

# NUTRICION Y FERTILIZACION DEL CULTIVO DE ESPARRAGOS

Por: Ing. Javier Sánchez Vigo. FERTITEC S.A. E.mail: [jsanchez@fertitec.com.pe](mailto:jsanchez@fertitec.com.pe)  
Conferencia dictada en: Módulo Integrado de Espárragos y Alcachofas. Facultad de Agronomía. UNALM. Noviembre 2005. Lima-Perú.

## I. INTRODUCCION

El espárrago (*Asparagus officinalis L.*) es uno de los vegetales más sabrosos; su valor biológico está determinado por su contenido de vitaminas, carbohidratos, fibra, proteínas y minerales. Sin embargo, este valor nutritivo es afectado directamente por la nutrición que tiene la planta durante su ciclo de crecimiento. La nutrición de la planta es uno de los factores que más afectan la calidad de las cosechas.

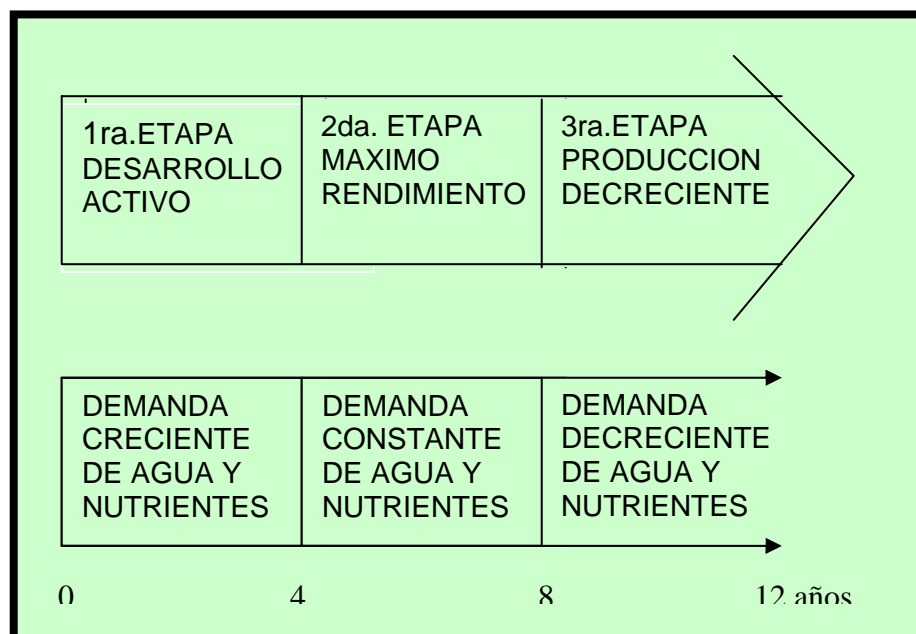
En el Perú, actualmente existen aproximadamente 20000 has cultivadas de espárrago de las cuales un 60% tienen menos de 4 años de edad. Asimismo, el 70% del área está dedicada a obtener producto en verde y 30% en blanco. Existen aproximadamente 15 000 has que se conducen bajo riego por goteo, las mismas que se ubican en los desiertos de costa árida peruana, siendo la tendencia a crecer más, pero a una tasa menor que en los últimos 3 años. Este incremento significativo del área tecnificada, nos hace pensar y trabajar más en el ahorro de agua y el uso más eficiente de los fertilizantes mediante la fertirrigación.

El presente trabajo muestra en su primera parte algunos conceptos básicos pero no menos importantes de investigaciones foráneas que combinadas con las observaciones e investigaciones locales han permitido desarrollar el cultivo de tal manera que se produce todos los meses del año y se obtienen los más altos rendimientos del mundo. Fundamentalmente el enfoque específico está orientado a la nutrición, riego y fertilización del cultivo mediante la fertirrigación.

## II CONSIDERACIONES BASICAS

### 1. Ciclo de Vida de la Planta

El espárrago, por ser una planta perenne, podemos dividir su ciclo de vida en dos partes: ciclo de vida total y el ciclo de vida estacional (Benages, 1990; San Agustín, 1989). El ciclo de vida total está caracterizado por tres etapas bien definidas. La primera, de implantación o de crecimiento activo, donde hay un predominante crecimiento radicular; el fósforo, calcio y potasio tienen gran importancia en la formación de tejidos de reserva (abarca del primer al cuarto año). La segunda etapa, llamada de producción o de máximo rendimiento, es donde precisamente se alcanzan los máximos rendimientos del cultivo, existe una demanda constante de agua y nutrientes y tiene un abundante sistema radicular (abarca del cuarto al octavo año). La tercera etapa o de producción decreciente, caracterizada por una disminución paulatina del rendimiento y de la demanda de agua y nutrientes, se deteriora el sistema radicular, hay suberización de tejidos, etc.



**Figura.1. Esquema del Ciclo de Vida Total del Espárrago**

El ciclo vegetativo estacional, está referido a la campaña-cosecha, ésta puede ser anual, dos cosechas por año, tres cosechas en dos años, etc. En el Perú, se utilizan los tres esquemas mencionados y dependiendo de la estación de crecimiento pueden lograrse entre dos a cinco brotaciones sucesivas ("flash"). Cada una de estas brotaciones constituyen a su vez un pequeño "ciclo de vida", que difieren unos de otros en el tiempo de maduración, siendo siempre el primer brote después de la cosecha el que madura más rápidamente (Sánchez, 1998).

## **2. Morfología de la Planta**

La planta del espárrago se constituye de dos partes; la parte aérea o "fronde", constituida por tallos, ramas, hojas, flores, frutos y semillas. La parte verde, es la que se encarga del proceso fotosintético en la elaboración de carbohidratos. La parte subterránea o "corona" está constituida por el rizoma que es el nexo entre ambas partes, allí se ubican los grupos de yemas vegetativas, de donde se desarrollarán los turiones. También lo forman las raíces gruesas responsables del almacenamiento de carbohidratos y las raíces fibrosas, responsables de la absorción de agua y nutrientes. Toda esta parte a su vez sirve de anclaje de la planta en el suelo (Benson, 1989; Delgado de la Flor, 1987; Benages, 1990; del Pozo, 1999).

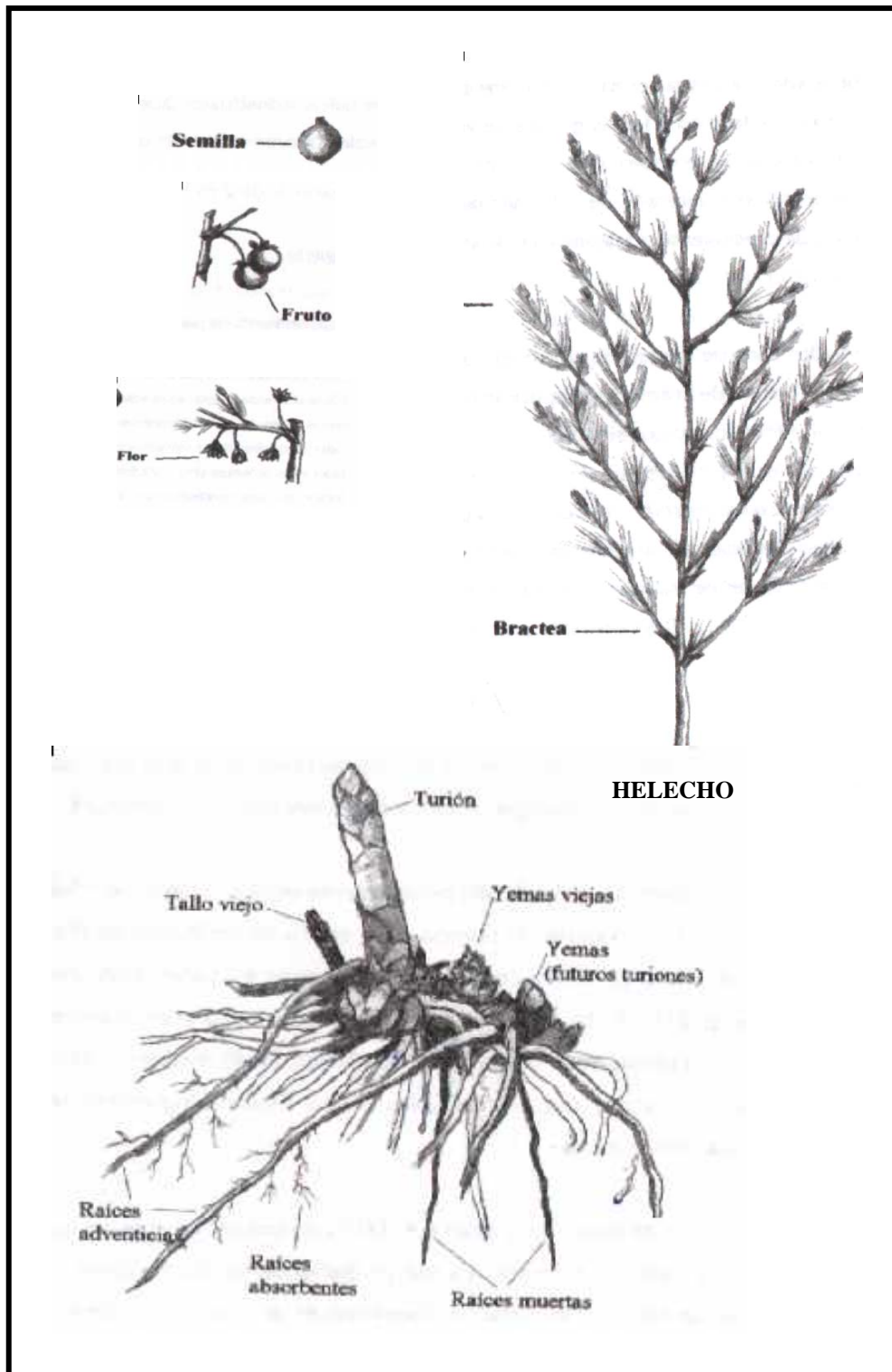


Figura. 2. La Planta del Espárrago: rizoma, raíz, tallo, helecho con flores, frutos y semillas (Tomado de: del Pozo, 1999)

El sistema radicular del espárrago por otro lado, responde directamente a las condiciones de humedad del suelo; suelos húmedos y bien drenados tendrán mayor masa radicular (Benson, 1989). Por otro lado, la raíz de almacenamiento puede elongarse durante muchos años y alcanzar un largo de 6 m, asimismo, éstas raíces poseen una corteza muy gruesa impermeable al agua, de tal manera que a medida que la planta produce fotosintatos (carbohidratos) éstos son traslocados al sistema radicular y almacenados como fruto-oligosacáricos (molécula de azúcar de cadena larga). Finalmente, las yemas y las raíces reservantes están conectadas mediante un sistema vascular, de allí que los carbohidratos almacenados darán el soporte a cierta yema o racimo adyacente.

### **3. Fisiología de la Planta**

En comparación con otros vegetales, el rendimiento del espárrago no es directamente el resultado de la fotosíntesis del período actual, es más bien una función de las reservas de carbohidratos acumulados del año anterior (Martín and Hartmann, 1990). Cualquier especie vegetal cultivada necesita de condiciones ambientales específicas, agua y nutrientes para su normal crecimiento, desarrollo y producción de cosechas. De acuerdo a éste concepto genérico, el espárrago necesita un óptimo de temperatura que se puede expresar como  $t = 19 \pm 7^{\circ}\text{C}$ , considerándose la media como  $19^{\circ}\text{C}$  y en cuya desviación el cultivo llega a soportar en sus diferentes fases (Fehér, 1992), el mismo autor señala que desviaciones de  $\pm 14^{\circ}\text{C}$  detienen el desarrollo del cultivo.

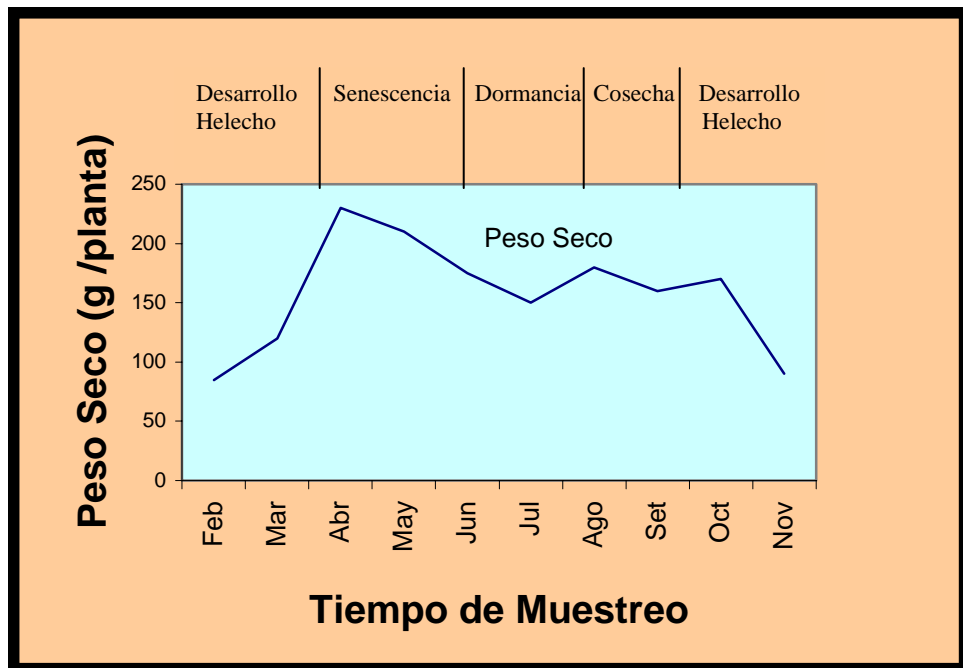
La luz juega un papel importante en la fotosíntesis de todas las plantas; el espárrago, requiere de días largos y alta intensidad de luz antes que temperaturas muy altas. Sin embargo, la luz no tiene efecto directo en el desarrollo del turión, ya que se ha observado crecimiento de turiones bajo la sombra de árboles o de nuevos brotes dentro de sus antecesores (Fehér, 1992).

La liberación de yemas del espárrago de su estado de receso depende del ácido abscísico endógeno, auxinas y la temperatura. El turión más avanzado (turión alongado) retarda el desarrollo y la elongación de yemas adyacentes en el mismo racimo de yemas (Benson, 1989).

Las reservas de carbohidratos en las raíces de almacenamiento son el resultado de la actividad fotosintética del follaje. Los niveles de carbohidratos en el sistema radicular varían dramáticamente durante el período de crecimiento de la planta. Durante el período invernal, se produce una pequeña pérdida del contenido debido a las tasas de respiración y desarrollo de yemas. Al inicio de la producción de turiones, el nivel de carbohidratos decrece debido a la movilización de azúcares a los turiones, yemas y raíces en desarrollo; habiendo posteriormente una baja importante en el contenido de carbohidratos durante el rebrote del follaje después de la cosecha, hasta la apertura del filocladio y el desarrollo de

éste, donde precisamente comienza el aumento de carbohidratos y la posterior traslocación y almacenamiento. (Woolley et.al.1999).

Como señalamos al inicio del acápite, las reservas son consumidas en función del almacenaje del año anterior (Martín y Hartmann, 1990), de acuerdo a esta conclusión, los autores demuestran las variaciones cuantitativas de la reserva de carbohidratos de una campaña a otra.



**Figura 3. Evolución de Peso Seco de Coronas durante 10 meses (Tomado de: Woolley, et.al. 1999, modificado).**

Como se puede apreciar en la figura anterior, la pérdida de carbohidratos por efecto de la cosecha es bastante alto y está en función de las reservas totales almacenadas. Estos procesos se dan para condiciones de variaciones climáticas bien marcadas y con un sólo brote durante el año.

Sin embargo, para condiciones de un crecimiento activo durante todo el año, como ocurre en las condiciones de Perú (temperatura óptima, días largos, humedad del suelo manejable, etc), existe una acumulación aditiva de carbohidratos en la maduración de cada generación de brotes, ya que consideramos cada brotación un pequeño ciclo de vida (Sánchez, 1998).

La maduración de cualquiera de estas brotaciones se maneja en función del agoste (estrés por sequía) en cualquier época del año para poder entrar en cosecha, la misma que suele ser corta en el primer semestre del año y

más extensa en el segundo, llegando a totalizar un promedio de 90 a 100 días de cosecha.

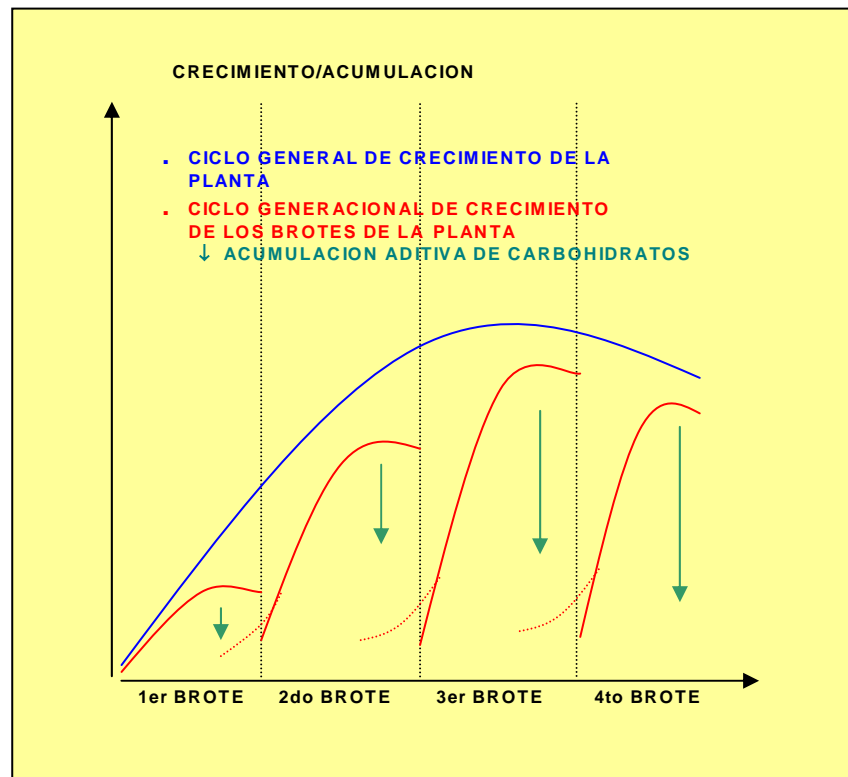


Figura 4. Curva de Crecimiento / Acumulación de reservas de una esparraguera en función de Tiempo (Sánchez, 1998)

### III NUTRICION DEL ESPARRAGO

#### 1. Nutrición Hídrica

El espárrago es una planta que tolera la sequía, sin embargo, la sequía durante la cosecha afecta la calidad disminuyendo el grosor y turgencia de los turiones (Drost, 1997). Asimismo, existe una relación directa entre el potencial mátrico del suelo y potencial del xilema del tallo (Wilcox Lee, 1987), el mismo autor menciona que a pesar de su tolerancia a la sequía, el máximo desarrollo y rendimiento se obtienen cuando el suelo está en su capacidad de campo.

Mantener el suelo a su capacidad de campo beneficia no sólo un buen suministro de agua a la planta, también garantiza el suministro de nutrientes (Sánchez, 1998). Así mismo, garantiza la existencia de un bulbo o frente de humedecimiento que permitan mantener el nivel de sales por debajo del umbral de tolerancia del cultivo (Francois, 1987), especialmente

en zonas áridas como el norte de México, Perú y norte de Chile. En un experimento, Roth and Garner (1990) demuestran que con temperaturas del suelo mayores de 10°C y con reducciones en la aplicación de agua, no se afectan los rendimientos en los primeros veinte días, pero si lo hace drásticamente en los próximos cuarenta días. Similares resultados obtuvo Dean (1999), pero con disminución en la calidad. Por otro lado, respecto a los requerimientos hídricos del cultivo no existe una receta puntual que defina cuánto y cuándo regar, ya que cada sitio específico determina su propia demanda de agua por el cultivo. La evapotranspiración potencial varía significativamente en cada zona, de allí que el índice de área foliar sea una respuesta a éstas consideraciones. Drost (1997) encontró respuesta altamente significativa a las variaciones de aplicación de agua de 0, 40 y 80% de la ET, concluyendo que el crecimiento y actividad radicular depende del mantenimiento óptimo del agua en el suelo. Asimismo, menciona que con este régimen de reposición de agua, el número y peso radicular aumentó considerablemente.

Para condiciones de Perú y bajo riego por goteo, las aplicaciones de agua están entre el 65 y 100% de ET, las mismas que están en función de la fase fenológica del cultivo y de la estación de crecimiento. En época de cosecha, la lámina de reposición está muy cercana al 100% para evitar acumulación de sales sobre la corona que pueden dañar los turiones cosechables.

## 2. Nutrición Mineral

El rendimiento del espárrago está genéticamente fijado y determinado por las condiciones medioambientales del lugar de la producción siempre que exista un suministro constante de elementos minerales (Fehér, 1992).

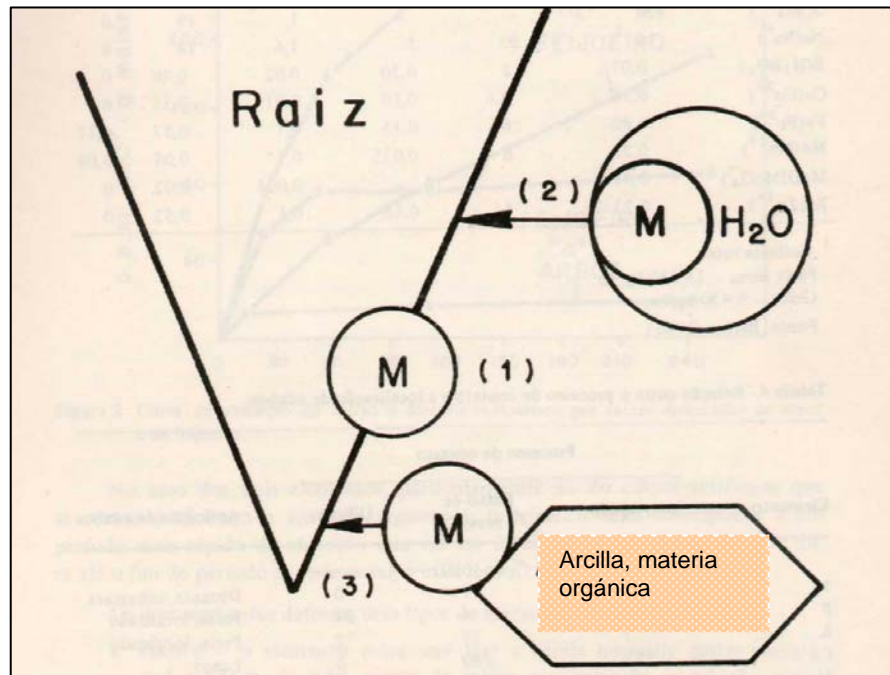
Todas las plantas deben tener, en variados grados, suministros básicos para crecer, tales como; temperatura, luz, energía, agua, oxígeno, carbono y elementos minerales. En general, se han aceptado 18 elementos como esenciales para la nutrición de la planta: Carbono, Oxígeno e Hidrógeno, son tomadas del aire y del agua; los restantes se dividen en macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre) y en micronutrientes (Fierro, Cobre, Zinc, Manganeso, Boro, Molibdeno, Sodio y Cloro).

### a. Absorción y Transporte Iónico

Son tres los mecanismos primarios de absorción de iones por las raíces: **Difusión**, indica que los iones son movidos de mayor a menor concentración; **Intercepción Radicular**, sugiere que las raíces actuales entran en contacto con los iones y, **Flujo de Masas**, indica que los iones son movibles de la solución suelo a la raíz de la planta en función de la transpiración (*Malavolta, et al, 1989*).

E (suelo) ⇔ E (solución) ⇔ E (raíz) ⇔ E (parte aérea)

Los mismos autores añaden que el proceso de transporte de iones de la solución suelo hacia las raíces de la planta es extremadamente complejo e involucra dos procesos: absorción pasiva y absorción activa. En la absorción pasiva, los iones son transportados por el flujo de agua del suelo a la planta debido a un gradiente de potencial hídrico, generado por la transpiración de la planta. La concentración en la raíz de algunos elementos es mayor que en su alrededor; éste movimiento en contra es conocido como absorción activa; en este proceso los iones son absorbidos más fácilmente o más difícilmente en presencia de otros elementos (sinergismos y antagonismos).



**Figura 5:** Los elementos entran en contacto con la raíz por intersección radicular(1), flujo de masas (2) y difusión (3). (Tomado de Malavolta. et.al.,1989)

**b. Los Elementos y sus Funciones**

De acuerdo a los estudios de Haag y Belfort (1988) mediante la técnica del elemento faltante determinaron el tiempo y la manifestación de la carencia de algunos elementos en el espárrago. Seguidamente, se presenta un resumen de cada uno de ellos precedido del rol principal del elemento en la planta.

**NITROGENO:** Interviene en la formación de clorofila, producción fotosintética de carbohidratos, síntesis de proteínas, etc.

Su carencia se manifiesta rápidamente a través de un amarillamiento en los filocladios más viejos evolucionando a los medios y jóvenes con secamiento de los mismos.

**FOSFORO:** Interviene en el desarrollo radicular, transferencia de energía dentro del tejido celular, composición de cromosomas, ADN y ARN.

Su carencia se manifiesta algo tardía, con clorosis de los filocladios más periféricos de la planta, éstos pueden evolucionar de verde claro a anaranjado. Hay senescencia de filocladios.

**POTASIO:** Interviene en la síntesis de proteínas y clorofila y, en la síntesis, traslocación y almacenamiento de carbohidratos.

Su carencia se manifiesta tardíamente, mostrando clorosis y secamiento gradual de los filocladios de la parte terminal. El síntoma se asemeja al del calcio, con la diferencia que el secamiento ocurre a lo largo del filocladio. Además, muestran intenso floreamiento y aborto prematuro de flores.

**CALCIO:** Interviene en la formación de pectatos de calcio que actúan en el proceso de absorción de nutrientes, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos, regulando la presión osmótica de las células.

Su carencia se presenta algo tardía, los filocladios intermedios y centrales y en particular los terminales se tornan cloróticos y luego toman coloración ceniza. Además, en la parte terminal los filocladios se ponen en posición erecta.

**MAGNESIO:** Forma parte de la molécula de clorofila, la cual produce la síntesis de carbohidratos, actúa como activador enzimático, etc.

Su carencia se manifiesta tardíamente, los filocladios presentan una coloración anaranjada en los 2/3 basales y un secamiento terminal.

**BORO:** Interviene regulando múltiples funciones metabólicas.

Su carencia se manifiesta rápidamente en una clorosis y secamiento del tercio superior de la planta y con un engrosamiento basal de los filocladios

**OTROS MICRONUTRIENTES:** Todos los micronutrientes son vitales para espárrago, cumpliendo una función específica. No se ha reportado aún la sintomatología característica ni la evolución de las deficiencias de Fe, Cu, Zn, Mn; pero, por extensión de otras especies de la misma familia, se las puede caracterizar o en todo caso por el análisis químico comparativo.

### c. Extracción de Nutrientes

Los requerimientos de nutrientes por una espárraguera va en ritmo ascendente desde su implantación hasta la etapa de máxima producción. Estos requerimientos no sólo contemplan los nutrientes requeridos por los turiones, además debe suministrarse nutrientes para el desarrollo de la corona (rizoma + raíces) y del follaje (tallo, filocladios, flores y frutos).

Seguidamente se presenta un cuadro resumen de las extracciones de nutrientes por el cultivo de espárrago bajo diferentes condiciones.

**Cuadro 1:** Extracción de Nutrientes por toneladas de turión según varios autores (compilación del autor)

Fuente / Nutriente	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Moreau y Zuang (1997) *	23.4	9.0	28.5	19.0	3.1
CFA (1995) *	31.7	16.7	40.0	-	-
Dean, et. Al. (1993) *	9.3	3.0	6.8	-	-
San Agustín (1989)	19.0	6.0	22.0	-	-
Sánchez, J (1998) **	26.8	7.3	25.9	17.9	12.2
Sánchez, J (1997) **	18.4	3.2	19.1	4.9	3.0
Promedio	21.4	7.5	23.7	13.9	6.1

\* **Tomados de** :El Cultivo de Espárrago. Gonzáles y del Pozo Editores (1999) INIA. Chile.

\*\***Tomado de**: Fertilización del espárrago. Sánchez (1998). IPE. Perú.

Como se puede apreciar, las variaciones son fundamentalmente consecuencia de las condiciones climáticas de cada zona; sin embargo, se puede confirmar que las extracciones de nitrógeno y potasio son aproximadamente del mismo orden. Al respecto es preciso enfatizar el momento de aplicación de los elementos durante la campaña, como se verá más adelante.

Debido a la gran variabilidad en los rendimientos, es conveniente manejar el **índice de cosecha**, que es la relación de extracción de la materia seca del follaje y la extracción de la materia seca de los turiones; está relación siempre debe tender a 1 pero con rendimientos altos (Casas, 1996, comunicación personal).

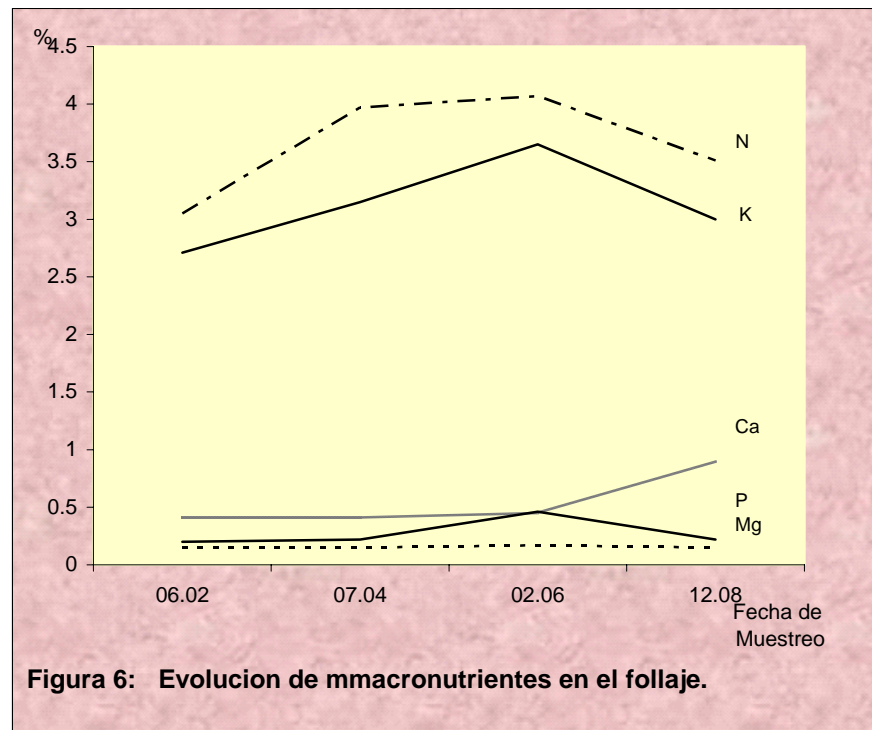
Seguidamente se presentan los resultados de un ensayo llevado a cabo por Chumpitaz y Sánchez, bajo condiciones de Pachacamac, Lima (Sánchez, 2000).

Los resultados evidencian muchos aspectos importantes para el estudio que detallamos a continuación en forma separada.

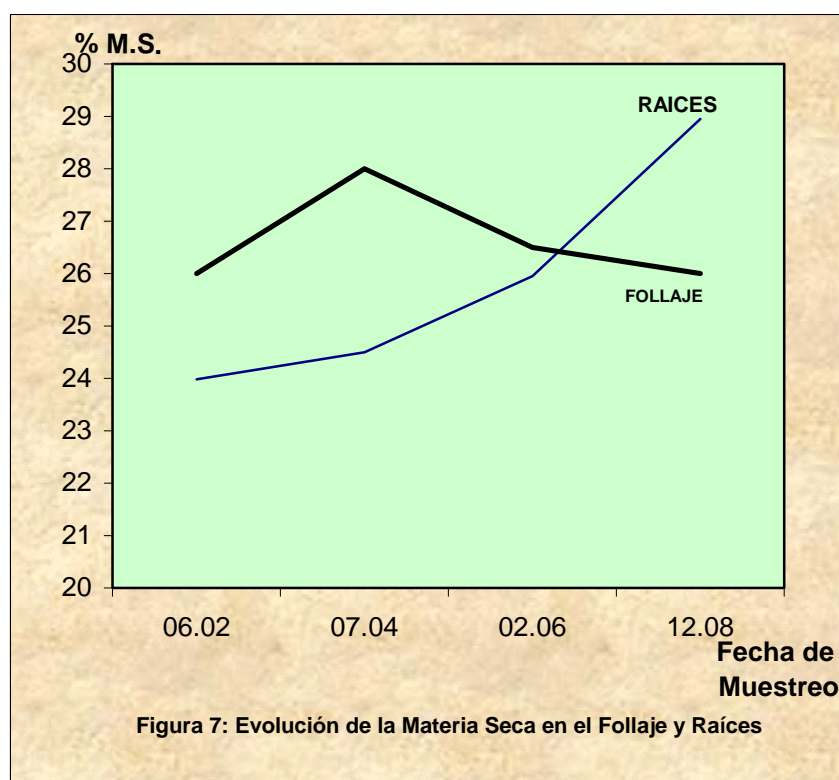
Primero: Absorción de Nutrientes. En general, como se aprecia en la figura 6, el ritmo de absorción del Nitrógeno, Fósforo y Potasio, mostraron un aumento progresivo desde el inicio de la estación hasta el tercer brote, decayendo ligeramente hacia el cuarto brote; sin embargo, estos cambios no fueron grandes a pesar que la plantación recibió un suministro constante de nutrientes, iguales resultados son expuestos por Hartmann, et.al., (1990), mostrando las plantas un vigor bastante uniforme durante el crecimiento, lo que concuerda con lo reportado por Wier, et.al. (1985).

En cuanto al Calcio, la absorción fue ligeramente mayor en cada uno de los tres primeros brotes y luego es significativamente superior en el cuarto brote, lo que prueba su poca movilidad en la planta y luego su posterior acumulación (Tisdale, et.al., 1993). Esto debido a que este elemento fue aplicado en su totalidad en la primera mitad del periodo de crecimiento.

El Magnesio mostró un comportamiento bastante constante durante toda la estación de crecimiento del cultivo, similares resultados reportaron Hartmann et. al. (1990).



Segundo: Evolución de la Materia Seca. En general, no tuvo gran variabilidad durante la campaña; sin embargo, en el follaje, mostró un incremento en el segundo brote disminuyendo gradualmente hacia el tercero y cuarto brote, próximo a la cosecha, estos datos tienen similar tendencia con los encontrados por Woolley, et.al. (1999) y Tapia (1989), pero con no más de dos brotaciones. En cuanto a la materia seca de las raíces reservantes, esta muestra un incremento progresivo durante la campaña llegando a ser más creciente hacia el cuarto brote, significando una mayor acumulación de carbohidratos (Benson, 1989; Tapia, 1989; Nichols, 1997 y Woolley, et.al.1999). Los mismos autores señalan además que este contenido disminuye drásticamente hacia finales de la cosecha (figura 7). Los pequeños incrementos en el contenido de materia seca en la raíz, confirman que existe una acumulación aditiva de reservas en cada generación de brotes (Sánchez, 1997).



Tercero: Extracción de Nutrientes. Como se puede apreciar en el cuadro 2, las extracciones finales (follaje más turiones) fueron del orden de 222.21, 47.88 y 224.43 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, para una cosecha de 11900 kg/ha de producto comercial, lo que resulta en una extracción de 18.67, 4.02 y 18.85 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente por tonelada de turiones comerciales; estas relaciones guardan cierta similitud con las reportadas por Román (1996), Sánchez (1997) y Ortega (1999). Se

concluye además, que para el espárrago en la mayoría de condiciones, la extracción de Nitrógeno y Potasio ( $K_2O$ ) son muy similares, siendo la extracción de fósforo ( $P_2O_5$ ) entre la tercera y cuarta parte de los anteriores (Román, 1996 y Ortega, 1999). Las eficiencias obtenidas para N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  fueron de 85.42, 39.90 y 89.77% respectivamente, atribuyéndose estas altas eficiencias a la fertirrigación diaria (Sánchez, 1998).

**d. Época de Muestreo y Tejido Indicador**

La concentración de nutrientes en el cultivo de espárrago, como cualquier otro cultivo, cambia constantemente y está en función de los cambios medioambientales, variando inclusive entre órganos de la misma edad fenológica (San Agustín, 1992).

Dependiendo de la frecuencia de cosechas, el momento más recomendable para la toma de muestra es cuando el helecho está maduro, tomando los 30 cm superiores del follaje (Sánchez, 1992; Gónzales, 1999). El número de plantas muestreadas debe ser aproximadamente de 25 por parcela para formar una muestra compuesta.

**e. Concentración de Nutrientes**

Las variaciones estacionales y del manejo de cultivo hacen que exista también variaciones en el contenido de nutrientes en la planta de espárrago. Seguidamente se presenta reportes según varios autores y condiciones.

**Cuadro No.2:** Concentración de Macro y Micronutrientes en el follaje del cultivo del espárrago (Tomado de: Sánchez, 1992)

ELEMENTO		Chile (1)	USA (2)	España (3)	Perú (4)
Nitrógeno	%	2.50 - 3.50	2.40 - 3.80	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
Fierro	ppm	120 - 680	ND	70 - 120	400 - 750
Manganeso	ppm	16 - 112	10 - 100	ND	50 - 200
Zinc	ppm	16 - 28	20 - 60	20 - 90	100 - 200
Cobre	ppm	10 - 22	-	10 - 95	10 - 30
Boro	ppm	ND	50 - 100	8 - 110	20 - 40

(1): Fundación Chile (1987)

(2): Campell, R.C. (1979)

(3) San Agustín (1989)

(4) Sánchez, J (1992)

Como conclusión al cuadro anterior, se puede señalar que la concentración de nutrientes en general es mayor en el Perú, debido a las condiciones

tropicales secas (clima árido) existentes, días largos y donde el suministro de agua y nutrientes es constante.

### 3. Nutrición y Calidad de Turiones

En el espárrago, la calidad del producto comercial (turión), es afectada directamente por la carencia de uno o más elementos minerales, los que pueden interactuar entre sí o con otros factores (ambientales y de manejo). En otros casos, los excesos también pueden producir una baja en la calidad (Fehér, 1992; Benages, 1990).

Investigaciones recientes en Perú demuestran que en el espárrago verde existe una correlación positiva significativa entre la concentración de Calcio, Magnesio, Boro y Hierro en la vida de post-cosecha de turiones. La tendencia es inversa con la concentración de Manganeso, en tanto que, la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Zinc y Cobre no muestran ninguna tendencia (Nuñez, 1999, comunicación personal). Asimismo, como se mencionó anteriormente, el mantenimiento de la humedad en el suelo (a capacidad de campo) en época de cosechas, garantiza un mejor desarrollo de turiones (longitud, peso, consistencia, etc.).

**Cuadro 3.** Malformaciones más comunes que pueden ocurrir en los Turiones de Espárrago (Compilación del Autor)

Forma de Turión	Causa(s) atribuibles(s)
- "Granado"	Variaciones del régimen hídrico, variaciones Alta temperatura, disminución de carbohidratos, déficit hídrico.
- "Floreado"	
- "Flácido"	Déficit hídrico
- "Acanalado"	Deficiencia de Calcio. Variación régimen hídrico
- "Desecado"	Deficiencia de Boro
- "Gancho"	Deficiencia de Calcio. Desbalance Ca/B
- "Sigmoide"	Desbalance en la relación Ca/P
- "Hueco"	Deficiencia de Calcio. Exceso de Nitrógeno
- "Paleta"	Alteración genética. Deficiencia de Fósforo

## IV FERTILIZACION DEL ESPARRAGO

La fertilización se puede enfocar desde dos puntos de vista: el Técnico y el Económico. Ambos deben conjugar para proporcionar al agricultor el máximo beneficio económico al final de las cosechas (San Agustín, 1992). La fertilización según Román (1996) debe ser **completa**, es decir debe incluir todos los nutrientes extraídos por el cultivo, **balanceada**, es decir que las cantidades aplicadas deben estar de acuerdo a las necesidades reales del cultivo; **global**, es decir debe considerar los nutrientes necesarios tanto para los turiones como para el follaje y corona, **medible**, es decir que se debe considerar el aporte de nutrientes del

suelo, el agua y las enmiendas y, finalmente, **dinámica**, es decir que en las medida que los rendimientos son mayores, más nutrientes son utilizados por la planta.

Según Sánchez (1998) la fertirrigación contempla el conocimiento y conjugación de varios factores, a decir: **el suelo**, conocimiento de sus características físicas y químicas y su fertilidad natural; el **agua de riego**, fundamentalmente su calidad, por el aporte de nutrientes y por los eventuales aportes de elementos tóxicos para la planta; el **cultivo**, conociendo su comportamiento fisiológico; los **fertilizantes**, debido a su naturaleza física, reacciones químicas y aporte de nutrientes y, finalmente, el **riego**, que determina cuánto y cuándo regar en función de las condiciones medio ambientales.

Las recomendaciones de fertilización no solamente deben contemplar la reposición de los elementos extraídos por la planta en la cosecha anterior, debe considerar además, la expectativa del rendimiento posterior, tomando en cuenta el valor económico como costo del fertilizante, así como los retornos finales de la cosecha.

Es importante recalcar asimismo, que en fertirrigación es posible hacer tratamientos específicos a un sector de la finca o de la parcela inclusive, si es que se tiene conocimiento que un elemento se encuentra insuficiente o que algunas características del suelo (caso pH o sales) están afectando el desarrollo y producción del cultivo. Esta técnica denominada Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE) es una parte importante de la nueva tendencia en la Agricultura de Precisión AP). La gran ventaja es que se hacen las correcciones en el camino sin tener que paralizar el sistema productivo. A esta técnica contribuye grandemente el hecho que actualmente exista en el mercado todo tipo de fertilizantes solubles (Ortega y Flores, 1999).

## 1. Formulación

Para las condiciones de la costa árida peruana, bajo riego por goteo, y después de conocer los factores determinantes para la formulación de la dosis y su fraccionamiento respectivo, seguidamente se presenta algunas de ellas.

**Cuadro 4: Formulación de dosis de abonamiento en esparragueras de diferente edad y número de cosechas por año (planteamiento genérico del autor)**

Condición / Dosis (Kg/ha)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	B(sal) Mic	EDTA
a. Menores de 2 años							
- Una cosecha x año	250	180	250	80	40	5	10
- Más de una cosecha x año	200	120	220	40	20	3	5
b. Mayores de 2 años							
- Una cosecha x año	350	150	350	60	30	5	15
- Más de una cosecha x año	250	120	280	40	20	3	10

En cuanto a las fuentes, actualmente existen el mercado muchos fertilizantes líquidos y sólidos solubles que pueden usarse sin ningún problema en fertirrigación. Sin embargo, aquí se detalla los más comúnmente usados en nuestro país (Cuadro 5).

En general hasta la primera mitad de la campaña son suministrados el 70%N, 80%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 30% K<sub>2</sub>O y el complemento en la segunda mitad de la campaña (Sánchez, 1998). El mismo autor señala que para condiciones de Perú los ratios de 1.0: 0.3 a 0.5: 1.0 a 1.2 son los más recomendables para una buena producción.

Es importante mencionar además que la adición de un complejo de micronutrientes entre 5 y 10 Kg por campaña serán suficientes para satisfacer la demanda de Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso y Molibdeno. La distribución de este mix será de 60% en la primera mitad de la campaña y 40% en la segunda mitad.

**Cuadro 5:** Características de los Principales Fertilizantes usados en Fertirriego (Tomado de: Burt,et.al. 1998. Resumido por el autor).

Fertilizante	Pureza (%)	Fórmula Química	Solubilidad g/100 ml	Indice Salino	Indice (A) o (B)
<b>Nitrogenados:</b>					
- Urea	46 N	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	1033	75	80 (A)
- Nitrato Amonio	33 N	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1920	105	60 (A)
- Sulfato Amonio	21 N	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	730	69	110 (A)
<b>Fosforados</b>					
- Acido Fosfórico	61 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	alta	-	-
- Fosfato Monoamónico	12 N-61P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	626	30	55 (A)
<b>Potásicos</b>					
- Nitrato Potasio	13 N-44 K <sub>2</sub> O	K NO <sub>3</sub>	316	74	23 (B)
- Sulfato Potasio	50 K <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	110	46	N
- Cloruro Potasio	60 K <sub>2</sub> O	KCl	340	116	N
<b>Otros</b>					
- Nitrato Calcio	15 N-26 CaO	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1220	61	21 (B)
- Sulfato Magnesio	16 MgO	Mg SO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	77	44	N
- Acido Bórico	17.5 B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6.4	-	-
- Salubor	20.0 B	Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub> -4H <sub>2</sub> O	22	-	-
- Multimicros:	Diferente concentración, agente quelatante y marcas comerciales . actualmente.				

(A) = Acidez; (B)= Alcalinidad; N= Neutro

## 2. Aplicación

En fertirriego la tendencia es la aplicación diaria de los nutrientes en los momentos de activo crecimiento de la planta, en sus diferentes estadios fisiológicos. Sin embargo, es necesario considerar que la aplicación diaria implica un peligro de que las sales fertilizantes puedan ser lixiviadas más allá del alcance radicular cuando se aplica en el primer tercio del tiempo del riego o que puedan ocurrir precipitaciones químicas dentro del sistema cuando se hace en el último tercio del tiempo de riego. Por ello es siempre recomendable que la fertirrigación diaria esté entre dos etapas de riego solo (Cadahia, 1998). El mismo autor menciona que con la finalidad de evitar precipitaciones químicas en la solución madre, es conveniente utilizar 2 o más tanques de fertilización que puedan inyectar simultáneamente (en función de las concentraciones de las sales antagónicas) o sucesivamente (si el tiempo total de riego lo permite).

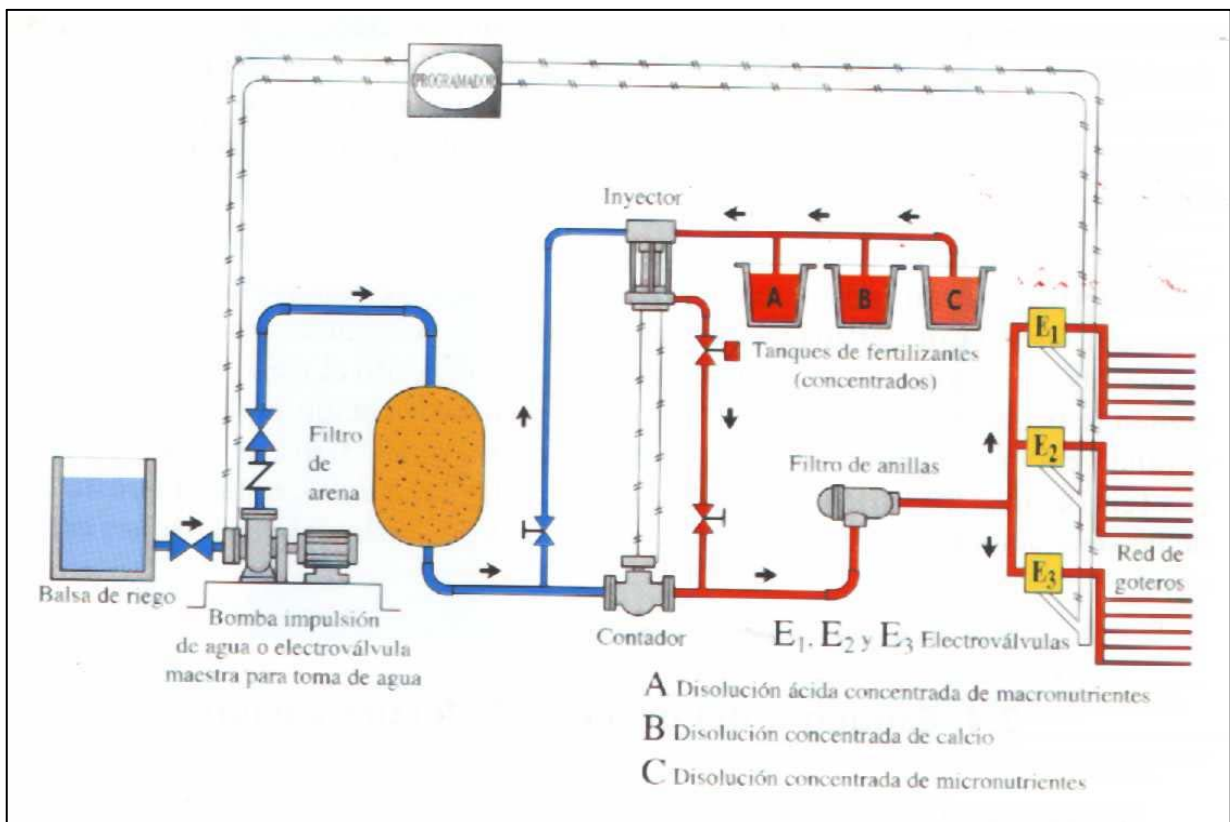


Figura 8. Esquema de aplicación de fertilizantes en Fertirriego (Tomado de: Cadahia,1998)

Finalmente, aplicaciones adicionales de macro o micronutrientes pueden ser realizadas para corregir alguna deficiencia específica que se presente durante el desarrollo del cultivo. Esta puede ser aplicada vía sistema (aplicación general) o en todo caso vía foliar (aplicación por desmanche).

## V. LITERATURA CITADA

- Benages, S.S. (1990) El Espárrago. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 224 p.
- Benson, B. (1987) Morfología y Fisiología del Espárrago. En: Tecnología de la Producción de Espárragos. Fundación. Chile. Agosto. Cap. 3.
- Burt, C.K., O'Connors and T. Ruchr (1998) Fertirrigation. Irrigation Training and Research Center. CPSU. California. 295 p.
- Cadahia, C. (1998) Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 475 p.
- Casas, A. (2000) Comunicación personal.
- Dean, B.B. (1999) The Effect of Temperature on Asparagus Spear Growth and Corrections of the Heat Units Accumulation in the Field with Spear Yield. Acta Horticulturae 479:289 – 295.
- Delgado de la Flor, F; R. Montanban y F. Hurtado (1987) Manual del Cultivo de Espárrago. Instituto de Comercio Exterior del Perú. 134 p.
- Del Pozo, A.L. (1999) Morfología y Funcionamiento de la Planta. En: El Cultivo del Espárrago. Boletín INIA-Chile No.6 pp 9-28.
- Drost, D.JT. (1999) Requeimamiento de Agua del Espárrago: Cuánto y Cuán a menudo? En: El Cultivo del Espárrago. Boletín INIA-Chile No.6:29-51.
- Fehér, E (1992) Asparagus Akademiai Kiadó. Budapest. 161 p.
- Francois, L.E. (1987) Salinity Effects on Asparagus Yield and Vegetative Growth. J. Amer.Soc.Hort.Sci. 112(3):432-436.
- Haag.H.P. y C.C. Belfort (1988). Deficiencias de Macronutrientes e de Boro en Aspargo. En: Nutrición Mineral de Hortalizas. Fundación Cargill. São Paulo. pp 350-358.
- Malavolta, E; G.C. Vitti; S.A. De Oliveira (1989) Avalicáo do estado Nutricional das Plantas. Principios e Aplicacoes. Potafos. Sao Paulo. 201 p.
- Ortega, R. y L. Flores (1999) Agricultura de Precisión. Introducción al Manejo de Sitio Específico. Boletín INIA. Chile. 145 p.
- Román, S. (1996) Nutrición del Cultivo de Espárrago en la Costa del Perú. En: Seminario Internacional del Espárrago. Instituto Peruano del Espárrago. Cap IX. Ica, Perú.

- Roth, R.L. and B.R. Garner (1990) Asparagus Response to Water, Nitrogen and Temperature. In: Vision of Future. Proc. Of the Third National Irrigation Symposium. ASAE. Publication 04-90 pp 507-512.
- Sánchez, J. (1992) Requerimiento de Suelo, Nutrición Mineral y Fertilización del Cultivo de Espárrago. Seminario: Tecnologías Modernas en el Cultivo y Procesamiento del Espárrago. TTA-UNALM. Ica. Perú. 33 p.
- Sánchez, J. (1998) Fertirrigación del Cultivo del Espárrago. Instituto Peruano del Espárrago. 24 p.
- Sánchez, J. and A. Casas (1999) Asparagus in the Peruvian Costal Region: Present and Future. Acta Horticulturae 479: 57-64.
- Sánchez, J. (1999) Fertirrigación del Cultivo de Espárragos en Perú. Seminario Internacional de Fertirrigación de Cultivos y Frutales. Dpto. Suelos. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción, Chile. 6 y 7 de noviembre. Chillán.
- Sánchez, J. (2000) Extracción de Nutrientes y Evolución de Carbohidratos por Materia seca en el cultivo de espárragos (*Asparagus officinalis* L.). I Congreso Nacional Técnico del Espárrago. IPEH. UNALM. Agosto 2000. Lima, Perú.
- San Agustín, M. J. L. (1989) Fertilización del Espárrago. II Jornadas Técnicas del Espárrago. Agrícola Vergel-Pamplona. pp 227-249.
- Wilcox Lee, D. (1987) Soil Matric Potential, Plant Water Relations and Growth in Asparagus. Hort Science 22(1): 22 –24.
- Woolley, D.J.; A.R. Hughes and MA. Nichols (1999) Carbohydrate Storage and Remobilization in Asparagus: Studies Using Dry Weight Changes, C-14 and High Pressure Liquid. Chromatography. Acta Horticulture 479: 305-311.

JSV/gp  
14/06/2000  
Modificado  
05/12/2005