>Potasio</b>			
Muriato de potasa	KCL		0
Sulfato de potasa	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0

1A - Guerrero Riascos, R. 2004. Propiedades generales de los fertilizantes sólidos. Monómeros Colombo Venezolanos. 46 pp.; pH de la solución saturada

1B - Guerrero Riascos, R. 2004. Propiedades generales de los fertilizantes sólidos. Monómeros Colombo Venezolanos. 46 pp.; Equivalente de acidez (-) o alcalinidad (+); kg CaCO<sub>3</sub>/100kg fert

# Fuentes de fertilizantes y su índice de sal

Producto	Formula	Índice de sal
<b>Nitrógeno</b>		
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	74.4
Sulfato de amonio (SA)	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$	88.3
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	69.5
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	40.2
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	104.1
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	
<b>Fosforo</b>		
A. fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$	
Fosfato monopotásico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	8.4
Fosfato monoamónico - MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	26.7
Fosfato diamónico - DAP	$(\text{NH}_4)_2 \bullet \text{HPO}_4$	29.2
<b>Potasio</b>		
Muriato de potasa	$\text{KCL}$	116.1
Sulfato de potasa	$\text{K}_2\text{SO}_4$	42.6
<b>Otros</b>		
Sulfato de magnesio		44

# Fuentes de fertilizantes y su humedad relativa crítica

	NA	NC	NP	SA	MAP	SP	CP	U
Nitrato de amonio (NA)	59.4							
Nitrato de calcio (NC)	23.5	46.7						
Nitrato de potasio (NP)	59.9	31.4	90.5					
Sulfato de amonio (SA)	62.3		69.2	79.2				
Fosfato de amonio (MAP)	58	52.8	59.8	75.8	91.6			
Sulfato de potasio (SP)	69.2	76.1	87.8	81.4	79	96.3		
Cloruro de potasio (CP)	67.9	<22	78.6	71.3	72.8	81	84	
Urea (U)	18.1		65.2	56.4	65.2	71.5	60.3	72.5

# Fuentes de fertilizantes y su solubilidad

Producto	Formula	solubilidad (@20oC)		
		g/L	% aprox	lb/100 gal
<b>Nitrógeno</b>				
Sulfato de amonio (SA)	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$	750	75	624
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	1060	106	881
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1294	129.4	1076
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	320	32	266
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$			
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	1950	195	1622
<b>Fosforo</b>				
A. fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$			
Fosfato monopotásico		225	22.5	187
Fosfato monoamónico - MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	374	37.4	311
Fosfato diamónico - DAP	$(\text{NH}_4)_2\cdot\text{HPO}_4$	692	69.2	575
<b>Potasio</b>				
Muriato de potasa	$\text{KCL}$	340	34	283
Sulfato de potasa	$\text{K}_2\text{SO}_4$	110	11	91
<b>Otros</b>				
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4$	356	35.6	296

# Fuentes de fertilizantes y su conductividad eléctrica

			Concentración	CE
<b>Nitrógeno</b>			mg/L	dS/m
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	N	280	2.7*
Sulfato de amonio (SA)	$\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$	N	280	1.4
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	N	140	0.7
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	N	280	2
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	N	280	0.7
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	N		
<b>Fosforo</b>				
A. fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$	P	310	0.4
Fosfato monopotásico		P	310	0.7
Fosfato monoamónico - MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	P	310	0.4
Fosfato diamónico - DAP	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	P	310	0.6
<b>Potasio</b>				
Muriato de potasa	KCL	K	390	0.7
Sulfato de potasa	$\text{K}_2\text{SO}_4$	K	780	0.2
<b>Otros</b>				
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4$	Mg	240	2.2

EC generated at nutrient concentration of 10 mMol/L

# Ejemplos de productos en el mercado

N	nitrate de potasio (13-2-44)
N	nitrate de calcio
N	urea low-biuret
N	sulfato de amonio
N y K (fulvicos)	K-TIONIC
N y P	fosfato monoamónico (12-61-0) MAP)
N y P	fosfato di-amonio (0-21-53 DAP)
P y K	fosfato monopotásico (0-53-34)

# Ejemplos de productos en el mercado

formulaciones 12-48-8

formulaciones 30-10-10

formulaciones 20-10-20

formulaciones 20-20-20

formulaciones 28-8-18

formulaciones 30-10-10

formulaciones 3-15-28

formulaciones 9-45-15

formulaciones 15-5-15 EM

formulaciones 12-48-8

formulaciones 11-41-8 enriquecido con algas

formulaciones 04-10-40 Sugar Express enriquecido con algas

formulaciones 04-2-41 2% Mg Crop Finisher

formulaciones Acido fosfórico 62% P2O5

formulaciones 2-1-6 Enriquecido con Cito quininas

# Ejemplos de productos en el mercado

humicos y fulvicos

K

Mg

micros

micros

Humitron GBM

sulfato de Potasa 0-0-50

sulfato de Magnesio

sulfatos de Zn, Fe, Mn

quelatos de Zn, Fe, Mn, Ca

# 3. Conceptos asociados al requisito nutricional

- Cada cultivo tiene unos niveles de extracción (fruto) y unos niveles de utilización (fruto + vegetativo) - Estos no son absolutos ni fijos!
  - Tomate *Solanum lycopersicum*
  - Cebolla *Allium cepa* var. *cepa* L.
  - Calabaza *Cucurbita moschata*
  - Maiz (líneas puras) *Zea mays*

# Extracción y utilización de nutrientes, respuesta a la aplicación

Cultivo	Nivel de fertilización lb/acre	Rendimiento lb/acre	N <sub>extracción</sub> lb/acre	N <sub>utilización</sub> lb/acre	HI
Cebolla	125	33,382	53	99	0.57
Calabaza	100	26,083	57	195	0.70
Tomate	148	69,730	109	203	0.51
Maiz (lineas pura)	98	4,001	52	169	0.34

N<sub>extracción</sub> es lo que se remueve en el fruto

N<sub>utilización</sub> es lo que se remueve en el fruto + material vegetativo

HI es el índice de cosecha

# Extracción y utilización de nutrientes, respuesta a la aplicación

		-----Requisito nutricional-----		
		$N_{\text{extracción}}$	$N_{\text{utilización}}$	$N_{\text{respuesta}}$
		-----lb N/acre•unidad-----		
Cultivo				
Cebolla	lb N/100 saco	7.9	14.8	18.7
Calabaza	lb N/100 saco	10.9	37.4	19.1
Tomate	lb N/100 caja	3.9	7.3	5.3
Maiz (lineas pura)	lb N/bu	41.7	81.5	1.4

Requisito nutricional es el nivel de N que habría que aplicar para cumplir con extracción, utilización, o respuesta

Ejemplo. Con una meta de producción de cebolla de 700 sacos/acres

$N_{\text{extracción}} = 55 \text{ lb N/acre}$

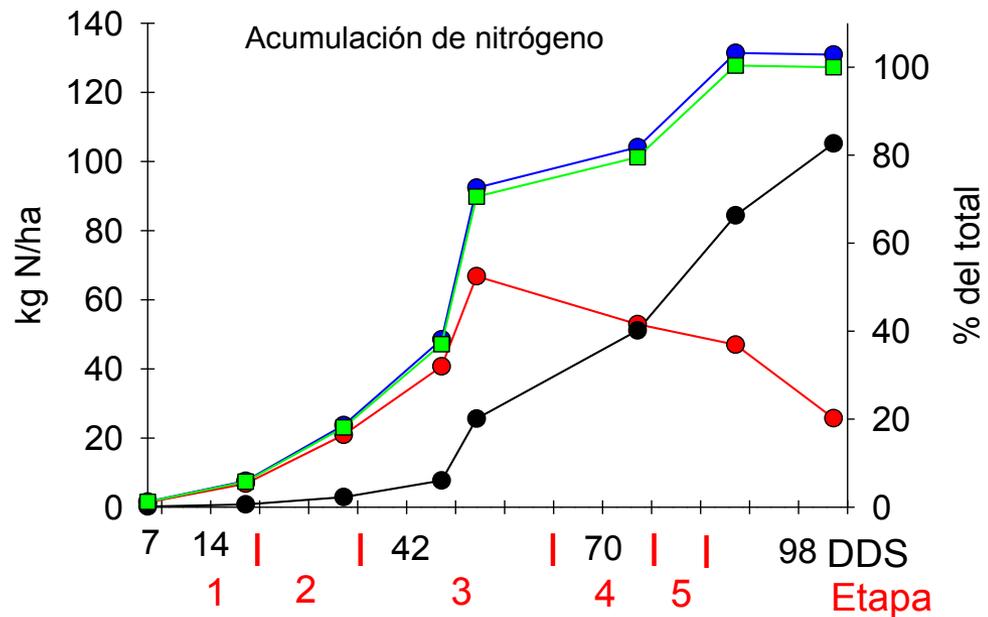
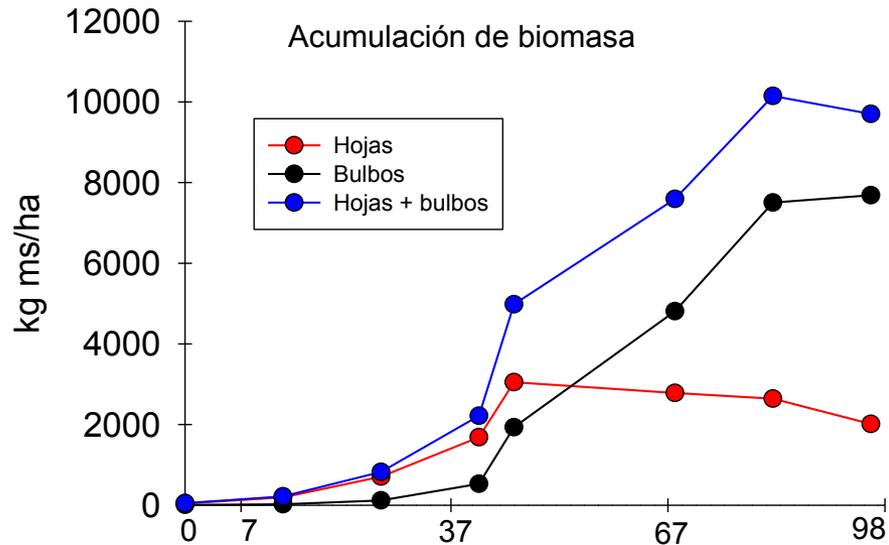
$N_{\text{utilización}} = 104 \text{ lb N/acre}$

$N_{\text{respuesta}} = 131 \text{ lb N/acre}$

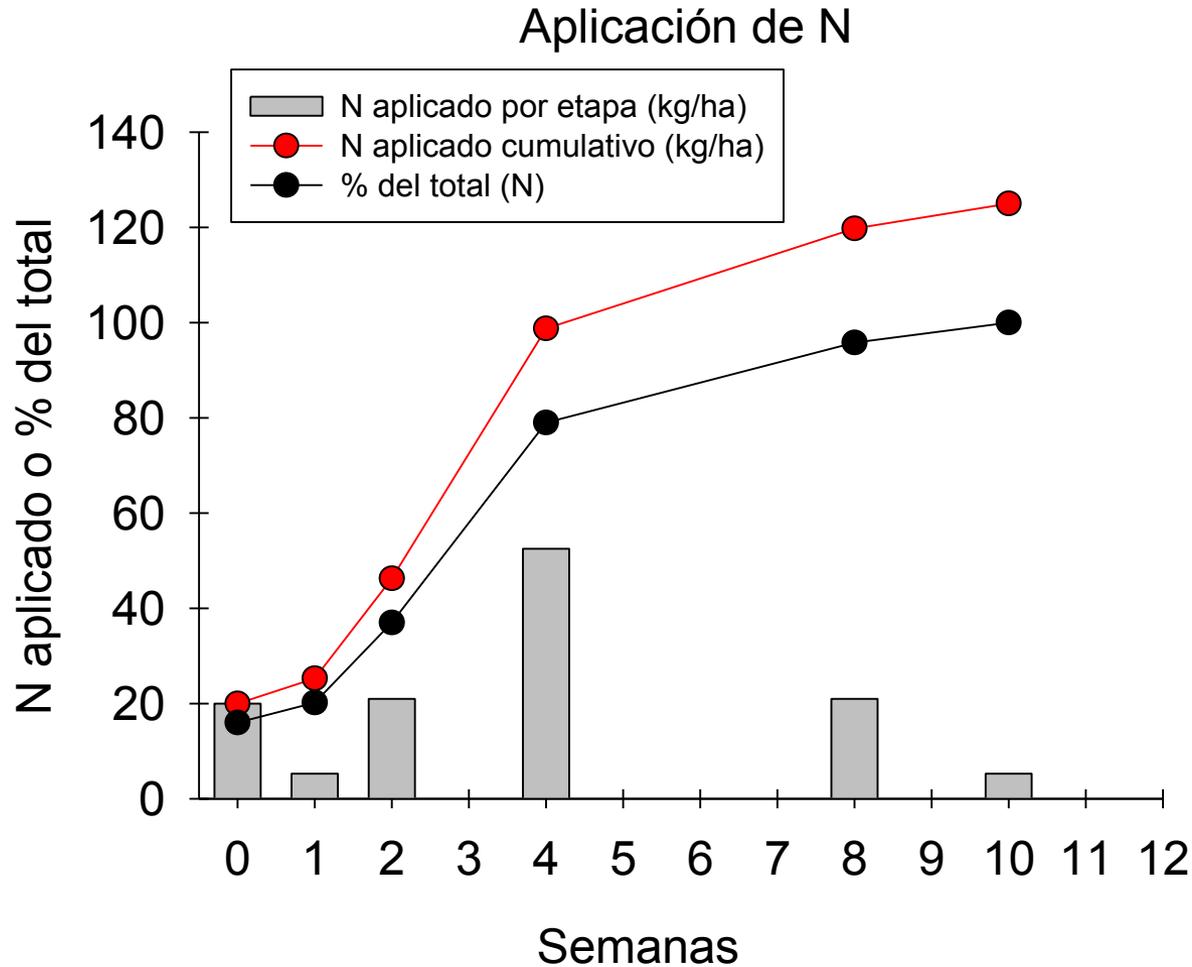
# La meta de aplicación

- Hay que dividir la totalidad del requisito nutricional (lb/acre) de forma tal de buscar maximizar el nivel de utilización (lb/acre) con el nivel de aplicación (lb/acre) en cada etapa de crecimiento
- Se divide la meta de aplicación total, proporcionalmente por etapa
- Se asume que la meta de aplicación en cada etapa, cumplirá con el requisito nutricional del cultivo según la etapa
- Lo ideal es que todos los días exista la cantidad que se aplica
- Pero, la realidad es que la planta utiliza lo que esté en la solución (mg/L), y lo que está en la solución no es lo que se aplica por las otras entradas y por las salidas

# Curva de crecimiento, cebolla



# Aplicación de N en cebolla basado en una curva de crecimiento



# Ejemplo, cebolla

	Nutrientes totales		Etapa desarrollo		Nutrientes			
	N	K2O	Etapa	Semanas	N	K2O	N	K2O
	lb/acre				lb/acre/dia		lb/acre/etapa	
Cebolla	125	150	0	0			20.0	40.0
			1	1	0.75	0.79	5.3	5.5
			2	2	1.50	1.57	21.0	22.0
			3	4	1.88	1.96	52.5	55.0
			4	2	1.50	1.57	21.0	22.0
			5	1	0.75	0.79	5.3	5.5
Fertigación				10			105	110
Total							125	150

# Ejemplo, tomate

	Nutrientes totales		Etapa desarrollo		Nutrientes			
	N	K2O	Etapa	Semanas	N	K2O	N	K2O
	lb/acre				lb/acre/dia		lb/acre/etapa	
Tomate	160	200	0	0			60.0	100.0
			1	2	1.00	1.50	14.0	21.0
			2	2	1.50	1.25	21.0	17.5
			3	4	1.75	2.00	49.0	56.0
			4	1	1.50	1.00	10.5	7.0
			5	1	1.13	1.00	7.9	7.0
Fertigación							102	109
Total							162	209

# Ejemplo, calabaza

	Nutrientes totales		Etapa desarrollo		Nutrientes			
	N	K2O	Etapa	Semanas	N	K2O	N	K2O
	lb/acre				lb/acre/dia		lb/acre/etapa	
Calabaza	100	150	0	0				
			1	1	0.75	1.07	5.3	7.5
			2	2	1.50	2.14	21.0	30.0
			3	4	2.25	3.21	63.0	90.0
			4	2	1.13	1.61	15.8	22.5
			5	1	0.00	0.00	0.0	0.0
Fertigación							105	150
Total							105	150

# Ejemplos de niveles recomendados de aplicación (UPR-EEA)

Cultivo	N	P2O5			K2O		
		Bajo	Med	Alto	Bajo	Med	Alto
Tomate	150	100	46	0	200	150	0-50
Pimiento	125-175	100	46	0	150	150	0-50
Berenjena	150-200	100	46	0	150	150	0-50
Aji Dulce	150	100	50	0	80	50	0
Calabaza (monocultivo)	100-150	100	50	0	80	50	0
Calabaza (rotacion)	50-75	25	0	0	50	0	0
Pepinillo	150-200	50	25	0	100	75	0
Sandía	85-100	150	100	0	150	75	0
Sandía (rotacion)	50-75	25	0	0	50	0	0
Melon (Cantaloupe, Honeydew)	150-200	50	50	0	50	50	0
Melon (rotacion)	50-75	25	0	0	50	0	0
Cebolla	125-175	60	30	0	150	100	0-100
Repollo	150-200	50	50	0	50	50	0
Yuca	36-48	36-48	36-48	0	72-96	72-96	0-90
Yautía	100-120	60	60	0	180	180	0-90
Malanga	64-80	64-80	64-80	0	104-130	104-130	0
Batata	48-60	48-60	48-60	0	96-120	96-120	0
Platano	240-380	30	30	0	600	225-425	100-200
Guineo	240-380	30	30	0	600	300-500	200-300

# Ejemplos de fuentes de información

## Vegetable Production Handbook for Florida

**2011-2012**

*Editors:*

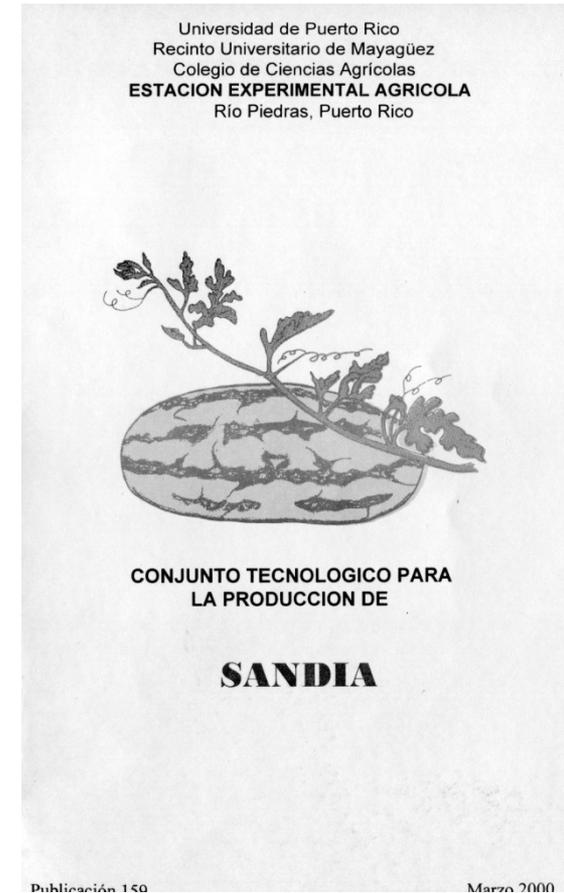
Stephen M. Olson, Ph.D.  
University of Florida's North Florida  
Research and Education Center, Quincy

Bielinski Santos, Ph.D.  
University of Florida's Gulf Coast  
Research and Education Center, Wimauma

Citrus & Vegetable  
MAGAZINE

UF UNIVERSITY of  
FLORIDA  
IFAS Extension

food360°  
Publicación 155



# Recomendaciones de fertilización

- Información publicada por la Estacion Experimental Agrícola, UPR-Mayagüez (Conjuntos Tecnológicos, publicaciones)
- Existe muy poco trabajo de calibración en Puerto Rico
- Es necesario tener fuentes de información de otros lugares e información de expertos

## 4. Distribución y persistencia de nutrientes al fertigar

- La distribución vertical de nutrientes en un suelo fertigado es una función del movimiento de agua y las propiedades del suelo y de la interacción de estas con el soluto
- Las sales solubles se mueven con el agua, a menos que reaccionen con los componentes del suelo
- Ejemplo, procesos de fijación (adsorción y precipitación) retardan el movimiento de P
- Ejemplo, procesos de intercambio catiónico retienen cationes ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )
- Las reacciones retardan el movimiento de los nutrientes

- Modelo idealizado de movimiento de N en el suelo, modelo tipo pistón (suelo de textura gruesa, partículas inertes)

$$q_N = q_W * C_N$$

donde  $q_N$  es el flujo de N,  $q_W$  es el movimiento de agua y  $C_N$  es la concentración de N en la solución

- Pero en el suelo hay muchos factores que retardan el movimiento de nutrientes en el agua, por lo que el flujo de N en la solución del suelo se puede representar mediante:

$$q_N = q_W * C_N - D * (dC_N / dx)$$

- O sea que el flujo de N se va a retardar en función de la magnitud del gradiente de la concentración en función de la distancia y del factor D (textura, tamaño de poros y su distribución)

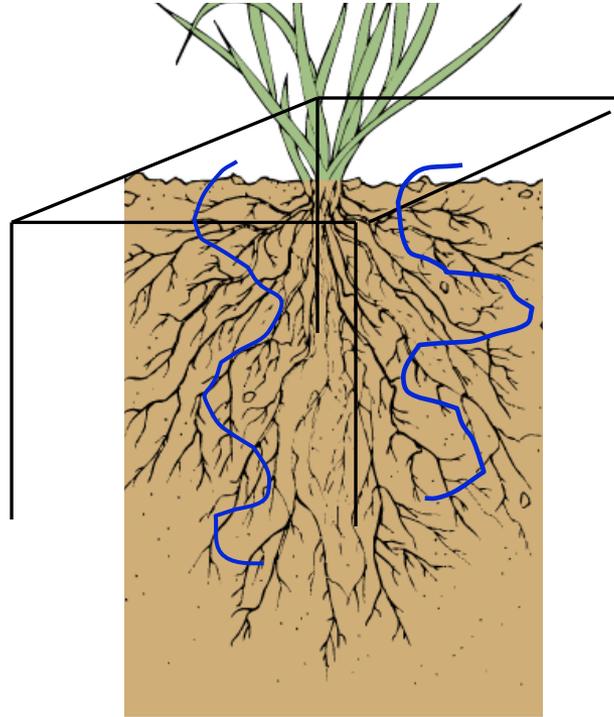
# Preguntas

- ¿ Cuán persistente es el N que se aplica por fertigación?
- ¿Luego de aplicarse por fertigación cuanto tiempo dura en la solución del suelo?
- ¿Cuál es la concentración de N que se queda en la zona radicular?

# Ejemplo, cebolla

- Suelo serie Pozo Blanco
- CC (-33 kPa),  $\theta_v = 34\%$ ; PM (-1500 kPa),  $\theta_v = 16\%$
- 6 pies entre bancos
- Doble-manga de riego, 0.5 gal/100 L-ft min = 73 gal/acre/min = 4 L/m<sup>2</sup>/hr = 0.16 pulgadas/acre/hr
- Fertigación (min) = 15riego-30fertigación-15riego
- Fertigar 14 lb N/acre/evento
- 7.3 lb urea, 8 lb de SA, 14 lb (12-0-45) urea-N:SA-N:NO<sub>3</sub>-N = 3.5:1.7:1.7 en un purrón de 30 galones para aplicar a 0.52 acre.
- Se logra una concentración en el purrón de 26.9 g N/L; con el purrón de 30 gal (113.4 L) tengo 3.039 kg N/purrón.

# En un volumen de suelo de 1 pie<sup>3</sup>



- Al fertigar por una hora aplico 8,526 L/0.5 acre, esto equivale el 7.3% del agua que hay en un volumen de un cubo de 1ft<sup>3</sup>
- Tardo 6.8 horas en reemplazar la mitad del agua en un pié cúbico

---

Cubo de suelo (ft <sup>3</sup> ; H x W x D)	Tiempo para reponer el 50% del agua disponible	Tiempo para reponer el 100 % del agua disponible
---	--	--

---

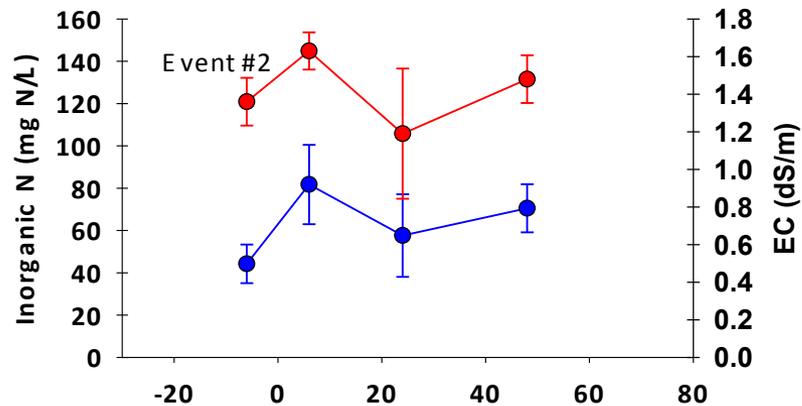
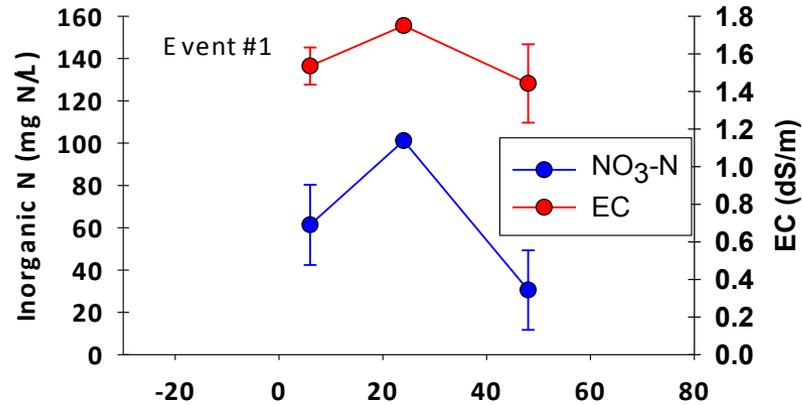
X x Y x Z	-----hr-----	
1 x 1 x 1	6.8	13.6
2 x 2 x 2	13.6	27.1
3.28 x 3.28 x 3.28	22.3	44.5

# Masa (lb/acre) → concentración (mg/L)?

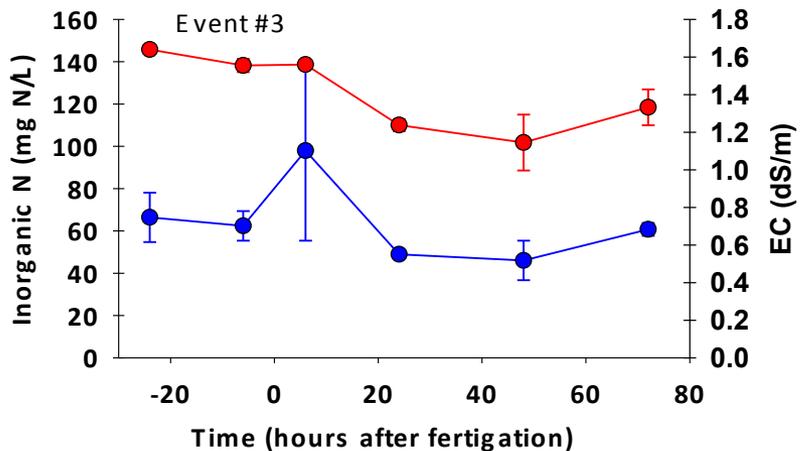
- La concentración de N en el agua de riego debe ser de 354 mg N/L
- El agua de fertigación se diluye con el agua del suelo
- Asumiendo que el agua del suelo tiene concentración de (A) 40 mg N/L o (B) 60 mg N/L
- Una fertigación de 354 mg N/L, termina con una concentración en el suelo de (A) 73 mg N/L o (B) 93 mg N/L



El suelo tenia 10 mg NO<sub>3</sub>-N/kg =  
35 mg NO<sub>3</sub>-N/L



44.2 → 81.7 Δ = 37.5 9 (mg/L)



62.4 → 97.9 Δ = 35 (mg/L)

# Detalles

- Evitar el lavado de nutrientes
- Para nutrientes con carga + aplicar en el segundo y tercer cuarto del riego
- Para nutrientes sin carga o carga -, aplicar en el ultimo cuarto del riego
- Fuentes: Urea,  $\text{NH}_4^+$ -N versus  $\text{NO}_3^-$ -N

# Conclusiones

- La fertigación es una gran tecnología que requiere de manejo agronómico del cultivo  
dosificar ← → diagnosticar ← → ajustar ← → dosificar
- Hay múltiples fuentes de fertilizantes solubles en el mercado, hay que preocuparse por conocer sus propiedades
- Hay que establecer unas metas de niveles de aplicación que sean objetivas, modificarlas según se varia la fuente, y el momento de aplicación
- Hay que establecer unas métricas de diagnóstico que sirvan de estandar y de guía
- Las concentraciones de N en la solución del suelo puede que no sean tan persistentes en la solución del suelo si el riego no se maneja adecuadamente

Taller: Manejo de riego y fertigación, EEA -  
Fortuna, mier 12 marzo 2014

# Fuentes de aplicación (granuladas)

- Múltiples formulaciones granuladas con formulaciones completas
- Ejemplo 1: meta de 150-50-50
  - Aplicar  $\frac{1}{3}$  del N y todo el P y K al momento de siembra
  - 250 lb/acre 20-20-20
- Ejemplo 2: meta 160-100-160
  - Aplicar  $\frac{1}{4}$  del N y K y todo el P al momento de siembra
  - 400 lb/acre 10-25-10

# Fuentes usadas como abonos solubles

	Fuentes	% nutriente
Nitrogeno (N)	Urea	46
	Sulfato de amonio	21
	Nitrato de potasio	13
	Nitrato de calcio	15
	Nitrato de amonio	34
Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Acido fosfórico	62
	Fosfato mono-amónico	52
	Fosfato mono-potásico	52
Potasio (K <sub>2</sub> O)	Fosfato mono-potásico	34
	Muriato de potasa	60
	Sulfato de potasa	50
	Nitrato de potasio	44
Calcio (Ca)	Nitrato de calcio	19
	Ca-EDTA	
Magnesio (Mg)	MgSO <sub>4</sub>	10
Azufre (S)	Sulfato de amonio	24
	MgSO <sub>4</sub>	14

# Tiempo (momento) de aplicación

- Considerar etapas de crecimiento
- N y K: Aplicar 20 a 40% de la meta en forma de abono granulado (base), y el restante por fertigación
- Aplicar la meta de P al momento de siembra
- Aplicar micronutrientes como abono base y suplementar foliar o por fertigación

# Medidas de diagnóstico

- Análisis foliar
- Análisis de savia
- Análisis de suelo (residual  $\text{NO}_3\text{-N}$ )

**Table 4.** Plant tissue analysis at early fruit set for eggplant. Dry weight basis.

Status	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
	Percent						Parts per million					
Deficient	<4.2	0.3	3.5	0.8	0.25	0.4	50	50	20	20	5	0.5
Adequate range	4.2-5.0	0.3-0.6	3.5-5.0	0.8-1.5	0.25-0.6	0.4-0.6	50-100	50-100	20-40	20-40	5-10	0.5-0.8
High	>6.0	0.6	5.0	1.5	0.6	0.6	100	100	40	40	10	0.8

**Table 5.** Sufficiency ranges for petiole sap testing for eggplant.

Crop development stage	Fresh petiole sap concentration (ppm)	
	$\text{NO}_3\text{-N}$	K
First fruit (two-inches long)	1200-1600	4500-5000
First harvest	1000-1200	4000-4500
Mid harvest	800-1000	3500-4000

