



INIA
Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile

CORFO
sueña emprende crece

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

BOLETÍN

Fertilización y Manejo
del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga
Pepino Dulce, Pimiento
Tomate y Zanahoria

Autor:
Carlos Sierra Bernal

BOLETÍN INIA N° 271

BOLETÍN

**Fertilización y Manejo
del Suelo en Hortalizas:**

**Alcachofa, Apio, Lechuga
Pepino Dulce, Pimiento
Tomate y Zanahoria**

**Autor:
Carlos Sierra Bernal**

**INIA INTIHUASI
LA SERENA, CHILE, 2013**

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Autor:

Carlos Sierra Bernal Ing. Agr. M. Sc.

Director Responsable:

Francisco Meza Álvarez, Director Regional INIA Intihuasi

Comité Editor

Constanza Jana Ayala, Ingeniera Agrónoma Mg. Cs. Dra.

Andrés Zurita Silva, Ingeniero Agrónomo, Mg. Cs., Dr.

Erica González V. Téc. Biblioteca.

Boletín INIA N°271

Boletín editado por el Centro Regional de Investigación Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura Chile, como parte del proyecto: "Transferencia de técnicas de manejo optimizado del riego y uso eficiente del nitrógeno en los principales cultivos del sector Pan de Azúcar, para asegurar la sustentabilidad de la actividad agrícola y de los recursos hídricos del acuífero El Culebrón", financiado por INNOVA-CORFO, Cofinanciado por Minera TECK de Andacollo y la Junta de Vigilancia del Río Elqui, 2012-2013.

Cita Bibliográfica Correcta

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.

Autorizada la reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Diseño y Diagramación:

Miradatres Ltda.

Impresión:

Editorial del Norte

Cantidad de ejemplares: 600

La Serena Chile 2014

ISSN 0717-4829



AGRADECIMIENTOS

El presente Boletín forma parte del trabajo de investigación y validación de la Tecnología de Uso de Fertilizantes y de Manejo del Suelo en algunas hortalizas en el área hortícola de las comunas de La Serena y Coquimbo, realizado durante más de 15 años por el INIA en el área del Norte Chico. Sería largo detallar el aporte de diversos jóvenes estudiantes, que mediante sus trabajos de tesis, seminarios y diferentes trabajos de campo han contribuido a que la presente publicación sea una realidad. También debemos agradecer el apoyo de muchos agricultores empresarios y pequeños agricultores de la región. Por otra parte, de manera directa o indirecta, varias Instituciones como FIA, CORFO, INDAP, ULS y otras Universidades, han favorecido el desarrollo de diversos trabajos de investigación agrícola que hoy se incluyen en este boletín. Particular agradecimiento a todo el personal de INIA-INTIHUASI a profesionales, técnicos, administrativos y operarios, cada uno con su trabajo ha contribuido para que esta publicación se haya finalmente concretado.

Especial agradecimiento a los siguientes Profesionales, Técnicos y Administrativos de INIA.

Constanza Jana Ayala Ing. Agr. Ph. D.
Leonardo Rojas Parra Ing. Agr.
Víctor Pizarro Berríos Ing. Agr.
Luis F. Muñoz Carvajal Ing. Agr.

Fernando Graña Sarmiento Ing. Ejec. Agrícola
Rubén Alfaro Pizarro Ing. Ejec. Agrícola
Víctor Alfaro Espinoza Ing. Ejec. Agrícola
Luigi Schiappaccase Álvarez Ing. Ejec. Agrícola

Secretarias

Ana Narbona Valdovinos
Olga Guzmán Peralta
Patricia Contreras Alvear
Erica González Villalobos Técnico en Biblioteca



ÍNDICE

Capítulo I	11
Introducción.	11
Capítulo II	13
Requerimientos nutricionales inorgánicos y sintomatología de deficiencia de los cultivos hortalizas.	
2. 1. Elementos esenciales para los cultivos.	13
2.1.1. Nitrógeno.	13
2.1.2. Fósforo.	14
2.1.3. Potasio.	14
2.1.4. Calcio.	14
2.1.5. Magnesio.	15
2.1.6. Azufre.	15
2.1.7. Micronutrientes.	15
2.1.7.1. Hierro.	15
2.1.7.2. Manganeseo.	15
2.1.7.3. Boro.	16
2.1.7.4. Cinc.	16
2.1.7.5. Cobre.	17
2.1.7.6. Molibdeno.	17
2.1.7.7. Cloro.	17
2.1.7.8. Níquel.	17
Capítulo III	19
Fertilización del cultivo de alcachofa (<i>Cynara cardunculus</i> var. <i>scolymus</i>).	
3.1. Antecedentes generales.	19
3.1.1. Efecto de tres dosis de enmienda orgánica en la producción y calibre de alcachofa tipo Argentina, aplicada al pre cultivo de papa.	20
3.1.1.1. Antecedentes metodológicos.	20
3.1.1.2. Resultados.	21
3.1.2. Efecto de la fertilización con mono grano y mezcla convencional en alcachofa del tipo Argentina.	24
3.1.2.1. Antecedentes metodológicos.	24
3.1.2.2. Características del suelo del sitio de ensayo.	25
3.1.2.3. Resultados obtenidos.	26
3.1.2.4. Resultados y Conclusiones.	27



Capítulo IV	29
Fertilización del Apio (<i>Apium graveolens</i>).	
4.1. Introducción.	29
4.2. Efecto de la fertilización con mono grano y mezcla física convencional en apio cv Tango.	30
4.2.1. Antecedentes metodológicos.	30
4.2.2. Resultados.	31
4.2.3. Nivel nutricional de las plantas de apio.	34
4.2.4. Resultados y Conclusiones.	35
4.3. Efecto de diferentes dosis de fósforo en Apio cv Tango, predio Santa Rosa, localidad de Pan de Azúcar.	35
4.3.1. Antecedentes generales del ensayo.	35
4.3.2. Resultados.	35
4.3.2.1 Análisis de fertilidad inicial del suelo.	35
4.3.2.2. Fertilidad final de las parcelas tratadas con distintas dosis de fósforo.	36
4.3.2.3. Resultados del efecto de distintas dosis de fósforo en plantas de apio cv Tango.	37
4.3.2.4. Resultados y Conclusiones.	39
Capítulo V	41
Fertilización de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>).	
5.1. Introducción.	41
5.1.1. ¿Qué nutrientes aplicar en el cultivo de lechuga?	41
5.1.1.1. Nitrógeno.	41
5.1.1.2. Fósforo.	42
5.1.1.3. Potasio.	42
5.2. ¿Qué dosis aplicar de cada nutriente?	42
5.3. Forma de aplicación del fertilizante.	44
5.4. Época de aplicación del fertilizante.	45
5.5. ¿Qué fuente fertilizante aplicar?	45
5.5.1. Inhibidores de la mineralización del nitrógeno.	45
5.6. Resultados experimentales de fertilización nitrogenada en lechuga.	46
5.6.1. Efecto de dosis por fuente de nitrógeno en lechuga de primavera.	46
5.6.2. Resultados y Conclusiones.	47
5.7. Efecto residual de guano de pavo en lechuga de verano.	48
5.7.1. Antecedentes metodológicos.	48
5.7.2. Resultados obtenidos.	48
5.7.3. Resultados y Conclusiones.	51
5.8. Efecto de dos tasas de riego y tres dosis de nitrógeno en lechuga cv Mohawk.	51



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

5.8.1.	Antecedentes metodológicos.	51
5.8.2.	Resultados.	52
5.8.3.	Resultados y Conclusiones.	55
5.9.	Efecto de dosis de fósforo en lechuga Desert Storm regada por surco, en suelo serie El Romero, localidad Sta. Elisa.	55
5.9.1.	Introducción.	55
5.9.2.	Resultados.	55
5.10.	Efecto de fuentes nitrogenadas en lechuga cv Desert Storm.	56
5.10.1.	Introducción.	56
5.10.2.	Resultados.	57
	5.10.2.1. Evaluación de parámetros vegetativos en lechuga cv. Desert Storm.	57
	5.10.2.2. Contenido de nutrientes en la nervadura central de la hoja.	60
5.10.3.	Resultados y Conclusiones ensayo de macetas.	67
5.11.	Evolución de la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga, desde trasplante a cosecha, según estación de crecimiento.	67
5.11.1.	Resultados y Conclusiones.	67
Capítulo VI		69
Fertilización de Pepino Dulce (<i>Solanum muricatum</i>).		
6.1.	Introducción.	69
6.2.	Resultados de ensayo realizado en Cerrillos de Tamaya.	69
6.3.	Resultados de ensayo realizado en Cerrillos Pobres.	71
6.4.	Resultados y Conclusiones.	72
Capítulo VII		73
Fertilización de Pimiento (<i>Capsicum annuum L.</i>).		
7.1.	Introducción.	73
7.2.	Resultados.	74
7.3.	Resultados y Conclusiones.	77
Capítulo VIII		79
Fertilización del cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum Mill</i>) en condiciones de invernadero.		
8.1.	Introducción.	79
8.2.	Exigencias de clima y suelo.	80
	8.2.1. Clima.	80
	8.2.2. Temperatura.	80
	8.2.3. Humedad ambiental.	82
	8.2.4. Luminosidad.	82
	8.2.5. Exigencias de Suelo.	82
8.3.	Fuentes fertilizantes más recomendadas para tomate en invernadero.	84



8.3.1.	Nitrógeno.	84
8.3.2.	Fósforo.	84
8.3.3.	Potasio.	84
8.3.4.	Calcio.	84
8.3.5.	Magnesio.	84
8.4.	Manejo del suelo en invernadero.	84
8.5.	Desórdenes nutricionales.	85
8.5.1.	Pudrición apical.	85
8.5.1.1.	Efecto varietal.	85
8.5.1.2.	Deficiencia de calcio.	85
8.5.1.3.	Manejo del riego.	85
8.5.1.4.	Exceso de potasio.	86
8.5.1.5.	Exceso de nitrógeno.	86
8.5.1.6.	Salinidad.	86
8.6.	Resultados de ensayos de fertilización del cultivo de tomate.	88
8.6.1.	Introducción.	88
8.6.2.	Resultados.	88
8.7.	Efecto en rendimiento de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno en tomate cv Irazú.	89
8.7.1.	Introducción	89
8.7.2.	Resultados	89
8.8.	Efecto en rendimiento de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno en tomate cv FA 144.	90
8.8.1.	Introducción.	90
8.8.2.	Resultados.	90
8.8.3.	Resultados y Conclusiones.	91
8.9.	Recomendación de Fertirrigación para tomate.	92
Capítulo IX		93
Fertilización del cultivo de Zanahoria (<i>Daucus carota L.</i>).		
9.1.	Introducción.	93
9.2.	Ensayos de fertirrigación en zanahoria.	94
9.2.1.	Antecedentes metodológicos.	94
9.2.2.	Resultados de análisis de suelo inicial.	94
9.2.3.	Resultados.	94
9.3.	Ensayo cultivo de zanahoria variedad Ábaco.	95
9.3.1.	Antecedentes metodológicos.	95
9.3.2.	Resultados.	96
9.3.3.	Resultados y Conclusiones.	98



Capítulo X	99
Diagnóstico del estado nutricional del contenido de nitrógeno nítrico en savia fresca medido en distintas fases de crecimiento de algunas hortalizas.	
10.1. Introducción.	99
10.2. Análisis de nitratos en tejido de cultivos.	99
10.3. Muestreo en peciolo.	99
10.4. Muestreo en nervadura.	99
10.5. Determinación cuantitativa de nitratos en savia.	99
10.6. Interpretación del análisis.	100
10.7. Principales factores que afectan la concentración de nitratos en los cultivos.	100
10.7.1. Luminosidad.	100
10.7.2. Fertilización nitrogenada.	101
10.7.3. Efecto varietal.	101
10.7.4. El cultivo.	101
10.7.5. Edad de la planta.	101
10.7.6. Órgano vegetal.	101
10.7.7. La Familia.	101
10.7.8. Suministro hídrico.	101
10.8. El problema de concentración de nitratos en hortalizas a nivel mundial	102
10.8.1. Contenido e ingesta de nitratos y nitritos a través del consumo de hortalizas de hoja verde.	102
10.8.1.1. Límites de nitratos y nitritos permitidos en hortalizas.	102
10.8.1.2. Contenido de nitratos y nitritos en hortalizas de hoja verde.	102
10.8.2. Estudio sobre el contenido de nitratos en plantas realizado por la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).	103
10.9. Utilización del equipo portátil Cardy (Marca Horiba) medidor de la concentración nitratos (ppm) en savia fresca de plantas.	105
10.10. Resultados de análisis de nitrato en savia fresca medido en campo, en los cultivos de lechuga y zanahoria, en el sector de Pan de Azúcar.	106
10.11. Análisis de la concentración de N-NO ₃ en savia (ppm) según diferentes variedades de lechuga, mediciones realizadas en el área de Pan de Azúcar.	108
Capítulo XI	
Conclusiones generales y recomendaciones.	110
Capítulo XII	111
Literatura Citada	111



Capítulo I

Introducción

Las especies agrupadas dentro de la categoría de hortalizas son numerosas y por ello han sido objeto de varias clasificaciones: por temporada de cultivo, por órgano de consumo, por familia entre otras. Ejemplos de ello se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de algunas especies de Hortalizas, según el órgano de consumo.

De Hoja	De Inflorescencia	De raíz	De fruto	De bulbo
acelga	brócoli	betarraga	tomate	cebolla
apio	coliflor	zanahoria	pimiento	ajo
cilantro	repollo	camote	ají	puerro
espinaca	alcachofa	nabo		
lechuga				
perejil				

Fuente: Giaconi y Escaff, 2001

Normalmente, las hortalizas se fertilizan en exceso, especialmente con nitrógeno y potasio, sin distinguir entre tipos de hortalizas. La clasificación por órgano de consumo es una de las más relacionadas con la fertilización. De esta forma, si son hortalizas de hoja, se debe privilegiar el uso de nitrógeno y potasio más que de fósforo. Por otro lado, en hortalizas cuyo órgano de consumo es la inflorescencia, el fósforo adquiere mayor relevancia. Las hortalizas cuyo consumo es la raíz requieren una fertilización más balanceada, que incluya los tres macronutrientes. Especies de bulbo requieren dosis moderadas de nutrientes y estos deben concentrarse en los primeros centímetros del suelo, debido al arraigamiento superficial de este tipo de plantas.

La tecnología de uso de fertilizantes en hortalizas debe centrarse principalmente en responder las siguientes interrogantes:

- Qué nutrientes aplicar
- Qué dosis aplicar
- Forma de aplicación
- En qué momento o época aplicar el fertilizante
- Qué fuente fertilizante aplicar

Cada uno de estos requerimientos debe ser considerado para cada especie en particular. El objetivo del presente Boletín es entregar información sobre fertilización de varias especies hortícolas de gran relevancia para la región de Coquimbo, entre ellas: alcachofa, apio, lechuga, pepino dulce, pimiento, tomate y zanahoria.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Capítulo II

Requerimientos nutricionales inorgánicos y sintomatología de deficiencia de los cultivos hortícolas

2.1. Elementos esenciales para los cultivos.

Como todas las plantas cultivadas, las hortalizas requieren de 16 elementos nutritivos esenciales. Cuantitativamente los tres más importantes son el carbono, hidrógeno y oxígeno, presentes en la estructura de la planta. El primero alcanza al 45 % aproximadamente de la materia seca, y el resto, corresponde a H y O, que alcanzan al 51 %. Los otros 13 nutrientes minerales aportan entre el 4 al 6 % aproximadamente (Barceló, et al., 1992). Sin embargo, a nivel de campo los más importantes y requeridos por la planta son nitrógeno, fósforo y potasio. No obstante, los elementos nutritivos se denominan esenciales porque su déficit impide que la planta complete satisfactoriamente su ciclo de vida.

2.1.1. Nitrógeno.

El nitrógeno es un elemento esencial primario que forma parte de las estructuras proteicas en la planta y se considera un elemento estructural que estimula el crecimiento, especialmente de hojas y tallos. El déficit de nitrógeno produce una clorosis o amarillez de las hojas, en caso de extrema deficiencia las hojas basales se “amarillean” debido a la translocación del elemento hacia la parte superior debido a su gran movilidad en el interior de la planta. La falta de humedad en el suelo o falta de luz también produce el mismo síntoma. Por el contrario, el exceso de nitrógeno produce una coloración verde intensa de las hojas, un tono brillante y verde muy oscuro, determinando un retraso de la madurez del cultivo. Una deficiencia tiende a producir un adelantamiento de la madurez de los cultivos.

El exceso de nitrógeno produce diversos efectos negativos sobre el desarrollo de las hortalizas haciéndolas más susceptible a enfermedades como *Botrytis*, y presenta múltiples efectos que incluyen la disminución en la absorción de otros nutrientes principalmente de calcio, retraso en la madurez de los frutos hasta 8 a 10 días, disminución del crecimiento de raíces (Upendra, et al., 2000), genera desórdenes nutricionales que pueden afectar la calidad de los frutos y aumento en el consumo de agua por las plantas.

Cuando la cantidad de nitrógeno es elevada respecto a la del potasio, la calidad de los frutos y la maduración resultan deficientes. Por otra parte, como es un elemento muy dinámico, éste dependerá de la cantidad de nitrógeno disponible del suelo, de la relación C/N y de la humedad y temperatura del suelo. Esto significa que en algunas épocas, por ejemplo hacia fines de diciembre, el suministro de nitrógeno puede ser alto o excesivo si el contenido de nitrógeno disponible, materia orgánica y de nitrógeno total es igualmente alto, debido a la mayor temperatura del suelo.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

2.1.2. Fósforo.

El fósforo es un elemento primario esencial, determinante del crecimiento inicial de los tejidos vegetales, especialmente de las raíces. Su efecto es determinante en la fructificación de las plantas. Es absorbido desde la solución como H_2PO_4^- o HPO_4^{2-} según el pH del suelo, especialmente por contacto directo. Se requiere en cantidades muy inferiores al nitrógeno. Su déficit produce plantas pequeñas de color violáceo o amoratado por efecto de la acumulación de antocianinas (Marschner, 1995), debido a la detención del crecimiento celular. Es un elemento móvil en la planta por lo que una vez absorbido por las raíces, se moviliza y trasloca desde las hojas basales hacia las hojas superiores. Cuando la deficiencia no es severa, se produce un color verde oscuro de las hojas. El exceso de este elemento en el suelo (poco frecuente en los suelos, dado que se fija al sustrato dependiendo del pH), puede inducir una deficiencia de cinc.

Al contrario del nitrógeno, un adecuado contenido de fósforo tiende a producir una adecuada floración y madurez del cultivo.

2.1.3. Potasio.

Este elemento se considera de gran importancia en la nutrición de los vegetales, especialmente en su aspecto sanitario. El potasio es un elemento responsable de más de 48 funciones distintas en las plantas desde regulador del cierre estomático de las hojas en las células oclusivas, hasta el principal activador de la síntesis de carbohidratos y proteínas. El potasio es el macronutriente más importante en cuanto a cantidad extraída, seguido por el nitrógeno y calcio (Marschner, 1995). Este elemento presenta una gran movilidad en la planta. Su deficiencia severa produce plantas con hojas bronceadas y luego desarrollan puntos necróticos dispersos, los tallos del cultivo son débiles y quebradizos cuando falta potasio en el suelo. Una deficiencia moderada produce frutos con bajo calibre.

Una fertilización excesiva con este elemento puede inducir una deficiencia de magnesio y también de calcio. Una elevada concentración de potasio en los tejidos incrementa la acidez de los frutos y en el caso del tomate incrementa la proporción de frutos coloreados heterogéneamente.

2.1.4. Calcio.

El calcio es un elemento estructural que forma parte de la pared celular, integrando los pectatos de calcio, en la lamela media. Una buena parte de este elemento se encuentra en la planta al interior de las vacuolas, donde precipita como oxalato de calcio. Su deficiencia produce una inhibición del crecimiento de los brotes y del ápice de las raíces. El calcio junto al fósforo es muy importante al inicio del crecimiento del cultivo, especialmente en el desarrollo de raíces. Un adecuado contenido de calcio inicial en las raíces determina un adecuado crecimiento y mejora la selectividad parcial de iones, en el proceso de absorción de nutrientes desde el suelo.

La deficiencia generalmente inducida ocasiona amarillamiento intervenal de las hojas jóvenes, los puntos de crecimiento terminan necrosados y el fruto se vuelve negro alrededor de la cicatriz pistilar, produciendo pudrición apical o blossom end rot; (Vásquez, 1994), situación frecuente en tomate y pimiento.



2.1.5. Magnesio.

Este elemento forma parte integral de la molécula de clorofila y también ayuda en la utilización efectiva del fósforo por las plantas. Poco móvil en la planta, su deficiencia produce una clorosis internerval de las hojas basales, debido a su translocación hacia las hojas superiores. Su deficiencia puede producirse en suelos arenosos. Excesos de magnesio que puedan producir toxicidad por este elemento, no se reportan en la literatura. Su deficiencia se puede inducir por desbalance en el suelo por aplicaciones excesivas de potasio o de calcio.

Una deficiencia de magnesio genera los siguientes síntomas: las hojas basales presentan una decoloración que progresa hacia los tejidos de las nervaduras. La planta adquiere una coloración amarilla que se propaga gradualmente desde la base a la parte superior y en los tejidos de las hojas aparecen a menudo manchas necróticas.

2.1.6. Azufre.

Elemento esencial, activador enzimático, interviene en el metabolismo del nitrógeno. Su deficiencia produce clorosis generalizada y es poco móvil en la planta. Su deficiencia es muy poco frecuente en suelos de la zona central y norte, por el abundante aporte de sulfato del agua de riego.

2.1.7. Micronutrientes.

2.1.7.1. Hierro.

El hierro contribuye a la formación de la clorofila aunque no forma parte de ella, participa en el proceso de la respiración y es un elemento catalizador de los sistemas de oxidación. Es un constituyente de los citocromos y de las hierro proteínas que están involucradas en la fotosíntesis, y es también un componente esencial de enzimas peroxidadas (Vásquez, 1994). Su deficiencia se caracteriza por una marcada clorosis internerval parecida a la del magnesio pero en las hojas jóvenes. El crecimiento se inhibe y las hojas nuevas permanecen pequeñas. Su carencia es común en suelos calcáreos (Valle de Copiapó), y en algunos suelos de Pan de Azúcar y de la Región de Coquimbo. Este efecto se produce especialmente en condiciones de suelo frío, caso de invernaderos en invierno, pobre aireación, daño radicular o excesivos niveles de otros metales pesados.

2.1.7.2. Manganeso.

Es un activador enzimático que participa en la formación de la clorofila y en los fenómenos de oxidación. Juega un importante papel en el fenómeno fotosintético. Es importante en la síntesis de fibra, su carencia hace más susceptible a enfermedades a las plantas. La deficiencia de este elemento, sigue la misma dinámica que el hierro, es decir, en suelos de pH ácido se puede producir toxicidad de este elemento y en suelos de pH alcalino (mayor de 7,8) se produce deficiencia. La carencia de manganeso se manifiesta como una clorosis internerval en hojas viejas o jóvenes. En un principio las hojas se tornan pálidas, en una etapa posterior aparecen pequeñas manchas necróticas en las áreas pálidas, especialmente por las nervaduras centrales. La mayoría de los suelos de la región presentan exceso de este nutriente.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

2.1.7.3. Boro.

Este elemento puede ser deficiente en suelos de pH moderadamente alcalino. La fracción utilizable, es decir el boro soluble, varía entre 0 y 5 ppm, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo, materia orgánica y naturaleza de la roca madre. El uso intensivo de N, P y K provoca un progresivo empobrecimiento de microelementos. La planta lo absorbe como ácido bórico, y es un microelemento muy inmóvil en algunas especies como el nogal y el pistacho. En otras especies presenta una movilidad mayor; por lo que la deficiencia se manifiesta en las partes jóvenes y puntos de crecimiento. Su carencia provoca malformaciones en el fruto y lesiones en la piel (Bolívar, 1990). Su deficiencia también produce desintegración de los tejidos internos como en tallos. Favorece la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico en las flores, por lo tanto favorece la cuaja de frutos. Está involucrado en la regulación de la síntesis de carbohidratos, pero no es utilizado estructuralmente en algún sistema enzimático. Es componente estructural de la pared celular, donde participa en la formación de los componentes de la pectina. Los suelos regados con aguas del río Elqui presentan contenidos altos de boro disponible.

Los síntomas de deficiencia de boro son:

Detención del crecimiento apical con clorosis en el margen de hojas maduras, entrenudos cortos, con arrosetamiento, aborto y caída de flores y menor cuaja de frutos y semillas.

La deficiencia generalmente produce un menor rendimiento y sobre todo una reducción de la calidad de los frutos, generando calibres pequeños y deformados. Es difícil la detección visual de la deficiencia, por lo tanto, lo mejor es su prevención a través de la fertilización. Sin embargo, ésta debe ser manejada muy racionalmente, ya que es fácil producir toxicidad en las plantas, dado el rango limitado de concentración del nutriente que la planta necesita.

La adición de boro a un suelo arcilloso de invernadero de pH 7.2, aumentó el rendimiento de frutos maduros en un 18% y mejoró la forma de los frutos de tomate y la uniformidad de maduración según Adams *et al.* (1978).

2.1.7.4. Cinc.

Ayuda en la formación del Ácido Indol Acético (hormona vegetal de tipo auxina, conocida como AIA), además es un activador enzimático que ayuda a mantener el metabolismo de la planta. La deficiencia de este elemento puede encontrarse en suelos alcalinos o ricos en fosfato. La carencia de cinc produce hojas pequeñas y arrosetadas, con escasa longitud de los entrenudos. Los márgenes de las hojas muchas veces se presentan deformadas y arrugadas. Un exceso de fósforo puede inducir una deficiencia de cinc.

Las hojas terminales permanecen pequeñas y el resto de las hojas muestran una decoloración leve entre las nervaduras. Hay una pequeña clorosis en los sépalos y se desarrollan manchas irregulares color café. Los pecíolos se rizan hacia abajo; las hojas completas se enrollan, la necrosis progresa rápidamente y se produce marchitez.

Un exceso de este elemento genera los siguientes síntomas: la planta se dobla, el crecimiento se detiene, las hojas más jóvenes quedan extremadamente pequeñas y el resto de las hojas muestran clorosis intervenal.



2.1.7.5. Cobre.

Las plantas lo requieren en dosis muy bajas debido a que más allá de cierto límite su acción es tóxica. Tiene cierta influencia en la formación de las semillas y desarrolla un importante papel en las reacciones de óxido-reducción (Katyal y Randhawa, 1986). Este elemento presenta una dinámica similar al cinc y manganeso; la deficiencia de este elemento no es frecuente, pero los síntomas pueden manifestarse como plantas de color verde muy oscuro, retorcidas y deformadas. La deficiencia determina un escaso crecimiento del vástago, los bordes de las hojas del medio y de las hojas jóvenes se rizan en tubos hacia las nervaduras centrales. Las hojas terminales se presentan muy pequeñas, rígidas y plegadas. Un exceso de materia orgánica puede inducir una deficiencia de este elemento.

2.1.7.6. Molibdeno.

Su carencia produce una clorosis internerval que aparece primero en las hojas más viejas y va progresando hacia las más jóvenes. Este síntoma se puede producir de preferencia al usar exclusivamente una fuente de nitrógeno nítrica debido, a que el molibdeno actúa como co-factor enzimático en la nitrato-reductasa.

2.1.7.7. Cloro.

La deficiencia es muy poco común en las plantas creciendo en zonas áridas, pero su toxicidad suele ser más frecuente en suelos con elevada salinidad. Sin embargo, en la zona central es muy poco probable una toxicidad por cloruro, debido a que este elemento es lavado fácilmente por las lluvias del invierno. Por el contrario, en zonas como Copiapó es muy probable que se manifieste toxicidad por cloruros. También en la zona de Pan de Azúcar, en suelos de invernadero regados con agua de pozo se pueden manifestar efectos tóxicos. Su deficiencia produce marchitez de las hojas, y es un elemento importante en la etapa de floración.

2.1.7.8. Níquel.

Micronutriente esencial, considerado como tal a partir de mediados de la década de los años 90. Este elemento permite una rápida hidrólisis de los compuestos ureicos formados en la planta.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Capítulo III

Fertilización del cultivo de alcachofa (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*).



Foto 1. Cultivo de alcachofa cv Argentina, localidad Pan de Azúcar.

3.1. Antecedentes generales.

La alcachofa es un cultivo de crecimiento invernal, que prefiere suelos neutros a ligeramente ácidos, no es una planta exigente en cuanto a calidad de suelos (Lackington, 1990), y posee un sistema radical activo con gran habilidad para explorar el suelo. Los nutrientes minerales más requeridos, como en muchas plantas, son el nitrógeno y el potasio. Las cantidades extraídas de macronutrientes, medidas por Lackington (1990), en suelos de la localidad de Pudahuel (zona central) alcanzaron a 98, 30,4 y 177 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente. En el Cuadro 2 se presenta un resumen de trabajos sobre extracción de macronutrientes en alcachofa, citados por Jana (2009), se aprecia un amplio rango de variación entre los distintos valores reportados.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 2. Extracción de macronutrientes por el cultivo de alcachofa según distintos autores.

Fuente Bibliográfica	Extracción de nutrientes kg/ha			Rendimiento (t/ha)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Ryder <i>et al</i> , 1983 vol 18(5)	286	44	367	-
Ryder <i>et al</i> , 1983 vol 18(5)	275	89	445	-
INIA Perú 2004	120	84	180	15
Anstett 1965 citado por Ribó 2004	229	104	478	23,9
Pomares 1965 citado por Ribó 2004	271	87	575	22,5

La época de aplicación de la fertilización es muy importante, aplicaciones altas y tardías de nitrógeno no son recomendables. Se debe formar una planta vigorosa en su etapa inicial de crecimiento vegetativo, es decir fines de verano y otoño. Para luego al entrar en producción en invierno, aplicar dosis muy bajas de nitrógeno, en la etapa de cosecha, aún cuando esto depende del uso de enmienda orgánica, textura del suelo, historial de fertilización, entre otros.

3.1.1. Efecto de tres dosis de enmienda orgánica en la producción y calibre de alcachofa tipo Argentina, aplicada al pre-cultivo de papa.

3.1.1.1. Antecedentes metodológicos.

En un suelo de la Serie Escorial ubicado en el sector de Pan de Azúcar de textura franco arenosa, regado mediante pivote central, usando agua de pozo, se estableció un cultivo de alcachofa tipo Argentina y se evaluó el efecto residual de la aplicación de guano de pavo aplicado en el cultivo anterior (papa), en dosis de 0, 17 y 34 t/ha. El cultivo recibió una fertilización nitrogenada alta, incluyendo una fertilización base de 300 kg/ha de nitrógeno y además 180 unidades vía fertirrigación. Cabe señalar que la fertilización orgánica aplicada al cultivo anterior de papa, a través del guano de pavo, incorporó unos 350 y 700 kg/ha de nitrógeno total a la forma orgánica. El objetivo productivo del cultivo era la producción de alcachofin.

En el Cuadro 3, se presenta el nivel de fertilidad inicial de suelo, según los distintos tratamientos de enmienda aplicada al cultivo anterior, previo al trasplante de alcachofa. El contenido de nitrógeno mineral fue muy bajo en los tres tratamientos analizados, el contenido de nitrógeno total tiende a incrementarse al igual que el contenido de materia orgánica y la relación C/N, especialmente al aplicar la dosis máxima de enmienda orgánica. Similar tendencia se observa en el contenido de fósforo extraíble y el nivel de salinidad del suelo.



Cuadro 3. Contenido de nutrientes en el suelo, después de aplicar distintas dosis de enmienda orgánica, al cultivo anterior.

Dosis Enmienda	N	N Total	M.O.	C/N	Fósforo	CE
t/ha	mg/kg	%	%		mg/kg	dS/m
0	5	0,049	0,80	9,5	86	2,3
17	3	0,047	0,65	8,0	87	1,9
34	6	0,067	1,20	10,4	105	3,0

3.1.1.2. Resultados.

En el Cuadro 4, se presenta el efecto residual de la aplicación de enmienda orgánica, sobre atributos como la producción del número de capítulos de alcachofa, lograda en seis cosechas entre septiembre y octubre. El efecto residual de la enmienda orgánica disminuyó el número de frutos de alcachofa, debido al efecto acumulado de nitrógeno, además de la alta fertilización nitrogenada aplicada. En el Cuadro 5, se muestra el efecto residual de la enmienda orgánica sobre la producción de alcachofas en kg/parcela, en las seis cosechas realizadas entre septiembre y octubre. Al incrementar la aplicación de enmienda la producción disminuyó, por efecto del exceso de nitrógeno aplicado, vía fertilización química y vía enmienda orgánica.

Los Cuadros 6 y 7 corresponden al contenido foliar de macro y micro nutrientes, respectivamente, tomado en hojas en época de cosecha. El contenido de nitrógeno total fue alto, especialmente en el tratamiento sin aplicación de enmienda orgánica y tendió a disminuir con la dosis más alta de guano de pavo. Una explicación posible sería que el carbono aportado por la enmienda, regularía la entrega del nitrógeno aportado como fertilizante. Destaca el bajo contenido de magnesio, presumiblemente debido al alto nivel de nitrógeno y potasio absorbido, 0,3 % se considera nivel marginal de magnesio (Cuadro 6). En el Cuadro 7, destacan los altos contenidos de manganeso y de cobre. El primero posiblemente debido al exceso de riego aplicado y el segundo debido a continuas aplicaciones de cobre como fungicida, para controlar la "peca", esta corresponde a necrosis de la bráctea. En el Cuadro 8 se relaciona el efecto residual de la enmienda orgánica, sobre este daño en alcachofa. Se aprecia claramente que el número de frutos sin peca fue significativamente menor en el tratamiento sin enmienda orgánica aplicada (18%), mientras que con 17 t/ha de enmienda el porcentaje de frutos sanos se incrementa al 54%. Esto se relaciona con el menor contenido de nitrógeno total foliar detectado en este tratamiento, sugiriendo que el exceso de nitrógeno podría ser la causa que promueve la aparición de la peca. Por lo tanto, la fertilización nitrogenada del cultivo debe considerar la fertilización y uso de enmiendas aplicadas al cultivo anterior.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 4. Efecto residual de la aplicación de guano de pavo sobre el número de capítulos de alcachofa según calibre, de seis cosechas entre septiembre y octubre.

Tratamiento	< 50 mm	50 a 70 mm	> 70 mm	Total
t/ha	Número de capítulos por parcela			
0	113	166	15	294 a
17	111	109	5	225 b
34	120	119	6	245 b

Cuadro 5. Efecto residual de la aplicación de guano de pavo sobre el peso de capítulos de alcachofa según calibre. Seis cosechas acumuladas entre septiembre y octubre.

Tratamiento	< 50 mm	50 a 70 mm	> 70 mm	Total
t/ha	kg/parcela			
0	8,1	15,49	1,79	25,4 a
17	8,2	12,0	0,77	21,0 b
34	8,4	11,8	0,75	21,0 b

Cuadro 6. Contenido foliar de macronutrientes en hojas de alcachofa, según diferentes dosis de guano de pavo, aplicado al cultivo anterior de papa.

Nutriente	Dosis de enmienda orgánica (t/ha)		
	0	17	34
N nítrico (ppm)	1.618	3.227	2.268
N amoniacal (ppm)	385	580	242
N total (%)	3,72	3,21	3,01
Fósforo (%)	0,40	0,47	0,43
Potasio (%)	4,04	4,34	4,02
Calcio (%)	0,79	0,89	0,86
Magnesio (%)	0,24	0,26	0,23



Cuadro 7. Contenido foliar de micronutrientes en hojas de alcachofa, según diferentes dosis de guano de pavo, aplicado al cultivo anterior de papa.

Nutriente	Dosis de enmienda orgánica (t/ha)		
	0	17	34
Hierro	96	87	77
Manganeso	151	186	145
Cinc	28	44	23
Cobre	230	338	118
Boro	16	17	18

Cuadro 8. Efecto residual de la aplicación de guano de pavo sobre el número de capítulos con puntas de brácteas quemadas, denominada peca. Se consideran frutos sanos, daño moderado y daño intenso, en seis cosechas entre septiembre y octubre.

Dosis	Nº Sana	Nº Daño moderado	Nº Daño intenso	Nº Total	Capítulos sanos
t/ha					%
0	52 a	152 a	90 a	294 a	18
17	122 b	86 b	17 c	225 b	54
34	99 b	110 a	36 b	245 b	40



Foto 2. Grado de intensidad del daño por desorden fisiológico conocido comúnmente como "peca".

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Foto 3. Frutos de alcachofa tipo Argentina, mostrando distinto grado de necrosado de las brácteas (peca), sector Pan de Azúcar.

3.1.2. Efecto de la fertilización con mono grano y mezcla convencional en alcachofa del tipo Argentina.

3.1.2.1. Antecedentes metodológicos.

En la comuna de Coquimbo, localidad de Pan de Azúcar, en un suelo serie Santa Ana de textura franco arenosa, se estableció un ensayo de campo en alcachofa de segundo año del tipo Argentina. El experimento se manejó con riego por surcos, considerando dos tipos de fertilizantes, mono grano y una mezcla convencional que aportaba la misma cantidad de nutrientes. El experimento se estableció en marzo 2008 y se fertilizó con nitrógeno y potasio a mediados de abril y se terminó de cosechar el 1 de septiembre de 2008.

Los tratamientos consistieron en aplicar un fertilizante mono grano y una mezcla convencional de igual contenido N-P-K. El fertilizante mono grano se caracteriza por contener en cada gránulo todos los nutrientes presentes en el fertilizante, mientras que la mezcla convencional corresponde a una mezcla física con gránulos de distintos nutrientes. En el Cuadro 9, se presenta el aporte de nutrientes de ambos fertilizantes.

Cuadro 9. Contenido de nutrientes del fertilizante mono grano y mezcla 11-48-13, usados en el experimento y aplicados en abril de 2008.

Fuente	Mono grano		Mezcla 11- 48- 13	
	799 kg/ha		454 kg/ha	
	%	Un/ha	%	Un/ha
N	6,26	50	11	50
P ₂ O ₅	27,62	221	48	218
K ₂ O	7,69	61	13	59
S	14,37	115	4	18
Mg	6,89	55	0	0
Zn	1,18	9,4	1	4,5

3.1.2.2. Características del suelo del sitio de ensayo.

El suelo presenta una textura liviana, franco arenosa. En el Cuadro 10, se aprecian algunos parámetros de fertilidad del suelo. La salinidad es baja, el contenido de materia orgánica es muy bajo al igual que el nivel de nitrógeno total. Los contenidos de P y K son adecuados pero el nivel de N disponible es muy bajo. Los niveles de calcio, magnesio y sodio son adecuados y típicos de suelos de textura franco arenosa, ver Cuadro 11. Entre los micronutrientes destaca el bajo nivel de cinc.

Cuadro 10. Fertilidad inicial del ensayo, 18 de marzo de 2008.

pH	CE	M.O.	N total	N	P	K
	mS/cm	%	%	Disponible		
				mg / kg		
7,2	1,2	0,9	0,057	6	47	256

Cuadro 11. Fertilidad inicial del ensayo, 18 de marzo de 2008.

Ca	Mg	Na	K	∑ Bases	Fe	Zn ^o	Mn	Cu	B
Cmol(+) Kg ⁻¹					ppm				
7,0	1,8	0,3	0,7	9,8	12	1	9	6	1

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

3.1.2.3. Resultados obtenidos.

En la Figura 1, se presenta el rendimiento de alcachofa alcanzado en ocho cosechas desde julio hasta el primero de septiembre, según los distintos tratamientos de fertilización. No se apreció diferencia estadística entre los tratamientos. Sin embargo, el mono grano presentó el mayor rendimiento, superando las 5 t/ha de alcahofines.

Además, en la Figura 2 se presenta el número de frutos de alcachofas alcanzado, según los distintos tratamientos de fertilización. Al igual que en caso del rendimiento, no se apreció diferencia estadística entre los tratamientos. Sin embargo, el mono grano presentó el mayor número de frutos, superando los 35.000 frutos/ha de alcahofines.

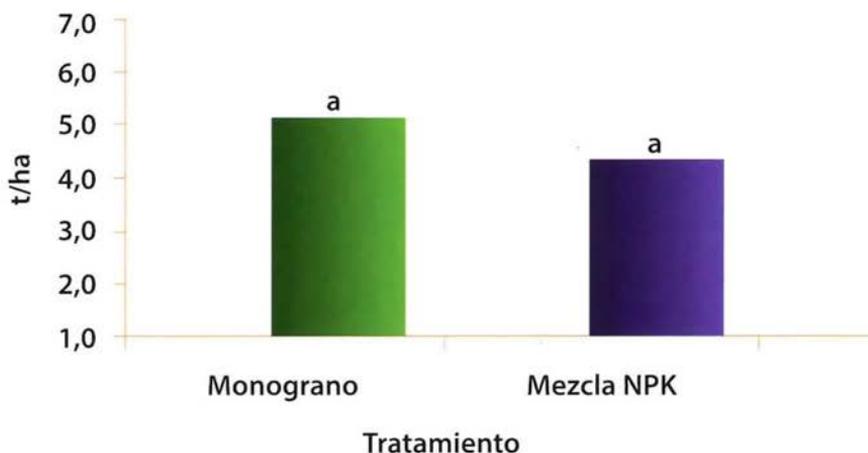


Figura 1. Producción de Alcachofa tipo argentina, según tratamientos de tipo de fertilizante, producción de ocho cosechas, temporada 2007.

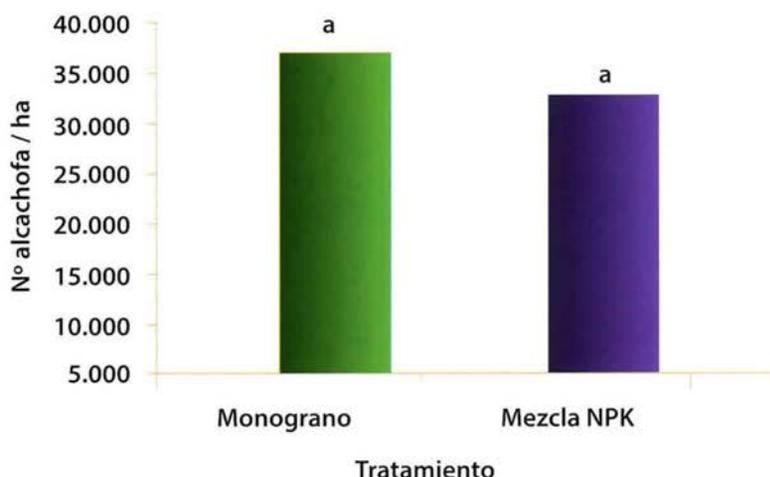


Figura 2. Número de alcachofas tipo argentina por hectárea obtenidas según distinto tipo de fertilizante.

3.1.2.4. Resultados y Conclusiones.

- La aplicación del mono grano y la mezcla 11-48-13 no presentaron diferencia estadística.
- Los contenidos iniciales de cinc más altos del fertilizante mono grano, además de la inclusión inicial de potasio, podrían explicar la tendencia de mayor producción obtenida con este fertilizante, aun cuando no se obtuvo una diferencia estadística entre ambos tipos de fertilizantes.
- La fertilización nitrogenada no debe superar las 250 unidades de nitrógeno.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Capítulo IV

Fertilización del Apio (*Apium graveolens*).



Foto 4. Cultivo de apio, manejado por fertirrigación en el área de Pan de Azúcar, suelo serie Xeres.

4.1. Introducción.

El apio es una hortaliza que se caracteriza por su buen crecimiento bajo condiciones de frío invernal (Giacconi y Escaff, 1993), requiere cantidades de nitrógeno y potasio mayores que otras especies hortícolas como la lechuga, debido a su mayor formación de biomasa y a su condición de planta herbácea. En el área de Pan de Azúcar, mediante riego por goteo se obtienen producciones de apio de gran calidad, por ello de las 563 ha informadas por (ODEPA, 2012) de apio regional, 424 se encuentran en la región de Coquimbo. Por el tamaño alcanzado y homogeneidad de plantas, ésta hortaliza es muy cotizada en los mercados de Santiago. El nitrógeno es un nutriente de gran importancia en apio, pero dosis excesivas pueden afectar severamente al cultivo, especialmente en época de verano. En la Foto 5, se aprecia el efecto de la aplicación de 90 unidades de nitrógeno en la primera semana de febrero, en un suelo con un alto nivel de nitrógeno disponible inicial.



Foto 5. Necrosis del brote, por exceso de nitrógeno en apio cultivado en riego por surco en verano, sector de Pan de Azúcar.

4.2. Efecto de la fertilización con mono grano y mezcla física convencional en apio cv Tango.

4.2.1. Antecedentes metodológicos.

Como fue señalado previamente, los fertilizantes del tipo mono grano, se caracterizan porque incluyen en cada grano la misma cantidad de nutrientes, a diferencia de las mezclas físicas que en cada grano aportan un nutriente, por lo tanto en el caso de los mono granos el suministro de nutrientes para las raíces es más homogéneo al aplicarlo al suelo. En un suelo franco arcilloso de la localidad de San Rafael en Pan de Azúcar, se estableció un ensayo de campo con apio cv Tango. El experimento se manejó con riego por surcos, considerando dos tipos de fertilizantes, mono grano y una mezcla convencional que aportaba la misma cantidad de nutrientes. El experimento se estableció en marzo de 2008 y se cosechó en julio del mismo año. Se aplicaron 400 kg/ha de mono grano y 480 kg/ha de mezcla convencional, el ensayo incluyó 4 repeticiones. Las dosis de N-P-K y otros nutrientes aplicados al cultivo en ambos tratamientos se presentan en el Cuadro 12.

Antes de aplicar los tratamientos se tomaron muestras de suelo, para análisis químico y en pleno crecimiento de las plantas, se colectaron muestras para análisis foliar. A nivel de planta se evaluó el peso, altura y diámetro de las plantas.

Cuadro 12. Contenido de nutrientes del fertilizante mono grano y la mezcla fertilizante.

Elemento	Mono grano	Mezcla Fertilizante
	kg/ha	
N	64	66
P ₂ O ₅	162	160
K ₂ O	13	15
SO ₄	15	12
MgO	6	4

4.2.2. Resultados.

En el Cuadro 13, se muestra el nivel inicial de fertilidad del suelo de las parcelas en las que se aplicó ambos tratamientos de fertilización. Los suelos presentaron un ligero contenido de carbonato y un pH mayor de 7,6. La salinidad del sitio experimental fue alta, mayor de 4,5 dS/m en ambas parcelas, es decir corresponden a suelos salinos. Esto se explica porque el riego se realiza con agua de pozo, además del efecto de la aplicación de fertilizantes. La materia orgánica es de 2,0 %, el N total es moderadamente alto al igual que el nitrógeno disponible; fósforo y potasio igualmente son altos.

Cuadro 13. Análisis de fertilidad inicial del suelo, correspondiente a las parcelas en tratamiento, marzo de 2008.

Tratamiento	Índice CaCO ₃	pH	C. E	M. O	N total	N	P	K
	%		dS/m	%	%	mg/kg		
Mono grano	0,5	7,63	5,48	2,0	0,154	90	56	781
Mezcla Convencional	0,6	7,78	4,58	1,9	0,135	88	48	767

Asimismo, los niveles de bases, calcio y magnesio fueron adecuados y el contenido de sodio fue alto, similar al contenido de potasio, los cuales se presentan en el Cuadro 14. El cinc presentó el nivel más bajo entre los micronutrientes (Cuadro 15).

Cuadro 14. Análisis de bases de intercambio del suelo al inicio del ensayo, marzo de 2008.

Tratamiento	Ca	Mg	Na	K	∑ Bases
	Cmol(+) kg ⁻¹				
Mono grano	19,94	4,40	2,01	2,00	28,34
Mezcla Convencional	19,09	4,22	1,88	1,96	27,15



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 15. Análisis del contenido inicial de micronutrientes del suelo, marzo de 2008.

Tratamiento	Fe	Zn	Mn	Cu	B
	mg / kg				
Mono grano	7	1	12	9	3,4
Mezcla Convencional	7	1	11	9	3,2

En la Figura 3 se aprecia el peso promedio de las plantas de apio, en donde se muestra que las plantas fertilizadas con mono grano no mostraron un mayor peso que la mezcla convencional. De igual forma, al considerar el diámetro basal promedio de las plantas, ambos tratamientos no presentaron un diámetro significativamente mayor (Figura 4). Finalmente, en la Figura 5 se aprecia que la altura de las plantas de apio, fertilizadas con mono grano mostraron cerca de 5 cm más de altura que las plantas tratadas con mezcla convencional.

Es importante señalar que los fertilizantes mono grano pueden ser más efectivos en suelos de baja fertilidad química y/o en suelos muy deteriorados físicamente, debido a que el menor sistema radical será capaz de interceptar zonas enriquecidas con los tres macronutrientes.

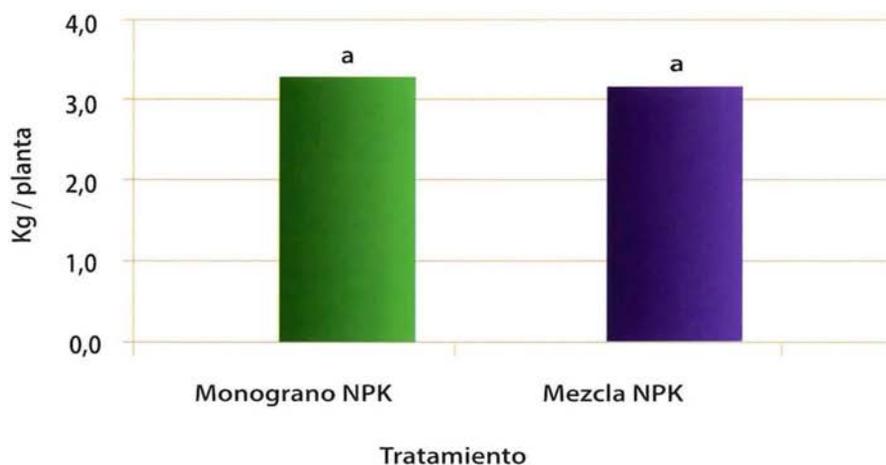


Figura 3. Efecto de dos tipos de fertilizantes, mono grano y mezcla N-P-K sobre el peso por planta en apio cv Tango, sector Pan de Azúcar; n = 240 plantas.

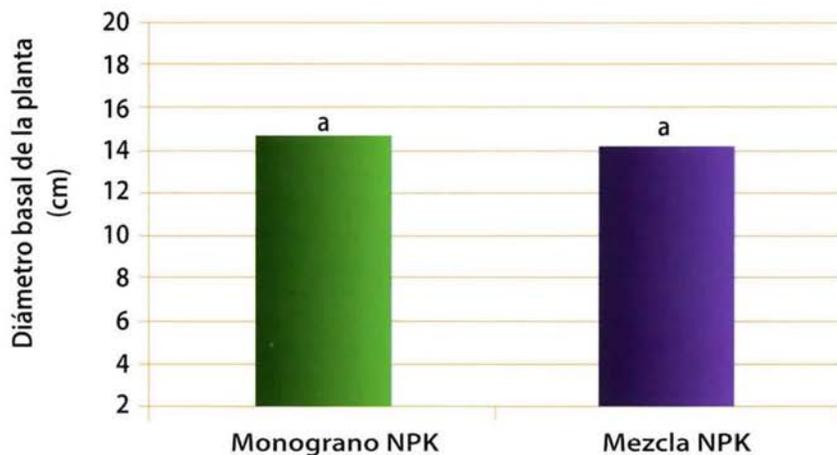


Figura 4. Diámetro basal (cm) promedio de tallos de apio, n = 240 plantas, cv Tango, ensayo cosechado en julio de 2008, sector Pan de Azúcar, Coquimbo.

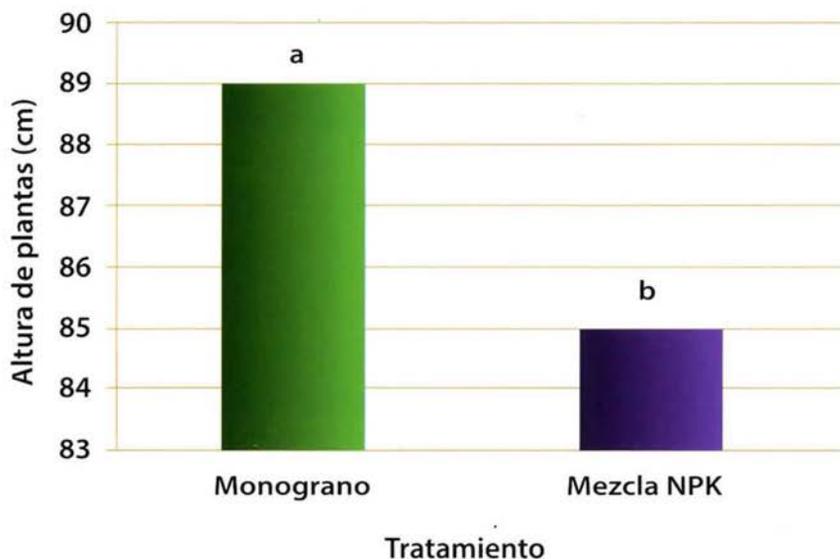


Figura 5. Efecto de dos tipos de fertilizantes, mono grano y mezcla N-P-K sobre la altura de las plantas en apio cv Tango, n = 240 plantas, sector Pan de Azúcar.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

4.2.3. Nivel nutricional de las plantas de apio.

El contenido nutricional en las hojas de plantas de apio se presenta en el Cuadro 16. Los contenidos de nitrógeno total fueron moderadamente altos, valores más equilibrados corresponden al 3% los niveles de nitratos fueron más altos en el caso del mono grano. En el caso del fósforo los contenidos peciolares fueron altos en ambos tipos de fertilizantes. En relación al nivel de potasio, fue frecuente encontrar más de 3,5%, lo cual sugiere que los niveles reportados fueron adecuados. Los contenidos de calcio fueron moderadamente altos, pero dentro de un rango adecuado. Concentraciones de magnesio del 0,3 % deben considerarse en categorías cercanas al nivel marginal, muy próximo a la deficiencia.

En el Cuadro 17 se presentan los niveles de microelementos en las plantas de apio. En relación al cinc el rango más adecuado varía entre 20 y 50 ppm, es decir en este caso este micronutriente se detectó en un nivel francamente deficitario. Es importante destacar que este resultado concuerda con observaciones de campo, en que se ha apreciado una clara respuesta en crecimiento a la aplicación de cinc vía foliar, especialmente a fines de invierno. En relación al manganeso se detectó en niveles adecuados al igual que el cobre.

Cuadro 16. Contenido de macronutrientes a nivel de tallos en apio cv Tango, fertilizado con dos tipos de fertilizantes: mono grano y mezcla convencional .

Tratamientos N-P-K	N	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	Na
	Total						
	%	mg/kg	%				
Mono grano	3.76 a	851 a	0.61 a	3.38 a	2.62 a	0.32 a	1.10 a
Mezcla Convencional	3.63 a	616 b	0.60 a	3.28 a	2.87 a	0.33 a	1.14 a

*Letras iguales indican que no existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según Test de Tukey.

Cuadro 17. Contenido foliar de micronutrientes, muestreado en mayo de 2008.

Tratamientos N-P-K	Zn	Mn	Cu
	mg/kg		
Mono grano	19 a	75 a	7 a
Mezcla Convencional	19 a	77 a	7 a

*Letras iguales indican que no existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según Test de Tukey.

4.2.4. Resultados y Conclusiones.

- La fertilización con mono grano permitió mejorar la calidad de las plantas de apio en cuanto a una mayor altura.
- En ambos tratamientos las plantas de apio mostraron niveles deficitarios de cinc
- En las plantas fertilizadas con mono grano no se observó un mayor nivel foliar de N total, N nítrico, fósforo, potasio y micronutrientes absorbido, respecto del tratamiento de fertilización con mezcla convencional.

4.3. Efecto de diferentes dosis de fósforo en apio cv Tango, predio Santa Rosa, localidad de Pan de Azúcar.

4.3.1. Antecedentes generales del ensayo.

En la localidad de Pan de Azúcar, en suelo serie Barriales, predio Santa Rosa, se estableció ensayo de apio, con la variedad Tango. Los tratamientos de fertilización y trasplante se aplicaron en diciembre de 2008. Se incluyeron cuatro dosis de fertilización fosfatada 0, 50, 100 y 150 kg/ha de P_2O_5 usando fosfato monoamónico. La fertilización nitrogenada fue ajustada a un mismo nivel de nitrógeno para todos los tratamientos. Los fertilizantes se aplicaron al voleo y luego se incorporaron con rastraje, el ensayo se manejó con riego por cintas.

Las plantas muestreadas correspondieron a ocho paquetes de plantas de apio por parcela, considerando seis plantas por cada paquete. De estas muestras se midió su peso, diámetro y largo, el diámetro se midió 10 cm desde la base de la planta, en total se evaluaron 48 plantas por parcela. Antes de aplicar los tratamientos se obtuvo una muestra de suelo a 25 cm de profundidad. El ensayo se muestreó para análisis foliar en marzo de 2009.

4.3.2. Resultados.

4.3.2.1. Análisis de fertilidad inicial del suelo.

En el Cuadro 18 se presenta el análisis de fertilidad inicial del suelo donde se estableció el ensayo con apio. El pH del suelo era moderadamente alcalino, la conductividad eléctrica fue normal para los suelos de la zona y correspondió a un suelo no salino. La materia orgánica fue baja, sobre todo si se considera la textura arcillo-arenosa del suelo. El nitrógeno total fue medianamente bajo y la relación carbono nitrógeno (C/N) baja. El nitrógeno disponible fue bajo, el nivel de fósforo fue moderadamente alto y el de potasio se considera adecuado para la textura arcillosa del suelo.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 18. Análisis de fertilidad inicial. 02 de diciembre de 2008. Predio Santa Rosa. Sector Pan de Azúcar.

pH	C. E	M. O	N	Relación	N	P	K
	dS/m	%	Total	C/N	Disponible		
			%		mg / kg		
8,1	2,6	1,8	0,091	9,5	17	35	577

En el Cuadro 19 se aprecia el análisis del contenido de cationes de intercambio y la saturación respectiva. El contenido de calcio es adecuado para la textura arcillosa del suelo, el contenido de magnesio es naturalmente alto, al igual que el de sodio, que es similar al nivel de potasio de intercambio. La saturación de magnesio y sodio es moderadamente alta y la de calcio es baja.

Cuadro 19. Análisis inicial de Cationes de Intercambio (Ca, Mg, Na y K), Suma de Bases y Saturación de Cationes. 02 de diciembre de 2008. Fundo Santa Rosa, Sector Pan de Azúcar.

Cationes Intercambio				Σ Bases	Saturación			
Ca	Mg	Na	K		Ca	Mg	Na	K
cmol (+) kg ⁻¹					%			
18,4	6,8	1,2	1,5	27,9	66,1	24,3	4,1	5,3

En el Cuadro 20 se presenta el nivel inicial de micronutrientes, los contenidos de todos estos nutrientes fueron adecuados.

Cuadro 20. Análisis inicial de micronutrientes, diciembre de 2008. Fundo Santa Rosa, Sector Pan de Azúcar.

Micronutrientes				
Fe	Zn	Mn	Cu	B
mg/kg				
16	13	33	8	2

4.3.2.2. Fertilidad final de las parcelas tratadas con distintas dosis de fósforo.

La evolución de la fertilidad del suelo alcanzada en cada parcela al final del ensayo de apio se presenta en el Cuadro 21. El testigo con nitrógeno y sin fósforo finalizó con pH 8,4 y los tratamientos con las distintas dosis de fósforo variaron entre 7,8 y 8,1. La conductividad eléctrica se mantuvo moderadamente alta, fluctuando entre 3,39 y 6,86 dS/m, el tratamiento testigo sin aplicación de fósforo presentó el menor valor. Los contenidos de potasio intercambiable presentaron niveles ligeramente más bajos que el nivel inicial.

Cuadro 21. Análisis de fertilidad final. Predio Santa Rosa, Sector Pan de Azúcar.

Anhídrido fosfórico	pH	C.E.	N	P	K
kg/ha		dS/m	mg/kg		
0	8,4	1,37	13	15	420
50	8,0	5,41	19	16	345
100	8,1	3,39	38	16	455
150	8,0	3,76	37	17	367

4.3.2.3. Resultados del efecto de distintas dosis de fósforo en plantas de apio cv Tango.

En las Figuras 6, 7 y 8 se presenta el efecto de distintas dosis de fósforo sobre el peso, diámetro basal y altura de plantas de apio, sometidas a diferentes tratamientos de P a través de fertirrigación. En relación al diámetro basal y peso de las plantas, el efecto del fósforo se manifestó hasta 50 kg/ha de P_2O_5 . No se produjo efecto sobre la altura de las plantas de apio. Es importante destacar que el suelo presentaba un contenido inicial de 35 mg/kg de fósforo disponible y terminó con un nivel más bajo. La disminución en la concentración de fósforo del suelo se explicaría más bien por efecto del pH que por la cantidad de fósforo extraída por el cultivo. De este análisis se puede deducir que nitrógeno y potasio fueron los nutrientes más importantes para el apio. Sin embargo, destaca la respuesta hasta 50 kg/ha de P_2O_5 aplicado aún cuando el suelo presentaba un nivel alto de P disponible. En el Cuadro 22, se presenta el contenido de nutrientes en los pecíolos de las plantas en pleno crecimiento, los niveles detectados fueron adecuados y el más bajo correspondió al cinc sin ser deficitario.

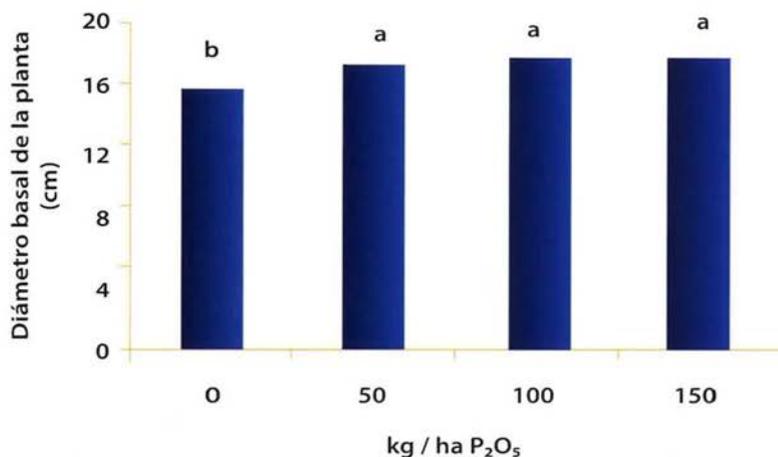


Figura 6. Efecto de diferentes dosis de fertilización fosfatada, como fosfato mono amónico sobre el diámetro basal de plantas de apio cv Tango. n= 48

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

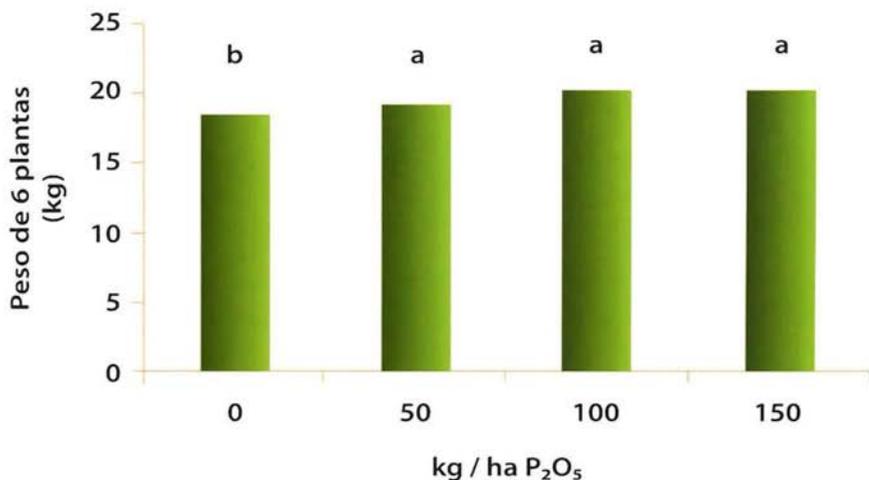


Figura 7. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el peso de 6 unidades de apio cv Tango, n=48

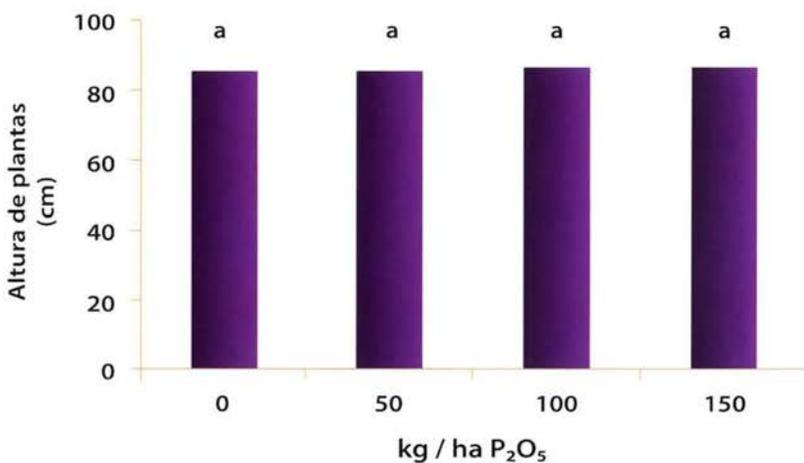


Figura 8. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la altura de plantas de apio, cv Tango, n=48.



Cuadro 22. Contenido de nutrientes a nivel de pecíolos en apio cv Tango, en pleno crecimiento de las plantas, según distintas dosis de fósforo aplicado.

Nutriente	Unidad	P ₂ O ₅ kg/ha			
		0	50	100	150
N	%	1,36	1,33	1,34	1,21
P	%	0,36	0,39	0,40	0,44
K	%	5,01	5,35	5,39	6,34
Zn	ppm	23	22	24	24

4.3.2.4. Resultados y Conclusiones.

El cultivo de Apio cv Tango presentó las siguientes respuestas a la aplicación de fósforo: El fosfato mono amónico mejoró significativamente el peso y diámetro basal de las plantas de apio a nivel de 50 kg/ha de P₂O₅ en relación a cero fertilización fosfatada, pero el aumento de la fertilización fosfatada no permitió seguir incrementando el peso y diámetro de las plantas, en suelo con 35 mg/kg iniciales de P Olsen disponible.

La fertilización fosfatada no incrementó la altura de las plantas de apio. Los contenidos de cinc en los pecíolos presentaron niveles considerados marginales o cercanos al nivel deficitario.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Capítulo V

Fertilización de lechuga (*Lactuca sativa* L.).



Foto 6. Cultivo de lechuga, creciendo en suelo arcilloso serie Barriales, Pan de Azúcar.

5.1. Introducción.

La lechuga se caracteriza por ser un cultivo de rápido crecimiento y de hábito más bien invernal (Marotto, 1995), aun cuando existen variedades de primavera-verano. Es una planta de hoja suculenta y por lo tanto de gran capacidad de transpiración, y en consecuencia es bastante demandante de agua. El área cultivada con lechuga se ha incrementado significativamente en la región de Coquimbo alcanzando las 2.296 ha. según cifras de Odepa (2012).

5.1.1. ¿Qué nutrientes aplicar en el cultivo de lechuga?

Se debe considerar principalmente la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio.

5.1.1.1. Nitrógeno.

Nutriente más importante para el cultivo de lechuga por tratarse de una hortaliza de hoja. El exceso de nitrógeno afecta la calidad de la lechuga afectando el arropollamiento en las variedades que deben formar cabeza; con mucho nitrógeno la lechuga se abre y se deshidrata fácilmente. El exceso de nitrógeno afecta la calidad nutricional de la hoja porque acumula exceso de nitrato y nitritos. El exceso de nitrógeno en general desfavorece la calidad de la lechuga, sobre todo en el caso de una segunda aplicación tardía, con dosis altas de este nutriente.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria.

5.1.1.2. Fósforo.

Estimula el crecimiento rápido de la lechuga especialmente en invierno, favoreciendo el crecimiento radical de la planta, y promoviendo el arrellamiento. Se debe aplicar todo el fósforo al establecimiento del cultivo. La lechuga es un cultivo que extrae poco fósforo, no más de 42 kg/ha de P_2O_5 , es decir el equivalente al fosfato contenido en 95 kg/ha de superfosfato triple.

5.1.1.3. Potasio.

Elemento importante para el levante del cultivo, la cantidad absorbida por el cultivo es alta, más de 180 kg/ha de K_2O . Promueve el arrellamiento y le da peso a la lechuga. Sin embargo, los suelos de la zona normalmente presentan niveles medios a altos de potasio, además el agua de riego del canal Bellavista aporta unos 35 kg/ha de K_2O . Por lo tanto, las dosis a aplicar no deben superar en total las 90 unidades de K_2O . El exceso de potasio en fertirrigación afecta la absorción de magnesio, este nutriente es muy importante en cultivos de invierno, que crecen con baja luminosidad. La disponibilidad de potasio en el suelo es afectada por el contenido de arcilla. Los suelos arcillosos deben presentar una concentración mayor de potasio y los arenosos una menor concentración. Además, la disponibilidad de potasio está influenciada por la temperatura del suelo, por lo tanto en invierno los suelos entregan menos potasio. Este concepto es válido también para la disponibilidad de nitrógeno y fósforo.

5. 2. ¿Qué dosis aplicar de cada nutriente?

Las dosis a aplicar de nitrógeno, fósforo y potasio, varía según la estación de crecimiento, manejo anterior del suelo y disponibilidad de nutrientes del suelo. En Cuadro 23, se entrega la recomendación de fertilización a aplicar antes del trasplante con N-P-K para lechuga según la estación de crecimiento. En el Cuadro 24, se presenta la recomendación de N-P-K para el levante o aporca, en riego por surcos.

La fertilización del cultivo debe definirse en función de la época de plantación. Dosis más bajas deben aplicarse en verano y más altas en invierno además el manejo del suelo también afecta la dosis a aplicar. Con pre-cultivo de papa las dosis pueden ser más bajas o incluso puede no ser necesario aplicar fertilizante. El método de riego también afecta de manera significativa la dosis de fertilización, en riego por goteo se debe fertilizar con dosis más bajas, en riego por surcos se deben aplicar dosis más altas.

Las dosis más altas de nitrógeno deben aplicarse en invierno y/o en caso de incorporar paja de cereales en otoño, este material inmoviliza el nitrógeno afectando fuertemente el crecimiento de la lechuga, es así como no se recomienda plantar lechuga o apio después de incorporar paja de trigo u otro cereal y en caso de hacerlo se deben aplicar 10 unidades de N por tonelada de paja incorporada para favorecer la rápida descomposición de ésta.

En suelos con rotación continua de hortalizas los contenidos de nutrientes en el suelo pueden ser moderadamente altos, siempre que todos los cultivos se fertilicen y que los residuos de cosecha se incorporen al suelo. El apio es un cultivo que extrae bastante nitrógeno y potasio del suelo, al igual que el maíz. La papa deja un efecto residual de nutrientes alto, debido a que se debe



fertilizar bastante porque es un cultivo que responde más a la fertilización, siendo un buen pre-cultivo para lechuga.

Además del historial de cultivo del potrero, es recomendable cada cierto tiempo coleccionar muestras para análisis químico del suelo (cada 3 a 4 años). Normalmente los productores aplican nutrientes en exceso, principalmente nitrógeno, afectando la calidad del producto y además incrementando la contaminación de las aguas subterráneas.

Cuadro 23. Fertilización base con nitrógeno, potasio y fósforo sugerida para establecimiento de lechuga, según estación de crecimiento del cultivo, en suelos con rotación de hortalizas.

Nutriente	Unidades	Invierno	Primavera/Otoño	Verano
		kg/ha		
Nitrógeno	N	50	40	35
Fósforo	P ₂ O ₅	90	70	50
Potasio	K ₂ O	0	0	0

Nota: Asumiendo que el nivel de potasio es adecuado. Fuente: elaboración propia

Cuadro 24. Fertilización con nitrógeno, potasio y fósforo sugerida al levante o aporca para lechuga según estación de crecimiento del cultivo.

Nutriente	Unidades	Invierno	Primavera/Otoño	Verano
		kg/ha		
Nitrógeno	N	60	50	35
Potasio	K ₂ O	70	50	40
Fósforo	P ₂ O ₅	0	0	0

Nota: Asumiendo que el nivel de fósforo es adecuado. Fuente: elaboración propia

El exceso de nitrógeno mineral, es decir no metabolizado en las hortalizas de hoja, promueve enfermedades cancerígenas en los seres humanos. En el Cuadro 25, se presentan los contenidos máximos sugeridos por la Comunidad Económica Europea (CEE) en hojas de lechuga para consumo humano. En invierno se tolera más nitrógeno, porque la planta lo metaboliza más lentamente debido a la menor luminosidad y temperatura.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 25. Contenido máximo de nitrato permitido en hojas de lechuga por la Comunidad Económica Europea (CEE), en invierno y verano, cultivadas en invernadero y al aire libre.

Período Cosecha	NO ₃ ⁻ mg/kg
1 abril – 30 septiembre	Invierno
- Invernadero	4.500
- Aire libre	4.000
1 octubre – 31 marzo	Verano
- Invernadero	3.500
- Aire libre	2.500

Fuente: Adaptado de Carrasco y col. (2006).

En el Cuadro 26 se presenta la fertilización base con nitrógeno para establecimiento de lechuga, según la estación de crecimiento y el manejo anterior del suelo, considerando riego por cinta.

Cuadro 26. Fertilización nitrogenada para lechuga, según manejo anterior del suelo.

Manejo anterior del suelo	Invierno	Primavera/Otoño	Verano
	kg/ha		
Papa	70	50	30
Rotación de hortalizas	90	65	40
Con estiércol o alfalfa	70	50	30

5. 3. Forma de aplicación del fertilizante.

Las dos formas de aplicación son al voleo o incorporado antes y/o después del trasplante y de manera localizada. La forma de aplicación es importante en suelos de baja fertilidad, estos corresponden a suelos sin manejo anterior en rotación con hortalizas. En suelos hortícolas generalmente los niveles de nutrientes son altos, por lo tanto la fertilización se puede aplicar de manera no localizada. La fertilización base puede ser aplicada al voleo con trompo fertilizador o de manera localizada con máquina de trasplante.

En la época de fines de primavera y verano, es más recomendable aplicar los fertilizantes al voleo e incorporados con rastraje, para evitar efectos de exceso de salinidad, por la cercanía del fertilizante junto a la planta, especialmente de los fertilizantes nitrogenados y potásicos. En cultivos de arraigamiento más superficial los fertilizantes no deben incorporarse más allá de 20 cm de profundidad.

5. 4. Época de aplicación del fertilizante.

La época de aplicación de los nutrientes es más importante que la cantidad aplicada. El fósforo es recomendable que sea aplicado todo antes del trasplante como fertilización base, además un 50 a 60% del nitrógeno y potasio de la dosis total. En riego por goteo la parcialización es más fácil de realizar, sin embargo, se deben privilegiar aplicaciones tempranas de nutrientes. En el Cuadro 27, se presenta la fertilización estimada de potasio según distinta disponibilidad de potasio inicial y según diferente método de riego.

La dosis de nitrógeno en el levante no debe ser aplicada muy tardíamente. En riego por surco, después de aplicada la fertilización, es recomendable pasar cultivador para mezclar el suelo con el fertilizante y acercarlo a las plantas, luego dar un riego suave para evitar arrastre del fertilizante. Dosis altas y tardías de nitrógeno afectan la calidad de la lechuga, esta se abre y pierde mucha hoja, es decir disminuye la formación de la cabeza.

5.5. ¿Qué fuente fertilizante aplicar?

En invierno es más recomendable aplicar fuentes fertilizantes más solubles. En general la mayoría de los fertilizantes nitrogenados son solubles, y en los potásicos existe una mayor diferencia en solubilidad. Las fuentes de potasio presentan el siguiente orden de solubilidad: muriato de potasio, seguida del nitrato de potasio y de sulfato de potasio. Este efecto de solubilidad es particularmente importante en lechuga de invierno. En plantaciones de verano este efecto de fuente potásica más soluble es mucho menos importante. Otro aspecto relevante del fertilizante es la acidez: en ensayos realizados con fuentes nitrogenadas las más acidificantes presentan un mejor comportamiento en plantaciones de invierno. El sulfato de amonio es la más acidificante de las fuentes nitrogenadas, le sigue la urea. La urea es una buena fuente nitrogenada para ser aplicada como fertilización base, lo importante es no aplicar dosis excesivas, especialmente en riego por goteo.

5.5.1. Inhibidores de la mineralización del nitrógeno.

Desde los años 70 se han estado evaluando distintas moléculas que permiten inhibir el proceso de mineralización del nitrógeno del fertilizante en sus distintas fases. En el caso de la urea, se utiliza la incorporación del inhibidor de la enzima ureasa n-butyl tiamida tiofosfórica, que permite frenar la hidrólisis de la urea durante unos 10 días después de aplicada, mejorando así la eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado, lo cual permite mejorar la recuperación de un 15% adicional de nitrógeno por la planta. Otro compuesto usado para inhibir el proceso de mineralización del amonio es la molécula dimetilpirazolfosfato (DMPP), en este caso se inhibe la actividad de ciertos microorganismos, que favorecen la residencia del nitrógeno como amonio (NH_4), el cual puede ser retenido como catión por la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, mejorando así la residencia de formas de nitrógeno aprovechables por las raíces de las plantas. Estos compuestos mejoran la eficiencia del nitrógeno aplicado, pero en algunos casos pueden presentar efectos secundarios, como inducir una menor absorción de cationes, especialmente de potasio.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 27. Fertilización estimada de potasio según distinta disponibilidad de potasio inicial, en suelo de textura media (franco, franco arcillo arenoso) y según diferente método de riego.

Potasio de intercambio	Goteo	Surco
mg/kg	kg/ha	
50	150	240
100	120	160
150	90	120
250	60	80
350	50	65
450	0	0

5.6. Resultados experimentales de fertilización nitrogenada en lechuga.

5.6.1. Efecto de dosis por fuente de nitrógeno en lechuga de primavera.

En un suelo arcilloso de la serie Barriales, se estableció un ensayo con lechuga cv Sharp Shooter, manejado con riego por surcos, con pre-cultivo de repollo. Se aplicaron cuatro dosis de nitrógeno 0, 50, 75 y 100 KgN/ha y dos tipos de fuentes nitrogenadas: nitrato de amonio y urea. En la Figura 9, se aprecia que no existió efecto diferenciado al aplicar ambas fuentes nitrogenadas. En la Figura 10, se aprecia el efecto de las dosis de nitrógeno promedio de las dos fuentes estudiadas, donde no hubo efecto estadístico significativo, sin embargo, el mayor peso fresco de las 10 unidades se logró con 75 kgN/ha, aplicados 50 kg antes del trasplante y 25 kg en el levante o aporca. Por último, el diámetro de las plantas no se incrementó de manera significativa al aplicar más nitrógeno (Figura 11).

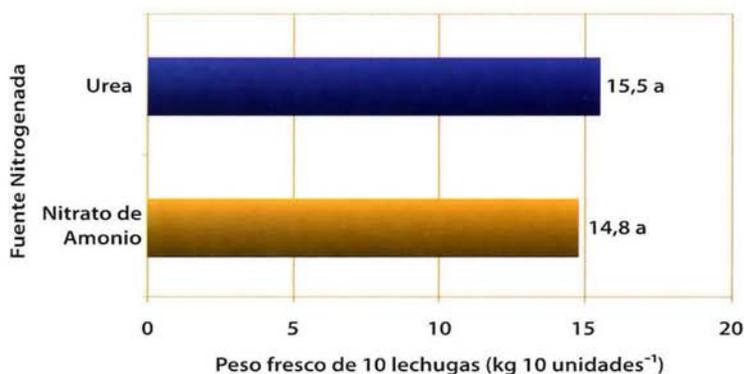


Figura 9. Efecto de dos fuentes nitrogenadas, en el peso de 10 lechugas, cv Sharp Shooter creciendo en primavera.

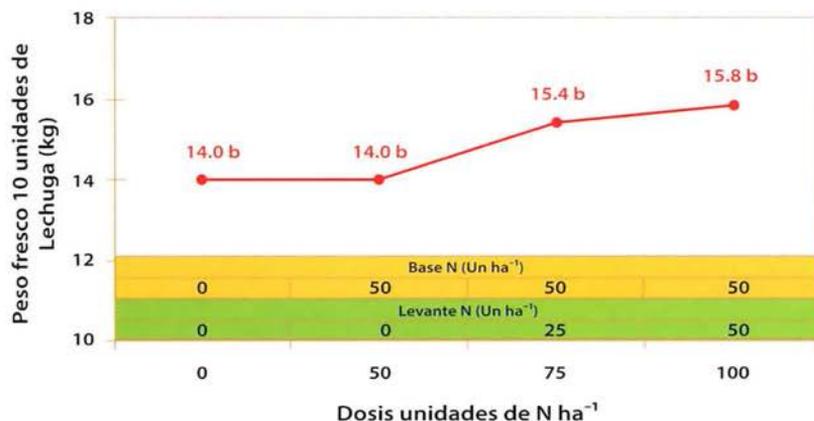


Figura 10. Efecto de dosis de nitrógeno sobre el peso fresco de lechuga cv Sharp Shooter.

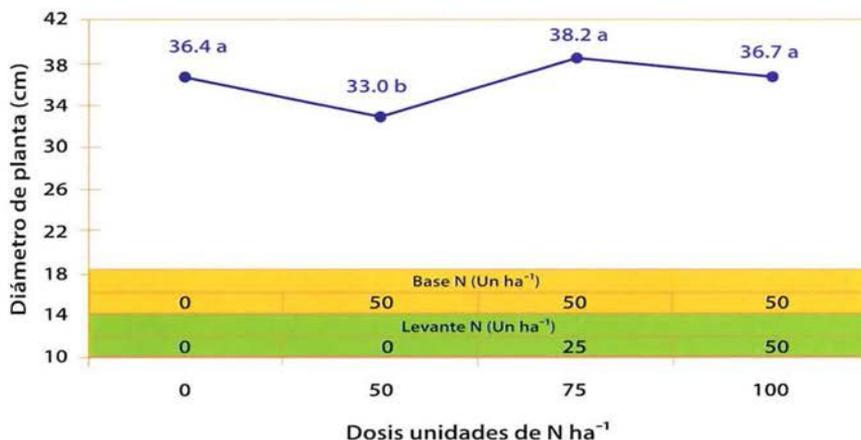


Figura 11. Efecto de la dosis de nitrógeno sobre el diámetro de plantas de lechuga cv Sharp Shooter.

5.6.2. Resultados y Conclusiones.

- No existió efecto de fuente nitrogenada.
- El mejor tratamiento correspondió a 75 kg N/ha, aplicados 50 kg pre-trasplante y 25 kg en el levante o aporca.
- El diámetro de las plantas no se incrementó de manera significativa al aplicar más nitrógeno.



Foto 7. Localidad donde se realizó el ensayo de lechuga, suelo arcilloso, serie Barriales, sector sur de Pan de Azúcar.

5.7. Efecto residual de guano de pavo en lechuga de verano.

5.7.1. Antecedentes metodológicos.

En enero de 2005 se estableció un cultivo de lechuga cv Sharpshwater del tipo escarola. La plantación se realizó en un potrero donde se había establecido anteriormente un experimento con diferentes dosis de guano de pavo en papa. Los tratamientos del ensayo anterior consistieron en aplicar 0, 15 y 30 t/ha de guano de pavo. Previo al trasplante de lechuga, todo el experimento recibió una fertilización base de 300 kg ha⁻¹ de urea (138 kg de N ha⁻¹). La cosecha se realizó en marzo, completando 55 días desde trasplante a cosecha. El experimento se realizó en la serie de suelos Barriales.

5.7.2. Resultados obtenidos.

El contenido de nutrientes y algunos parámetros de la fertilidad del suelo previo al trasplante se presentan en el Cuadro 28. Se observó un claro incremento del contenido de nitrógeno disponible, de fósforo y la conductividad eléctrica al aumentar la dosis de enmienda orgánica. En tanto, el efecto residual de la enmienda orgánica aplicada al pre-cultivo de papa sobre el peso fresco de la lechuga cultivada posteriormente se presenta en la Figura 12. La aplicación de 15 t de enmienda orgánica al cultivo anterior permitió incrementar significativamente el peso de la lechuga.

En relación al efecto de los tratamientos sobre el diámetro de la lechuga, se presentan los resultados en la Figura 13. La aplicación de enmienda orgánica disminuyó el diámetro de las plantas, en otras palabras se produjeron lechugas más arpeolladas, aun cuando esta disminución no presentó diferencias significativas estadísticamente.

La relación diámetro versus peso fresco según distintas dosis de guano de pavo residual se muestra en la Figura 14. La aplicación de enmienda orgánica permitió obtener plantas de menor diámetro pero de mayor peso unitario. Finalmente, en la Figura 15 se presenta la distribución porcentual del peso de lechugas, según distintas dosis de guano de pavo residual. A mayor dosis de enmienda la distribución del peso de la lechuga fue mayor. Estos resultados sugieren que la enmienda orgánica tiende a regular la disponibilidad de nitrógeno para la planta. Esto se ve corroborado con que las plantas a mayor enmienda orgánica aplicada presentaron una menor concentración de nitrógeno total a nivel foliar (ver Cuadro 29).

Cuadro 28. Análisis inicial del suelo, manejado anteriormente con papa, que recibió distintas dosis de guano de pavo.

Dosis guano	Nitrógeno disponible	Fósforo disponible	Potasio intercambio	pH	m.o.	CE
t* ha ⁻¹	mg/kg				%	dS/m
0	38	106	434	7,3	1,0	5,6
15	60	100	355	7,1	1,1	4,8
30	101	152	442	7,0	1,3	6,4



Figura 12. Efecto de tres dosis de guano de pavo residual, en el peso fresco de lechuga cv Sharpshwater.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Figura 13. Efecto de tres dosis de guano de pavo residual, en el diámetro de lechuga cv Sharpshwater.

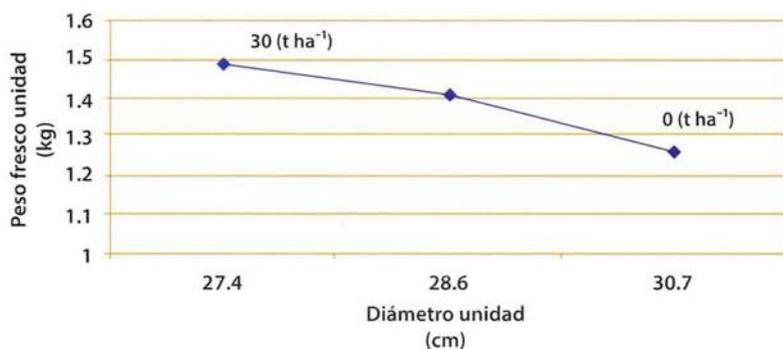


Figura 14. Relación diámetro versus peso fresco, según distintas dosis de guano de pavo residual en lechuga cv Sharpshwater.

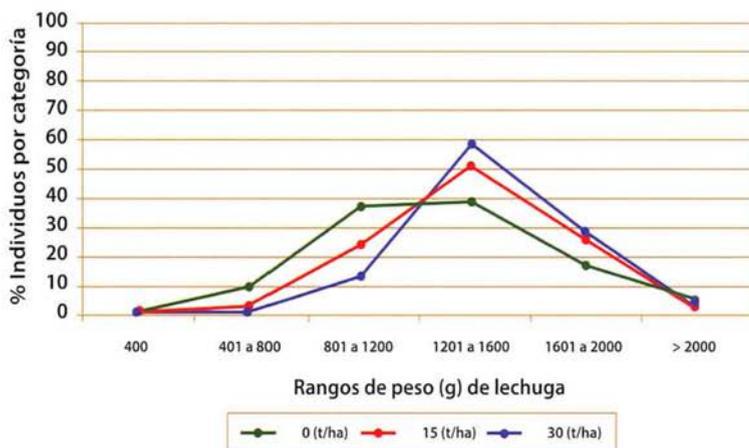


Figura 15. Distribución porcentual del peso de lechugas cv Sharpshwater, según distintas dosis de guano de pavo residual.

Cuadro 29. Contenido de macronutrientes en el cultivo de lechuga, creciendo según distintas dosis de enmienda orgánica aplicada al pre-cultivo de papa, muestras de nervadura central, obtenidas en pre-cosecha.

Dosis guano	N	P	K	Ca	Mg
t* ha ⁻¹	%				
0	2,28	0,65	10,6	1,14	0,54
15	2,14	0,64	14,1	1,58	0,69
30	2,00	0,60	13,2	1,48	0,60

5.7.3. Resultados y Conclusiones.

- La materia orgánica residual aplicada en el cultivo anterior de papa, permitió un mejor arrellamiento de la lechuga.
- Plantas con mayor diámetro total no presentan necesariamente mejor calidad.

5.8. Efecto de dos tasas de riego y tres dosis de nitrógeno en lechuga cv Mohawk.

5.8.1. Antecedentes metodológicos.

En marzo de 2013 se estableció lechuga cultivar Mohawk del tipo escarola, en la Parcela Experimental de INIA en Pan de Azúcar, regada por goteo. La plantación se realizó en un potrero donde se había cultivado anteriormente papa. El ensayo consistió en aplicar dos tasas de riego

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

100 y 133 % de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y tres dosis de nitrógeno 0,40 y 60 KgN/ha. La cantidad de agua total aplicada se presenta en el Cuadro 30, la precipitación registrada en la época de crecimiento del cultivo alcanzó a los 579 m³/ha.

5.8.2. Resultados.

El efecto sobre el número de plantas de lechuga al aplicar dos tasas de riego y tres dosis de nitrógeno se presenta en la Figura 16. El rendimiento máximo alcanzado fue de 38 mil plantas comercializables a cosecha. En relación al riego, se apreció un efecto positivo de la mayor tasa de riego a nivel de 40 kg/ha de nitrógeno aplicado. La respuesta a la fertilización nitrogenada fue moderada y no superó los 40 kg/ha de nitrógeno. La época de trasplante y el método de riego explican la baja respuesta a la fertilización nitrogenada, la plantación en marzo permite tener un mayor suministro de nitrógeno del suelo y la fertirrigación presenta una mayor eficiencia del nitrógeno aplicado. Los resultados obtenidos permiten ratificar que bastan dosis moderadas de nitrógeno y un adecuado manejo del riego localizado, para alcanzar una óptima nutrición del cultivo de lechuga. En la Figura 17 se presenta la relación entre la fertilización y la absorción de nitrógeno, ésta se incrementa significativamente a mayor tasa de riego, sólo hasta el nivel de 40 kg/ha de nitrógeno aplicado. Dosis mayores de nitrógeno no incrementaron la absorción de N por las plantas de lechuga. La concentración de nitrato en savia fresca se presenta en la Figura 18, donde se observó la misma tendencia que para el caso del contenido de nitrógeno total, es decir se presentó un incremento significativo de la concentración de nitrato al aplicar más fertilización nitrogenada, sólo hasta 40 kg/ha. Cabe señalar que 3,5 a 4 % corresponde a un valor adecuado de nitrógeno total cercano a cosecha, (Reuter y Robinson 1997).

La distribución del contenido de nitrógeno mineral disponible en el perfil de suelo, en muestras obtenidas a tres profundidades (hasta 45 cm) se presenta en la Figura 19. El suelo no fertilizado con nitrógeno presentó el menor contenido de nitrógeno, variando entre 22 y 18 ppm de N disponible desde la superficie y en profundidad. El suelo fertilizado con la dosis más alta de nitrógeno, 112 kg N/ha, no presentó el mayor contenido de nitrógeno, el tratamiento con la dosis media de N aplicado presentó el mayor contenido de N disponible en todo el perfil, variando entre 30 y 32 ppm. Las dosis baja y alta presentaron un comportamiento similar en cuanto al incremento del contenido de nitrógeno en el perfil de suelo, a pesar de que presentan diferencias estadísticas significativas. Estas diferencias se pueden explicar por la variabilidad espacial del suelo.

Cuadro 30. Agua recibida por el cultivo de lechuga, trasplantada en marzo de 2013.

Tratamiento	Agua de riego	Precipitación	total
	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
100 ETc	1.644	579	2.223
133 ETc	2.196	579	2.775

Precipitación: Fuente Estación Agrometeorológica CEAZA-INIA, Pan de Azúcar.

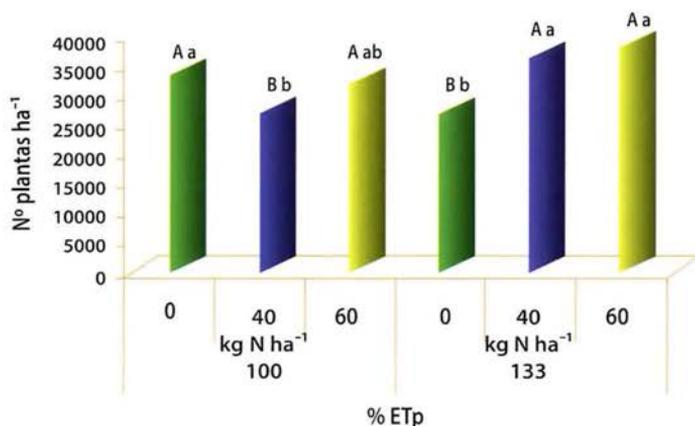


Figura 16. Efecto de la tasa de riego y fertilización nitrogenada sobre el número de pl*ha⁻¹ del cultivo de lechuga cv. Mohawk, Pan de Azúcar, 2013. Letra mayúscula indica diferencia entre tratamientos de riego $p < 0,10$ Duncan a igual dosis de Fertilización. Letra minúscula, indica diferencia entre tratamientos de fertilización $p < 0,10$ Duncan a una misma tasa de riego.

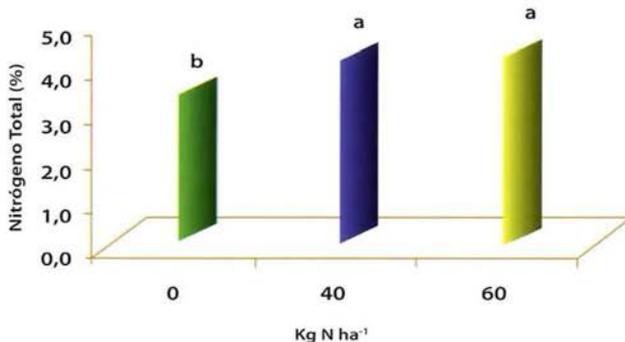


Figura 17. Efecto de la fertilización nitrogenada, sobre la concentración de nitrógeno total en hoja (%) de cultivo de lechuga, cv. Mohawk, Pan de Azúcar, 2013. Letra minúscula, indica diferencia entre tratamientos de fertilización $p < 0,10$ Duncan a una misma tasa de riego.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

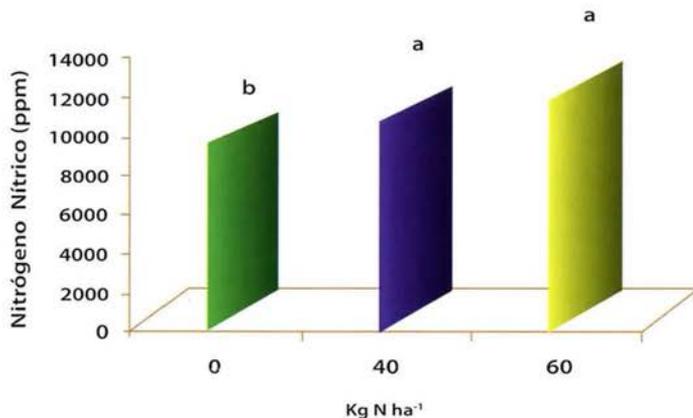


Figura 18. Efecto de la fertilización nitrogenada, sobre la concentración de Nitrógeno nítrico (ppm) de cultivo de lechuga, cv. Mohawk, Pan de Azúcar, 2013. Letra minúscula, indica diferencia entre tratamientos de fertilización $p < 0,10$ Duncan a una misma tasa de riego.

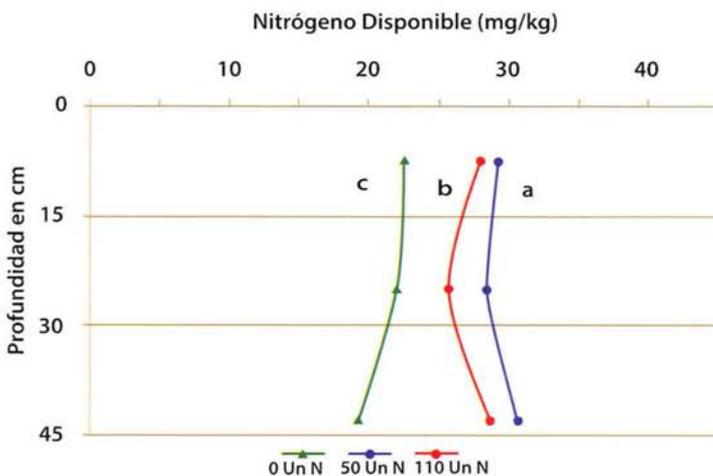


Figura 19. Efecto residual de nitrógeno disponible a tres profundidades en el suelo, después de recibir tres dosis de nitrógeno en lechuga, aplicado vía fertirrigación, suelo serie Xeres, Parcela Experimental Pan de Azúcar.

5.8.3. Resultados y Conclusiones.

- La respuesta al nitrógeno aplicado vía fertirrigación en lechuga plantada en marzo fue baja.
- Las plantas respondieron mas claramente a la mayor tasa de riego.
- El nitrógeno total y nítrico a nivel foliar, alcanzó un nivel adecuado al aplicar 40 kg/ha de nitrógeno.
- Los suelos con dosis mayores de N aplicado presentaron contenidos mayores de N en el perfil.

5.9. Efecto de dosis de fósforo en lechuga Desert Storm regada por surco, en suelo serie El Romero, localidad Santa Elisa.

5.9.1. Introducción.

En un suelo arcilloso de la serie El Romero, se estableció un ensayo con lechuga cv Desert Storm, manejado con riego por surcos, con pre-cultivo de trigo. Se aplicaron cuatro dosis de fósforo, usando como fuente fosfato mono amónico. Los tratamientos de fertilización se aplicaron al voleo, a fines de abril de 2009.

5.9.2. Resultados.

El nivel de fertilidad inicial del suelo se detalla en el Cuadro 31, destacándose el alto contenido de fósforo disponible, la baja relación carbono nitrógeno (C/N) y el moderadamente alto contenido de potasio de intercambio. En la Figura 20 se muestra que existió un efecto sobre el peso de las lechugas hasta 50 kg/ha de P_2O_5 . Dosis mayores no afectaron el peso de las plantas. Todo el experimento se ajustó a la dosis máxima aportada por el fosfato mono amónico. Es importante destacar que aún con un alto nivel de fósforo inicial, el cultivo igual respondió a la fertilización con este elemento. En la Figura 21 se presenta el efecto de distintas fuentes de fósforo sobre el peso de 12 lechugas, la fuente más adecuada correspondió a fosfato mono amónico.

Cuadro 31. Análisis inicial de fertilidad química del suelo.

pH	Ce	m. o.	N total	C/N	N	P	K
	dS/m	%	%		mg/kg		
7,3	1,1	1,6	0,11	8,4	31	50	406

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

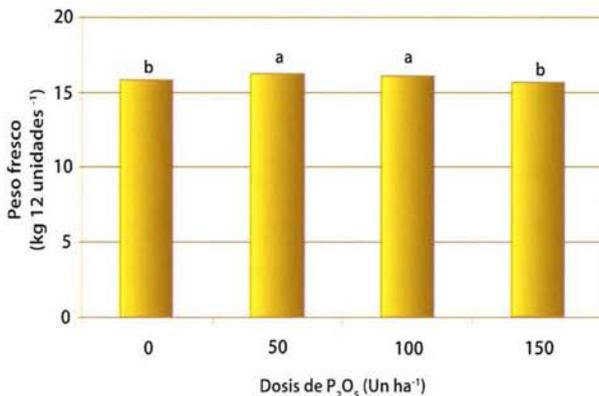


Figura 20. Efecto de dosis de fósforo sobre el peso fresco de 12 lechugas, creciendo en otoño en la localidad de Santa Elisa, El Romero.



Figura 21. Efecto de dos fuentes de fósforo, sobre el peso (kg) de 12 lechugas tipo escarola cv Desert Storm, suelo serie El Romero.

5.10. Efecto de fuentes nitrogenadas en lechuga cv Desert Storm.

5.10.1. Introducción.

En dependencias de INIA - Intihuasi, se evaluó el efecto de seis fuentes nitrogenadas en lechuga del tipo repollada cresa cv. Desert Storm, cultivada en maceta entre abril y septiembre de 2009. Las fuentes nitrogenadas fueron: Nitromix, Nitro+, Sulfato de amonio, Sulfato de amonio+DMPP, Supernitro K, Urea y un tratamiento testigo sin nitrógeno. En la Foto 8 se muestra una vista de las plantas creciendo en macetas.

La fertilización base consistió en la aplicación de potasio, fósforo y cinc para todos los tratamientos, y la fertilización con nitrógeno consideró el uso de las respectivas fuentes, a excepción del tratamiento testigo que no recibió nitrógeno. Las dosis de nitrógeno, fósforo, potasio y cinc se ajustaron, de modo de que cada maceta recibió la misma dosis de cada nutriente señalado.

Las evaluaciones del ensayo consideraron parámetros vegetativos, número de hojas iniciales, diámetro de cabezas y peso fresco de las plantas. Además se incluyeron análisis de tejido de la nervadura central de las hojas, y evaluaciones del suelo como pH, conductividad eléctrica y contenido de nutrientes iniciales.



Foto 8. Lechuga, cv. Desert Storm cultivadas en macetas, a los 71 días post trasplante, en primer plano se muestran plantas del tratamiento sin fertilización nitrogenada.

5.10.2. Resultados.

5.10.2.1. Evaluación de parámetros vegetativos en lechuga cv. Desert Storm.

El incremento del número de hojas de lechugas en la etapa de formación de roseta (previo a formación de cabeza), desde junio a agosto de 2009, se presenta en la Figura 22. Se puede observar que la fuente Supernitro K generó un mayor número de hojas sobre los demás tratamientos, situación muy similar a la producida por sulfato de amonio.

En cambio Sulfato de amonio+DMPP fue distinto de Sulfato de amonio y Urea. El tratamiento testigo mostró un menor número de hojas al compararlo con los demás tratamientos.

La respuesta diferenciada que se generó entre fuentes nitrogenadas, se debería a las características propias de cada fertilizante, donde el Supernitro K, Sulfato de amonio y Urea, presentaron una entrega más rápida del nitrógeno a las plantas, mientras que las restantes fuentes nitrogenadas lo hicieron a una tasa más lenta.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

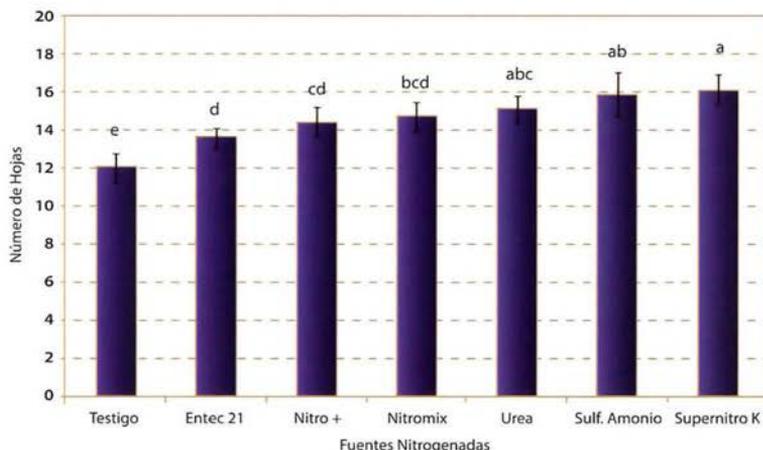


Figura 22. Incremento del número de hojas de lechuga, cv. Desert Storm, desde trasplante hasta formación de roseta, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada (junio a agosto de 2009). *Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

La evolución del diámetro de cabezas de lechugas, entre agosto y septiembre, se presenta en la Figura 23. En la primera medición (17 agosto) se observó una respuesta significativa a favor de los tratamientos Sulfato de amonio y Supernitro K. El efecto acidificante que generaron estos dos tratamientos y la rápida disponibilidad de nitrógeno en el suelo favorecerían un mejor desarrollo para las plantas. La misma tendencia se observó en la segunda medición de septiembre 2009. Sin embargo, la significancia estadística entre los tratamientos fue menos evidente, ya que los tratamientos Supernitro K, Sulfato de amonio, Nitro+ y Nitromix, fueron estadísticamente similares; pero el tratamiento testigo siguió expresando en la planta un menor diámetro respecto a las distintas fuentes nitrogenadas. Tal efecto fue más claro en la última medición efectuada a mediados de septiembre de 2009, la cual demostró que las fuentes nitrogenadas fueron estadísticamente diferentes respecto del tratamiento testigo, que alcanzó un diámetro de cabeza promedio de 7,8 cm, mientras que las fuentes nitrogenadas lograron un diámetro mayor a 10,9 cm, cuyo valor corresponde al tratamiento Sulfato de amonio+DMPP.

Durante las mediciones, Sulfato de amonio+DMPP presentó el menor diámetro de cabeza, posiblemente debido a una menor absorción en los primeros estados de las plantas, por ser un fertilizante que inhibe la nitrificación, retrasando la absorción del cultivo. No obstante, esta fuente tiene la ventaja de mantenerse disponible en la zona de raíces en la forma de amonio. Por otra parte, la lechuga es un cultivo de rápido crecimiento, lo que sugiere un alto suministro de nitrógeno en corto tiempo, lo cual explicaría el comportamiento menos efectivo del sulfato de amonio + DMPP. Por otra parte, el efecto de confinamiento de las raíces producido por la maceta puede ayudar a explicar este comportamiento. Es probable que en condiciones de campo este efecto no sea tan importante.

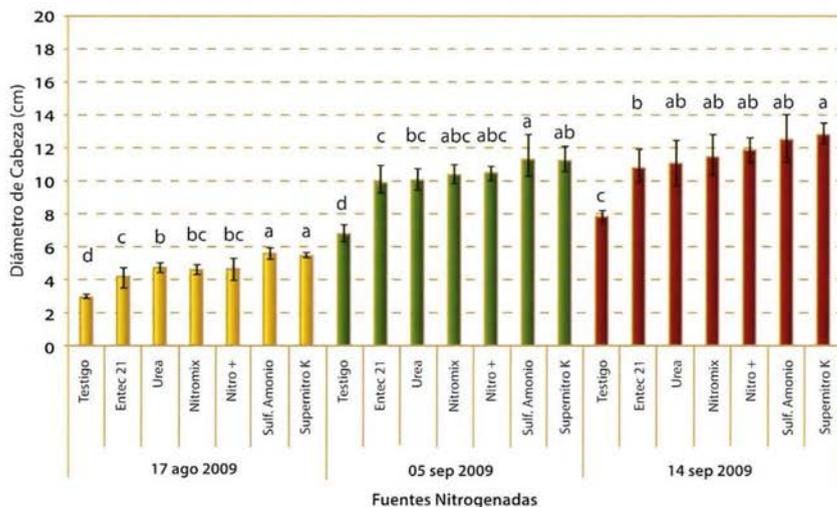


Figura 23. Evolución del diámetro de cabezas (cm) de lechuga, cv. Desert Storm, en los distintos tratamientos de fuente nitrogenada, en tres épocas de medición (17 agosto; 5 y 14 de septiembre de 2009). * Letras distintas indican que existen diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

En la Figura 24, se evidencia una significativa diferencia del peso fresco de plantas, entre los tratamientos con nitrógeno y el tratamiento testigo que sólo pesó 216,3 g, a diferencia de los tratamientos abonados con nitrógeno que alcanzaron un peso fresco que osciló entre 648,8 g (Nitro + y Sulfato amonio+DMPP) y 683,8 g (Supernitro K).

Según Ríos y Col. (2002), señalan que el peso fresco promedio de nueve cultivares de lechuga, del tipo Iceberg, en campo, es de 377 g. por unidad. Sin embargo, las variedades "escarolas" tienen peso mínimo de 650 g en verano y de 850 g en invierno.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

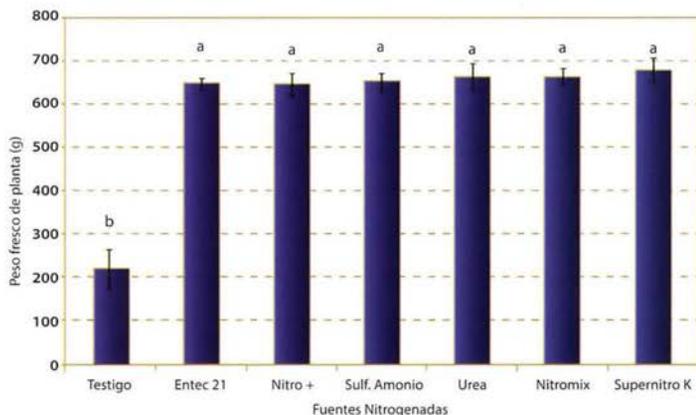


Figura 24. Peso fresco de planta (g) de lechuga, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada, 14 de septiembre de 2009. *Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

5.10.2.2. Contenido de nutrientes en la nervadura central de la hoja.

En la Figura 25, se presenta la concentración de nitrógeno total (%) de la nervadura central de hojas de lechugas. Se observó que hubo una variación en la concentración de nitrógeno total entre 0,73% que corresponde al tratamiento testigo y 1,49% a sulfato de amonio+ DMPP. Según Westerman (1990), un contenido suficiente en la nervadura central de hojas, para cabezas de lechuga, es de 0,6% de N-NO₃ en época de cosecha.

Los tratamientos aplicados presentaron un aumento significativo de la concentración del elemento en la nervadura de la hoja, resultando el tratamiento Sulfato amonio+DMPP estadísticamente distinto y con el mayor contenido de nitrógeno total en la nervadura, seguido por Nitro +, Nitromix, Supernitro K y Urea, estos sin diferencia estadística entre ellos. Finalmente el Sulfato de amonio fue la fuente que generó un menor contenido de nitrógeno total, estadísticamente similar a Urea.

El efecto que produjo Sulfato amonio+DMPP que presentó la mayor concentración, se debería a que es un fertilizante de acción lenta, ya que inhibe la nitrificación (Finck, 1988), asimismo las fuentes nitrogenadas que tuvieron mejor resultado en los parámetros vegetativos (sulfato de Amonio, Supernitro K y Urea) presentaron una menor concentración, debido al efecto de dilución que se produce al formar la planta mayor biomasa.

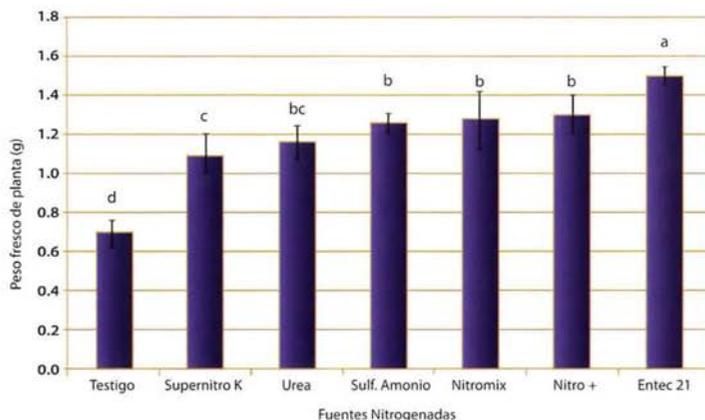


Figura 25. Concentración de nitrógeno total (%) en la nervadura central de hojas de lechugas, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (14 de septiembre de 2009). *Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

La Figura 26 muestra la concentración de nitrógeno amoniacal (mg kg^{-1}) en la nervadura central en respuesta al uso de diferentes fuentes nitrogenadas. La mayor concentración se presentó en aquellas lechugas fertilizadas con Sulfato amonio+DMPP (175 mg kg^{-1}), la cual presentó diferencias estadísticas frente a los demás tratamientos evaluados, que variaron en su contenido entre 41 y 91 mg kg^{-1} , agrupados estadísticamente entre Nitromix, Nitro+ y Sulfato de amonio.

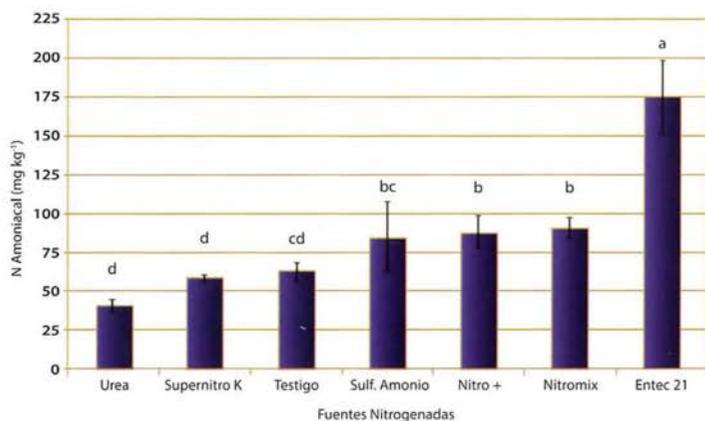


Figura 26. Concentración de nitrógeno amoniacal (mg kg^{-1}) en la nervadura central de hojas de lechugas, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (14 de septiembre de 2009). *Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

La concentración de nitratos se observa en la Figura 27. Los fertilizantes en base a nitrato de amonio, Nitro+ y Nitromix, fueron los que mostraron la mayor concentración, ambos estadísticamente iguales. El tratamiento con Nitro+, presentó diferencia significativa frente a todos las demás fuentes nitrogenadas, exceptuando Nitromix, el cual a su vez fue igual a los tratamientos, Urea, Supernitro K y Sulfato de amonio. Las tres últimas fuentes nitrogenadas fueron estadísticamente iguales a Sulfato amonio+DMPP, el que no presentó significancia frente el testigo.

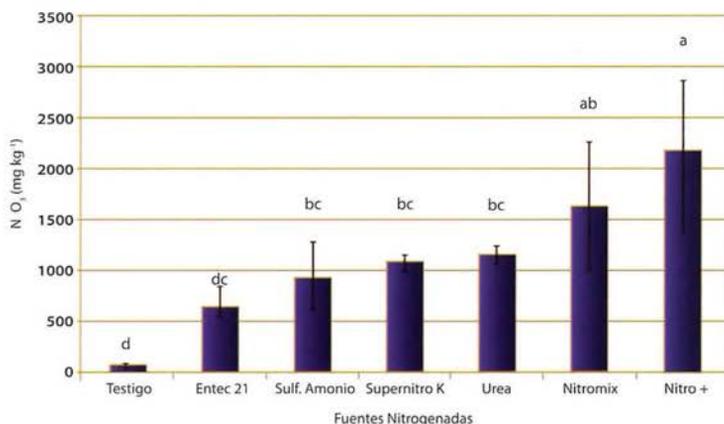


Figura 27. Concentración de nitrato (NO₃) (mg kg⁻¹), en la nervadura central de hojas de lechugas, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (septiembre de 2009). *Letras distintas indican que existe diferencias significativas (P≤0,05), según Test de Duncan.

En la Figura 28 se presenta la concentración de fósforo (%) en plantas fertilizadas con distintas fuentes de nitrógeno. Se observó efecto de las fuentes nitrogenadas, sulfato de amonio, urea y Sulfato amonio+DMPP, sobre la absorción de fósforo. La concentración de fósforo se encontró en un nivel suficiente, según los parámetros establecidos por Westerman (1990), quien señala que en la nervadura central de lechuga al momento de cosecha un contenido de 0,15% es deficitario, 0,20% es intermedio y 0,25 % es suficiente. En tanto Molina (2009) estableció un parámetro ideal entre 0,5 a 1,0%, sin especificar época de análisis ni el tipo de tejido. Sulfato amonio+DMPP presentó la mayor concentración de fósforo y además diferencia significativa con las demás fuentes nitrogenadas, las cuales fueron estadísticamente iguales. El tratamiento testigo que mostró la menor concentración de fósforo se comportó estadísticamente igual a los tratamientos Nitromix, Nitro + y Supernitro K, que tienen como origen nitrato de amonio.

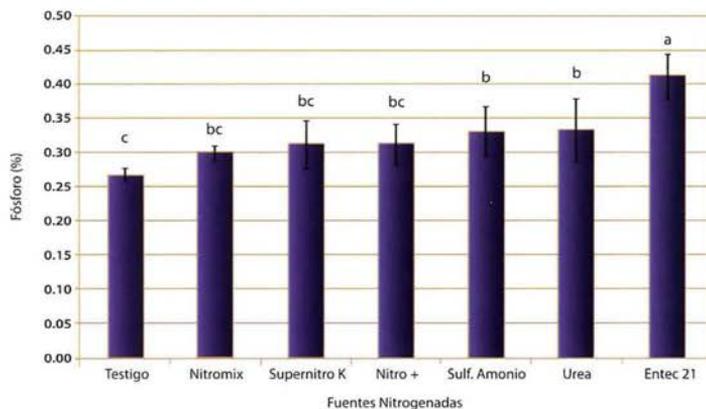


Figura 28. Concentración de fósforo (%) en la nervadura central de hojas de lechugas, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (septiembre de 2009). * Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

La concentración de potasio en la nervadura de hojas de lechugas, se presenta en la Figura 29, con una concentración que varía entre 5,27% y 7,33% para el testigo y Supernitro K respectivamente. Se presenta una diferencia significativa entre los tratamientos Supernitro K con Nitromix y Sulfato de amonio, y con el tratamiento testigo, mientras que los tratamientos Urea, Nitro+ y Sulfato amonio+DMPP se comportan estadísticamente similares entre las fuentes nitrogenadas utilizadas en el ensayo.

Westerman (1990), señala que en la nervadura central de hojas de lechugas, al momento de cosecha una concentración de potasio de 1,5% es deficitaria; 2,0% es intermedio y 2,5% es suficiente; Resh (2001), señala que la concentración para hojas de lechugas hidropónicas es cercana a 5,4. Según Molina (2009), un rango óptimo se sitúa entre 6,0 y 8,0%, para hoja completa. En estudio realizado por (Aruani *et al.*, 2008), con tres fuentes de nitrógeno y la misma fertilización en cada tratamiento, se demostró que la concentración de potasio en hojas a cosecha fue mayor a lo que establece (Westerman, 1990), con valores que variaron entre 7,14 y 7,60 %, valores que se asemejan a los resultados obtenidos y coinciden con lo expresado por Molina (2009). Por lo tanto, las concentraciones para nervadura central obtenidas en el presente ensayo se encontrarían dentro de niveles apropiados.

Asimismo, Krzebietke (2008), señala que las formas de fertilizantes nitrogenados causan una significativa disminución en la concentración de potasio en hojas de lechuga.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

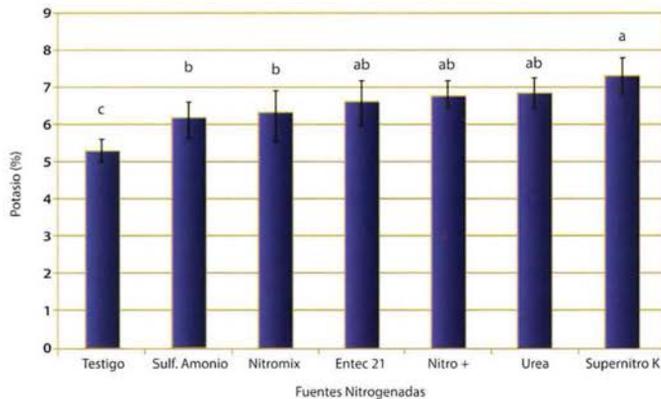


Figura 29. Concentración de potasio (%) en la nervadura central de hojas de lechugas, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (septiembre de 2009). *Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

La Figura 30 muestra la concentración de calcio presente en la nervadura de hojas, en ella se observa que el tratamiento testigo presentó la mayor concentración (0,82%), estadísticamente similar a las fuentes Nitro+, Nitromix y Urea, las cuales fueron iguales al tratamiento Supernitro K que fue distinto del testigo, pero estadísticamente igual a Sulfato de amonio + DMPP (0,57%).

Aruani *et al.*, (2008), obtuvieron concentraciones de calcio en materia seca de 1,0%, en tratamientos con distintas fuentes nitrogenadas, y 0,8% en el tratamiento testigo. En tanto Krzobietke (2008), demostró que la concentración de calcio en materia seca de lechuga se encuentra entre 1,0 y 2,0%. Sin embargo, este valor se vio incrementado con la adición de CaCl_2 , cercano a 2,5%. Resh (2001), determinó valores de calcio en tejido de lechugas hidropónicas entre 1,1 y 2,1%. De acuerdo a los parámetros señalados, solamente la concentración del testigo equiparó al tratamiento testigo señalado por Aruani *et al.*, (2008), mientras que las fuentes nitrogenadas se encontraron bajo los valores establecidos. Cabe destacar que el tejido analizado en el presente estudio corresponde a nervadura central, el cual presenta una concentración naturalmente más baja que la hoja completa. Este efecto tendría su respuesta en el antagonismo que se genera entre potasio y calcio, el cual ocurre cuando se incrementa el nivel de potasio en el suelo.

La menor concentración de calcio en los tratamientos con sulfato de amonio+DMPP y Sulfato de amonio se debería a que las fuentes en base a sulfato de amonio reducen la absorción de cationes como calcio. Esto sugiere que la disponibilidad de calcio en el suelo no es alta.

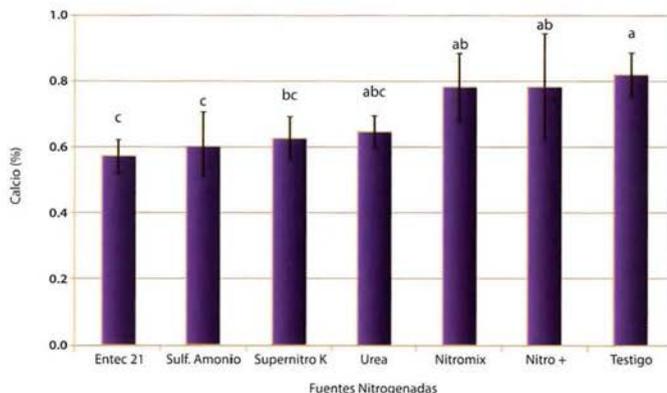


Figura 30. Concentración de calcio (%) en la nervadura central de hojas de lechuga, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (septiembre de 2009). *Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

La concentración de magnesio (%) presente en la nervadura central de lechuga, en respuesta a las fuentes nitrogenadas, se presenta en la Figura 31. El tratamiento testigo alcanzó a 0,16% y con sulfato de amonio, sulfato amonio+DMPP y Supernitro K solamente un 0,09%. Estas fuentes nitrogenadas fueron estadísticamente similares, además de Urea, y estadísticamente distintas del testigo. La baja concentración de magnesio en el ensayo, se debería al mismo efecto que ocurre con la concentración de calcio. Ya que ambos tienen un comportamiento similar en el suelo, generándose un antagonismo entre amonio y magnesio. Cabe señalar, que este efecto antagonístico se intensifica por la acción del confinamiento radicular inducido por la maceta.

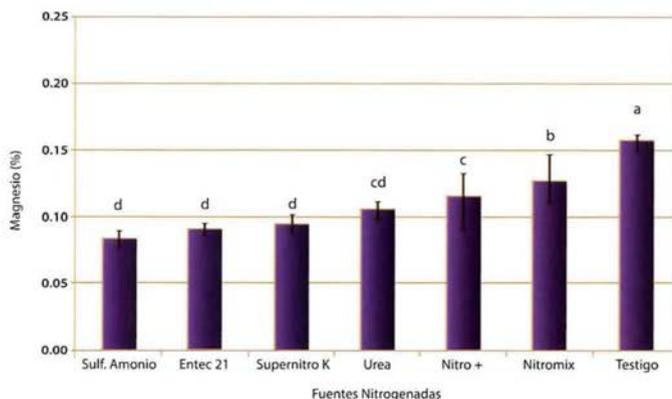


Figura 31. Concentración de magnesio (%) en la nervadura central de hojas de lechuga, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (14 de septiembre de 2009). *Letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

En la Figura 32 se presenta la concentración de cinc y boro, en relación a las fuentes nitrogenadas, se observó que el contenido de cinc fue mayor cuando se fertilizó con Nitro +, 20 mg·kg⁻¹; sulfato de amonio+DMPP, Sulfato de amonio y Nitromix, tratamientos que se comportaron estadísticamente iguales; mientras que la menor concentración se presentó en los tratamientos Urea y Supernitro K, 13 mg·kg⁻¹, similares estadísticamente con el tratamiento testigo que alcanzó una concentración de 15 mg·kg⁻¹.

Una concentración de cinc en lámina foliar entre 30 y 300 mg·kg⁻¹ han sido señalados como adecuados por Urrestarazu (2004). En cambio, Duran *et al.*, (2003), sugieren un rango en hojas de lechugas entre 25 – 250 mg·kg⁻¹.

Reuter y Robinson (1997), señalan como nivel crítico 20 mg·kg⁻¹ para planta entera al estado de cabeza. En relación al boro, la fuente Sulfato de amonio fue el tratamiento que destacó con la mayor concentración: 24 mg·kg⁻¹, el cual fue estadísticamente similar a sulfato de amonio+DMPP y Urea, pero diferente de los restantes tratamientos. La menor concentración se presentó en el testigo con 17 mg·kg⁻¹.

Urrestarazu (2004), señala una concentración adecuada de boro en lámina foliar entre 30 y 60 mg·kg⁻¹. Para Duran *et al.*, (2005), un rango ideal en hojas de lechugas es de 20 a 50 mg·kg⁻¹. Para hojas de lechugas, Reuter y Robinson (1997), señalan como nivel crítico para planta entera al estado de cabeza 20 mg·kg⁻¹ de boro. Cabe señalar, que los contenidos de boro en el ensayo variaron entre 17 y 24 mg·kg⁻¹, analizados en nervadura central al momento de la cosecha. De acuerdo a los valores mencionados, las concentraciones de cinc y boro se presentaron en niveles ligeramente bajos, aun cuando se incorporó al inicio del ensayo Sulfato de cinc.

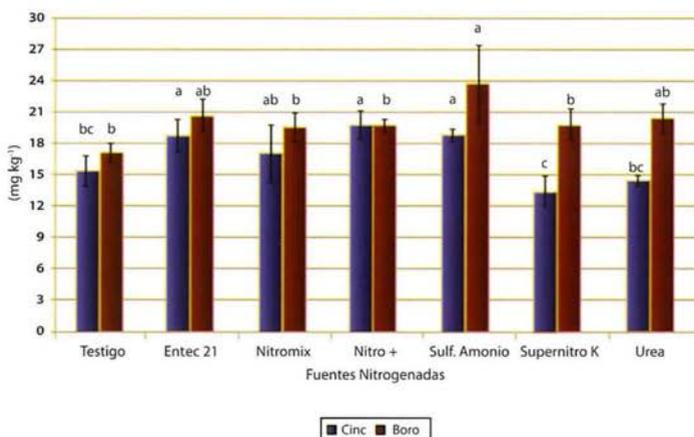


Figura 32. Concentración de cinc y boro (mg kg⁻¹) en la nervadura central de hojas de lechuga, cv. Desert Storm, según distintos tratamientos de fuente nitrogenada. Al término del ensayo (septiembre de 2009). *En cada elemento, letras distintas indican que existe diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según Test de Duncan.

5.10.3. Resultados y Conclusiones ensayo de macetas.

- Bajo condiciones de macetas la lechuga respondió claramente a la fertilización nitrogenada, independiente de la fuente aplicada.
- Todas las fuentes nitrogenadas produjeron similar efecto sobre el peso fresco de las lechugas.
- Todas las fuentes nitrogenadas inhibieron la absorción de magnesio especialmente las amoniacales.
- Sulfato de amonio+DMPP incrementó la absorción de amonio, nitrógeno total y fósforo.
- Las fuentes amoniacales inhibieron también la absorción de calcio.

5.11. Evolución de la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga, desde trasplante a cosecha, según estación de crecimiento.

En la Figura 33 se aprecia la evolución de la extracción de nitrógeno, fósforo y potasio, en invierno, verano y otoño-primavera. Las cantidades extraídas son similares en todas las estaciones del año, alrededor de 100, 41 y 230 kg/ha de N, P₂₀₅ y K₂₀ respectivamente. Lo que varía es la velocidad de absorción de nutrientes por las plantas. En verano la absorción de nutrientes es muy rápida y en invierno es bastante más lenta.

5.11.1. Resultados y Conclusiones.

- La lechuga presenta una moderada respuesta a la fertilización nitrogenada, fosfatada y potásica.
- La respuesta a la fertilización está determinada por el manejo de la fertilización de los cultivos anteriores, del uso de enmiendas, de la época de trasplante y del método de riego.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

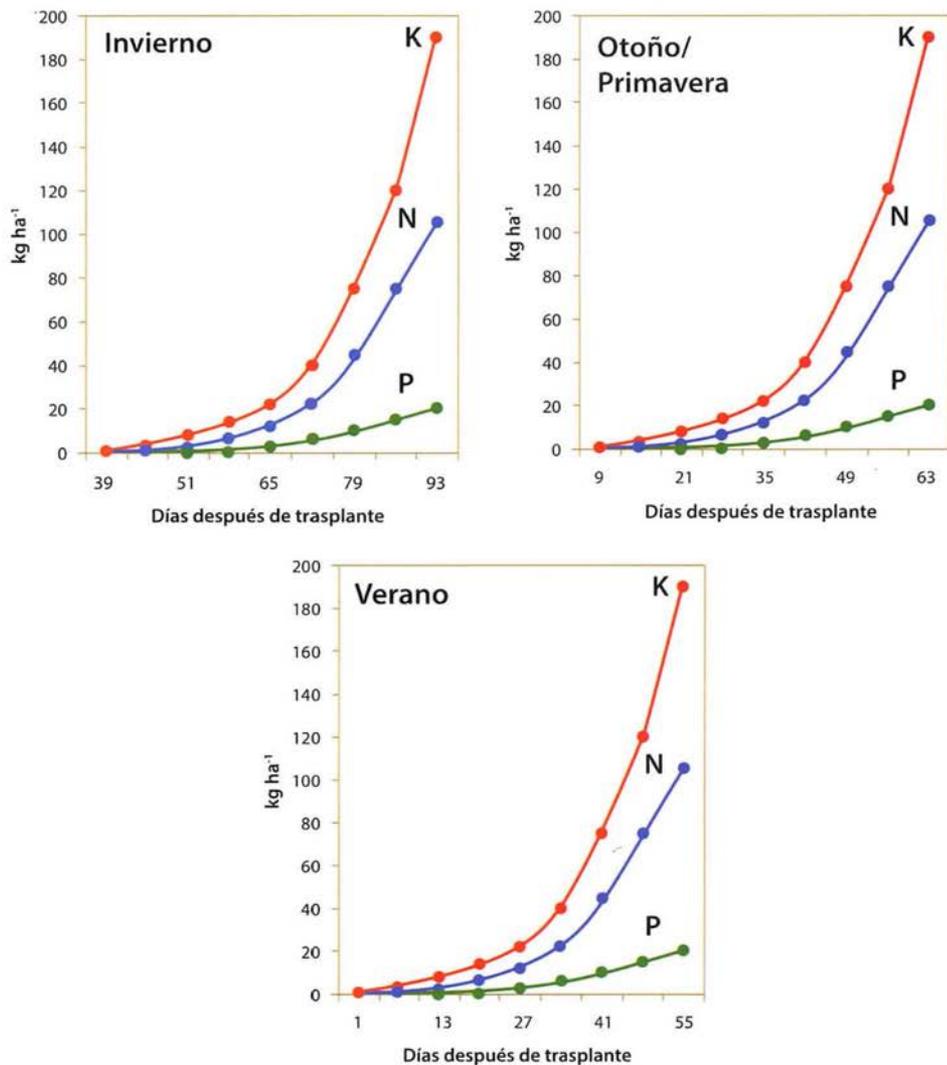


Figura 33. Evolución de la extracción de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga de invierno, otoño – primavera y verano, (Adaptado de Westerman, 1990).

Capítulo VI

Fertilización de Pepino Dulce (*Solanum muricatum*).



Foto 9. Cultivo de pepino dulce muy vigoroso, creciendo en invernadero.

6.1. Introducción.

El pepino dulce es una planta del género *Solanum*, que se caracteriza por su gran eficiencia en la producción de frutos, comparado con la biomasa de hojas y tallos formada, es decir su índice de cosecha es alto, parecido al de la papa. Produce frutos con baja cantidad de azúcar y presenta propiedades diuréticas. Es una especie que tolera suelos de baja fertilidad (Giaconi, 1993). En el presente boletín se reportan resultados de dos experimentos con fertilización realizados en las localidades de Cerrillos de Tamaya y Cerrillos Pobres, en la Provincia de Limarí, respectivamente.

6.2. Resultados de ensayo realizado en Cerrillos de Tamaya.

El experimento realizado en la localidad de Cerrillos de Tamaya se estableció en un suelo granítico de lomaje suave muy erosionado, de escaso historial de riego y fertilización. Se evaluó el efecto de distintas dosis de nitrógeno vía fertirrigación, aplicando urea. En el Cuadro 32 se presenta el nivel de fertilidad inicial del suelo, en el perfil hasta 60 cm de profundidad. Los contenidos de macronutrientes, nitrógeno disponible, nitrógeno total, fósforo y potasio fueron bajos,

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

especialmente los dos primeros. El contenido de materia orgánica es muy bajo, al igual que los niveles de calcio y magnesio (Cuadro 33). En general se puede afirmar que el suelo presentaba muy bajo nivel de fertilidad.

A pesar del bajo nivel de fertilidad del suelo, el cultivo sólo respondió hasta 80 kg/ha de nitrógeno aplicado, alcanzando 30,8 t/ha de rendimiento de fruta calibre primera, segunda y tercera. Este rendimiento corresponde al promedio de los tratamientos con 50 y 100 kg/ha de nitrógeno aplicado, en un suelo sin historial de cultivo reciente, manejado mediante riego localizado. Es importante señalar que con más de 100 kg/ha de N aplicado el cultivo disminuyó su rendimiento (ver Figura 34).

Cuadro 32. Nivel de fertilidad inicial del suelo donde se realizó experimento de fertilización con pepino dulce, en la localidad de Cerrillos de Tamaya.

Profundidad	N	N total	m. o.	C/N	P	pH	S
cm	ppm	%	%		ppm		ppm
0 - 20	13	0,026	0,70	13,46	8	6,6	25
20 - 40	7	0,019	0,48	12,6	4	6,8	13
40 - 60	6	0,015	0,40	13,3	4	6,8	10

Cuadro 33. Contenido inicial de cationes y suma de bases en suelo donde se realizó experimento de fertilización con pepino dulce, en la localidad de Cerrillos de Tamaya.

Profundidad	Ca	Mg	K	Na	Suma Bases
cm	meq/100 g				
0 - 20	2,9	1,66	0,19	0,11	4,86
20 - 40	3,4	2,14	0,12	0,11	5,77
40 - 60	3,8	2,47	0,10	0,13	6,5



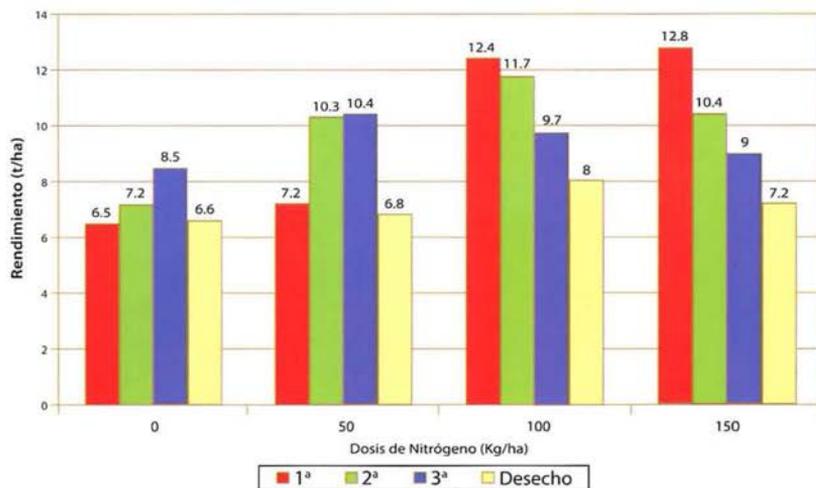


Figura 34. Efecto sobre rendimiento y calibre de frutos de pepino dulce, según distintas dosis de nitrógeno. Cerrillos de Tamaya. 1995-1996.

6.3. Resultados de ensayo realizado en Cerrillos Pobres.

Un segundo experimento se realizó en la localidad de Cerrillos Pobres, en un suelo franco arcilloso, con mayor historial de fertilización por efecto de la rotación con hortalizas. El ensayo consistió en aplicar 0, 30, 60 y 120 kg/ha de nitrógeno, y 0 y 140 kg/ha de P_2O_5 . Se utilizó urea y superfosfato triple como fuentes fertilizantes. El cultivo se plantó mediante estacas, después de cultivar pimiento morrón y se regó mediante surcos.

En el Cuadro 34 se muestra el nivel de fertilidad inicial, hasta 40 cm. de profundidad. En la primera estrata, estos niveles pueden ser considerados como moderadamente altos, el nivel de fósforo es igualmente adecuado en el primer horizonte y disminuye significativamente en la segunda estrata de suelo. Se puede afirmar que el suelo presentaba un nivel inicial de fertilidad moderadamente alto, comparado con el sitio de Cerrillos de Tamaya.

Cuadro 34. Contenido inicial de nutrientes en suelo donde se realizó experimento de fertilización con nitrógeno y fósforo en pepino dulce en la localidad de Cerrillos Pobres.

Profundidad	pH	m. o.	CE	N	P	K
cm		%	dS/m		ppm	
0 - 20	7,43	1,98	1,58	49	14	263
20 - 40	7,43	1,23	0,75	21	4	190

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

En cuanto a la respuesta a la fertilización, en la Figura 35 se presenta la respuesta al nitrógeno y fósforo del pepino dulce. El tratamiento sin nitrógeno presentó el mayor rendimiento de frutos, al aplicar fósforo no se apreció un aumento de rendimiento. El contenido moderadamente alto de nitrógeno disponible - 49 mg/kg - explica la ausencia de respuesta a la fertilización aplicada. Además, no se observó respuesta a la fertilización fosfatada. Cabe señalar, que las dosis más altas de nitrógeno produjeron frutos de color más amarillo.

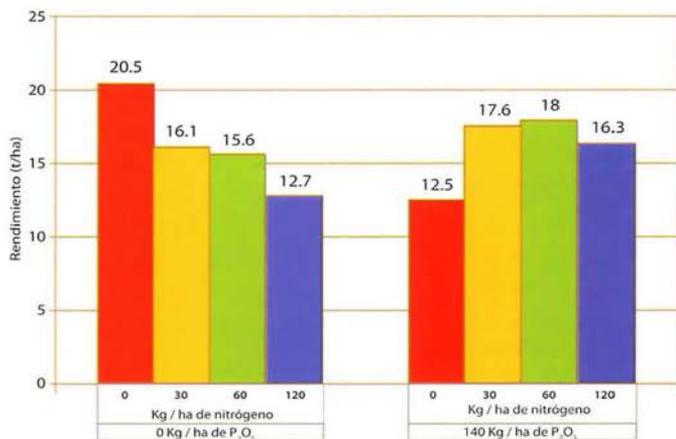


Figura 35. Efecto de nitrógeno y fósforo sobre la producción de pepino dulce, en la localidad de Cerrillos Pobres (t/ha).

6.4. Resultados y Conclusiones.

- En la localidad de Cerrillos de Tamaya con un bajo nivel de nitrógeno inicial, el cultivo respondió moderadamente a la fertilización.
- Utilizando riego por goteo, la respuesta no fue mayor a 80 kg/ha de nitrógeno aplicado.
- En la localidad de Cerrillos Pobres y en suelo con 49 y 21 mg/kg de nitrógeno disponible inicial, en las dos primeras estratas de suelo, el cultivo no respondió a la fertilización nitrogenada aplicada.
- Las plantas presentaron gran crecimiento vegetativo pero la fructificación fue menor.
- A mayor fertilización nitrogenada los frutos presentaron color amarillo.
- Las plantas no respondieron al fósforo aplicado, creciendo bien en un suelo con 14 mg/kg de P disponible en los primeros 20 cm de suelo.

Capítulo VII

Fertilización de Pimiento (*Capsicum annuum* L.).



Foto 10. Distintos estados de crecimiento y desarrollo del pimiento.



Foto 11. Pimiento en invernadero, en el área de Pan de Azúcar.

7. 1. Introducción.

La fertilización del pimiento puede ser considerada similar a la del tomate, pero se debe aplicar dosis más bajas de nutrientes especialmente de nitrógeno. Esta especie es muy sensible al exceso de humedad en el suelo, pudriciones del cuello y tallo, y la posterior caída de la planta son frecuentes (Westerman, 1990). En el presente boletín se entrega información de resultados de fertirrigación en pimiento bajo condiciones de invernadero, realizados en la Parcela Experimental

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Pan de Azúcar de INIA. Los principales problemas a nivel de campo son caída de plantas, pudrición apical y golpe de sol. En las Fotos 12 y 13 se aprecian cultivos de pimiento morrón creciendo al aire libre.



Foto 12. Desarrollo de frutos de pimiento creciendo al aire libre en el área de Pan de Azúcar.



Foto 13. Pimiento cultivado al aire libre, en suelo franco arcilloso en Pan de Azúcar.

7.2. Resultados.

En la Figura 36, se presenta el efecto de la aplicación de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno vía fertirrigación, sobre el rendimiento de frutos de pimiento cv Júpiter. Se aprecia que el mejor tratamiento de riego correspondió al 100 % de la Etc, junto a la aplicación de 100 kg N/ha. La mayor tasa de riego y con más de 200 kg N/ha deprimió el rendimiento.

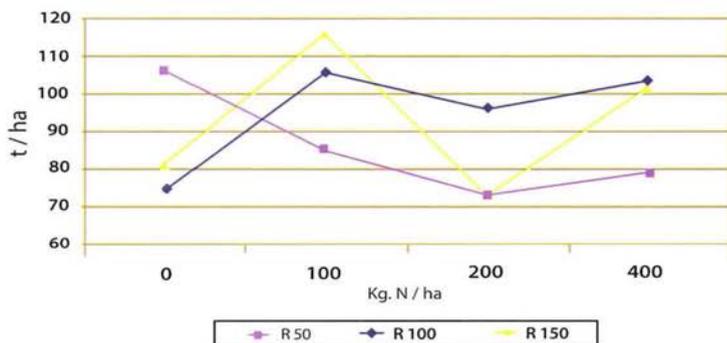


Figura 36. Efecto de la aplicación de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno sobre rendimiento de Pimiento cv. Júpiter, en riego por goteo en invernadero. Parcela Experimental Pan de Azúcar.

En tanto, en la Figura 37 se presenta el efecto de la aplicación de fósforo vía fertirrigación, sobre el calibre de frutos de pimiento cv Júpiter, en suelo cuyo nivel inicial de fósforo disponible era de 10 mg/kg. Se observa que al aplicar 250 kg/ha de P_2O_5 , se incrementó la producción de frutos de calibre extra + primera y segunda, disminuyendo el calibre de frutos considerados de tercera. Esto sugiere que suelos con niveles de 10 mg/kg de P disponible deberán recibir fertilización fosfatada.

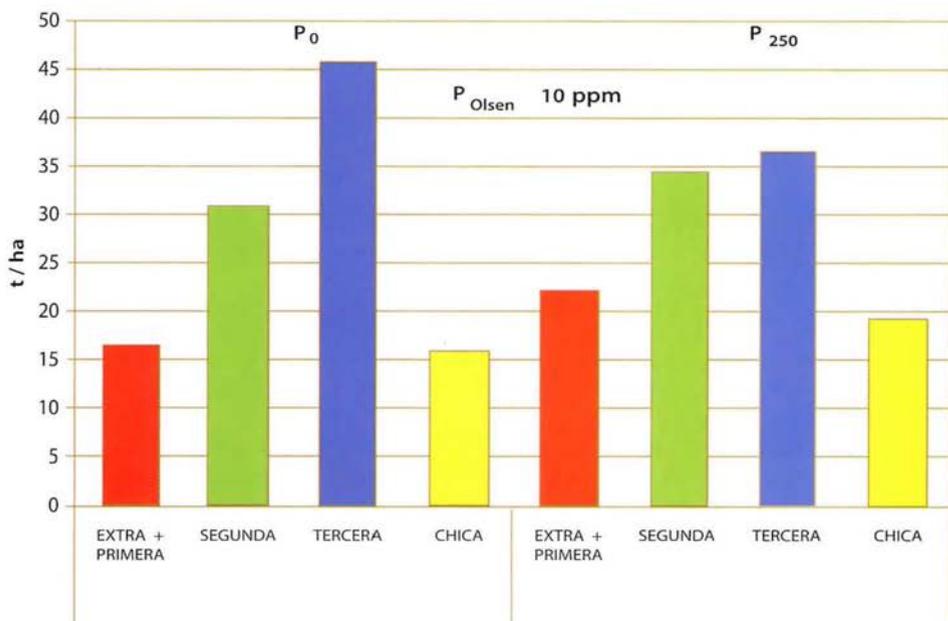


Figura 37. Efecto de la aplicación de fósforo sobre rendimiento y calibre de Pimiento cv. Júpiter, en riego por goteo en invernadero. Parcela Experimental Pan de Azúcar.

El efecto de la aplicación de potasio vía fertirrigación, sobre el calibre de frutos de pimiento cv Bell Star, se presenta en la Figura 38. El nivel inicial de potasio de intercambio en suelo era de 157 mg/kg. En esta Figura se aprecia que al aplicar 250 kg/ha de K_2O , se incrementó la producción de frutos de calibre extra + primera y segunda, disminuyendo el calibre de frutos considerados de tercera. Este efecto sobre el calibre de frutos fue cuantitativamente similar que en el caso del fósforo. Esto sugiere que suelos con niveles de 157 mg/kg de K de intercambio deberán recibir fertilización potásica, especialmente si son manejados mediante fertirrigación.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

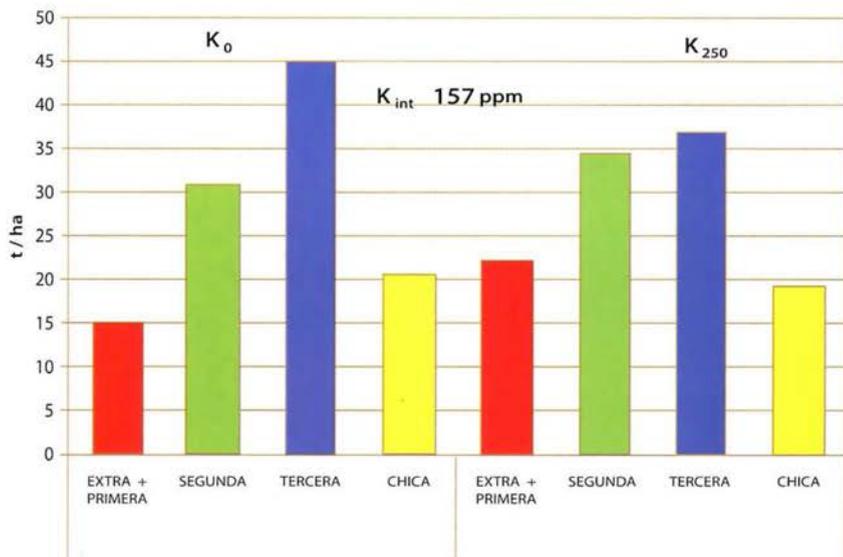


Figura 38. Efecto de la aplicación de potasio sobre el rendimiento y calibre de frutos de pimiento cv. Júpiter, en riego por goteo en invernadero. Parcela Experimental Pan de Azúcar.

En la temporada siguiente se realizó un experimento con la variedad Bell Star. En la Figura 39 se presenta el efecto de la aplicación de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno vía fertirrigación, sobre el rendimiento de frutos de pimiento cv Bell Star. En esta figura se aprecia una clara respuesta al riego, y una escasa respuesta a la fertilización con nitrógeno.

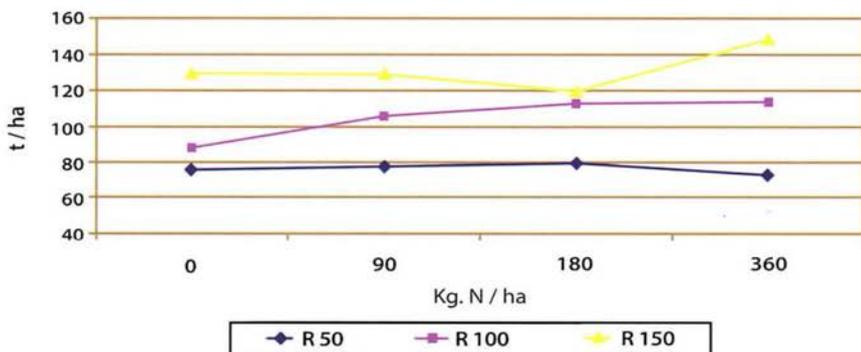


Figura 39. Efecto de la aplicación de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno sobre rendimiento promedio de frutos de Pimiento cv. Bell Star, en riego por goteo en invernadero. Parcela Experimental Pan de Azúcar.

El efecto de la aplicación de fósforo, sobre el calibre de frutos de pimiento cv Bell Star se presenta en la Figura 40. Al aplicar 230 kg/ha de P_2O_5 , se incrementó la producción de frutos de calibre extra+primera y segunda, disminuyendo el calibre de frutos considerados de tercera.

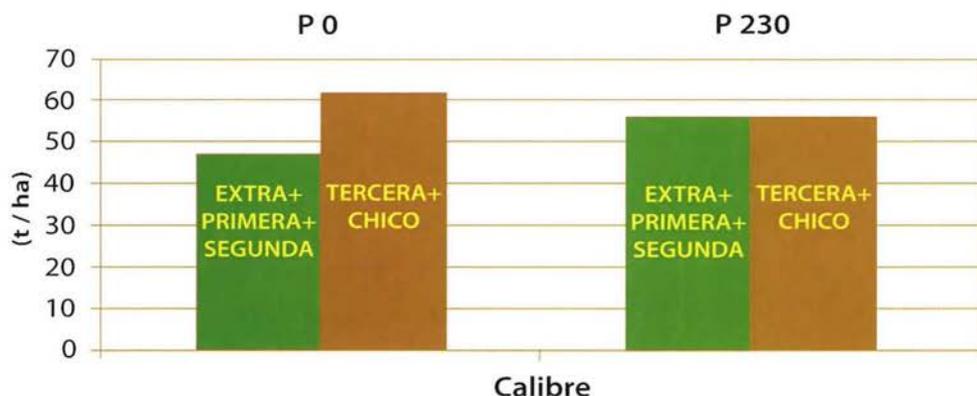


Figura 40. Efecto de la aplicación de fósforo sobre el rendimiento y calibre de frutos de pimiento cv. Bell Star, en riego por goteo en invernadero. Parcela Experimental Pan de Azúcar.

7.3. Resultados y Conclusiones.

- La respuesta al nitrógeno estuvo condicionada por la tasa de riego.
- De los resultados de ambos ensayos, se sugiere que dosis de 100 kg/ha de nitrógeno serían adecuadas para el cultivo.
- En suelo con 10 mg/kg de fósforo disponible se observó un efecto sobre el calibre de frutos de pimiento, al aplicar fósforo adicionalmente.
- En suelo con 157 mg/kg de potasio de intercambio se observó un claro efecto sobre el calibre de frutos de pimiento.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Capítulo VIII

Fertilización del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) en condiciones de invernadero.



Foto 14. Cultivo de tomate en invernadero, sector Pan de Azúcar.

8.1. Introducción.

El cultivo de tomate en invernadero implica altos costos de producción, lo que hace necesaria la obtención de un producto de buena calidad y altos rendimientos que justifiquen dicha inversión (Aljaro, 1993). Por lo tanto, es necesario el manejo adecuado de todos los factores que inciden en el desarrollo del cultivo. La creciente demanda por este fruto ha incentivado a los productores a proporcionar al cultivo las condiciones óptimas de manejo para que exprese su máximo potencial de rendimiento (Bravo, 1994).

En un cultivo tan intensivo como el tomate, uno de los factores de importancia y que incide directamente en el desarrollo y rendimiento del cultivo bajo invernadero, es la fertilización. Este componente proporciona los nutrientes necesarios para que la planta exprese su potencial tanto en calidad, como en rendimiento de frutos.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Para lograr plantas productivas y con fructificación de alta calidad, se necesita que la solución del suelo cuente con una concentración equilibrada de aniones y cationes, este equilibrio es más difícil de lograr en riego localizado. El lograr esa proporción y dosis, dependerá en gran medida de conocer las características físicas y químicas del suelo, de modo de no dañar el medio ambiente ni provocar contaminación por exceso de nutrientes.

La fertirrigación es la tecnología asociada al cultivo en invernadero. Esta práctica permite mejorar la eficiencia del uso del agua y de los fertilizantes, especialmente del nitrógeno, (Hartz *et al.*, 1994). El presente capítulo tiene como objetivo orientar a los productores a realizar una fertilización racional para el cultivo del tomate bajo invernadero, a partir de información experimental generada en el área de Pan de Azúcar.

8.2. Exigencias de clima y suelo.

8.2.1. Clima.

El factor climático si bien es cierto es poco manejable, sin embargo es importante conocer el comportamiento del cultivo, en relación a los diferentes elementos que determinan el clima.

8.2.2. Temperatura.

El tomate se produce bien en condiciones de clima templado, con temperaturas moderadas y diferencias térmicas entre noche y día, no tolerando heladas. Para cada fase del cultivo las temperaturas cardinales cambian. Tal es el caso de las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de tomate, las que se señalan en el Cuadro 35. Estos niveles térmicos juegan un importante papel en el desarrollo normal de las plantas, siendo muchas veces determinantes en los resultados de productividad y calidad. Es común que durante el invierno las temperaturas nocturnas desciendan bajo el límite en el cual el crecimiento se detiene. De la misma manera, es posible que ocasionalmente se produzcan heladas que pueden dañar en forma seria al cultivo.

La evolución de la temperatura del aire en las localidades de Pan de Azúcar y Quillota, se muestra en la Figura 41. Las temperaturas medias de la localidad de Quillota son ligeramente más altas que en la localidad de Pan de Azúcar, durante gran parte del año. Por el contrario, las mínimas medias son más bajas en Quillota y más altas en Pan de Azúcar, especialmente en verano y otoño.



Cuadro 35. Temperaturas críticas del tomate durante las distintas fases de su desarrollo (°C).

Germinación	Mínima	10
	Óptima	25 a 30
	Máxima	35
Desarrollo	Día	18 a 21
	Noche	13 a 16
Detención de crecimiento		7
Daño por helada		2
Cuaja de frutos	Día	23 a 26
	Noche	15 a 18
Maduración de frutos	Rojo	15 a 30

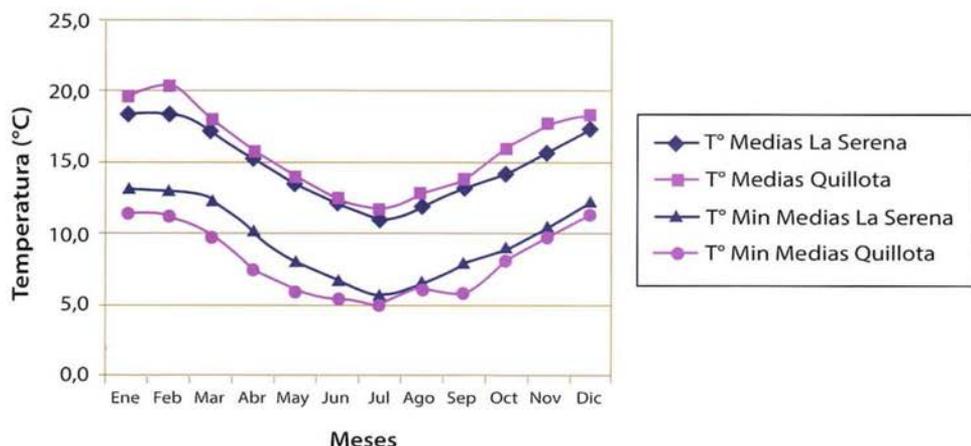


Figura 41. Temperatura mínima y media en las localidades de Quillota y Pan de Azúcar (La Serena). Fuente INIA Intihuasi y La Cruz

El tomate es menos exigente en temperatura que la berenjena y el pimiento. La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 1 y 17 °C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35 °C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radical en particular. Temperaturas inferiores a 12-15 °C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

En la etapa de desarrollo vegetativo juvenil, la tasa de fotosíntesis y finalmente el crecimiento, son determinados por las condiciones de la noche anterior. Por otra parte, si la temperatura llega a bajar de 7°C, existirá una menor actividad fotosintética y la excesiva tasa respiratoria provocará un mayor desgaste energético de las plantas.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Igualmente la floración se verá afectada si las condiciones ambientales no son propicias. La suma de altas temperaturas, días cortos y luz escasa, produce longistilia, es decir, una longitud desmedida del estilo de la flor, lo que hace imposible la fecundación. Por otra parte, en estados jóvenes de las plantas, las temperaturas relativamente bajas del aire (13 a 15 °C) y del suelo (10 a 13 °C) promueven un mayor número de flores y racimos compuestos, a temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12 °C la fecundación es defectuosa o nula.

Las temperaturas óptimas para la cuaja resultan críticas, ya que son difíciles de obtener durante el invierno y regulan procesos tan determinantes como la liberación y traslado del polen al estigma, su germinación y el crecimiento del tubo polínico. Todo ello redundando en la presencia o ausencia de semillas. En este último caso se debe recurrir a la aplicación de hormonas para contrarrestar el efecto que la no cuaja de semillas produce sobre la falta de crecimiento del fruto. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas.

Finalmente, otro proceso que se ve afectado por las temperaturas es la maduración de los frutos. Si aquellas son menores que 10°C, los frutos no toman color y si sobrepasan los 30 °C, adquieren un color amarillo. Así se afecta directamente la calidad del producto final, por lo que no sólo es muy importante tratar de elevar las temperaturas, sino también conocer el correcto manejo de la ventilación. Es posible que en días soleados, con la ventilación cerrada, las temperaturas puedan sobrepasar fácilmente los 40 °C. No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos.

8.2.3. Humedad ambiental.

La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja, dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

8.2.4. Luminosidad.

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración - fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad. Requiere de alta luminosidad para su desarrollo vegetativo y de fructificación, aunque se le considera una especie indiferente al fotoperíodo para su floración.

8.2.5. Exigencias de suelo.

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos aceptando una gran variedad, siempre y cuando no tengan restricciones de drenaje. Prefiere suelos sueltos de textura franco-



arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos, no recomendable un pH mayor de 8.0.

Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego, considerándose como medianamente tolerante a la salinidad.

En el Cuadro 36, se presenta la extracción total estimada de macronutrientes por diferentes niveles de rendimiento en tomate, los niveles de extracción de nitrógeno fueron más variables y fluctuaron entre 220 y 411 kg/ha de N para rendimientos similares.

Cuadro 36. Extracción total de macronutrientes por el cultivo de tomate, según diferentes autores y distinto nivel de rendimiento.

Autor	Lugar	Rdto	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		t/ha	kg/ha		
Rincón <i>et al.</i> , (1991)	Murcia (España)	135	411	52	467
Bravo (1994)	Quillota (Chile)	153	236	40	375
Sierra (1995)	La Serena (Chile)	150	220	38	310



Foto 15. Cultivo de tomate al aire libre, parcela Experimental Pan de Azúcar, INIA

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

8.3. Fuentes fertilizantes más recomendadas para tomate en invernadero.

8.3.1. Nitrógeno.

En fertirrigación preferir nitrato de amonio. La urea usarla de pre-abonadura antes del trasplante; sin embargo, sulfato de amonio y otras fuentes de entrega lenta son igualmente recomendables.

8.3.2. Fósforo.

En fertirrigación preferir fosfato mono amónico. El superfosfato triple usarlo de pre-abonadura antes del trasplante, en suelos sin carbonatos.

8.3.3. Potasio.

En fertirrigación preferir nitrato y/o sulfato de potasio.

8.3.4. Calcio.

Nitrato de calcio, no mezclar con fertilizantes fosfatados.

8.3.5. Magnesio.

Sulfato de magnesio o nitrato de magnesio, preferir este último.

8.4. Manejo del suelo en invernadero.

El manejo del suelo en invernadero debe considerar el lavado del suelo cada dos o tres años, esta práctica debe realizarse en verano, época de receso del invernadero. En estas instalaciones se acumulan sales por efecto de la alta fertilización aplicada y la ausencia de lavado natural del suelo.

Recomendable aplicar enmiendas orgánicas ojalá compostada y además incorporar los residuos de cosecha del cultivo anterior, sobre la mesa de plantación, como se aprecia en el Cuadro 37. Si el suelo presenta carbonatos aplicar azufre elemental, 150 g por m², especialmente en suelos con más de 2% de índice de carbonato de calcio. La preparación del suelo debe alcanzar los 40 cm de profundidad.

Cuadro 37. Prácticas de Manejo del Suelo bajo condición de invernadero

Años de manejo del suelo en invernadero	Observaciones
Primer año	Aplicar guano compostado 4 kg por m ²
con 3 a 4 años	Mantener aplicación de guano compostado
Más de 3 años	Lavar el suelo durante el verano



8.5. Desórdenes nutricionales.

8.5.1. Pudrición apical.

La pudrición apical del fruto o blossom end rot, es el principal desorden fisiológico que sufre el cultivo del tomate en invernadero. Esto afecta la calidad de los frutos y en consecuencia la rentabilidad del cultivo. Al respecto existen múltiples teorías que tratan de explicar esta alteración de la calidad de la fruta. Como su nombre lo indica, la pudrición apical se produce en el extremo pistilar. Esta pudrición se puede iniciar tempranamente en estado verde, con fruto pequeño. La pudrición apical se produce por carencia de calcio en el extremo pistilar del fruto. Esta deficiencia de calcio normalmente es inducida por diferentes causas entre las que destacan: el efecto varietal bajo condiciones de riego por goteo, exceso de potasio, sodio, nitrógeno, por efecto de desbalance nutricional, efecto climático de alta temperatura. La deficiencia de calcio normalmente no se produce de manera natural, debido a que este elemento es el más abundante en los suelos. Este problema es muy común en la parte baja del Valle de Copiapó y se debe al exceso de sodio presente en los suelos.

8.5.1.1. Efecto varietal.

Diversos autores señalan que existen variedades muy susceptibles a la pudrición apical, desde total resistencia a 100% de incidencia (Avdeyev, 1990). Nonami *et al.*, (1998), sugieren que este fenómeno está relacionado a un desorden metabólico, el cual es regulado por un gen bajo condiciones de estrés. Nukaya *et al.*, (1998), reconocen la importancia del efecto varietal, al comparar dos cultivares los cuales presentaron diferente comportamiento frente a este desorden fisiológico. Incluso señalan que las variedades deberían manejarse de acuerdo a su susceptibilidad a la pudrición apical.

8.5.1.2. Deficiencia de calcio.

Múltiples autores señalan que la falta de calcio en el suelo sería la causa de la mayor incidencia de pudrición apical. De todas las estructuras vegetales de las plantas, los frutos de tomate presentan las concentraciones más bajas de calcio. Halbrooks y Wilcox (1980) señalan que la concentración promedio del fruto es de 0,2 % de calcio, y se concentra principalmente en las cercanías de la epidermis del fruto, mientras que en las estructuras vegetativas normalmente alcanzan al 3%, es decir 15 veces más en tallos y hojas. Además, los mismos investigadores señalan que el calcio a diferencia del nitrógeno y potasio, incrementan sostenidamente su absorción en el tiempo. Por otra parte, la movilidad del calcio en la planta es baja, por lo tanto su translocación hacia el fruto, en el caso de producirse una deficiencia en el suelo o falla en la absorción por efecto de desbalance nutricional, (exceso de nitrógeno) será escasa o nula produciendo una potencial deficiencia en la epidermis del fruto. Normalmente en los suelos el calcio es el catión predominante sobre magnesio y potasio, en relación 6:1 con el primero.

8.5.1.3 Manejo del riego.

Evidencias experimentales señalan que la optimización del manejo del riego disminuye la incidencia de la pudrición apical. Además, esta situación se acentúa con días de alta demanda hídrica por



las plantas, en momentos de alta temperatura. Como se señaló, el calcio es muy abundante en el suelo y su movimiento desde la solución hacia la superficie de las raíces se produce por flujo de masa o convección. En momentos de alta demanda hídrica e inadecuado manejo del riego, la absorción se ve restringida y como es poco móvil no se produce traslocación desde las hojas más viejas hacia los frutos, generándose deficiencia de calcio en los frutos (Halbrooks y Wilcox, 1980).

8.5.1.4. Exceso de potasio.

La fertilización con potasio en los invernaderos normalmente es muy alta y en muchos casos excesiva. Dosis mayores de 400 kg/ha de K_2O , son excesivas especialmente en suelos franco arenosos, que naturalmente presentan concentraciones inferiores de calcio y también de magnesio. Esto determina un desbalance de la relación potasio/calcio y potasio/magnesio, induciendo una deficiencia de ambos elementos. Este efecto se verá agudizado al usar fuentes nitrogenadas como urea u otros fertilizantes amoniacales y en dosis altas. Ambos efectos provocan la aparición de pudrición apical.

8.5.1.5. Exceso de nitrógeno.

La fertilización excesiva con nitrógeno es causal frecuente que induce carencia de calcio, debido a dos efectos, desbalance nutricional y formación excesiva de canopia de la planta. El primer efecto actúa a nivel radical, afectando la absorción normal de calcio. Por otra parte, el exceso de nitrógeno genera una gran canopia, esto disminuye la traslocación de calcio desde las hojas hacia el fruto. En la práctica este efecto es el de mayor ocurrencia a nivel de campo.

8.5.1.6. Salinidad.

La salinidad puede producir dos efectos, que promueven claramente la incidencia de pudrición apical. En suelos salinos sódicos, la alta concentración de este elemento en el suelo, afecta negativamente la absorción de calcio, por efecto de competencia iónica. Este fenómeno es muy común en las plantaciones de tomate en áreas de Piedra Colgada y San Pedro, parte baja del Valle de Copiapó. Los suelos del área son salinos sódicos y además las aguas presentan una concentración de sodio y relaciones sodio/calcio altas. Se ha estudiado además, que concentraciones altas de sodio en el suelo, afectan aun más la movilidad del calcio en el xilema, Belda *et al.*, (1996).





Foto 16. Pudrición apical en tomate cultivado al aire libre, manejado con altas dosis de nitrógeno, en sector de Pan de Azúcar.



Foto 17. Adecuado desarrollo vegetativo y de frutos de tomate, creciendo en Pan de Azúcar.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

8.6. Resultados de ensayos de fertilización del cultivo de tomate.

8.6.1. Introducción.

En la Parcela Experimental Pan de Azúcar de INIA, se estableció un experimento en invernadero para evaluar el efecto de tres fórmulas de fertilización: 200-100-250; 400-200-500 y 800-400-1.000 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O en tomate cv. Carmelo, el ensayo se estableció a mediados de mayo y correspondió al tercer año de cultivo.

8.6.2. Resultados.

La respuesta a la fertilización con N-P-K, del cv Carmelo en invernadero, en la Parcela Experimental Pan de Azúcar de INIA, se muestra en la Figura 42. El tratamiento testigo sin fertilización alcanzó 69 t/ha de rendimiento de frutos, al aplicar 200 kilos de nitrógeno, 100 kilos de anhídrido fosfórico y 250 kilos de óxido de potasio, el rendimiento se incrementó hasta 98 t/ha, dosis mayores de fertilización N-P-K no incrementaron el rendimiento del cultivo. Es importante destacar que después de tres años de cultivo, el suelo alcanzó contenidos de 30, 20 y 208 ppm de N, P y K respectivamente y una conductividad eléctrica de 1,5 dS/m.

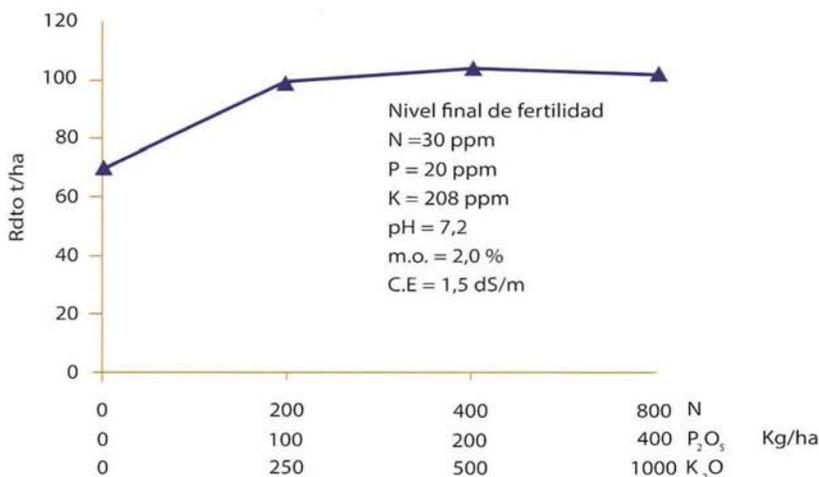


Figura 42. Efecto de la fertilización con N-P-K en tomate cv. Carmelo en invernadero, al tercer año de cultivo. Estación Experimental Pan de Azúcar, INIA Intihuasi.



Foto 18. Establecimiento de tomate en invernadero, un mes post trasplante, área de Pan de Azúcar.

8.7. Efecto en rendimiento de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno, en tomate cv Irazú.

8.7.1. Introducción.

En la Parcela Experimental Pan de Azúcar de INIA, se estableció un experimento en invernadero, para evaluar el efecto de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno: 0-150-300 y 600 kg/ha de nitrógeno, como urea vía fertirrigación, en tomate cv. Irazú, de un año de cultivo. Como fertilización base se aplicaron 200 kg/ha de anhídrido fosfórico y 300 kg/ha de óxido de potasio.

8.7.2. Resultados.

En el Cuadro 38 se presenta el nivel de fertilidad inicial del suelo, cuyos contenidos de nutrientes primarios presentaron un nivel adecuado especialmente el potasio. En la Figura 43 se muestra el efecto de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno en tomate cv Irazú, regados por cinta. Con la menor tasa de riego ($2.946 \text{ m}^3/\text{ha}$) se observó efecto del nitrógeno aplicado hasta 150 kg/ha, alcanzando un rendimiento de 118 t/ha. El mejor tratamiento de riego correspondió a $3.952 \text{ m}^3/\text{ha}$ y con la misma fertilización se alcanzó las 150 t/ha de frutos. La mayor tasa de riego no incrementó el rendimiento.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 38. Nivel de fertilidad inicial del suelo donde se realizó experimento de fertilización con tomate cv Irazú, Parcela Experimental Pan de Azúcar INIA.

Profundidad	N	N total	m. o.	C/N	P	K	pH
cm	ppm	%	%		ppm	ppm	
0 - 20	25	0,11	1,8	8,20	12	206	7,7
20 - 40	19	0,067	1,5	11,2	8	107	7,4

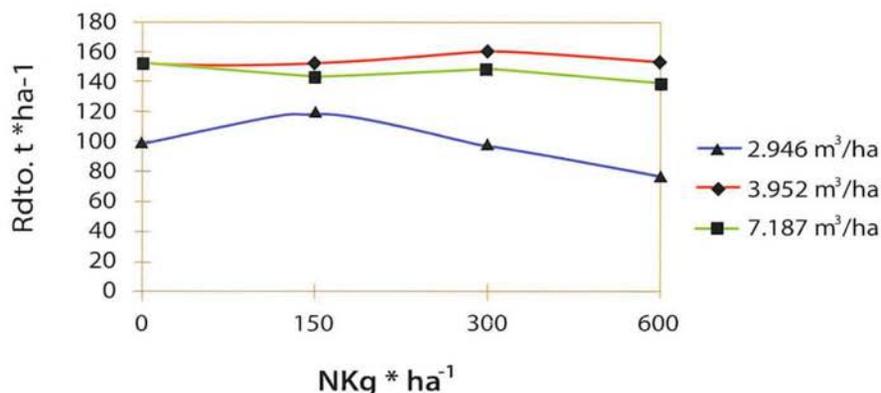


Figura 43. Efecto de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno en tomate cv Irazú. Parcela Experimental Pan de Azúcar.

8.8. Efecto en rendimiento de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno en tomate cv FA 144.

8.8.1. Introducción.

En la Parcela Experimental Pan de Azúcar de INIA, se estableció un experimento en invernadero, para evaluar el efecto de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno: 0 - 137 - 274 y 549 kg/ha, como urea vía fertirrigación, en tomate cv. FA 144 con dos años de cultivo. Las tasas de riego aplicadas fueron 2.415, 3.834 y 5.701 m³/ha. Como fertilización base se aplicaron 120 kg/ha de anhídrido fosfórico y 200 kg/ha de óxido de potasio. Antes del trasplante se tomaron muestras para análisis de disponibilidad de nitrógeno mineral.

8.8.2. Resultados.

El contenido inicial de nitrógeno disponible, a dos profundidades se presenta en el Cuadro 39. La disponibilidad de nitrógeno mineral no fue alta. En la Figura 44 se aprecia el efecto de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno en tomate cv FA 144, regados por cinta. Con la menor tasa de riego (2.415 m³/ha) se observó un efecto depresivo sobre el rendimiento de la fertilización

nitrogenada aplicada. El mejor tratamiento consistió en aplicar la mayor tasa de riego con la dosis de 137 kg/ha de nitrógeno, logrando así una producción comercial de 133,8 t/ha de tomate. Es importante destacar que los tratamientos sin nitrógeno alcanzaron niveles de rendimiento bastante altos, especialmente los tratamientos con mayor tasa de riego.

Cuadro 39. Contenido de nitrógeno mineral inicial del suelo y suministro estimado para el cultivo, medido a dos profundidades.

Prof.	Nitrógeno disponible	Suministro estimado
cm	ppm	N kg/ha
0 - 20	22	53
20 - 40	12	29

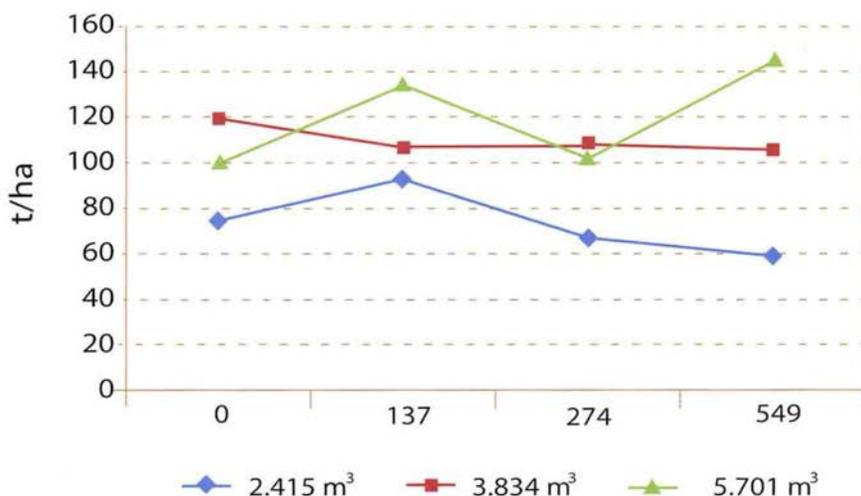


Figura 44. Efecto de tres tasas de riego y cuatro dosis de nitrógeno en tomate cv FA-144. Parcela Experimental Pan de Azúcar.

8.8.3. Resultados y Conclusiones.

- La fertilización nitrogenada del cultivo debe ser moderada, y no debe superar los 200 kgN/ha.
- La fertilización potásica igualmente debe ser equilibrada, para evitar promover una carencia de magnesio.
- Una dosis racional de fósforo sería 150 kg/ha de P_2O_5 .

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

8.9. Recomendación de fertirrigación para tomate.

Se sugiere aplicar boro y cinc en suelos de Limarí y Choapa en dosis bajas de tres unidades totales por ha de boro y seis kg/ha de sulfato de cinc. Evitar excesos de nitrógeno y potasio, ambos promueven la aparición de la pudrición apical. La fertilización debe iniciarse 14 días después del trasplante, en los Cuadros 40, 41 y 42 se presenta la recomendación de fertilización según época de trasplante.

Cuadro 40. Fertilización base según época de trasplante para tomate en invernadero (kg/ha).

Nutriente	Unidades	Otoño-Invierno	Invierno/Primavera
Nitrógeno	N	60	100
Fósforo	P ₂ O ₅	70	90
Potasio	K ₂ O	70	90

Cuadro 41. Fertilización en tomate desde inicio de floración, hasta fines de cosecha (kg/ha).

Nutriente	Unidades	Otoño/Invierno	Invierno/Primavera
Nitrógeno	N	80	80
Fósforo	P ₂ O ₅	70	80
Potasio	K ₂ O	80	90

Cuadro 42. Fertilización total del cultivo de tomate, según distinta época de cultivo (kg/ha).

Nutriente	Unidades	Otoño/Invierno	Invierno/Primavera
Nitrógeno	N	140	180
Fósforo	P ₂ O ₅	140	170
Potasio	K ₂ O	150	180



Capítulo IX

Fertilización del cultivo de Zanahoria (*Daucus carota* L.).



Foto 19. Vista panorámica de ensayo de fertirrigación con nitrógeno en zanahoria cv Abaco, mostrando una dosis alta de fertilización con nitrógeno en primer plano.

9.1. Introducción.

La zanahoria es un cultivo de raíz de buen crecimiento invernal (Giaconi, 1993), y es una de las hortalizas de mayor importancia y difusión en el mundo. Los consumidores la valorizan nutricionalmente por ser una excelente fuente de vitaminas y minerales y por presentar grandes cantidades de hidratos de carbono y beta-caroteno o pro-vitamina A, como también vitaminas del grupo B (B3), folatos y vitamina E (Tirador *et al.*, 2011). Es común su empleo como alimento para bebé, como así también en gran variedad de productos procesados. La calidad nutricional de esta hortaliza depende de la práctica agronómica como la fertilización. En la actualidad el cultivo se ha extendido de manera importante en el área de Pan de Azúcar, contribuyendo a mejorar la rotación de cultivos en los suelos de la zona. Debido a su uso frecuente en la preparación de colados, para infantes, ya sea de tipo industrial o casero; en los países desarrollados se recomienda optimizar especialmente la fertilización nitrogenada, debido a que el exceso de este nutriente tiende a generar un producto de inferior calidad nutricional. A continuación se presentan resultados de dos ensayos de campo donde se evaluó el efecto de dos tasas de riego y tres dosis de nitrógeno.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

9.2. Ensayos de fertirrigación en zanahoria.

9.2.1. Antecedentes metodológicos.

Se estableció un ensayo de campo con zanahoria cv Abaco, cultivado en siembra directa el 19 de Julio de 2012, y manejado con riego por cinta, con pre-cultivo de alcachofa, en la Parcela Experimental de INIA en Pan de Azúcar. Los tratamientos aplicados fueron 0, 54 y 108 kg N/ha y dos tasas de riego 100 y 133 de la ETc. Como fuente nitrogenada se usó nitro sulfato de amonio (26 % de N). El cultivo se cosechó a fines de junio de 2013.

9.2.2. Resultados de análisis de suelo inicial

El contenido de materia orgánica y nitrógeno inicial del suelo donde se realizó el experimento de campo (en dos profundidades) con zanahoria, se presenta en el Cuadro 43. Los niveles detectados fueron medianamente altos, en ambas estratas de suelo. El suministro de nitrógeno neto estimado en los primeros 40 cm de suelo alcanzó a 130 kg/ha, cantidad bastante alta que explicaría la moderada a baja respuesta al nitrógeno aplicado, en todos los experimentos realizados en el sitio experimental.

Cuadro 43. Contenido de materia orgánica y nitrógeno inicial a dos profundidades, en el sitio de ensayo, Parcela Experimental Pan de Azúcar.

Prof.	Materia orgánica	Nitrógeno disponible
cm	%	ppm
0 - 20	1,6	34
20 - 40	0,9	29

9.2.3. Resultados

En la Figura 45 se presenta el efecto sobre el rendimiento de zanahoria, al aplicar dos tasas de riego y tres dosis de nitrógeno. El rendimiento máximo alcanzó las 27 t/ha, con la mayor tasa de riego y sin fertilización nitrogenada, similarmente se logró el mismo rendimiento con 108 kg/ha de N. El efecto del riego sobre el rendimiento fue bastante claro, aun cuando el cultivo se estableció en invierno y se cosechó a mediados de primavera. En relación a la fertilización nitrogenada no se observó un efecto importante al aplicar una mayor tasa de riego. La tasa de riego aplicada alcanzó a 5.742 m³/ha.

En relación a la absorción de nitratos, a mayor tasa de riego, esta se incrementó significativamente, hasta alcanzar los 2,51 %. La concentración de nitrato en savia fresca se presenta en el Cuadro 44. Se observó un claro incremento de la concentración de nitratos al aplicar 45 kg/ha de nitrógeno, y al duplicar la dosis el incremento de la absorción es marginal y por lo tanto no se justifica aplicar más nitrógeno. Una adecuada tasa de riego permite obtener 27 t/ha de zanahoria y sin aplicar nitrógeno, esto significa que la dosis aplicada por muchos agricultores de 110 kg/ha de nitrógeno se puede disminuir, evitando además la contaminación por nitrógeno por la innecesaria aplicación de este nutriente.



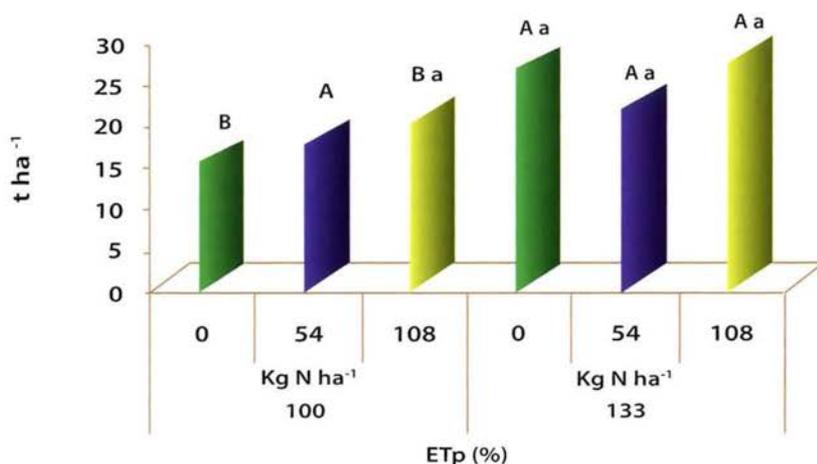


Figura 45. Efecto de la tasa de riego y fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento en el cultivo de zanahoria cv, Abaco, Pan de Azúcar, 2012. Letra mayúscula indica diferencia entre tratamientos de riego $p < 0,10$ Duncan a una misma dosis de N. Letra minúscula, indica diferencia entre tratamientos de fertilización $p < 0,10$ Duncan a una misma tasa de riego.

Cuadro 44. Efecto de la fertilización nitrogenada, sobre la concentración de nitrato en savia del cultivo de zanahoria cv. Ábaco, considerando una tasa de riego de 5.742 m³/ha correspondiente al 133% de la ETc, Pan de Azúcar, 2012.

Tratamiento N kg/ha	Nitrato (ppm)
0	750
45	1.725
90	1.967

9.3. Ensayo cultivo de zanahoria variedad Ábaco.

9.3.1. Antecedentes metodológicos.

Se estableció ensayo de campo con zanahoria cv Ábaco, cultivado en siembra directa el 6 de marzo de 2013 y manejado con riego por cinta, con pre-cultivo de papa, en la Parcela Experimental de INIA en Pan de Azúcar. Los tratamientos aplicados fueron 0, 45 y 90 kg N/ha y dos tasas de riego 100 y 133 de la Eto. Como fuente nitrogenada se usó sulfato de amonio 26% de N. El cultivo se cosechó a fines de julio de 2013.

9.3.2. Resultados.

En la Figura 46 se presenta el efecto sobre el rendimiento de zanahoria, al aplicar dos tasas de riego y tres dosis de nitrógeno. La cantidad total de agua aplicada se presenta en el Cuadro 45, las cantidades totales variaron entre 2.300 y 2.900 m³/ha. El rendimiento máximo alcanzado bordeó las 30 t/ha. En relación a la cantidad de agua aplicada, se apreció un efecto negativo sobre la producción de zanahoria con la mayor tasa de riego, mientras que la respuesta a la fertilización nitrogenada fue mayor, se apreció efecto positivo del nitrógeno solamente hasta 90 kg/ha.

Estos resultados permiten confirmar que dosis moderadas de nitrógeno asociadas a ajustadas tasas de riego, las que fueron estimadas mediante la Etc, permitieron alcanzar mayores rendimientos que al aplicar más riego y nitrógeno que el requerido por el cultivo. Es importante destacar que las tasas de riego aplicadas al cultivo fueron bastante moderadas, incluso en riego por goteo. En relación a la absorción de nitratos, a mayor tasa de riego, ésta se incrementó significativamente, hasta alcanzar los 2,51%, tal como se observa en la Figura 47.

Cuadro 45. Agua recibida por el cultivo de zanahoria, sembrada en marzo de 2013.

Tratamiento	Agua de Riego	Precipitación	total
	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
100 Etc	1.760	579	2.339
133 Etc	2.350	579	2.929

Precipitación: Fuente Estación Agrometeorológica de Pan de Azúcar, CEAZA-INIA.

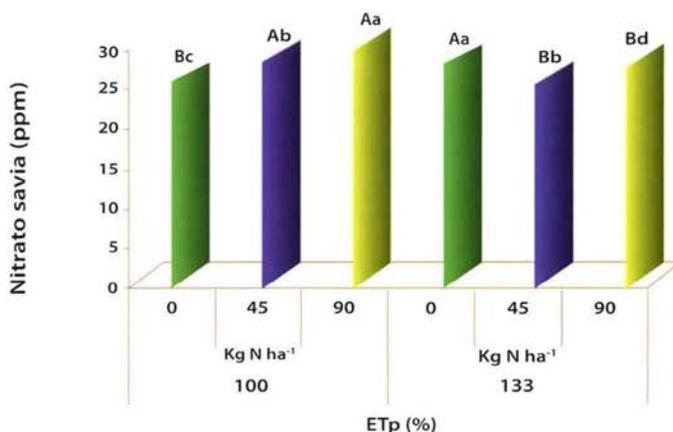


Figura 46. Efecto de la tasa de riego y fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento en el cultivo de zanahoria, Pan de Azúcar, 2013. Letra Mayúscula indica diferencia entre tratamientos de riego p < 0,10 Duncan. Letra Minúscula, indica diferencia entre tratamientos de fertilización p < 0,10 Duncan

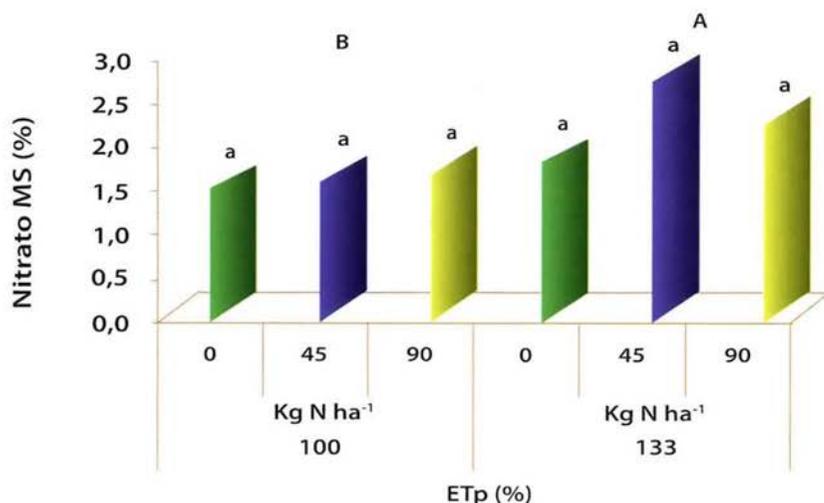


Figura 47. Análisis de la concentración de nitrato (ppm) en materia seca para peciolo de Zanahoria var. Abaco de crecimiento medio, Pan de Azúcar. Letra Mayúscula indica diferencia entre tratamientos de riego $p < 0,10$ Duncan. Letra Minúscula, indica diferencia entre tratamientos de fertilización $p < 0,10$ Duncan.

La concentración de nitrato en savia fresca se presenta en la Figura 48. En ambos tratamientos de riego se observó un incremento de la concentración de nitratos, la cual no presentó diferencia estadísticas significativas. En este caso, la respuesta del cultivo de zanahoria fue mayor y alcanzó a las 90 unidades de nitrógeno, por lo tanto la dosis óptima económica respecto de la que usa el productor es bastante más próxima. Es decir en cultivos de zanahoria de invierno la dosis de nitrógeno debe ser más alta, pero puede ser menor a 100 kg/ha.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

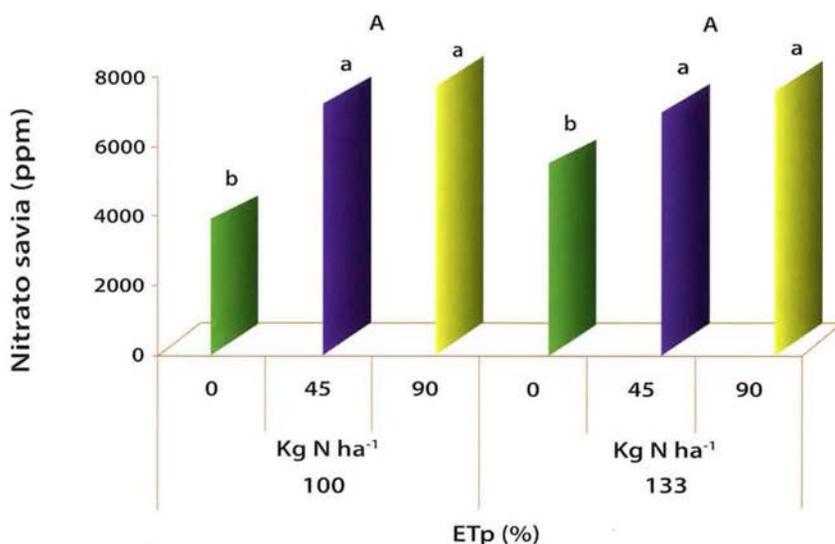


Figura 48. Concentración de nitrato (ppm) en savia de peciolo de Zanahoria var. Ábaco de crecimiento medio, Pan de Azúcar. Letra Mayúscula indica diferencia entre tratamientos de riego $p < 0,10$ Duncan a igual dosis de Fertilización. Letra Minúscula, indica diferencia entre tratamientos de fertilización $p < 0,10$ Duncan a una misma tasa de riego.

9.3.3. Resultados y Conclusiones .

- El cultivo de zanahoria presentó baja respuesta a la fertilización nitrogenada, no mayor a 90 kg/ha de nitrógeno.
- En el ensayo sembrado a fines de verano, la tasa de riego del 100 % de la ETo presentó un mejor comportamiento, comparado con el 133 %.



Foto 20. Cosecha manual de zanahoria, sector Pan de Azúcar.

Capítulo X

Diagnóstico del estado nutricional del contenido de nitrógeno nítrico en savia fresca medido en distintas fases de crecimiento de algunas hortalizas.

10.1. Introducción.

A nivel mundial, el nitrógeno es el nutriente que más limita las cosechas y por ello, es el fertilizante más usado. Esto tiene implicancias en la contaminación ambiental por niveles excesivos de nitratos en las aguas, y también en los cultivos. En consecuencia la aplicación en relación a dosis y frecuencia correctas de este nutriente es fundamental para el desarrollo adecuado de los cultivos. Una buena forma de calcular la aplicación de nitrógeno consiste en determinar con exactitud las necesidades de cada cultivo, dependiendo de su etapa de desarrollo, mediante el análisis de tejido vegetal.

10.2. Análisis de nitratos en tejido de cultivos.

El análisis de nitratos en tejido de plantas ha demostrado ser una herramienta valiosa en la determinación de aplicaciones de nitrógeno. El tejido muestreado en el análisis suele ser el pecíolo de la hoja, aunque en algunos cultivos se realiza en la nervadura central.

10.3. Muestreo en pecíolo.

El pecíolo es la porción del tallo de la hoja. El análisis del pecíolo se recomienda particularmente para programar las aplicaciones de nitrógeno en riego por aspersión y por goteo y se ha utilizado ampliamente en producción de papa. El análisis foliar tradicional se basa en la recolección de pecíolos en etapas de crecimiento definidas, enviándolos al laboratorio y luego recibiendo los resultados del análisis de nitrato después de 48 horas a una semana. Los resultados se presentan en base a peso seco. En la mayoría de los cultivos, la parte de la planta muestreada es la hoja adulta más reciente. Todos los folíolos o porciones del limbo de la hoja deben eliminarse inmediatamente y reservar el pecíolo para análisis.

10.4. Muestreo en nervadura.

En algunos cultivos tales como repollo, brócoli, coliflor, y lechuga, se recomienda para el análisis el nervio central de la hoja. La hora del día puede afectar las concentraciones de nitrato. Para reducir esta variabilidad, se recomienda muestrear el tejido antes del mediodía. El manejo del tejido es similar a lo descrito anteriormente para el análisis de las plantas.

10.5. Determinación cuantitativa de nitratos en savia.

También se han hecho progresos en la determinación cuantitativa de nitratos en savia del pecíolo.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Electrodos de nitrato portátiles tales como el medidor Cardy y tiras reactivas de color son útiles para determinar las necesidades de nitrógeno. La mayor ventaja de la prueba de savia es que los resultados pueden obtenerse con mayor rapidez que con los análisis convencionales de peso seco (Boletín N°5, 2010); (Tissue Nitrate for Vegetable, 2011). Para el análisis de savia se recolecta el mismo tejido que para el análisis convencional de peciolo. La diferencia es que en vez de secar el tejido en laboratorio, los peciolos se comprimen para exprimir la savia y ésta se analiza inmediatamente en terreno para detectar los nitratos.

Idealmente, los peciolos deben procesarse de forma inmediata; pero si ello no es posible, pueden almacenarse enteros en una bolsa de plástico sobre hielo en una nevera o en un refrigerador por un período de hasta ocho horas o a temperatura ambiente por dos horas. Asegúrese de que todas las porciones del limbo de la hoja hayan sido extirpadas antes de almacenarlos. La savia puede ser exprimida con una prensa de ajos o con una prensa hidráulica de savia. Los peciolos también pueden ser depositados en una bolsa de plástico y luego aplastados con un rodillo para extraer la savia. Se recomienda seguir las instrucciones del fabricante para el análisis de savia.

10.6. Interpretación del análisis.

La mayoría de las interpretaciones se basan en $N-NO_3$, aunque en algunos casos los resultados se expresan en base a nitrato (NO_3) en vez de $N-NO_3$. Para transformar partes por millón (ppm) de nitrato a ppm de nitrógeno, debe multiplicarse los ppm de nitrato por 0,226. Las concentraciones de nitrato suelen declinar a medida que el cultivo madura y avanza la temporada. Por lo tanto, la interpretación se basa en la etapa de crecimiento. Si las concentraciones de Nitrato-N descienden por debajo de un rango determinado, se recomienda la fertirrigación con nitrógeno.



Foto 21. Extracción de savia y medidor de nitratos a nivel de campo.

10.7 Principales factores que afectan la concentración de nitratos en los cultivos.

10.7.1. Luminosidad.

De la intensidad de la luz depende la capacidad fotosintética, si se reduce la luminosidad también se reduce la velocidad de transformación de los nitratos absorbidos por la planta a aminoácidos o proteínas, por ende existirá una mayor concentración de los nitratos en el vegetal. Es por esto que, durante el invierno existirán mayores concentraciones de nitratos que en verano y viceversa,

lo mismo ocurre para el caso de cultivos bajo invernadero debido al empleo de plásticos, se incrementa el contenido de nitratos respecto de cultivos al aire libre.

10.7.2. Fertilización nitrogenada.

El uso indiscriminado de N como elemento fertilizante es una de las causas principales de acumulación de nitratos, además de afectar los rendimientos por efecto de desbalance nutricional del cultivo y por efecto osmótico al aumentar la salinidad y además provocar contaminación de las aguas. En este sentido se hace necesario el llevar a cabo análisis de suelos o eventualmente análisis foliares convencionales para saber con más precisión el estado nutricional de la planta para así aplicar dosis más precisas.

10.7.3. Efecto varietal.

Investigaciones han demostrado que la concentración de los nitratos varía dentro de una especie según tipo y variedad debido al factor genético de la planta.

10.7.4. El Cultivo.

La acumulación de nitratos dependerá del tipo de hortaliza; las de raíz y de hoja presentan un mayor riesgo.

10.7.5. Edad de la planta.

También se debe tener en cuenta la edad de la planta ya que los tenores varían durante el período de crecimiento. La concentración de nitrógeno es mayor en plantas jóvenes y decrece en plantas cercanas a la cosecha.

10.7.6. Órgano vegetal.

En cuanto a las partes vegetales comestibles, generalmente se observan mayores concentraciones en los órganos fotosintéticamente más activos (hojas), órganos de transporte, y en menor medida, en frutos, flores y semillas.

10.7.7. La Familia.

Las plantas que acumulan mayormente el ión nitrato son aquellas de las familias de las Crucíferas, Quenopodiáceas, Amarantáceas, Asteráceas.

10.7.8. Suministro hídrico.

La alta disponibilidad hídrica del suelo favorece la absorción del ión nitrato en la planta, mientras que una elevada humedad de la atmósfera, al reducir el proceso de pérdida de agua a través de la transpiración, disminuye la velocidad de absorción de los nitratos. Es el caso de los cultivos protegidos, donde aumenta la temperatura, la humedad relativa, y la concentración de CO₂ sin disminuir la actividad fotosintética, favoreciendo la disminución en la absorción de nitratos.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

10.8. El problema de concentración de nitratos en hortalizas a nivel mundial.

En la última década gran parte de la población de los países desarrollados ha optado por una alimentación saludable orientada al consumo de hortalizas frescas. Como es bien sabido, la aplicación de N como fuente de fertilizante es fundamental para alcanzar óptimos rendimientos en la producción de éstas. Por otra parte, varios estudios relacionan ciertos tipos de cáncer, al ingerir altas concentraciones de nitratos en los alimentos y el agua de bebida, debido a la formación de nitrosaminas a partir de los nitritos. Esto debido a la fertilización excesiva con nitrógeno, lo cual además conduce a la contaminación del ecosistema, y la pérdida en calidad del producto final, afectando la salud tanto del hombre como del medio ambiente. Los vegetales que presentan un mayor contenido de nitratos son las hortalizas, especialmente las de hoja verde.

El JECFA (Joint FAO/OMS Expert Committee on Food Additives), estableció una Ingesta Diaria Aceptable (IDA) máxima de 3,7 mg de nitratos por kg de peso corporal. Conforme a este criterio una persona de 50 kg puede consumir alrededor de 180 mg, una persona de 60 kg alrededor de 220 y una persona de 80 kg alrededor de 300 mg de nitratos al día.

10.8.1. Contenido e ingesta de nitratos y nitritos a través del consumo de hortalizas de hoja verde.

10.8.1.1. Límites de nitratos y nitritos permitidos en hortalizas.

La legislación europea establece límites máximos permitidos de nitratos en hortalizas frescas y transformadas destinadas al consumo, a través del Reglamento 1822/2005, de 8 de noviembre de 2005, por el que se modifica el Reglamento 466/2001 en el que se fija los contenidos máximos de determinados contaminantes en los productos alimenticios. En el Anexo del citado Reglamento, se establecen contenidos máximos de nitrato en lechugas frescas y lechugas tipo "Iceberg" y en espinacas frescas, y en conserva, refrigeradas o congeladas. La toma de muestras y los métodos oficiales de análisis se establecen en la Directiva 2002/63/CE. En el Cuadro 46 se presentan los límites máximos de nitratos y nitritos en el Reglamento 1822/2005 31 de la CEE.

Cuadro 46. Límites máximos de nitratos y nitritos en el Reglamento 1822/2005 31 de la CEE.

Hortaliza	Período	NO ₃ (mg/kg)
Espinacas frescas (<i>Spinacia oleracea</i>).	Cosechadas del 1 de abril al 31 de octubre.	3.000
	Cosechadas del 1 de noviembre al 1 de abril	2.500
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) fresca cosechada entre el 1 de abril y el 31 de octubre	Lechuga cultivada en invernadero	4.500
	Lechuga cultivada al aire libre	4.000
Lechuga fresca cosechada entre el 1 de noviembre al 1 de abril	Lechuga cultivada en invernadero	3.500
	Lechuga cultivada al aire libre	2.500
Lechuga tipo iceberg	Lechuga cultivada en invernadero	2.500
	Lechuga cultivada al aire libre	2.000

En el Reglamento (CE) N° 466/2001 de la Comisión, de 8 de marzo de 2001, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, modificado por el Reglamento (CE) N° 563/2002, se insta a los Estados miembros para la aplicación de Códigos de Buenas Prácticas Agrícolas para reducir los contenidos de nitratos. No obstante, a pesar de la evolución en la aplicación de buenas prácticas agrícolas, los datos obtenidos mediante controles en los Estados miembros ponen de manifiesto la existencia de dificultades para ajustarse a los contenidos máximos de nitratos en lechugas y espinacas.

En consecuencia, aquellos estados miembros en las que resulta difícil mantener el contenido de nitratos por debajo de los máximos fijados para lechugas y espinacas frescas, por ejemplo, cuando la luz solar diaria escasea, han solicitado excepciones y aportado suficiente información para demostrar que existen investigaciones en curso, cuyo objeto es reducir los contenidos de nitratos en el futuro.

10.8.1.2. Contenido de nitratos y nitritos en hortalizas de hoja verde.

Los contenidos de nitrato en hortalizas son generalmente más altos en invierno, derivado de la baja intensidad lumínica y las pocas horas diarias de luz. En el caso de las hortalizas cultivadas bajo invernadero, los contenidos de nitratos son considerablemente más altos que los de hortalizas cultivadas al aire libre en las mismas estaciones y con manejos similares de los sistemas de producción en una misma región.

En un estudio publicado por la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) en el año 2003, en la CEE, con el objeto de analizar los contenidos de nitratos en las verduras, se recogieron 291 muestras (95 de espinacas, 99 de lechugas, 72 de acelgas y 25 de repollos), procedentes de establecimientos comerciales en la época de invierno. En el caso de la acelga cuyo límite no está contemplado por la legislación vigente, se ha tomado como referencia el valor máximo permitido de nitratos en espinacas en la época de verano de 2.500 mg/kg. En base a ello un 29% de las acelgas y repollos analizada, un 14% de las espinacas, y un 2% de las lechugas tuvieron valores por encima de los límites legales. El estudio señaló que los productos ecológicos no son mejores que los convencionales en lo que a nitratos respecta.

10.8.2. Estudio sobre el contenido de nitratos en plantas realizado por la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).

Los alimentos que presentan un mayor contenido en nitratos son las hortalizas, especialmente las de hoja verde, pero dentro de este grupo de alimentos existen diferencias muy significativas entre los niveles de nitratos de unas y otras. De acuerdo con el estudio de 2008 sobre 20 países de la UE más Noruega, llevado a cabo por la European Food Safety Authority (EFSA), Agencia Europea de Seguridad Alimentaria, las cantidades medias de nitratos en mg/kg detectadas entre alrededor de 42.000 muestras de diferentes hortalizas se presentan en la Figura 49. Según los resultados se logran apreciar diferencias significativas en cultivos como la acelga y lechuga las cuales son especies con mayor tendencia a alcanzar alta concentración de nitrato en hojas y nervaduras.



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

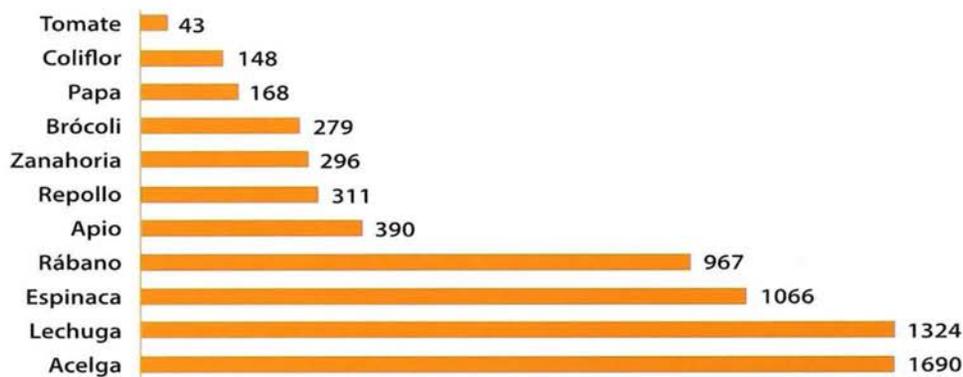


Figura 49. Cantidades de NO₃ (mg/kg) en diferentes hortalizas, según European Food Safety Authority (EFSA).

La Academia Nacional de Ciencias de Italia, considera como plantas acumuladoras de NO₃: rabanitos, remolachas, espinacas, brócolis, repollo de hojas crespas, lechuga, coliflor. Otras especies tienen una capacidad de acumulación media como: zanahoria, papa, puerro, mientras un tercer grupo poseen una muy baja capacidad de acumulación (Graifenberg *et al.*, 1993; Patruno, 1984). En el Cuadro 47 se muestra el rango del contenido de nitratos de distintas especies hortícolas. Los cultivos con mayor contenido corresponden a lechuga, espinaca y algunas crucíferas, (Graifenberg *et al.*, 1993).

Cuadro 47. Rango del contenido de nitratos (NO₃ mg kg⁻¹ de sustancia fresca) en la parte comestible de diferentes especies hortícolas.

Bajo contenido	Contenido medio	Contenido alto
< 500 mg/kg NO ₃	500 - 1.000 mg/kg NO ₃	> 1.000 mg/kg NO ₃
Tomate	Zanahoria	Lechuga arrepollada
Berenjena	Papa	Espinaca
Pimiento	Puerro	Remolacha
Pepino	Coliflor	Perejil
Esparrago	Repollo	Rábano
Cebolla		Brócoli
Poroto		

10.9. Utilización del equipo portátil Cardy (Marca Horiba) medidor de la concentración nitratos (ppm) en savia fresca de plantas.

El análisis foliar convencional realizado en laboratorio es una buena técnica de diagnóstico, pero en los cultivos de hortalizas que en muchos casos presentan un rápido crecimiento, el análisis tradicional de laboratorio puede ser ineficiente por la lentitud en la entrega de resultados. En este caso el análisis de savia fresca en campo puede ser de gran ayuda por su rápido resultado que se puede obtener instantáneamente en terreno. Cabe señalar, que este análisis no debe reemplazar al análisis convencional de laboratorio, por cuanto este es más preciso (Hochmuth, 1994).

La medición en terreno se puede realizar mediante el medidor de nitratos Cardy. Este es un equipo portátil que permite realizar pruebas rápidas in situ para evaluar la concentración del ión nitrato presente en la savia de los cultivos. Mide la concentración de nitratos (ppm) en un determinado órgano vegetal, esto se logra macerando dicho órgano para posteriormente medir su savia con el sensor del equipo.

Permite:

- Tomar mediciones rápidas en terreno con sólo unas gotas de la muestra.
- Es una herramienta útil para ir ajustando la fertilización nitrogenada.
- Realizar seguimientos efectivos a los cultivos.



Foto 22. Etapa 1. Extracción de la savia en lechuga y zanahoria.

Para este fin se utiliza una prensa de mano para savia la cual permite efectuar la maceración del extracto vegetal deseado.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria



Foto 23. Etapa 2: Medición del contenido de nitratos

Se deben transferir de tres a cinco gotas de savia extraída al sensor con el equipo encendido. Luego de la aplicación se presiona el botón de medición, una vez hecho esto aparecerá el símbolo de medición en la esquina superior izquierda de la pantalla el cual presentará un leve parpadeo. Cuando la pantalla muestra el símbolo de medición sin parpadear quiere decir que ha finalizado la lectura correcta del contenido de nitratos.

Finalmente se debe lavar el sensor con agua destilada y secar con una toalla de papel. Repetir si es necesario, se recomienda tomar y analizar tres muestras de cada cultivo.

10.10. Resultados de análisis de nitrato en savia fresca medido en campo, en los cultivos de lechuga y zanahoria, en el sector de Pan de Azúcar.

En los Cuadros 48, 49, 50 y 51 se presenta el contenido de nitrógeno nítrico ($N-NO_3$) medido en distintos estados de crecimiento de lechuga y zanahoria, cultivadas en campos de agricultores en el área de Pan de Azúcar. Durante formación temprana de cabeza, tres de las cinco muestras analizadas presentaron niveles altos. En el estado de crecimiento medio, el contenido de nitrógeno inorgánico no fue excesivo, sólo en tres de las ocho muestras analizadas se presentaron niveles altos. Al estado de pre-cosecha el contenido de nitratos en las hojas de lechuga fue más adecuado. Finalmente en el Cuadro 51 se muestra el contenido de nitratos en seis muestras de peciolo de zanahoria, todas las muestras presentaron contenidos más bien bajos.

Cuadro 48. Contenido de nitrógeno nítrico en cinco muestras de lechuga durante formación temprana de la cabeza, rango adecuado 400 a 600 ppm.

N-NO ₃ ppm	Categoría
621	Alto
506	En el rango
621	Alto
1.058	Muy Alto
567	En el rango

Cuadro 49. Contenido de nitrógeno en ocho muestras de lechuga, en crecimiento medio, medido en campo. Rango adecuado de N-NO₃, 380-550 ppm.

N-NO ₃ ppm	Categoría
592	Alto
314	Bajo
518	En el rango
506	En el rango
209	Bajo
391	En el rango
656	Alto
1.242	Alto



Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Cuadro 50. Contenido de nitrógeno en nueve muestras de lechuga, en pre-cosecha, medido en campo. Rango adecuado de N- NO₃ 350-500 ppm.

N-NO ₃ ppm	Categoría
483	En el rango
644	Alto
495	En el rango
606	Alto
1.725	Muy Alto
794	Alto
360	En el rango
455	En el rango
376	En el rango

Cuadro 51. Contenido de nitrógeno nítrico en seis muestras de zanahoria (peciolos) de agricultores, obtenidas en precosecha, en el sector de Pan de Azúcar. Rango adecuado 200 – 250 ppm.

N-NO ₃ ppm	Categoría
253	Alto
219	En el rango
206	En el rango
71	bajo
116	bajo
78	bajo

10.11. Análisis de la concentración de N-NO₃ en savia (ppm) según diferentes variedades de lechuga, mediciones realizadas en el área de Pan de Azúcar.

En la Figura 50 se presentan los contenidos de N-NO₃ en cuatro tipos de lechuga. La tipo Costina y Morada presentaron los contenidos más bajos y altos de nitratos respectivamente, creciendo en invierno, esto sugiere que el tipo costina puede requerir más nitrógeno y el tipo morada menos. En la Figura 51 se presentan los contenidos de N-NO₃ en tres tipos de lechuga. El tipo Morada presentó los contenidos más altos de nitratos, y el tipo Milanesa presentó el menor contenido, creciendo en primavera, el tipo escarola presentó niveles intermedios.

En la Figura 52 se presentan los contenidos de N-NO₃ en tres tipos de lechuga. El tipo Milanesa presentó el mayor contenido de nitratos, para plantas creciendo en primavera-verano, el tipo Escarola presentó contenidos más bajos y el tipo Crespa presentó contenidos intermedios de nitratos.

Cuadro 50. Contenido de nitrógeno en nueve muestras de lechuga, en pre-cosecha, medido en campo. Rango adecuado de N- NO₃ 350-500 ppm.

N-NO ₃ ppm	Categoría
483	En el rango
644	Alto
495	En el rango
606	Alto
1.725	Muy Alto
794	Alto
360	En el rango
455	En el rango
376	En el rango

Cuadro 51. Contenido de nitrógeno nítrico en seis muestras de zanahoria (peciolos) de agricultores, obtenidas en precosecha, en el sector de Pan de Azúcar. Rango adecuado 200 – 250 ppm.

N-NO ₃ ppm	Categoría
253	Alto
219	En el rango
206	En el rango
71	bajo
116	bajo
78	bajo

10.11. Análisis de la concentración de N-NO₃ en savia (ppm) según diferentes variedades de lechuga, mediciones realizadas en el área de Pan de Azúcar.

En la Figura 50 se presentan los contenidos de N-NO₃ en cuatro tipos de lechuga. La tipo Costina y Morada presentaron los contenidos más bajos y altos de nitratos respectivamente, creciendo en invierno, esto sugiere que el tipo costina puede requerir más nitrógeno y el tipo morada menos. En la Figura 51 se presentan los contenidos de N-NO₃ en tres tipos de lechuga. El tipo Morada presentó los contenidos más altos de nitratos, y el tipo Milanese presentó el menor contenido, creciendo en primavera, el tipo escarola presentó niveles intermedios.

En la Figura 52 se presentan los contenidos de N-NO₃ en tres tipos de lechuga. El tipo Milanese presentó el mayor contenido de nitratos, para plantas creciendo en primavera-verano, el tipo Escarola presentó contenidos más bajos y el tipo Crespa presentó contenidos intermedios de nitratos.



Toda esta información sugiere que las lechugas tipo milanesa y morada requieren menos nitrógeno que los tipos costina y escarola.

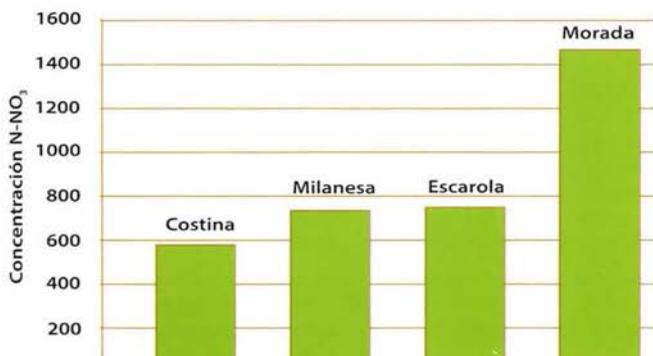


Figura 50. Concentración promedio de N-NO₃ (ppm), en savia fresca, en distintas variedades de lechuga durante la pre-cosecha, obtenidas de un total de 72 muestras del sector de Pan de Azúcar, creciendo en invierno. Rango normal 350 a 500 ppm.

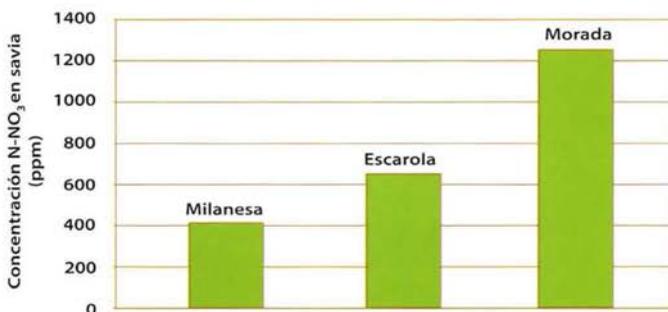


Figura 51. Concentración promedio de N-NO₃ (ppm), en savia fresca, en distintas variedades de lechuga durante el crecimiento medio del cultivo, 17 muestras de productores hortalizas del sector de Pan de Azúcar, creciendo en primavera, rango aceptable 380-550 ppm.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

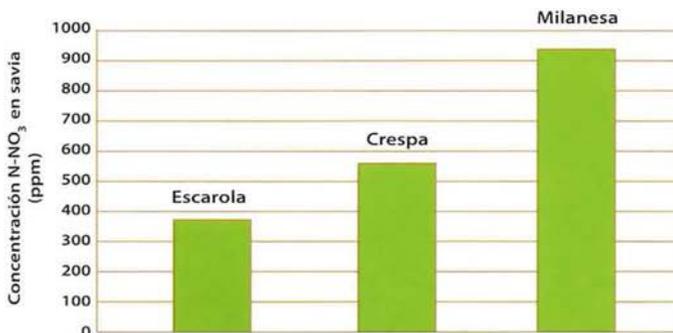


Figura 52. Concentración promedio de N-NO₃ (ppm), en savia fresca, en distintas variedades de lechuga durante la formación temprana de la cabeza, creciendo en primavera - verano, nueve muestras obtenidas del sector de Pan de Azúcar. Rango normal 400 a 600 ppm.

Capítulo XI

Conclusiones generales y recomendaciones

- La fertilización nitrogenada de hortalizas en muchos casos es excesiva. Especialmente en lechuga y apio. Esto promueve carencia de calcio en hojas y frutos.
- Esto a su vez genera o promueve una serie de desórdenes fisiológicos en las plantas como pudrición apical en tomate y pimiento, promueve la aparición de la peca en la alcachofa, partidura de zanahoria y de tubérculos de papa. Además del quemado del borde de las hojas en lechuga del tipo milanesa.
- El exceso de nitrógeno incrementa significativamente el ataque de plagas y enfermedades.
- La dosificación de la fertilización debe considerar el manejo anterior del suelo, especialmente después del cultivo de papa las dosis de nitrógeno deben ser más bajas.
- La época de trasplante es importante de considerar, en invierno se debe fertilizar con dosis más altas que a fines de primavera y verano.
- La fertilización nitrogenada debe aplicarse más tempranamente, para estimular el crecimiento vegetativo de las plantas.
- En general la respuesta al fósforo y potasio es baja. Pero su aplicación es recomendable especialmente en riego por goteo.
- Las mediciones en savia fresca de lechugas tipo Morada y Escarolas sugieren que estos tipos requieren más nitrógeno que Milanesa.
- Los suelos requieren mejorar su contenido de carbono o materia orgánica.
- Los contenidos en los suelos de boro disponible son altos y los de cinc bajos.

Capítulo XII

Literatura Citada.

- Adams, P.; Davies, J. N.; and Winsor, G. W.: 1978. Effects of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. *Journal of Horticultural Science* 53: 115-122.
- Aljaro, A., 1993. Fundamentos de la producción hortícola en invernaderos y sistemas forzados para Chile. En *Producción de hortalizas protegidas bajo plástico*. Serie La Platina N°50: 1-16.
- Aruani, C.; Gili, P.; Fernández, L.; González, R.; Reeb, P. y Sánchez, E. 2008. Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en lechuga (*Lactuca sativa L.*) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo, Neuquen-Argentina. *Agron Sur* 36(3): 147-157.
- Avdeyev, Y. 1990. Tomato fruit resistance to blossom end rot controlled by dominant monogenic factor. *Acta Horticulturae* 376. V International Symposium on the Processing Tomato.
- Barceló J.; Rodrigo G.; Sabater B y Sánchez R. 1992. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid. 662 p.
- Belda R., Fenlon J.S. and Ho L.C. 1996. Salinity effects on the xylem vessels in tomato fruit among cultivars with different susceptibilities to blossom end rot. *Journal of Horticultural Science* 71(2): 173-179.
- Bolívar, T. 1990. Efectos de la calidad del agua sobre el cultivo del tomate. *Agrícola Vergel*. Diciembre 1990: 930-933.
- Boletín N°5. 2010. Determinaciones de Nitrógeno en Savia de Plantas, Suelo y Agua en el Campo. Extracto de la "Guía de Producción: Manejo de Nitrógeno y Agua para Vegetales Costeños de Estación Templada" publicada por la División de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de California.
- Bravo, M.A.1994. Evaluación del sistema de fertilización Maff modificado en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) sobre el rendimiento y calidad de cinco variedades, confección de curvas de desarrollo y absorción de elementos en el mismo cultivo bajo condiciones de invernadero frío en invierno. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 112 p.
- Carrasco, G.; Tapia, J. y Urrestarazu, M. 2006. Contenido de Nitratos en Lechugas Cultivadas en Sistemas Hidropónicos. IDESIA (Chile). Universidad de Tarapacá. Vol 24:1:25-30.
- Durán, A., Mora, D. y Ramírez, L. 2003. El libro verde. Compendio de información para la producción vegetal. Ed. Universidad de Costa Rica. 158 p.
- Finck, A. 1988. Fertilizantes y Fertilización: Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Ed. Reverté. España. 450 p.
- Giaconi, V. y Escaff, M. 2001. Cultivo de hortalizas. Ed. Universitaria. Chile 337 p.
- Graifenberg, A., Barsanti, L., Botrini, L. and Temperini, O. 1993. La problemática de nitrato. *Suplemento a L Informatore Agrario* 6: 43-48
- Halbrooks, M.C and Wilcox, G.E. 1980. Tomato plant development and elemental accumulation. *Journal Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(6): 826-828.
- Hartz, T.K.; LeStrange, M. and May, D. 1994: Tomatoes respond to simple drip irrigation schedule and moderate nitrogen inputs. *California Agriculture* 48(2): 28-31.
- Hochmuth, G.J. 1994. Efficiency Ranges for Nitrate-Nitrogen and Potassium for Vegetable Petiole Sap Quick Tests. University Florida. *Hort. Technology* 4(3): 218-222.
- Instituto de Innovación Agraria, INIA, Perú. 2004. Plan de producción de alcachofa. Disponible en <http://www.inia.gob.pe/SIT/consPr/adjuntos/2016.pdf>.
- Katyal J.C. y N.S. Randhawa 1986. Micronutrientes. FAO Fertilizantes y Nutrición Vegetal. Indian Council of Agricultural Research Nueva Delhi, India. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Boletín N°7. P.92-93.
- Krzebietke, S. 2008. Response of butter lettuce (*Lactuca sativa L.*) to different forms of nitrogen fertilizers with chlorine and sulphates. *J. Elementol.* 13(4): 581-588.
- Lackington V, J. 1990. Ritmo de crecimiento y absorción de nitrógeno, fósforo, potasio y sodio en alcachofa (*Cynara scolymus L.*) y efectos de la fertilización nitrogenada en la nutrición y en la deshidratación de post-cosecha. Tesis Ing. Agr. Pontificia Universidad Católica de Chile. 163 p.

Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas:

Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria

Marotto B., J.V. 1995. Horticultura Herbácea Especial. Ediciones Mundi-Prensa Castelló 37, Madrid, 611 p. 4ta Edición.

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.

Molina, E. 2009. Análisis Foliar y su Interpretación. [En línea]. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. <<http://www.aminogrowinternacional.com/ARTICULOS/FOLIAR-AMINOGROW.pdf>>. [Consulta noviembre de 2009].

Nonami, H.; Fukuyama, T.; Yamamoto, M.; Yang, L. and Hashimoto, Y. 1998. Blossom end rot of tomato plants may not be directly caused by calcium deficiency. Ehime University, College of Agriculture, Tarumi, Matsuyama 790, Japan. Acta Horticulturae 396: Hydroponics and Transplant Production.

Nukaya, A.; Goto, K.; Jang, H.; Kano A. and Ohkawa, K. 1998. Effect of K/Ca ratio in the nutrient solution on incidence of blossom end rot and gold specks of tomato fruit grown in rockwool. Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Shizuoka 422. Japan. Acta Horticulturae 396: Hydroponics and Transplant Production.

ODEPA 2012. Informe de la Oficina de Planificación Agrícola Minagri, Chile.

Patrino, A. 1984. Influenza dei fattori agronomici su l contenuto di nitrati nei prodot tiagricoli. Riv. Di Agron. 2:79-91.

Ribó, M. 2004 Balance de macronutrientes y materia orgánica en el suelo de agroecosistemas hortícolas con manejo integrado ecológico. Disponible en http://www.tesisexarxa.net/TESIS_UV/AVAILABLE/TDX-0519105-135709//ribo.pdf

Ríos, D.; Raya, V.; Monge, J. y Suárez, T. 2002. Ensayo de variedades de lechuga. Campaña 2001. Servicio de Agricultura. Cabildo Insular de Tenerife. 19p. www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/hort_79_L_lechuga2.pdf>. Consulta octubre de 2009].

Ryder, E., De Vos, N. y Bari, M. 1983. The Globe Artichoke (*Cynara Scolymus L.*) Hort Science, Vol 18(5).

Resh, H. 2001. Cultivos Hidropónicos. Ed. Mundi prensa. España. 67 – 122 p.

Rincón, S.L.; Pellicer B.C. y Sáez S.J. 1991. Extracción de macronutrientes en el cultivo de tomate indeterminado de crecimiento (*Lycopersicon esculentum Mill.*). Agrícola Vergel 4: 211–214.

Reuter, D. and Robinson, JB. 1997. Plant Analysis: An interpretation manual. 2nd.Edition Inkata Press. Australia. 450 p.

Sierra C. B. 1995. Informe Técnico Proyecto Fondef-INIA.

Tirador M.; Lipinski, V.M. y Bermejillo A.I. 2011. Caracterización del contenido de nitratos y la composición nutricional en zanahoria (*Daucus carota L.*) cultivada con diferentes dosis de fertilización N P.Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Licenciatura en Bromatología. Argentina. 61 p.

Tissue Nitrate Analysis for Vegetable Crops. 2011."University of Minnesota Extension" [www.extension.umn.edu]; 2) "Fundamentos de Nutrición Mineral: Nitrógeno." p. 35-36.

Uppendra, M.S.; Bharat, P.S.; Syed, R. and Reddy V.R. 2000. Tomato root growth is influenced by tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. HortScience 35(1): 78–82.

Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Ed. Mundi prensa. España. 49 – 80 p.

Vásquez, C.A. 1994. Evaluación de sistema Maff-modificado de fertilización versus sistema de fertilización tradicional en dos distancias de plantación y confección de curvas de extracción del cultivo de tomate en ambos sistemas. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 106 p.

Westerman R.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI. EE.UU. 549-562 p.

