

## Capítulo 6

# Fertilización de pepinos dulces

### **Cornelio Contreras S.**

Ing. Agrónomo

cornelio.contreras@inia.cl

### **Carlos Sierra B.**

Ing. Agrónomo, M.Sc.

### **Constanza Jana A.**

Ing. Agrónoma M.Sc. Dra.

### **Víctor Alfaro E.**

Ing. Ejecución Agrícola

La fertilización del pepino dulce, así como la de cualquier cultivo o frutal debe considerar los aspectos generales de la tecnología de uso de los fertilizantes, es decir, tener claro el tipo de nutrientes a aplicar, la dosis, la forma de aplicación, la fuente y la época de aplicación de los fertilizantes y además tener claro el grado de deterioro biológico y físico del suelo.

## 6.1 Caracterización química de suelos con pepino dulce en la región de Coquimbo

En el año 2016, a través del proyecto INIA- FIA “Puesta en valor del pepino dulce producido en el Valle del Limarí”, se caracterizó el suelo donde se cultiva el pepino dulce en la provincia de Limarí, para ello se tomaron muestras de suelo a 10% de los productores y se realizó análisis químico de este, para entregar recomendaciones de fertilización. Los resultados se observan en el **Cuadro 6.1**.

**Cuadro 6.1.** Resultados análisis de suelo zona productora pepino dulce.

Localidad	pH	CE dS m <sup>-1</sup>	MO %	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
				Mg kg <sup>-1</sup>		
Cerrillos Pobre	7,3	1,7	1,6	18	5	196
Cerrillos Pobre	7,3	5,4	1,6	41	31	290
Cerrillos Pobre	7,2	4,7	1,2	25	67	284
Cerrillos Pobre	8,1	2	2,3	22	86	328
Cerrillos Pobre	7,3	7,4	3,0	135	115	1.500
El Siete	8,2	5,5	1,4	12	23	120
El Siete	7,2	3,5	1,8	46	31	126
El Siete	7,4	5,1	1,6	28	27	271
El Siete	7,6	7	1,6	34	108	424
Los Olivos	7,7	4,2	1,2	10	6	508
Santa Cristina	7,4	8,5	1,4	37	28	93
Subida Las Sosas	7,5	7,1	1,7	107	21	415

Los suelos donde se produce tradicionalmente pepino dulce en la provincia de Limarí, sector de Cerrillos de Tamaya, mayoritariamente presentan contenidos de nitrógeno disponible, que pueden ser considerados como de nivel medio (20 a 35 mg kg<sup>-1</sup>) y niveles altos y muy altos, categorías que en su conjunto abarcan el 42% de las muestras analizadas. En este sentido, la disponibilidad de este elemento no es tan restrictiva para el desarrollo del cultivo.

El contenido de fósforo presenta niveles de alto a muy alto, con valores que oscilan entre 5 y 115 mg kg<sup>-1</sup>, concentrándose en el rango mayor, lo que sugiere una sobre fertilización con este elemento y a su vez, que el contenido de este elemento no representaría problemas para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, el contenido de fósforo debe analizarse en función del pH del suelo, a pH alto, mayor de 7,8 el fósforo detectado por el análisis de suelo está muy poco disponible. La mayor disponibilidad de fósforo se verifica a pH bajo 7,3. Además otro factor agronómico que afecta la eficiencia de absorción de este nutriente es el sistema radical de la planta, el cual a su vez es muy afectado por la condición física del suelo y el método de riego. Lo suelos del sector son arcillosos, delgados y de pobre condición física, esto explica por qué los agricultores aplican dosis altas de fósforo.

La disponibilidad de potasio en el suelo está muy relacionada con la textura del suelo, específicamente con el contenido de arcilla. A mayor contenido de arcilla el contenido de potasio debe ser más alto, suelos arcillosos deben contener por lo menos 300 mg kg<sup>-1</sup>. Los resultados de los análisis de suelo indican que 5 de las 12 muestras analizadas presentan contenidos altos de este elemento.

La salinidad se ha mostrado como un factor negativo en el tamaño de los frutos en solanáceas, cucurbitáceas y cítricos. La conductividad eléctrica del área estudiada, indica suelos que se ubican en rangos de salinidad media a suelos salinos. Nuez y Ruiz (1996), informan que, en España e Israel a través de pruebas con distintos tratamientos de salinidad, la calidad organoléptica se ve mejorada en condiciones de salinidad moderada. Cabe señalar, que el cultivo del pepino registró producciones aceptables hasta en un rango de 8 dS m<sup>-1</sup>, esto sugiere que podría ser recomendable su cultivo en zonas con salinidad media a alta, como alternativa de cultivo. Es importante destacar que la salinidad reportada no permite señalar qué elementos están produciendo la salinidad. Normalmente cloruro y sodio son los iones que más afectan el crecimiento de las plantas.

En relación con la reacción del suelo estos son neutros a moderadamente alcalinos. Además, registran valores muy bajos de contenido de materia orgánica, con valores promedio de 1,7% y un rango entre 1,2% a 3%.

Por otra parte, a través de la analítica se puede determinar que las bases de intercambio (Ca, Mg, K y Na), presentan contenidos medios a ligeramente altos debido a la textura arcillosa de los suelos (**Cuadro 6.2**). En relación a la saturación de cationes respecto de la suma de bases, la saturación de calcio es ligeramente baja en la mayoría de las muestras, idealmente el suelo debe presentar más del 70% saturado con calcio. La saturación de magnesio es adecuada en gran parte de las muestras analizadas. El sodio presenta niveles de saturación moderadamente altos y los niveles de saturación de potasio son más bien bajos, especialmente en aquellas muestras con menos de 3%.

En resumen, la analítica realizada, permite determinar que los suelos de la zona productora de pepino dulce son moderadamente alcalinos, ligeramente salinos con niveles de nutrientes más bien altos, condiciones que no limitarían el desarrollo del cultivo, no obstante, siempre debe realizarse análisis de suelo, para poder ajustar mejor las dosis de fertilización.

**Cuadro 6.2.** Resultados análisis de suelo zona productora pepino dulce, bases de intercambio (cmol kg<sup>-1</sup> y %).

Localidad	cmol kg <sup>-1</sup>			Suma de Bases	%			
	Calcio	Magnesio	Sodio		Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio
Cerrillos Pobre	14,17	5,36	0,55	20,58	69	26	3	2
Cerrillos Pobre	13,36	4,12	1,82	20,04	67	21	9	4
Cerrillos Pobre	9,76	3,66	0,99	15,13	65	24	7	5
Cerrillos Pobre	22,04	4,96	1,03	28,87	76	17	4	3
Cerrillos Pobre	12,77	5,52	2,75	24,88	51	22	11	15
El siete	11,02	3,48	1,21	16,02	69	22	8	2
El siete	17,22	6,15	1,05	24,74	70	25	4	1
El siete	18,55	8,88	2,53	30,65	61	29	8	2
El siete	19,18	10,11	2,78	33,16	58	30	8	3
Los Olivos	16,5	8,78	1,24	27,82	59	32	4	5
Santa Cristina	8,97	3,17	1,43	13,8	65	23	10	2
Subida Las Sosas	15	6,8	3,37	26,23	57	26	13	4

## 6.2 Manejo de la fertilización en cultivo de pepino dulce

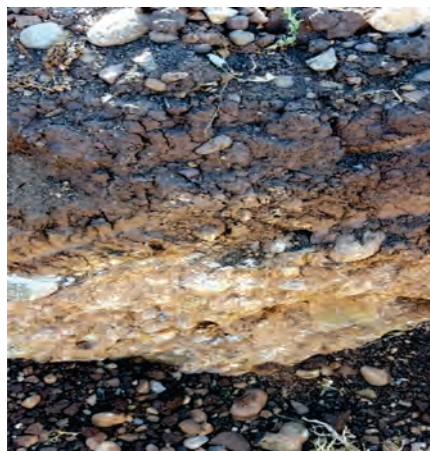
En el año 2017, en predio ubicado en el sector Subida de Las Sosas, Cerrillos de Tamaya se estableció un experimento de campo en una superficie de 1.500 m<sup>2</sup>, bajo condiciones de un suelo arcilloso delgado, se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del pepino dulce. El ensayo se manejó con riego por goteo, considerando una cinta por hilera (5 L m<sup>-1</sup> hora<sup>-1</sup>) (**Figura 6.1**).



**Figura 6.1.** Ubicación parcelas ensayo fertilización.

El material vegetal utilizado correspondió a esquejes colectados de una plantación del mismo agricultor y se estableció en un marco de plantación de 1,5m \* 0,4 m (16.666 plantas ha<sup>-1</sup>).

El suelo del ensayo es plano, pedregoso en superficie, de 40 cm de profundidad, con moderada a fuerte reacción al ácido clorhídrico (HCl) en profundidad, suelo de pobre condición física y de textura arcillosa (**Figura 6.2**).



**Figura 6.2.** Perfil de suelo del sitio experimental.

## 6.2.1 Interpretación de los resultados del análisis de suelo del sitio experimental

El muestreo de suelo se realizó previo al establecimiento del cultivo, considerando una profundidad de muestreo de 0-25 cm, con 12 submuestras mezcladas y tomadas al azar en un trayecto en zigzag. El análisis químico de fertilidad incluyó N, P, K disponibles, CE, pH, M.O, N total, Ca, Mg, Na, suma de bases, CIC y micronutrientes incluido boro e índice de carbonato de calcio (**Cuadro 6.3**).

- **Reacción del suelo.** Ligeramente alcalino, en general condición adecuada para la mayoría de los cultivos de la zona. Suelos con alto poder tampón por su condición arcillosa.
- **CE.** Nivel ligeramente salino, sin mayor restricción para la mayoría de los cultivos y frutales.
- **Nitrógeno disponible.** Contenido alto, sugiere un aporte neto de más de 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno.
- **Materia orgánica.** Bajo contenido de materia orgánica, considerando la textura arcillosa del suelo.
- **Fósforo extraíble.** Contenido moderadamente alto, muy baja probabilidad de respuesta a la fertilización fosfatada.
- **Potasio de intercambio.** Nivel adecuado para la textura arcillosa del suelo.
- **Calcio.** Contenido bajo para la textura arcillosa del suelo, se requiere incrementar su contenido para mejorar condición física del suelo.

**Cuadro 6.3.** Resultado del análisis de suelo del sitio experimental.

Parámetro	Unidad	Resultado
pH		7,5
Ce	dS m <sup>-1</sup>	2,4
N	mg kg <sup>-1</sup>	58
Materia orgánica	%	2,8
P	mg kg <sup>-1</sup>	33
K	mg kg <sup>-1</sup>	429
Ca	meq 100 g <sup>-1</sup>	14,8
Mg	meq 100 g <sup>-1</sup>	6,5
Na	meq 100 g <sup>-1</sup>	1,5
Suma de bases	meq 100 g <sup>-1</sup>	22,8
CIC	meq 100 g <sup>-1</sup>	22,7
Ca % CIC	%	65
Mg % CIC	%	29
K % CIC	%	4,8
Na % CIC	%	6,6
Índice de CaCO <sub>3</sub>	%	1,6
Hierro	ppm	11
Manganeso	ppm	35
Zinc	ppm	1,1
Cobre	ppm	4,4
Boro	ppm	4,5

- **Magnesio.** Nivel alto, esto afecta la condición física del suelo afectando la velocidad de infiltración.
- **Sodio.** Contenido muy alto, interfiere en la nutrición con calcio y potasio.
- **CIC y Suma de Bases.** Ambos parámetros son muy similares esto concuerda con la baja salinidad que presenta el suelo.
- **Porcentaje de calcio de la CIC.** Nivel bajo, se requiere aplicar calcio, a la forma de yeso agrícola u otra fuente de calcio.
- **Porcentaje de magnesio de la CIC.** Moderadamente alto, debido a que falta calcio.
- **Porcentaje de potasio de la CIC.** El porcentaje de saturación de potasio es adecuado debido al bajo contenido de calcio.
- **Porcentaje de sodio de la CIC.** Alto nivel de saturación de la CIC, al aplicar yeso y lavar el suelo se debería disminuir contenido de este elemento.
- **Índice de  $\text{CaCO}_3$ .** Nivel bajo, pero inadecuado para especies sensibles.
- **Hierro.** Contenido adecuado.
- **Manganeso.** Nivel alto, el exceso de riego puede potenciar la toxicidad por este elemento.
- **Zinc.** Contenido bajo, nutriente importante para favorecer el desarrollo de raíces.
- **Boro.** Contenido adecuado de boro.

En resumen, el sitio del ensayo presentó:

- Alto contenido de nitrógeno disponible
- Contenido moderadamente alto de fósforo y potasio
- Alto contenido de sodio
- Bajo contenido de calcio, no como nutriente sino como mejorador de la condición física del suelo arcilloso.
- Bajo contenido de zinc.

Para el caso del nitrógeno, Fresquet (1999), indica que, para un cultivo de pepino dulce en condiciones de invernadero en la zona litoral de Valencia España, con rendimientos de  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , este cultivo extraería un total de  $267 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno. Por su parte Nuez y Ruiz (1996) citando trabajo realizado por Torelli (1984) indican extracciones totales de nitrógeno para un periodo de 250 días de cultivo de  $210 \text{ kg ha}^{-1}$ , siendo 125, 48 y  $36 \text{ kg ha}^{-1}$  para hojas, tallos y frutos, respectivamente.

En base a los resultados de este análisis, se determinó la fertilización a aplicar en base a cuatro dosis de nitrógeno y dosis de mantención de fósforo y potasio, además se aplicó una dosis constante de zinc (como sulfato) a todo el experimento vía suelo y boro a floración, vía foliar. Se incluyó a dos tratamientos adicionales sin fósforo y sin potasio, para evaluar el efecto de la no aplicación de estos nutrientes a un mismo nivel de nitrógeno (**Cuadro 6.4**). Se utilizaron como fuentes nitrato de amonio, ácido fosfórico y sulfato de potasio.

**Cuadro 6.4.** Identificación y descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	(kg ha <sup>-1</sup> )		
1	0	60	90
2	30	60	90
3	60	60	90
4	120	60	90
5	60	0	90
6	60	60	0

## 6.3 Resultados para nitrógeno

### 6.3.1 Efecto del nitrógeno sobre la fenología de pepino dulce

En **Cuadro 6.5**, se presenta los días requeridos entre plantación y los distintos estados fenológicos por tratamiento de fertilización nitrogenada. Se observa que las dosis de nitrógeno no presentaron efecto en los días requeridos para alcanzar cada estado fenológico hasta inicio de cuaja.



**Cuadro 6.5.** Efecto de la dosis de nitrógeno sobre inicio de floración, floración, inicio de cuaja y cosecha (días después de plantación, ddp) en pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Inicio Floración (ddp)	Plena Floración (ddp)	Inicio Cuaja (ddp)
0-60-90	67,67 a	72,25 a	88,00 a
30-60-90	63,25 a	74,00 a	84,50 a
60-60-90	64,50 a	74,00 a	84,50 a
120-60-90	63,25 a	74,00 a	82,75 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

### 6.3.2 Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento de las plantas

Las dosis de nitrógeno incrementan el crecimiento en altura de las plantas, hasta los 60 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que la dosis máxima deprime el crecimiento (**Cuadro 6.6**). Esto puede explicarse por dos razones, el exceso de nitrógeno de la dosis alta, genera mayor salinidad en el suelo o un desbalance nutricional por el fósforo y potasio. La baja respuesta al nitrógeno aplicado, es por el alto nivel inicial de nitrógeno disponible detectado por el análisis de suelo, 58 ppm.

**Cuadro 6.6.** Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en altura de plantas (cm) de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Días después plantación			Media tratamiento
	65	70	81	
0-60-90	30,0	32,1	38,0	33,4 c
30-60-90	30,0	34,8	42,9	35,9 b
60-60-90	30,6	36,9	45,6	37,7 a
120-60-90	27,6	30,8	38,3	32,2 c

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

Para las variables de longitud y ancho de las plantas, hasta el día 81 de cultivo, se observa un efecto negativo en la dosis más alta para longitud (**Cuadros 6.7** y **6.8**). El ancho de la planta no se ve afectado por efecto de dosis de nitrógeno.

**Cuadro 6.7.** Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en longitud de plantas (cm) de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Días después plantación			Media tratamiento
	65	70	81	
0-60-90	38,6	39,6	44,1	40,8 a
30-60-90	37,6	40,0	45,8	41,1 a
60-60-90	35,5	40,0	44,9	40,1 a
120-60-90	34,0	37,1	41,9	37,5 b

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

**Cuadro 6.8.** Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el crecimiento en ancho de las plantas (cm) de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Días después plantación			Media tratamiento
	65	70	81	
0-60-90	36,0	41,1	45,9	41,0 a
30-60-90	36,9	39,9	49,1	41,8 a
60-60-90	36,1	40,6	49,1	41,9 a
120-60-90	35,5	38,6	44,9	39,6 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

### 6.3.3 Efecto del nitrógeno sobre producción y calidad de la fruta

No se observó efecto de la dosis de nitrógeno evaluada, sobre el número de cosechas realizadas, ni en el número de frutos cosechados por planta. El cultivo respondió solo a 30 kg N ha<sup>-1</sup> (**Cuadro 6.9**). Esta baja respuesta a la fertilización se explica, como ya fue señalado, por el alto contenido inicial de N disponible en el suelo. Las plantas incrementaron su rendimiento desde 35 a 49 t ha<sup>-1</sup>, 14 t más de fruta por unidad de superficie, es decir una eficiencia agronómica de 447 kg de fruta por kg de nitrógeno aplicado y provocó un adelanto en el inicio de cosecha, mientras que la dosis máxima deprimió el rendimiento. Los valores obtenidos concuerdan con los obtenidos por Fresquet (1999), quien recomienda dosis inferiores a 50 unidades de N ha<sup>-1</sup>, a su vez Sierra (2013), indica que para

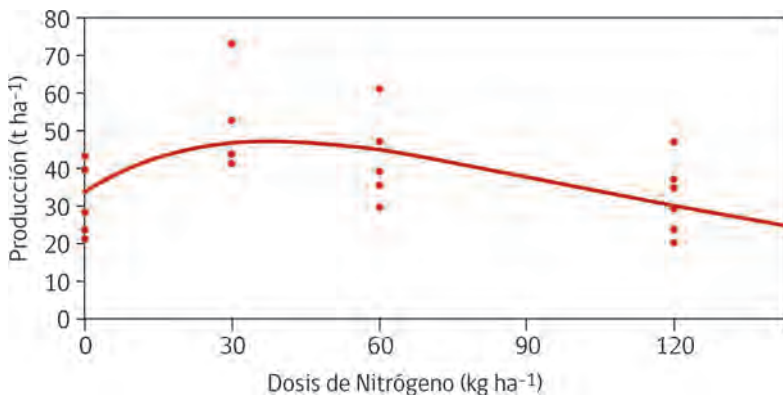
suelos del mismo sector donde se realizó este ensayo, con nivel de nitrógeno disponible de 13 mg kg<sup>-1</sup>, la dosis recomendada no debiese superar las 80 unidades de este elemento.

**Cuadro 6.9.** Efecto de la dosis de nitrógeno sobre parámetros productivos de pepino dulce

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Número cosechas	Número frutos planta	Producción (g planta)	Producción (t ha <sup>-1</sup> )
0-60-90	5,5 a	15,1 a	1.982,9 b	35,30 b
30-60-90	6,3 a	17,9 a	2.785,1 a	49,58 a
60-60-90	6,0 a	17,5 a	2.269,0 b	40,39 b
120-60-90	4,9 a	14,3 a	1.768,8 b	31,48 b

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa (p<0,05) según test de Duncan.

La tendencia en la curva respuesta a la fertilización nitrogenada indica incrementos hasta los 40 kg N ha<sup>-1</sup>, posterior a este valor el rendimiento descende (**Figura 6.3**). Estos resultados son importantes de considerar pues los agricultores normalmente tienden a exagerar las dosis de nitrógeno. Esto confirma lo que muchos investigadores señalan: que el exceso de nitrógeno disminuye el rendimiento en el cultivo de pepino dulce.



**Figura 6.3.** Efecto de la dosis de nitrógeno (kg ha<sup>-1</sup>) sobre la producción de pepino dulce (t ha<sup>-1</sup>).

En el **Cuadro 6.10**, se muestran algunos parámetros medidos de calidad de los frutos producidos, la fertilización nitrogenada no produce efectos negativos, pero tampoco positivos, sobre la calidad de la fruta.

**Cuadro 6.10.** Efecto de la dosis de nitrógeno sobre parámetros de calidad de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Largo fruto (mm)	Ancho fruto (mm)	Color morado (%)	Sólidos solubles (° Brix)
0-60-90	82,2 a	58,1 a	54,1 a	8,0 a
30-60-90	88,2 a	60,2 a	47,9 a	7,7 a
60-60-90	85,6 a	56,9 a	40,9 a	7,8 a
120-60-90	81,9 a	54,5 a	49,1 a	8,1 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

## 6.3.4 Efecto del nitrógeno en diferentes tejidos de pepino dulce durante el desarrollo

### 6.3.4.1 Nitrógeno en hojas

En el **Cuadro 6.11**, se aprecia que el elemento disminuye significativamente su concentración en hojas, al avanzar el desarrollo del cultivo, independiente de la dosis de nitrógeno aplicada, esta es la situación típica y normal que sucede en las plantas, es decir inicialmente la concentración es alta y va disminuyendo a medida que se incrementa la biomasa vegetal de la planta, sin embargo, la extracción total de nitrógeno aumenta. Respecto del efecto de las dosis de fertilización, a dosis más altas mayor concentración de nitrógeno foliar ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 6.11.** Contenido de nitrógeno a nivel foliar en hojas (%), según distintas dosis y a diferentes días después de plantación.

Tratamiento	Días después de plantación					Promedio tratamiento
	87	122	151	181	216	
0-60-90	2,86	2,48	2,24	2,4	2,27	2,45 b
30-60-90	2,99	2,66	2,25	2,3	2,21	2,48 b
60-60-90	3,30	2,98	2,27	2,4	2,60	2,71 a
120-60-90	2,88	2,87	2,53	2,54	2,35	2,63 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según Test DGC.

Cabe señalar que el contenido de nitrógeno en las hojas es adecuado en todas las mediciones realizadas.

### 6.3.4.2 Nitrógeno en tallos

En el **Cuadro 6.12**, se aprecia la evolución del contenido de nitrógeno en los tallos de las plantas, el que disminuye al avanzar en el desarrollo del cultivo, con la misma tendencia que lo señalado para el caso de las hojas. Cabe destacar, que el contenido de nitrógeno en los tallos es más bajo que en las hojas y su concentración cae en el tiempo de manera más abrupta.

**Cuadro 6.12.** Contenido de nitrógeno en tallos (%) según distintas dosis y a diferentes días después de plantación.

Tratamiento	Días después de plantación					Promedio tratamiento
	87	122	151	181	216	
0-60-90	1,23	0,81	0,63	0,69	0,85	0,84 a
30-60-90	1,19	0,82	0,61	0,64	0,71	0,79 a
60-60-90	1,51	0,99	0,63	0,64	0,81	0,92 a
120-60-90	1,29	0,88	0,67	0,69	0,86	0,88 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según Test DGC.

### 6.3.4.3 Nitrógeno en Frutos

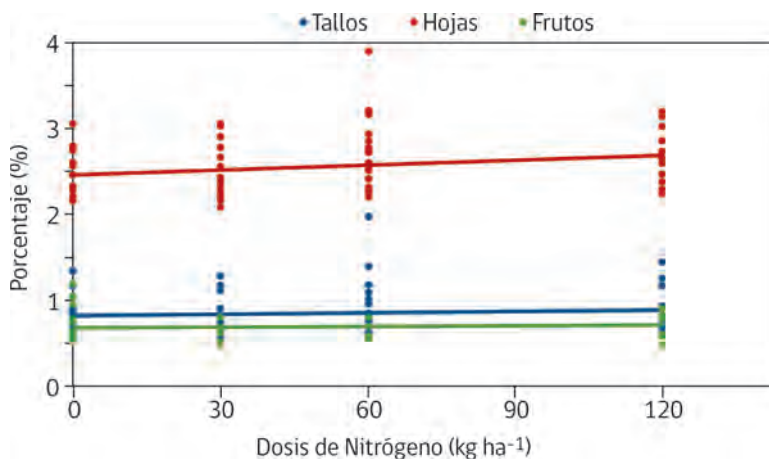
En frutos, se analizó en las cuatro cosechas, sin diferencias en el porcentaje de nitrógeno. Las dosis de nitrógeno aplicadas, no incrementan el contenido en la fruta, lo que puede explicarse porque las dosis aplicadas no son excesivas (**Cuadro 6.13**).

**Cuadro 6.13.** Contenido de nitrógeno en fruta (%), según distintas dosis y a diferentes días después de plantación.

Tratamiento	Días después de plantación				Promedio tratamiento
	122	151	181	216	
0-60-90	1,0	0,6	0,7	0,7	0,74 a
30-60-90	0,7	0,6	0,6	0,7	0,63 a
60-60-90	0,8	0,7	0,6	0,8	0,66 a
120-60-90	0,8	0,8	0,6	0,8	0,74 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según Test DGC.

En la **Figura 6.4** se aprecia que, las plantas incrementan ligeramente la concentración de nitrógeno en las hojas, al aumentar las dosis de nitrógeno aplicado. Esto se explica por el contenido inicial de nitrógeno en el suelo, que permite un adecuado suministro del elemento aun sin aplicar este nutriente. En tallos, se aprecia menor incremento de la concentración de nitrógeno por efecto de la fertilización nitrogenada. En el caso de los tallos corresponden a tejidos conductivos por donde fluyen los nutrientes y no son tejidos de acumulación. En el caso de las hojas son estructuras donde se acumula el nitrógeno durante ciertos períodos y forman diferentes estructuras orgánicas que son translocadas a las raíces, flores, en menor medida a los frutos y eventualmente a nuevos brotes. Los frutos de pepino no son ricos en nitrógeno (Nuez y Ruiz 1996) como la mayoría de las especies de fruto, contienen azúcares, antioxidantes y en menor medida nitrógeno. Los frutos, presentan los contenidos más bajos de los tres tipos de tejidos analizados, pero de un orden de magnitud similar al de los tallos. Cabe señalar que un bajo contenido de nitrógeno en los frutos favorece una mejor condición de la fruta en post cosecha, por mayor firmeza de esta.



**Figura 6.4.** Efecto de la dosis de nitrógeno en el contenido de nitrógeno en hojas, tallos y frutos de pepino dulce.

## 6.4 Resultados para Fósforo

El fósforo es un elemento primario esencial, determinante del crecimiento inicial de los tejidos vegetales, especialmente de las raíces y transportador de energía química en todos los tejidos de la planta. Su efecto es determinante en la fructificación de las plantas (Sierra, 2013).

Mediciones realizadas en España, en invernadero, determinaron que el nivel de extracción de este cultivo en el caso de fósforo es de 28 kg ha<sup>-1</sup> (Fresquet, 1999), cifra similar a los reportado por Torelli (1984), quien señala que el cultivo extraería 29 kg ha<sup>-1</sup>, distribuidos en: 13 kg ha<sup>-1</sup> en hojas, 8,1 kg ha<sup>-1</sup> en tallos y 7,9 kg ha<sup>-1</sup> en frutos.

### 6.4.1 Efecto del fósforo sobre la fenología de la planta

Para evaluar el efecto de la fertilización fosforada se compararon dos tratamientos, uno con y uno sin fósforo, más la dosis media de nitrógeno y de potasio utilizadas. No se obtuvo efecto de la aplicación de fósforo sobre los distintos estados fenológicos de la planta, lo que se explica por el nivel moderadamente alto de fósforo disponible detectado inicialmente (**Cuadro 6.14**).

**Cuadro 6.14.** Efecto de la fertilización fosforada sobre inicio de floración, floración e inicio de cuaja y cosecha en pepino dulce (días después de plantación ddp).

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Inicio floración (ddp)	Plena floración (ddp)	Inicio cuaja (ddp)	Cosecha (ddp)
60-60-90	64,5 a	74,0 a	84,5 a	157,3 a
60-0-90	63,3 a	74,0 a	84,5 a	142,6 a
Pr>F	0,537	>0,9999	>0,9999	0,1694

Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística significativa (p<0,05) según test de Duncan.

### 6.4.2 Efecto del fósforo sobre el crecimiento de las plantas

El crecimiento de las plantas con y sin fertilización fosforada adicional, solo afecta el crecimiento en altura, siendo mayor en aquellas plantas que recibieron fósforo. Esto sugiere un pobre crecimiento radical, que afecta la absorción del fósforo disponible que existe en el suelo, esto explica, que aun cuando existe un nivel alto en el suelo, la planta no puede absorberlo. Otro factor que puede explicar este efecto es el pH, sin embargo, este no es crítico, se considera que sobre 7,8 la disponibilidad es más afectada. La textura arcillosa del suelo y la pobre estructuración del mismo, afectan el desarrollo radical y en consecuencia la absorción de fósforo. Está ampliamente estudiado que el fósforo es el macronutriente que más afecta su absorción bajo pobres condiciones físicas del suelo. Para el caso de longitud y ancho de plantas no hay efecto (**Cuadro 6.15**).

**Cuadro 6.15.** Efecto de la fertilización fosforada sobre el crecimiento en altura (cm), longitud (cm) y ancho (cm) de plantas de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Variables del crecimiento		
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)
60-60-90	37,7 a	40,1 a	41,9 a
60-0-90	34,7 b	39,1 a	45,1 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

### 6.4.3 Efecto del fósforo sobre producción y calidad de fruta

Dado el nivel de fósforo en el suelo y la dosis utilizada, no se observó diferencias productivas en factores de calidad de la fruta cosechada entre aplicar o no fósforo al cultivo (**Cuadro 6.16**).

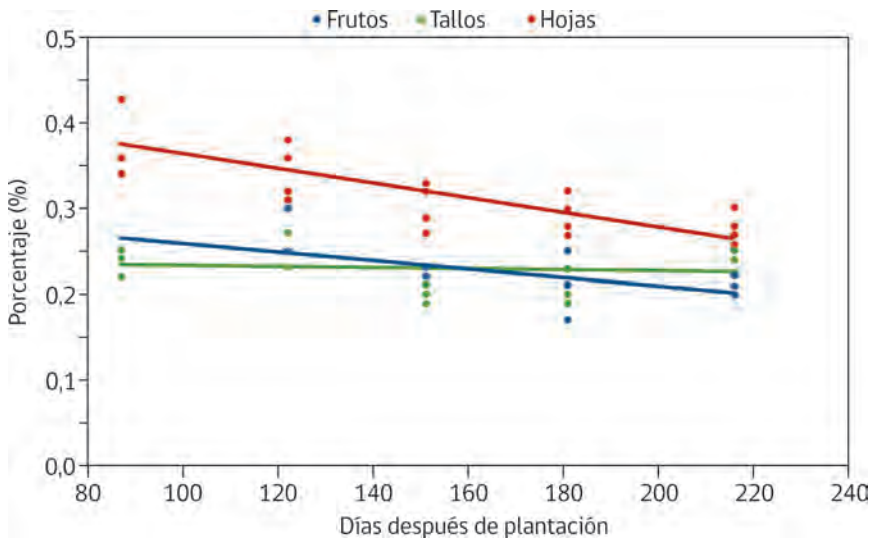
**Cuadro 6.16.** Efecto de la fertilización fosforada sobre parámetros de producción de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Número cosechas	Producción (t ha <sup>-1</sup> )	Frutos				
			Número planta <sup>-1</sup>	Largo (mm)	Ancho (mm)	% morado	Sólidos solubles (°Brix)
60-60-90	6,0	40,4 a	17,5	85,6	57,0	40,9	7,8
60-0-90	5,4	37,0 a	16,4	86,2	58,2	52,3	8,3

### 6.4.4 Efecto de la dosis de fertilización fosforada sobre el contenido de fósforo en tejidos

La variación del contenido de fósforo foliar tiende a decrecer (en hojas y frutos) con el desarrollo del cultivo, esto sugiere que el sistema radical de la planta no permitió mantener una adecuada absorción del nutriente a través del tiempo. Sin embargo, las concentraciones no caen a niveles críticos, como para afectar la floración de la planta. Todos los contenidos detectados a nivel foliar son adecuados, lo que está de acuerdo con lo señalado en cuanto a que el contenido de fósforo inicial del suelo es moderadamente alto. En tallos, la tendencia observada es a mantener un valor estable de fósforo en el tejido. Al igual que en el caso del nitrógeno, el fósforo se estaría translocando hacia otras estructuras de la planta, como raíces y frutos (**Figura 6.5**).





**Figura 6.5.** Evolución del contenido fósforo en hojas, tallos y frutos de pepino dulce.

## 6.5 Resultados para Potasio

Potasio es considerado como un nutriente esencial en las plantas, que promueve el desarrollo del crecimiento y determina la mayor o menor coloración de flores y frutos, así como el sabor de éstos (Andrago, 2015). Responsable de muchos procesos vitales como regulador del cierre de estomas, activador principal de la síntesis de carbohidratos y proteínas, junto con el nitrógeno son los elementos de mayor extracción en los cultivos (Marschner, 1995).

Para este elemento se indican extracciones de  $281 \text{ kg ha}^{-1}$ , siendo la mayor proporción extraída en hojas ( $114 \text{ kg ha}^{-1}$ ), seguidos de tallos ( $101 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y frutos con  $66 \text{ kg ha}^{-1}$  (Fresquet, 1999 y Torelli 1984).

### 6.5.1 Efecto del potasio sobre la fenología de la planta

Al adicionar potasio vía fertirrigación, no se registra efecto en el tiempo requerido para alcanzar cada estado fenológico hasta cuaja, solo se detectó un efecto negativo en el inicio de cosecha (15 días de retardo) (**Cuadro 6.17**).

**Cuadro 6.17.** Efecto de la fertilización potásica sobre inicio de floración, floración, inicio de cuaja e inicio de cosecha en pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Inicio floración	Plena floración	Inicio cuaja	Inicio cosecha
60-60-90	64,5 a	74,0 a	84,5 a	157,3 b
60-60-0	65,3 a	67,5 a	82,8 a	141,5 a

Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

## 6.5.2 Efecto del potasio sobre el crecimiento de la planta

Al adicionar potasio en la cantidad de 90 kg ha<sup>-1</sup>, bajo las condiciones del ensayo, no se obtuvo efecto sobre los parámetros de crecimiento vegetativo evaluados, como se puede apreciar en el **Cuadro 6.18**.

**Cuadro 6.18.** Efecto de la fertilización potásica sobre el crecimiento en altura (cm), longitud (cm) y ancho (cm) de plantas de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Variables del crecimiento		
	Altura (cm)	Longitud (cm)	Ancho (cm)
60-60-90	37,7 a	40,1 a	42,0 a
60-0-90	38,4 a	41,5 a	45,1 a

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

## 6.5.3 Efecto del potasio sobre la producción de pepino dulce

Al igual que para el caso de fósforo, no se observaron diferencias significativas para producción y para la mayor parte de los parámetros de calidad de la fruta, al adicionar potasio. Se reporta la existencia de una mayor proporción del fruto con manchas moradas al no fertilizar el cultivo con este elemento (**Cuadro 6.19**).

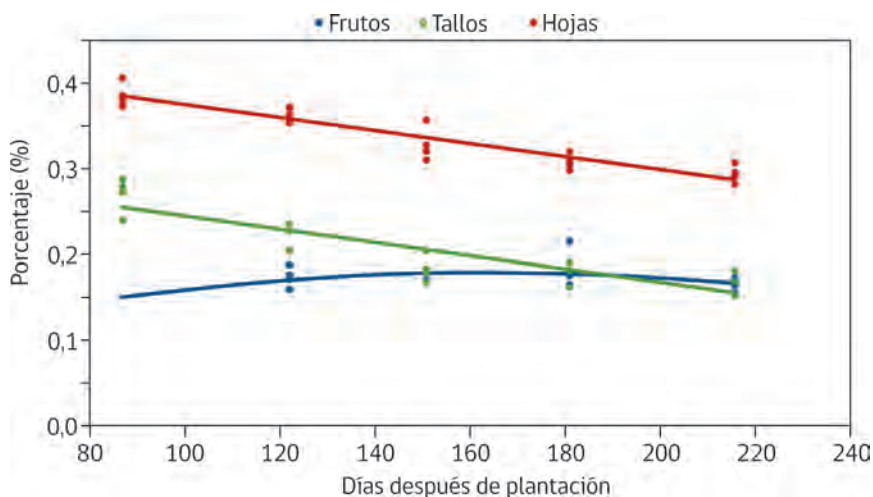
**Cuadro 6.19.** Efecto de la fertilización potásica sobre parámetros de producción y características de los frutos de pepino dulce.

Tratamiento (N-P-K) kg ha <sup>-1</sup>	Número cosechas	Producción (t ha <sup>-1</sup> )	Frutos				
			Número planta <sup>-1</sup>	Largo (mm)	Ancho (mm)	Morado %	Sólidos solubles (°Brix)
60-60-90	6,0	40,4	17,5	85,6	57,0	40,9 b	7,8
60-60-0	6,0	37,1	14,6	88,6	60,1	50,4 a	7,9

Letras distintas en una misma columna o fila indican diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según test de Duncan.

### 6.5.4 Efecto de la dosis de fertilización sobre el contenido de potasio en tejidos

En hojas y tallos el contenido de potasio tiende a disminuir con el desarrollo del cultivo, siendo siempre mayor en hojas que en tallos. En hojas, el contenido de potasio más adecuado para el pepino dulce debería variar entre 3,0 y 4,0%. Esto sugiere que las concentraciones caen a niveles cercanos al nivel crítico en el último muestreo. La disminución en estos tejidos puede deberse a que la planta estaría translocando este elemento hacia los frutos, ya que en este tejido, de acuerdo a la **Figura 6.6**, tiende a aumentar levemente a medida que aumentan las cosechas.



**Figura 6.6.** Evolución del contenido potasio en hojas, tallos y frutos de pepino dulce.

## 6.6 Consideraciones y recomendaciones

- Escasa respuesta al nitrógeno, en altura de plantas, solo hasta 60 kg ha<sup>-1</sup>.
- Efecto depresivo de la dosis máxima de nitrógeno aplicada de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Esto se explica por el alto nivel inicial de nitrógeno disponible detectado por el análisis de suelo.
- Se aprecia efecto al fósforo solamente en crecimiento en altura de las plantas, aun con 33 ppm de fósforo disponible. La carencia de raíces debido a la pobre condición física del suelo explica esta respuesta.
- La aplicación de potasio no produce efectos sobre los parámetros evaluados de crecimiento y desarrollo de las plantas.

Ante lo anterior se recomienda:

- Fertilizar el cultivo con dosis moderadas de nitrógeno entre 60 y 80 unidades, pero considerando el historial previo de fertilización del potrero, aplicando la mayor cantidad de nitrógeno en las primeras 8 semanas de cultivo.
- Aplicar dosis de mantención de fósforo y potasio, considerando igualmente el historial de fertilización previa del potrero. Para precisar mejor el programa de fertilización del cultivo se recomienda analizar químicamente el suelo, previo al trasplante.

## Bibliografía

- Andrango, J. 2015. Determinar el rendimiento a la aplicación de tres niveles de fertilización con dos bioestimulantes enraizadores en el cultivo de pepino dulce (*Solanum muricatum* Aiton) en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 73 p.
- Fresquet, J. 1999. Estudios sobre nutrición, fertilización y otras técnicas agronómicas en el cultivo protegido del pepino dulce en el litoral valenciano. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España. Resumen disponible En <http://www.mastesis.com/tesis/estudios>.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Plant Nutrition. University of Federal Republic of Germany. Academic Press Inc. London Ltd. United States Edition, Orlando. Florida.673 p.

Nuez, F. y J. Ruiz. 1996. El pepino dulce y su cultivo. Estudio FAO, ROMA. 142 p.

Sierra B., C. 2013. Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas: Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria. 112 p. Boletín INIA N°271. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena Chile.

Torelli L., B. 1984. Ritmo de absorción de N, P, K, en pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) a través del periodo de desarrollo del cultivo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota Chile.

