



SEMINARIO PERSPECTIVAS DEL ESPÁRRAGO EN CHILE  
Chillán, Chile, 29 de abril del 2015

# FERTIRRIGACION DEL CULTIVO DE ESPARRGOS

## La experiencia peruana

Ing. Javier Sánchez Vigo

[jsanchez@fertitec.com.pe](mailto:jsanchez@fertitec.com.pe)

[www.fertitec.com](http://www.fertitec.com)



## Zonas esparragueras del Mundo



## COMENTARIOS:

La mayor parte de las zonas productoras de espárragos en el mundo están sobre el Trópico de Cáncer y debajo del Trópico de Capricornio. Estas latitudes son caracterizadas por:

- Presencia de lluvias
- Altas temperaturas en verano
- Bajas temperaturas en invierno
- Las bajas temperaturas llegan hasta 0°C inclusive donde el crecimiento del espárrago es nulo y es en esa época que se aprovecha para el receso y acumulación de CHO.

El Perú tiene condiciones climáticas muy especiales en la costa, con variaciones de temperatura muy cortas, clima cálido y seco lo que hace posible su crecimiento y producción en todo el año.



## Zonas esparragueras del Perú



Hacia el año 2000, desapareció las áreas cultivadas de los Dptos de Arequipa, Lambayeque y Piura.

Las áreas nuevas en los valles aluviales cada vez son menores, el costo de la tierra en el desierto es menor.

El 70% del área cultivada con Espárragos cuenta con riego por goteo y fertirrigación integral o parcial.

Actualmente, ya existe nuevas plantaciones en el Depto. de Lambayeque. Además, existen Nuevos proyectos de irrigación en los Dptos La libertad y Ancash.



# PERU: Escenario del espárrago

HASTA 1999

FENOLOGIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Crecimiento	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Agoste						■	■	■	■			
Cosecha								■	■	■	■	■

DEL 2000 AL 2006

FENOLOGIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Crecimiento	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Agoste		■	■			■	■	■	■	■	■	
Cosecha	■			■	■			■	■	■	■	■

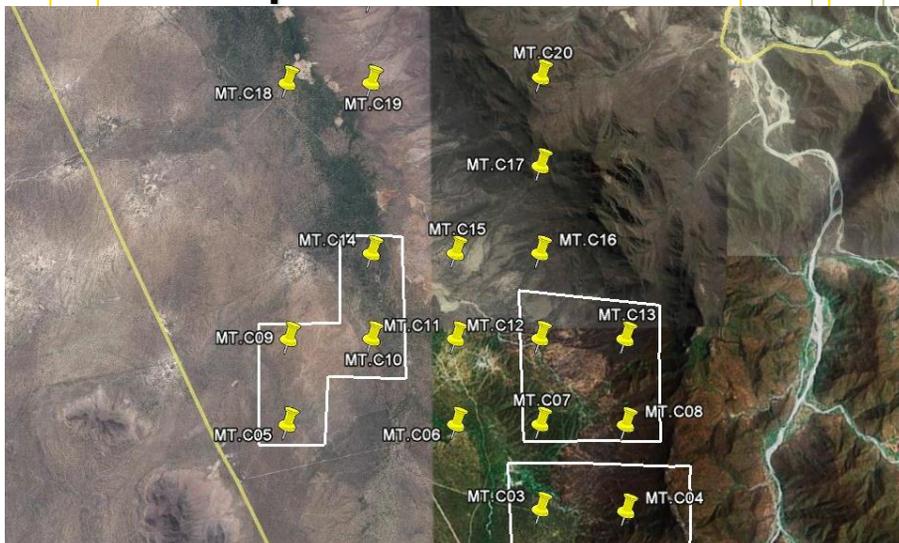
DESDE EL 2007

FENOLOGIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Crecimiento	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Agoste	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cosecha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Elaboración del autor.



## Explorando El Suelo



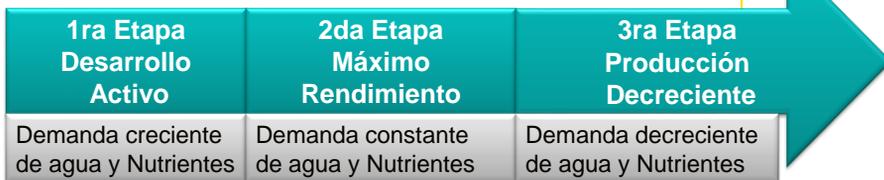
## Estudiando El Suelo



## Preparando El Suelo



## Esquema: Ciclo de vida total del Espárrago



## Mundo: Curva crecimiento

**Desarrollo del helecho:** La mayor pérdida de los CHO solubles ocurre durante la renovación de los helechos (crecimiento).

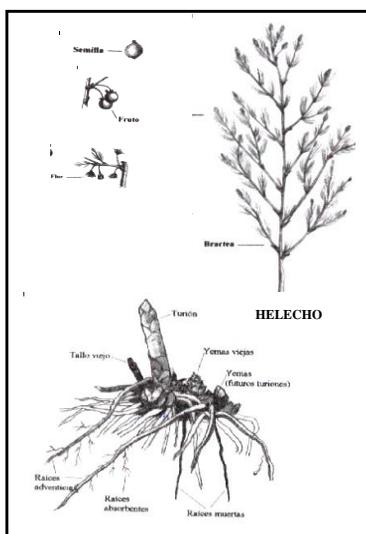
**Acumulación de carbohidratos:** El balance de CHO en la planta se incrementa rápidamente desde el desarrollo del helecho y se detiene en el otoño o antes de la dormancia.

**Estado de Dormancia:** Durante el invierno, la planta está dormida, existe pérdida de MS y una menor pérdida de CHO de la corona por respiración.

**Estado de Producción de Turiones:** La tasa de pérdida de CHO de la planta es relativamente bajo durante la fase de producción en primavera.



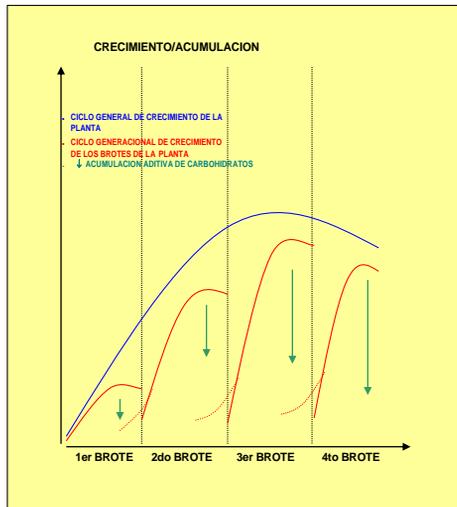
## Morfología del Espárrago



Cada parte de la planta está especializada en una función determinada. Sin embargo, el objetivo comercial del cultivo es la cosecha de turiones que son tallos jóvenes heterotróficos. Estos tallos (turiones) son el resultado de todos los procesos hasta llegar a la acumulación de los carbohidratos en el sistema radicular, que son exportados en el turión al momento de ser cosechados.



# Perú: Curva crecimiento



Para nuestras condiciones, la fisiología del espárragos es muy particular y compleja.

El crecimiento de helechos y turiones son los indicadores del rendimiento. Se puede dar hasta 4 brotes/año

Sin embargo, el crecimiento es gobernado por la cantidad de CHO solubles almacenados en las raíces. Cada brote tiene efecto aditivo en la acumulación de carbohidratos en las raíces.

Tomado de: Sánchez J.(1998)



# Sistema Radicular:

El peso radicular del espárrago comprende dos partes:

- La parte Estructural, que no es traslocada.
- La parte Sólidos Solubles (SS), que comprende: (a) los azúcares (CHO) llamados fructanos y (b) los no azúcares.
- En invierno, el 60% del peso seco de la raíz comprende CHO, que pueden ser traslocados a producir turiones, brotes y nuevas raíces.

**CHO**

Coloide del Suelo  
 Ca<sup>+2</sup> K<sup>+</sup> Na<sup>+</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 Mg<sup>+2</sup> ↔ K<sup>+</sup> Ca<sup>+2</sup> Raíz  
 H<sup>+</sup> Na<sup>+</sup> ↔ Mg<sup>+2</sup> K<sup>+</sup> Mn  
 K CaHPO<sub>4</sub> H<sup>+</sup> Fe<sup>+2</sup> Mg<sup>+2</sup> K<sup>+</sup>  
 BO<sub>3</sub>H<sub>3</sub> Ca<sup>+2</sup> H<sup>+</sup> Na<sup>+</sup> Mg<sup>+2</sup>  
 CaCO<sub>3</sub> Urea Form Mn Quelato  
 N Zn Quelato  
 P K Cu Quelato  
 Fosfato Natural Boro Silicato Molibdato  
 Abono Orgánico Fe Quelato  
 (pH EC)

## Profundidad: Suelo y Raíces



## Fenología del Espárrago



# Fenología del Espárrago



# Agua y Producción

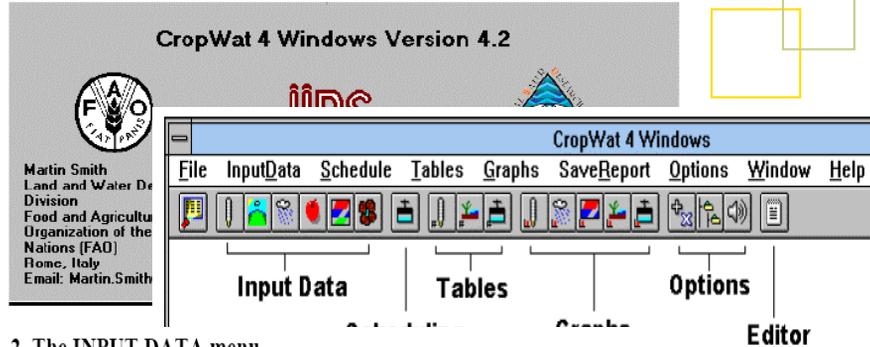
El espárrago es una planta tolerante a la sequía, debido a la dificultad de mostrar marchitez en los brotes desarrollados y leñosos; en tanto que plántulas de brotes jóvenes, existe un mejor crecimiento cuando los suelos están a Capacidad de Campo (Wilcox-Lee, 1987)

Bajos niveles de humedad en el suelo influyen directamente en el balance de carbohidratos en el espárrago. Las condiciones de sequía desminuyen el contenido de glucosa, fructosa y sacarosa en el helecho el cual está asociado a la senescencia del follaje y bajan los niveles de fructanos en las raíces, ya que la tasa de respiración aumenta debido a que el stress hídrico reduce la eficiencia fotosintética (Nichols and Wolley, 1987).

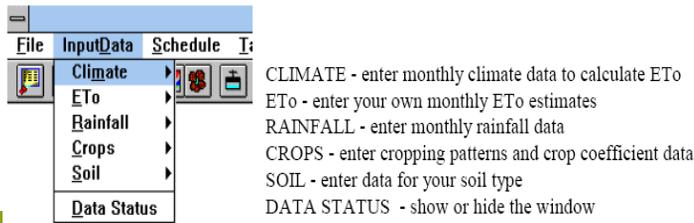
En el Perú, la planta madura forzada por un stress hídrico a falta de temperatura bajas (Toledo, 1990) y también con el manejo de la nutrición Potásica (Sánchez, 1989; Guerrero, 1992).



# Cuándo y Cuánto Regar ?

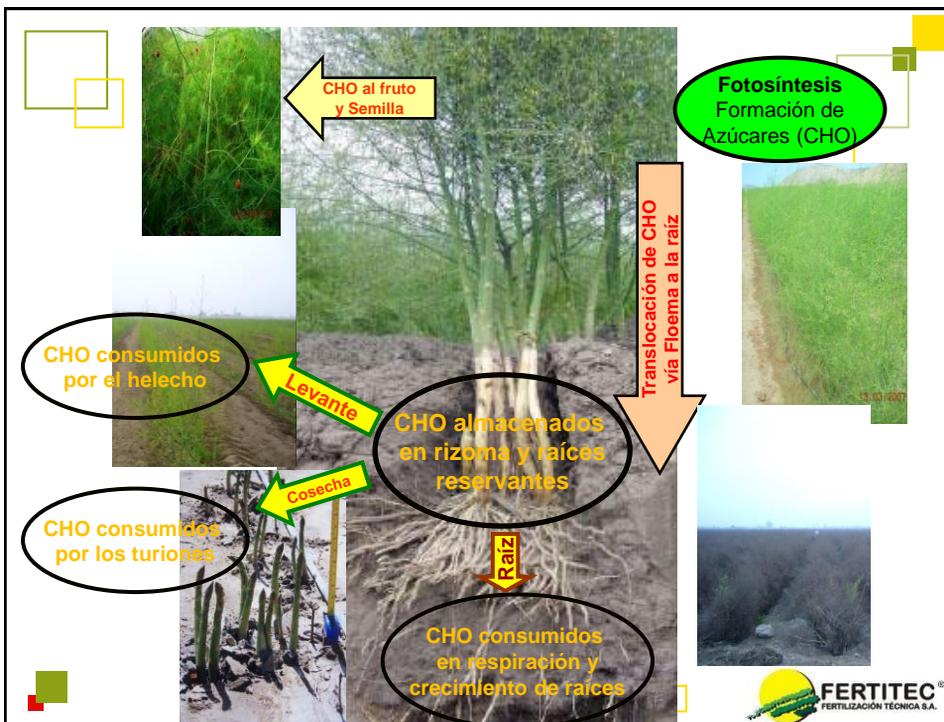
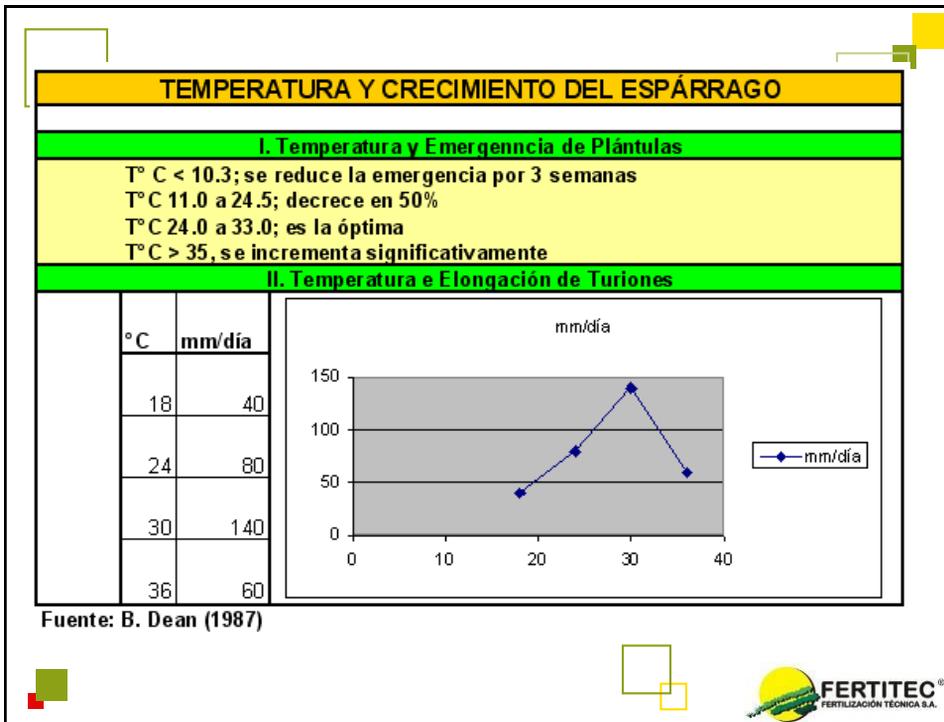


## 2. The INPUT DATA menu



# Nutrición y Producción





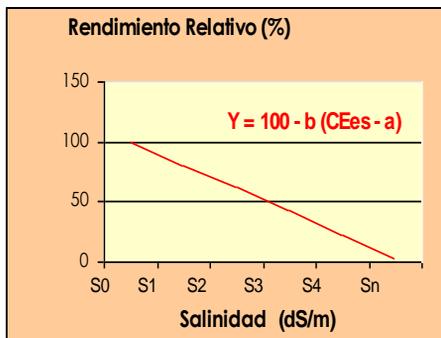
## DISTRIBUCIÓN DE NUTRIENTES EN UNA PLANTA DE ESPÁRRAGO (% DE M.S.)

Parte	N	P	K	Ca	Mg
Corona	45	47	47	19	40
Follaje	35	29	30	71	40
Turiones	20	23	22	10	20
Rango	4.58	0.65	2.71	0.13	0.20
	5.22	0.79	3.40	0.15	0.40

Fuente: H. S. A. O (1987)



## Espárragos y Salinidad (Mass & Hofman, 1984)



Donde:

- Yr = Rendimiento Relativo (%)
- b = Pendiente (rR→iS)
- a = Umbral de tolerancia (ojo)
- CEe = C. E. del extracto suelo (dS/m)

Ejemplo:

CEe= 6.00dS/m:

Entonces:

$$Yr = 100 - b(CEe - a)$$

$$Yr = 100 - 2(6.00 - 4.1)$$

$$Yr = 100 - 2(3.8)$$

$$Yr = 100 - 7.6$$

$$Yr = 92.4 \%$$

Espárragos General (FAO, 1985):

a = 4.1 dS/m ; b = 2%



# Niveles de Nutrientes en tejidos

ELEMENTO	CHILE	USA	ESPAÑA	PERU
- Nitrógeno %	2.50-3.50	2.40-3.8	2.20-2.95	2.50-4.00
- Fósforo %	0.20-0.30	0.30-0.35	0.10-0.20	0.25-0.60
- Potasio %	1.70-2.50	1.50-2.40	2.95-3.11	1.75-4.50
- Calcio %	0.50-1.60	0.40-0.50	0.67-0.98	1.50-3.50
- Magnesio %	0.20-0.30	0.15-0.20	0.76-1.35	0.20-0.60
- Hierro ppm	120-680	--	70-120	400-750
- Manganeso ppm	16-12	10-100	--	50-200
- Zinc ppm	16-28	20-60	20-90	100-200
- Cobre ppm	10-22	--	10-95	10-30
- Boro ppm	--	50-100	8-110	20-40

CHILE : Fundación Chile (1987)  
 USA : Campell, R.C. (1979)  
 ESPAÑA: San Agustín, M. (1989)  
 PERU : Lab. Suelos y Plantas UNALM

Nota: Es necesario construir una nueva tabla para Perú que refleje las actuales condiciones de manejo del cultivo. La presente es de 1992.



# NUTRIENTES Y PRODUCCION DE CULTIVOS

**Nitrógeno**  
(Rendimiento)

- Crecimiento Vegetativo
- Eficiencia Fotosintética
- Formación de Proteínas

**Micronutrientes**

**Zn:** Activador enzimático  
Formación complejos

**Fe:** Activador enzimático  
Síntesis clorofila

**Cu:** Activador enzimático

**Mn:** Activador enzimático

**Cl:** Agente osmótico  
Ayuda al turgor de la planta

**B:** Actividad enzimática  
Fertilidad tubo polínico

**Mo:** Actividad enzimática

**Na:** Esencial en plantas halófitas. Reemplaza funciones del potasio



**Fósforo**  
(Energía)

- Responsable del metabolismo de la planta
- Crecimiento y desarrollo de la raíz

**Potasio**  
(Calidad)

- Participa en el Transporte de Carbohidratos
- Participa en la Fisiología de la regulación estomática
- Regula la actividad de más de 60 enzimas
- Promueve resistencia a enfermedades, clima.
- Potasio es sinónimo de Calidad

**Macronutrientes Secundarios**

**S:** Síntesis aminoácidos  
Formación haces vasculares

**Mg:** Núcleo central de la clorofila

**Ca:** Cementación paredes celulares  
Estructura y permeabilidad de las membranas celulares



# Sintomatología Deficiencias (Haag and Belford, 1988)

**N** = Amarillamiento de las hojas más viejas, evolucionando a las intermedias y jóvenes.

**P** = Clorosis de los filocladios más periféricos, evolucionando hacia anaranjado

**K** = Clorosis y luego secamiento gradual de los brotes jóvenes a los más viejos.

**Ca** = Clorosis terminal de filocladios intermedios y apicales de la posteriormente color ceniza.

**Mg** = Coloración anaranjada de filocladios en el tercio basal de la planta y secamiento de la parte terminal.

**S** = Reducción del número de filocladios y clorosis terminal

**B** = Clorosis, engrosamiento y necrosis de los filocladios del tercio superior



## Evolución de Nutrientes en tejidos

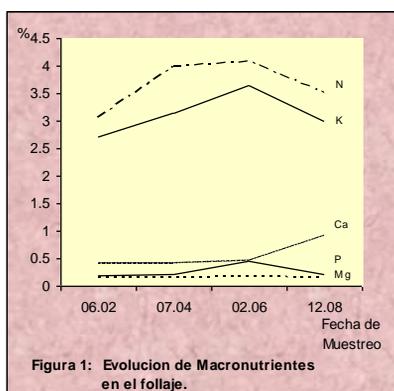


Figura 1: Evolución de Macronutrientes en el follaje.

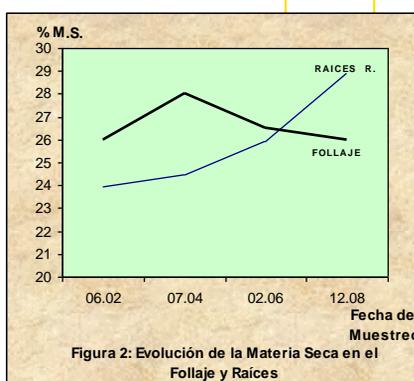


Figura 2: Evolución de la Materia Seca en el Follaje y Raíces

Sánchez y Chumpitaz (2000), para una plantación que tuvo 4 brotaciones, encontraron que N, P y K disminuyen su contenido relativo a partir del tercer brote, mientras Ca y Magnesio aumentan. La M.S. en el follaje disminuye mientras que en la raíz aumenta en el mismo periodo.



# Nutrientes en Post Cosecha

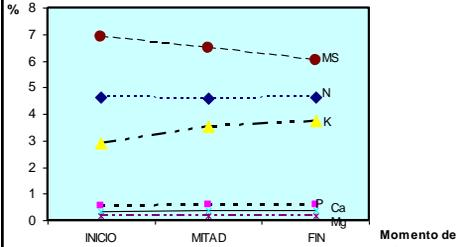


Figura 1: Contenido de Macronutrientes y Materia Seca en Turiones durante la Cosecha

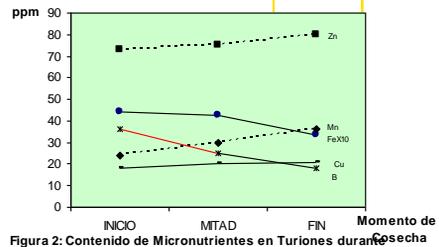
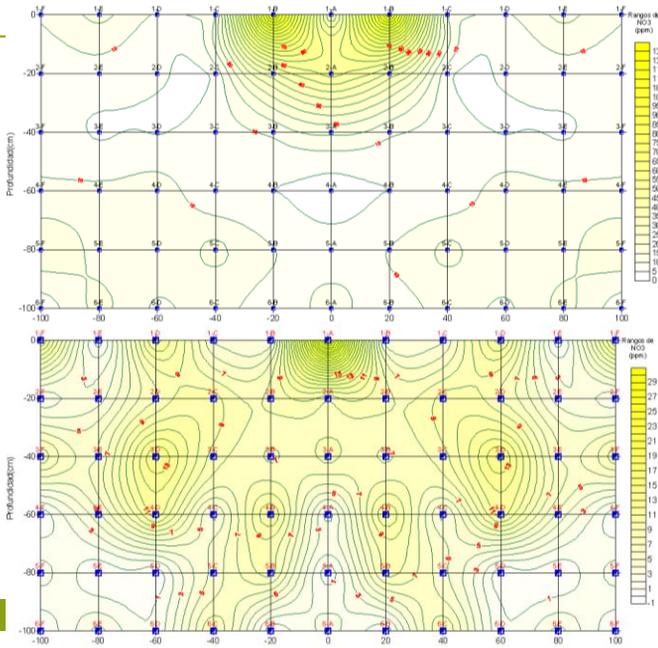


Figura 2: Contenido de Micronutrientes en Turiones durante la Cosecha

Núñez y Casas (2000), En un ensayo en el valle de Chíncha, encontraron una asociación directa y positiva entre el contenido del Ca, Mg, Fe y Cu en la vida post cosecha de los turiones verdes. Mientras que la M.S. y el B tienen una asociación indirecta y negativa. En general, el primer grupo resultó en 18 días de vida post cosecha, 3 días más que lo normalmente aceptado. Los autores agregan además que en condiciones de desierto el comportamiento del Zn y Mn es bastante parecido al primer grupo, pero ns.



# Cambios en la Fertilidad de Suelo



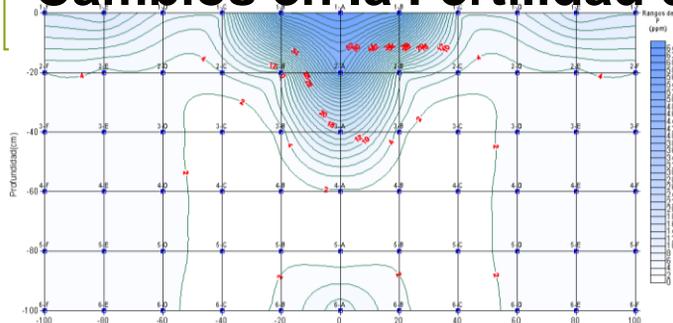
Año 1

$\text{NO}_3^-$

Año 4



# Cambios en la Fertilidad de Suelo



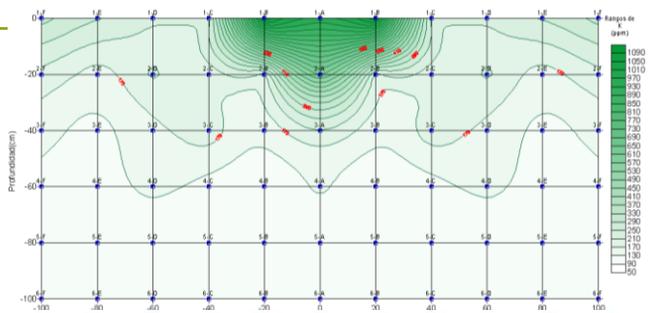
Año 1

**P**

Año 4



# Cambios en la Fertilidad de Suelo



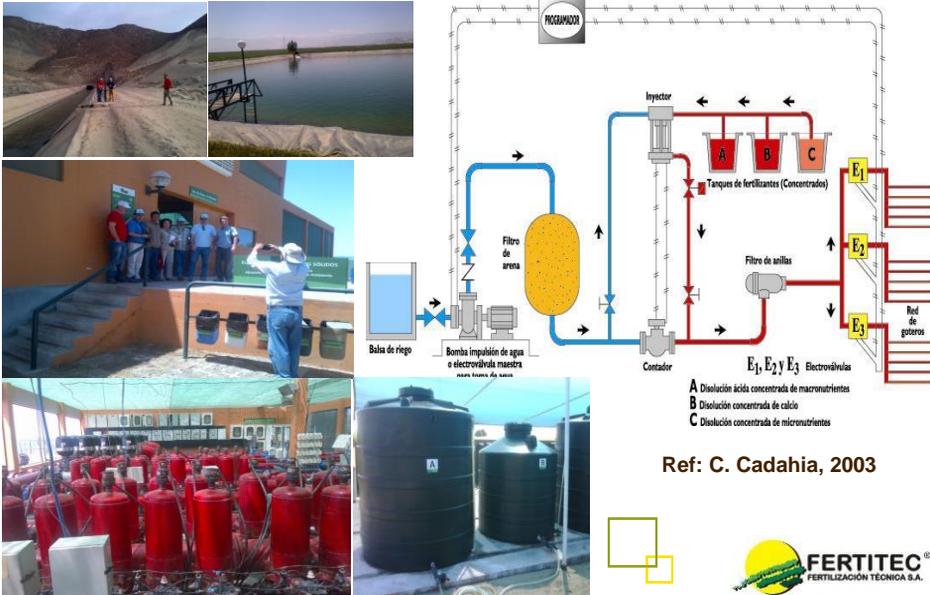
Año 1

**K<sup>+</sup>**

Año 4



# Diagrama de Fertirrigación



# Dosis N y H<sub>2</sub>O, en la Producción

Suelos secos pueden reducir el número de veces que el cultivo puede ser cosechado (Brasher, 1956). Por tanto, el riego es necesario en la cosecha para el crecimiento del turión, temperar el suelo y minimizar el daño (Roth and Garner, 1989). Estos autores además encontraron una asociación entre la tasa de N y el consumo agua por el cultivo en la producción de turiones (ver figura).

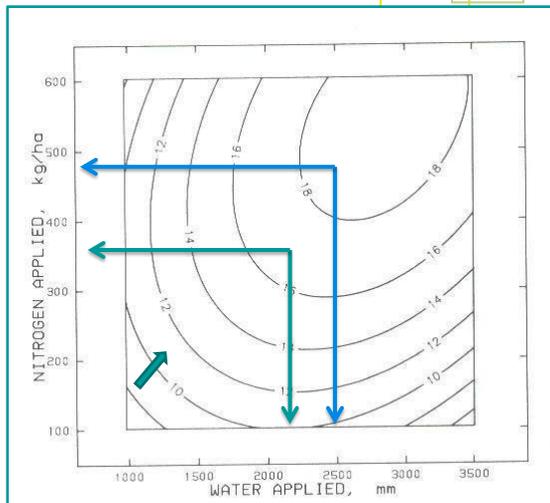


Fig. 5—Predicted total yield (Mg/ha) contours for the 1983 harvest.

## CHO, en las raíces (Wilson, 2005)

La cantidad de CHO (kg/ha) de un sistema radicular en un determinado tiempo está dado por tres factores:

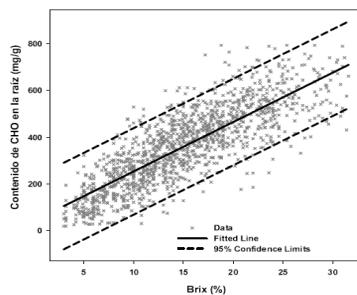
- Población de plantas (plantas/ha),
- Biomasa radicular promedio (kg/planta), y
- Contenido medio de CHO en raíces (kg/kg).

### Modelos de Predicción de rendimiento:

Washington:	CHO = 18.0 (0.8) x Brix% + 66.8 (12.2)	(1)
California:	CHO = 21.3 (0.5) x Brix% + 16.8 ( 8.6)	(2)
New Zealand:	CHO = 24.0 (0.7) x Brix% + 69.9 (11.6)	(3)
Germany:	CHO = 24.2 (1.9) x Brix% + 39.0 (33.7)	(4)



Relación entre grados Brix y contenido de CHO en raíces.



## Extracción de Nutrientes y Rendimiento

Extracción de N-P-K-Ca-Mg y Rendimiento de Espárragos							
FUENTE	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	kg/ha	Obs.
Dean, et. Al (1993)	9.3	3.0	6.8	nd	nd	6,500	Campo
CFA (1995)	31.7	16.7	40.0	nd	nd	8,200	Campo
Moreau y Zuang (1997)	23.4	9.0	28.5	19.0	3.1	nd	
San Agustín (1989)	19.0	6.0	22.0	nd	nd	nd	
Sánchez, J. (1997)	18.4	3.2	19.1	4.9	3.0	12,640	Campo
Sánchez, J. (1998)	26.8	7.3	25.9	17.9	12.2	11,960	Campo
Agriquem Perú (2009)	26.4	7.0	26.7	12.9	4.7	8,446	Export

Recopilación del Autor (2013)

Conclusión: Para condiciones de Perú, los niveles de extracción encontrados por diferentes autores y fincas es muy parecido, el gran reto es como lograr la eficiencia correspondiente para un mayor rendimiento (y calidad).



## Fertilización: Programa (Blanco)

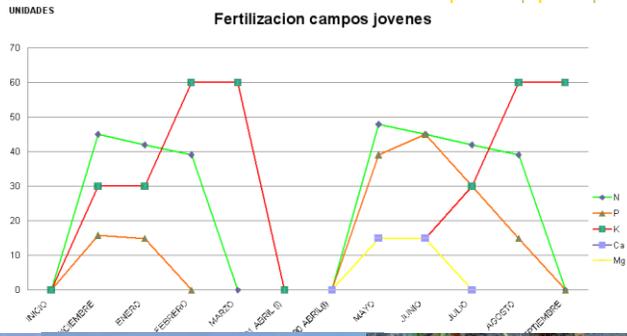


Unid. semanales / ha	Unid. semanales / ha					Sem Cultivo
	N	P	K	Mg	B	
	30.5	8.0	12.0	0.4	0.4	1
	46.8	12.3	25.2	0.6	0.6	2
	42.8	11.2	25.2	0.5	0.5	3
	36.7	9.6	25.2	0.5	0.4	4
	28.5	7.5	25.2	0.4	0.3	5
	22.4	5.9	33.6	0.3	0.3	6
	18.3	4.8	33.6	0.2	0.2	7
	17.1	4.5	33.6	0.2	0.2	8
	2.8	4.1	40.8	0.2	0.2	9
	2.8	4.1	40.8	0.2	0.2	10
	2.6	3.7	40.8	0.4	0.3	11
	2.0	2.9	16.2	0.3	0.3	12
						13
						14
						15
						16
<b>253</b>	<b>79</b>	<b>352</b>	<b>4.2</b>	<b>3.8</b>		

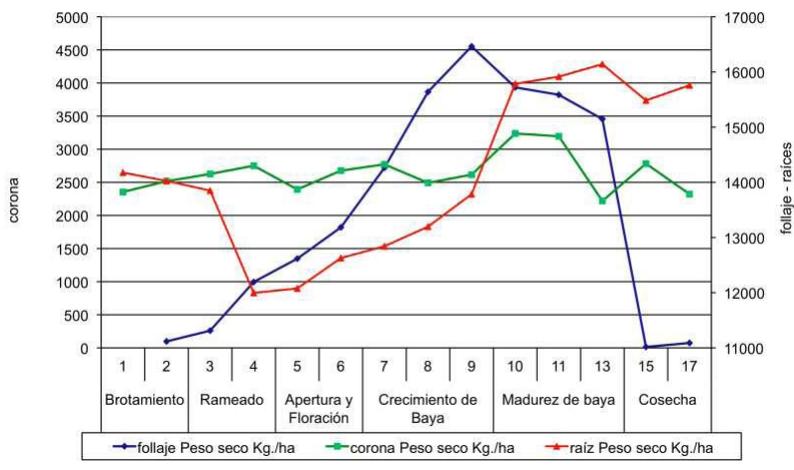


# Fertilización: Programa (Verde)

RESUMEN					
ELEMENTO	N	P	K	Ca	Mg
INICIO	0	0	0		
DICIEMBRE	45	15.9	30		
ENERO	42	15	30		
FEBRERO	39	0	60		
MARZO	0		60		
cosecha 01 ABRIL (t)			0		
cosecha 30 ABRIL(t)	0	0	0	0	0
MAYO	48	39	15	15	15
JUNIO	45	45	15	15	15
JULIO	42	30	30	0	0
AGOSTO	39	15	60		
SEPTIEMBRE	0	0	60		
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>160</b>	<b>360</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

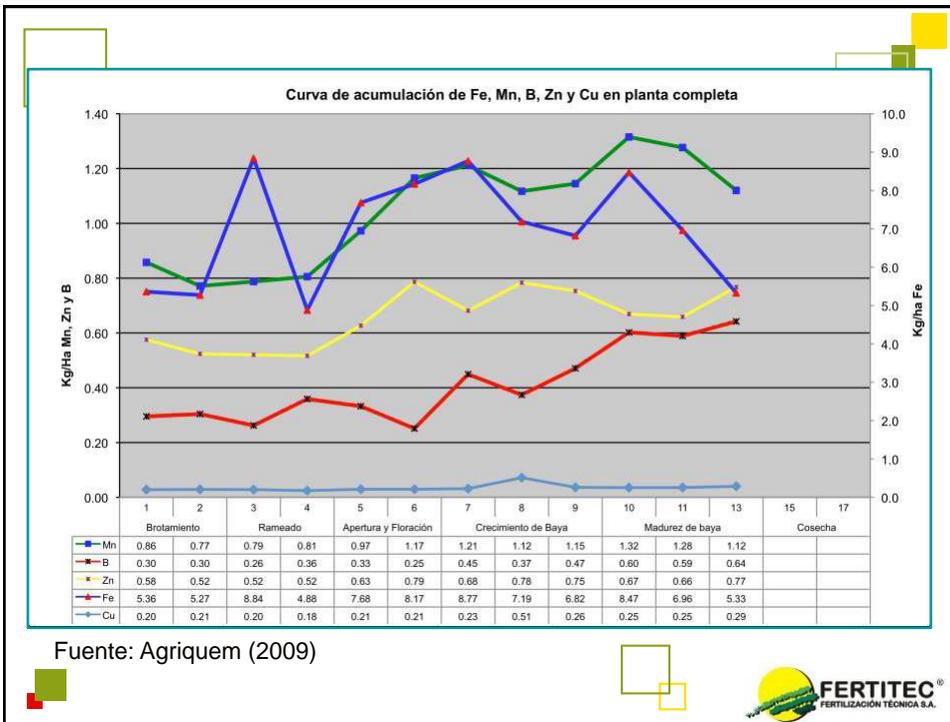
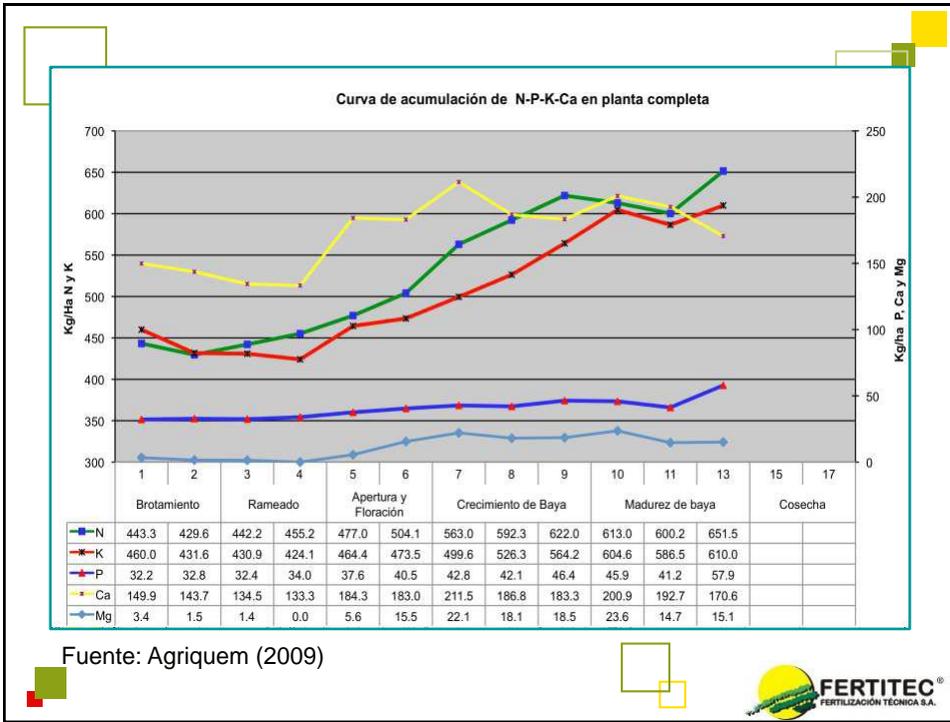


Materia seca (Kg/Ha)



Fuente: Agriquem (2009)





# Nutrición y Calidad



**“Normal”**  
Erecto,  
Punta cerrada



**“Granado”**  
Variación de  
Humedad y T°



**“Floreado”**  
Alta T°, Bajo CHO,  
Stress Hídrico



**“Flácido”**  
Bajo CHO y  
Déficit Hídrico



# Nutrición y Calidad



**“Acanalado”**  
Déficit de Ca y  
Variaciones de Hd



**“Gancho”**  
Déficit de Ca y/o  
Desbalance Ca/B



**“Hueco”**  
Deficiencia de Ca;  
Exceso de N



**“Paleta”**  
Malfor. Genética;  
Deficiencia de P



## Nutrición y Calidad



La calidad del espárrago blanco está más relacionada al contenido de Calcio y al régimen de agua. Los daños mecánicos son también significativos.



## Nutrición y Clima



Bajas temperaturas y una baja reserva de CHO



# Nutrición y Sanidad



Arriba Izq= Daño por Prodigiosis  
Arriba Der= Daño por Roya  
Abajo Izq= Competencia Malezas  
“En todos los casos no puede haber un eficiente uso del fertilizante, por tanto, hay déficit de Nutrientes y baja Producción”



# GRACIAS

[www.fertitec.com](http://www.fertitec.com)

