

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EFFECTOS DE LA APLICACION DE ENTEC 21 EN LA FERTILIZACION
DE MANZANO Cv. GALAXY: ESTUDIO DE CASO**



NELSON GABRIEL PALMA SOTOMAYOR

MEMORIA DE TÍTULO PRESENTADA A LA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
AGRÍCOLA

CHILLÁN-CHILE

2009

EFFECTOS DE LA APLICACION DE ENTEC 21 EN LA FERTILIZACION DE MANZANO Cv. GALAXY: ESTUDIO DE CASO

Aprobado por:

Jorge Jara Ramírez
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Profesor Asociado

Profesor Guía

Iván Vidal Parra
Ingeniero Agrónomo, Dr.
Profesor Titular

Profesor Asesor

Eduardo Holzapfel Hoces
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Profesor Titular

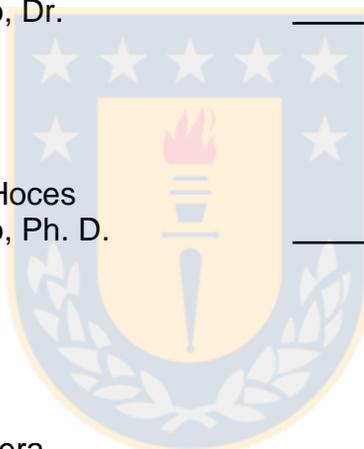
Profesor Asesor

José Luis Arumí Rivera
Ingeniero Civil, Ph. D.
Profesor Asistente

Director de Departamento

Eduardo Holzapfel Hoces
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Profesor Titular

Decano



ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
Resumen.....	6
Summary.....	8
Introducción.....	10
Metodología.....	17
Resultados y Discusión.....	23
Conclusiones.....	36
Literatura citada.....	38



ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Resultados de análisis químico y físico del suelo al inicio del ensayo	18
Tabla 2: Programa de fertirriego empleado en el huerto donde se realizó el estudio.	20
Tabla 3: Número de entrenudos y largo de brotes de las plantas de acuerdo a la fuente de N empleada.	25
Tabla 4: Rendimiento e índices de calidad de la fruta según fuente de nitrógeno en la temporada 2005/6.	27
Tabla 5: pH, Conductividad eléctrica y concentración de nutrientes en la solución fertilizante (SF) y solución de suelo a las profundidades de 20, 40 y 60 cm, para los periodos fenológicos de brotación a término división celular, crecimiento de fruta, cosecha y postcosecha durante la temporada 2004/5.	31
Tabla 6: pH, Conductividad eléctrica y concentración de nutrientes en la solución fertilizante (SF) y solución de suelo a las profundidades de 20, 40 y 60 cm, para los periodos fenológicos de brotación a término división celular, crecimiento de fruta, cosecha y postcosecha, durante la temporada 2005/6.	32
Tabla 7: Efecto de los tratamientos de Entec 21 y Urea, sobre las características químicas del suelo a tres profundidades en la etapa de cosecha (14 febrero 2006).	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Concentración foliar de Nitrógeno a través de la temporada de crecimiento en los tratamientos con Urea y Entec 21 durante las dos temporadas de evaluación.	23
Figura 2: Evolución de los valores de lectura del medidos de clorofila durante la temporada 2004 – 2005 en unidades SPAD (Equipo Minolta SPAD 502)	24



EFFECTOS DE LA APLICACION DE ENTEC 21 EN LA FERTILIZACION DE MANZANO Cv. GALAXY, ESTUDIO DE CASO

EFFECTS OF THE APPLICATION OF ENTEC 21 IN THE FERTILIZATION OF APPLE TREE Cv. GALAXY: CASE STUDY

Palabras índice adicionales: Inhibidores de nitrificación, nitrógeno, calidad fruta, clorofila

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Fundo El Almendro, Provincia de Malleco, Comuna de Renaico, Región de La Araucanía, con el propósito de evaluar el efecto de dos fuentes nitrogenadas, Entec 21 y Urea, sobre el rendimiento y calidad de fruta en un huerto de manzanos variedad Galaxy patrón MM106, plantado el año 2000, con una densidad de 1250 plantas ha⁻¹. El sitio experimental se dividió en dos sectores de riego de 4 ha cada uno, en donde se aplicó un equivalente a 48 kg N ha⁻¹ por fertirriego, donde el 42% de esta dosis correspondió a las fuentes indicadas. La experiencia se realizó en dos temporadas de crecimiento (2004/5 y 2005/6). A partir de los resultados obtenidos se pueden inferir que el empleo del fertilizante Entec 21, comparado con urea, permitió lograr una mayor concentración foliar de nitrógeno y mayor contenido de clorofila al final de la temporada de crecimiento e incrementó las reservas nitrogenadas de la planta. Entec 21 produjo frutos con mayor presión de pulpa y mayor concentración de almidón. No hubo diferencias en concentración de sólidos solubles, rendimiento de frutos y calibre, aún

cuando Entec 21 presentó valores ligeramente mayores de estas dos últimas variables, comparado con urea. La fertilización con Entec 21 significó un contenido más estable de nitrógeno en el perfil de suelo, puesto que se redujeron las pérdidas de nitrógeno y se incrementó su utilización por la planta. El fertilizante Entec 21 fue efectivo para reducir la oxidación del amonio. Su empleo en fertirriego permite asegurar que la planta absorba amonio, cuando se desee aportar esta forma de nitrógeno. Considerando la mayor eficiencia de utilización de este fertilizante, la dosis a aplicar deben ser menores, comparado con fertilizantes convencionales.



SUMMARY

The following research was carried out at the “Fundo el Almendro”, Province of Malleco, comuna of Renaico, La Araucanía region, in order to evaluate the effect of two nitrogen sources, Entec 21 and urea, on the yield and quality of the fruit in an orchard of apple trees of the Galaxy variety grafted over MM106, planted the year 2000, with a density of 1250 plants ha⁻¹. The experimental plot was divided in two irrigated sectors of 4 hectares each one, where an equivalent of 48 kg N ha⁻¹ was applied by fertirrigation, in which 42% of this dose corresponded to the indicated sources. The experience was carried out during two growth seasons (2004/5 and 2005/6). From the results it can be inferred that the use of the fertilizer Entec 21, compared with urea, produced to a greater concentration of N in the leaf and a greater chlorophyll content at the end of the growth season; also it increased the nitrogen reserves on the plant. Entec 21 produced fruits with greater pulp pressure and greater starch concentration. There were no differences in soluble solid concentration, yield of fruits and size, even though Entec 21 presented slightly greater values of these two last variables, compared with urea. The fertilization with Entec 21 it meant a more stable nitrogen content in the soil profile, since the losses of N were reduced and its use by the plant was increased. The fertilizer Entec 21 was effective to reduce the oxidation of ammonium. Its use in fertirrigation assures that the plant absorbs ammonium, when this form of nitrogen is desired. Considering the greater use efficiency

of this fertilizer, the doses to apply must be smaller, compared with conventional fertilizers.



INTRODUCCIÓN

La producción de fruta de exportación es un proceso donde se unen una serie de labores de manejo que permiten obtener un producto de buena calidad de acuerdo a las exigencias de los mercados internacionales y también a los altos niveles de competitividad. Debido a esto, es necesario para la fruticultura estar en constante estudio de las variables que intervienen en la producción, sobre todo pensando el creciente aumento que ha tenido esta actividad en los últimos años. Como ejemplo de ello, la exportación de manzana ha subido de 700.000 toneladas a 1.300.000 toneladas en los últimos cinco años, alcanzando una superficie estimada de aproximadamente 36.000 has (ODEPA, 2005).

La seguridad alimentaria, el aspecto económico y junto a los esfuerzos para reducir el impacto ambiental de la agricultura, ha motivado el desarrollo de metodologías de producción agrícola más respetuosas con el medio ambiente y capaces de obtener productos de alta calidad.

Por otra parte, dentro de este concepto de nutrición de la planta para una producción sustentable en el tiempo, juega un papel fundamental el nitrógeno utilizado como base para cualquier programa de fertilización de frutales, tanto en su estado de nitrato como amonio.

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de los vegetales, ya que es un constituyente de todas las proteínas. El nitrógeno (N) es el elemento mineral más utilizado en la nutrición de huertos de

manzanos, su aporte genera hojas más grandes, de un color verde oscuro, además de permitir que permanezcan en el árbol por más tiempo, lo que significa un mayor período de acumulación de reservas para ser utilizado la primavera siguiente (Álvarez, 1988; Razeto y Rojas, 1986; Silva y Rodríguez, 1995). Se le confiere, además, la cualidad de producir fruta de mayor tamaño, con menor desprendimiento y crecimiento de ramas más grandes y vigorosas. El manejo de este nutriente en manzanos es clave, puesto que su deficiencia provoca un cese de crecimiento, coloración amarillenta en las hojas y reducción importante de rendimiento. Su exceso provoca un mayor tiempo a madurez de la fruta y menor coloración, además de un exceso de vigor de la planta. Es considerado junto con otros factores de manejo, tales como el aporte de calcio y tipo de portainjerto, los factores de mayor influencia en el crecimiento del árbol, calidad de la fruta y su vida de poscosecha (Fallahi, 1997).

El nitrógeno es un elemento que se encuentra deficiente en la producción agrícola ya que el suelo, a través del proceso de mineralización de la materia orgánica, normalmente, no es capaz de suministrar el total de nitrógeno requerido por los cultivos para alcanzar altos rendimientos. Este nutriente es fundamental en la mayoría de las explotaciones agrícolas, debido a su estrecha relación con el rendimiento y la calidad de los productos, y porque además representa una importante proporción de los costos de producción. En Chile se ha producido un notable incremento en el consumo de fertilizantes, especialmente nitrogenados, utilizándose anualmente alrededor

de 262.000 ton de nitrógeno, la mayoría en forma de urea, las que aplicadas a la superficie de suelo de manejo más intensivo (alrededor de 1.700.000 ha) equivalen aproximadamente a 150 kg N ha^{-1} , en promedio (Ortega, 2000)

Los problemas medioambientales originados por una incorrecta gestión de la fertilización nitrogenada han originado, en las últimas décadas, la aparición de una serie de técnicas que contribuyen a la mejora de la eficiencia de la utilización del nitrógeno. Entre estas técnicas cabe destacar la gestión de los fertilizantes en el marco de la agricultura de precisión, con la utilización de sensores y equipos informáticos que permiten una aplicación más exacta de los fertilizantes, la fertirrigación y la mejora de los propios fertilizantes (Zerulla *et al.*, 2001), por ejemplo con la adición de inhibidores de la nitrificación o con el recubrimiento de los mismos. Así mismo, el aporte continuado de nutrientes de acuerdo con las necesidades de los cultivos provoca que las pérdidas de éstos puedan ser inferiores a las de una fertilización convencional.

La nitrificación es uno de los procesos de mayor relevancia en la transformación del nitrógeno en el suelo. A través de este proceso el amonio (NH_4^+) proveniente de la mineralización de la materia orgánica o del fertilizante aplicado, es transformado rápidamente en nitrato (NO_3^-) por los microorganismos nitrificantes. Este compuesto (NO_3^-) es soluble en agua y muy móvil en el suelo (Tisdale *et al.*, 1999), por lo que es altamente susceptible de perderse por lixiviación, siendo este fenómeno uno de los mecanismos de pérdida de nitrógeno más importantes en el suelo (Kurtz,

1980). Este tipo de pérdidas, entre otras, influyen en la baja eficiencia de uso del nitrógeno alcanzada por diversas especies (Bijay-Singh, *et al.*, 1995).

Tal como se ha mencionado, la conversión de iones amonio a nitrato, aumenta el riesgo de pérdidas por lixiviación, por cuanto el anión nitrato se mueve con mayor facilidad en la solución de suelo. La cuantía de las pérdidas de nitratos por lavado es función de la intensidad de la nitrificación, de la pluviometría, del régimen de riego y de algunas características propias del suelo, principalmente textura (Porta *et al.*, 2003).

Otro mecanismo importante de pérdida de nitrógeno de los suelos es la reducción de nitratos. Este compuesto en condiciones anaeróbicas, puede ser reducido biológicamente por acción de microorganismos desnitrificantes y transformados en compuestos gaseosos que escapan a la atmósfera, tales como N_2O , que está involucrado en el calentamiento global de la atmósfera. La magnitud de estos procesos depende de las condiciones del suelo y se han estimado en 5 a 50% del nitrógeno aplicado en el fertilizante (Dittert *et al.*, 2003; Macadam, *et al.*, 2003).

En consecuencia, las pérdidas de nitrógeno desde el suelo son relevantes desde el punto de vista económico y ecológico y, es por ello, que la alternativa de controlar la población bacteriana que cataliza el proceso de nitrificación, mediante el empleo de productos químicos, es promisoría.

El proceso de nitrificación es, corrientemente, considerado como una transformación beneficiosa, por cuanto proporciona una de las formas de

nitrógeno más importantes en la nutrición de las plantas. Sin embargo, en condiciones de una agricultura intensiva, que utiliza y demanda grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados, deriva en un conjunto de desventajas, tales como fenómenos de toxicidad por acumulación de nitritos y nitratos, contaminación de aguas y pérdidas de nitrógeno del suelo por lixiviación y desnitrificación.

Existen compuestos que son capaces de retardar la oxidación biológica del amonio, afectando la actividad de las bacterias *Nitrosomonas*, grupo de microorganismos que actúa en la primera etapa del proceso de nitrificación (Paul and Clark, 1989). Debido a que el NH_4^+ está menos sujeto a pérdidas, los inhibidores de la nitrificación (IN) permiten mantener el nitrógeno por más tiempo en el suelo y disminuyen las pérdidas por lixiviación. Normalmente los IN no tienen influencia en el segundo paso de la nitrificación, que es la transformación de nitritos en nitratos (Zerulla *et al.*, 2001). Los IN se pueden añadir tanto a fertilizantes sólidos granulados, como a fertilizantes líquidos y purines. Este tipo de fertilizantes que contienen IN son habitualmente conocidos como fertilizantes estabilizados.

La incorporación de IN a las prácticas de fertilización de los cultivos provoca que el nitrógeno en el suelo permanezca en forma de amonio durante un cierto periodo de tiempo. El amonio, debido a su carga positiva, queda fijado en el complejo arcillo-húmico del suelo y se evitan de esta manera las pérdidas de nitrógeno en forma de nitratos, altamente solubles en la solución

del suelo y susceptibles a pérdidas por percolación profunda, contaminando las aguas subterráneas.

No solamente las plantas pueden absorber las dos formas de nitrógeno de igual forma, sino que se ha demostrado en muchas experiencias (Goos *et al.*, 1999; Marschner, 1995), que cuando a la planta se le suministran las dos formas de nitrógeno, se pueden incrementar los rendimientos. En condiciones de campo, la única manera de asegurar que a la planta se le suministran las dos formas de nitrógeno es mediante la utilización de IN.

El último IN que ha aparecido en el mercado con muchas ventajas es el 3,4-dimetipirazol fosfato (DMPP) (Zerulla *et al.*, 2001; Wissemeier *et al.*, 2001). Entre sus propiedades se señalan su mayor duración del efecto inhibitor, absolutamente compatible con las plantas y más efectivo a dosis mucho más bajas.

A nivel internacional existen muchos trabajos donde se informa de efectos positivos en rendimiento y eficiencia de uso de nitrógeno, con el uso de IN (Nelson & Huber, 2001; Pasda *et al.*, 2001; Prasad y Power, 1995; Trenkel, 1997; Wissemeier *et al.*, 2001; Carrasco, 2002). Experiencias hechas en Chile con IN, tales como Nitrapirina, Diciandiamida y Tiurea, señalan efectos positivos en rendimiento y eficiencia de uso de nitrógeno en diversos cultivos. Vidal *et al.*, (1985) y Longeri *et al.*, (1987), señalan aumentos de eficiencia de utilización de nitrógeno de la urea aplicada a

avena y maíz, de 38 a 74% y de 59 a 92%, respectivamente, debido a la adición de estos inhibidores al fertilizante. En trigo, Vidal y Longeri (1988) informan de incrementos de 57 a 65% en la eficiencia de uso del nitrógeno cuando se empleó nitrapirina y tiurea.

La fertirrigación en la mayoría de las situaciones, puede permitir una adecuada nutrición del manzano y otros frutales; sin embargo, el monitoreo nutricional del suelo y/o planta es esencial para asegurar una máxima calidad y rendimiento. En la producción convencional, generalmente el manejo nutricional del manzano se limita a efectuar un análisis de suelo de preplantación y/o un análisis foliar por año. Por consiguiente, el productor reacciona y ajusta su fertilización de un año para otro. De esta forma no se aprovechan las grandes ventajas del riego por goteo, que permite ajustar la nutrición y corregir deficiencias o desequilibrios nutricionales semana a semana (Vidal, 1999).

El objetivo del presente trabajo es analizar los efectos del inhibidor de la nitrificación 3,4-Dimetilpirazol fosfato, como compuesto que da origen al fertilizante comercial ENTEC 21®, sobre la nutrición, componentes de rendimiento y calidad de manzanos variedad Galaxy regados por goteo. Como tratamiento tradicional de comparación se consideró la aplicación de urea.

METODOLOGIA

Ubicación de Sitio Experimental y características del suelo.

La presente investigación se realizó en el predio El Almendro, administrado por la empresa Inversiones Agrícola Buenos Aires S.A. de la IX Región, Provincia de Malleco, Comuna de Renaico, Sector Tijeral. El suelo donde se realizó el ensayo corresponde a la serie Vergara, que se caracteriza por ser de origen aluvial, en posición de terraza, desarrollado a partir de arenas andesíticas-basálticas, con mezcla de cenizas volcánicas recientes y material granítico. Textura franco arenosa fina y una profundidad efectiva sobre 120cm. Las temperaturas en la zona oscilan de los 4°C a los 32°C, la pluviometría anual promedio es de 1100mm. Las características químicas y físicas del suelo al inicio del ensayo se presentan en Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de análisis químico y físico del suelo al inicio del ensayo (Promedio de 4 repeticiones).

Determinación	Profundidad (cm)		
	0 -20	20 - 40	
Características Químicas			
pH		5,65	5,87
Mat. Orgánica	%	6,54	5,7
N disponible	ppm	10,0	5,0
P disponible	ppm	22,0	18,0
K disponible	ppm	193	135
Ca intercambiable	cmol kg ⁻¹	4,1	4,3
Mg intercambiable	cmol kg ⁻¹	0,84	0,96
Na intercambiable	cmol kg ⁻¹	0,12	0,10
Al intercambiable	cmol kg ⁻¹	0,03	0,02
Suma de bases	cmol kg ⁻¹	5,6	5,71
S disponible	ppm	11	7
Sat. de K	ppm	8,8	6,1
Sat. de Ca	%	72,8	75,0
Sat. de Mg	%	14,9	16,8
Fe	ppm	23	27
Mn	ppm	1,1	1,4
Zn	ppm	0,7	0,4
Cu	ppm	1,4	1,5
B	ppm	0,7	0,7
Características Físicas			
Arena	%	33	40
Limo	%	62	56
Arcilla	%	5	4
Capacidad de Campo	% vol	36,3	31,2
Punto de Marchitez Permanente	% vol	12,3	10,5
Agua disponible	cm cm ⁻¹	0,25	0,21
Densidad aparente	g cm ⁻³	1,32	1,41

Tratamientos y manejo de la plantación.

El ensayo se estableció en septiembre de 2004, en un huerto de manzanos variedad Galaxy Gala sobre patrón MM-106, plantado en el 2000, con una densidad de 1250 plantas ha⁻¹ y un marco de plantación de 4 m entre hileras y 2 m sobre la hilera. El huerto fue regado por

goteo, considerando dos líneas de goteros con emisores ubicados a 0.7 m y un caudal nominal de 4 L h^{-1} .

El sitio experimental correspondió al cuartel denominado San Pedro Paño 5, que se dividió en dos sectores de riego de 4 has cada uno, en donde se aplicó por fertirriego durante dos temporadas (2004/5 y 2005/6) el programa especificado en la Tabla 2. El tratamiento I consistió en aplicar dicho programa y el Tratamiento II, reemplazar en la fertilización la urea por el fertilizante Entec 21, en equivalencia de dosis de N. La composición del fertilizante Entec 21, corresponde a 21% N y 23 % azufre más el inhibidor de la nitrificación DMPP. El pH y CE de este fertilizante a una concentración de 1 g L^{-1} , en agua destilada a 20°C , corresponde a pH 4,68 y CE $1,9 \text{ dS m}^{-1}$.

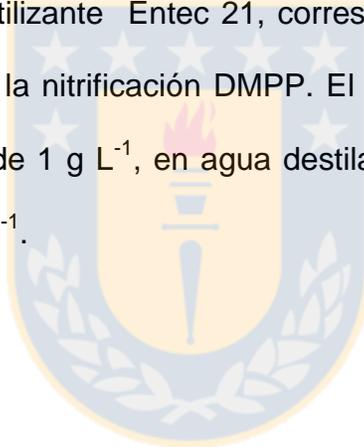


Tabla 2. Programa de fertirriego empleado en el huerto donde se realizó el estudio.

Fase	Producto	Dosis			Aporte Fertilizante (Unidades ha ⁻¹)						Aporte Real (Unidades ha ⁻¹)					
		Nº aplic.	(kg ha ⁻¹)	Total (kg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	Otros	N	P	K	Ca	Mg	Otros
Brotación a término división celular	Urea (Tratamiento I)	12	0,8	9,6	46						4,4					
	ENTEC 21 (Tratamiento II)	12	1,7	20,4	22						4,4					
	Fosf. monoamónico	12	1,2	14,4	11	61					1,6	8,8				
	Nitrato de Calcio	12	7,6	91,2	16			26			14,1			23,7		
Desde 01 Oct Hasta 30 Nov	Sulf. de Magnesio	12	7,3	87,6					16						14,0	
	Cloruro de Potasio	12	1,7	20,4			60					12,2				
	TOTAL										20,1	8,8	12,2	23,7	14,0	B,Zn, Mn
Crecimiento fruto	Urea (Tratamiento I)	12	1,1	13,2	46						6,0					
	ENTEC 21 (Tratamiento II)	12	2,4	29,0	22						6,0					
	Fosf. monoamónico	12	1,2	14,4	11	61					1,6	8,8				
	Nitrato de Calcio	12	2,5	30,0	16			26			4,7			7,8		
	Sulf. de Magnesio	12	5,5	66,0					16						10,6	
Desde 01 Dic Hasta 30 Ene	Cloruro de Potasio	12	2,2	26,4			60					15,8				
	TOTAL										12,2	8,8	15,8	7,8	10,6	B,Zn, Mn
Cosecha	Fosf. monoamónico	12	0,7	8,4	11	61					0,9	5,1				
	Nitrato de Calcio	12	1,3	15,6	16			26			2,4			4,1		
	Sulf. de Magnesio	12	3,7	44,4					16					7,1		
	Cloruro de Potasio	12	1,1	13,2			60					7,9				
Desde 01 Feb Hasta 15 Mar	TOTAL										3,3	5,1	7,9	4,1	7,1	B,Zn, Mn
Postcosecha	Urea (Tratamiento I)	6	3,5	21,0	46						9,6					
	ENTEC 21 (Tratamiento II)	6	7,7	46,2	22						9,6					
	Fosf. monoamónico	6	0,7	4,2	11	61					0,5	2,6				
	Nitrato de Calcio	6	2,5	15,0	16			26			2,3			3,9		
	Sulf. de Magnesio	6	3,7	22,2					16						3,6	
	Cloruro de Potasio	6	1,1	6,6			60					4,0				
Desde 16 Mar Hasta 15 Abr	TOTAL										12,4	2,6	4,0	3,9	3,6	B,Zn, Mn
TOTAL										48	25	40	39	35		

Manejo de Riego y Fertilización

Una estación meteorológica automática Groweather, marca Davis, instalada en el predio, proporcionó información meteorológica para estimar la evapotranspiración, regándose con una frecuencia de 1 a 3 días. La humedad del suelo se controló periódicamente con tensiómetro. La solución nutritiva se inyectó a cada tratamiento en forma independiente y aplicándose en 42 oportunidades en la temporada.

La cantidad de agua a reponer se encuentra previamente determinada por el tipo de suelo, estado fenológico del cultivo, que está directamente relacionado con la demanda de agua, y la capacidad de reposición del sistema que en este caso es de $2,85 \text{ mm hr}^{-1}$.

Evaluaciones

Con el objeto de conocer la influencia de los diferentes tratamientos se marcaron 15 árboles al azar y representativos en cada tratamiento y se procedió a hacer las siguientes evaluaciones durante las dos temporadas:

- Largo de brotes y nº entrenudos.
- Concentración de clorofila en hojas con equipo Minolta Spad 502.
- Análisis foliar y análisis químico completo del suelo.
- Monitoreo de la solución de suelo y solución fertilizante.

Se instalaron extractores de solución a tres profundidades del perfil (20, 40 y

60 cm). En el periodo se efectuaron cuatro evaluaciones de solución de suelo durante los periodos fenológicos de brotación a cuaja, crecimiento de fruto, cosecha y postcosecha.

En la segunda temporada de evaluación 2005-06, además de las mediciones especificadas anteriormente, se evaluó rendimiento de fruta, presión de pulpa, grados brix y test de yodo.



RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se presenta el efecto de los tratamientos empleados sobre la concentración foliar de N a través de las dos temporadas de crecimiento.

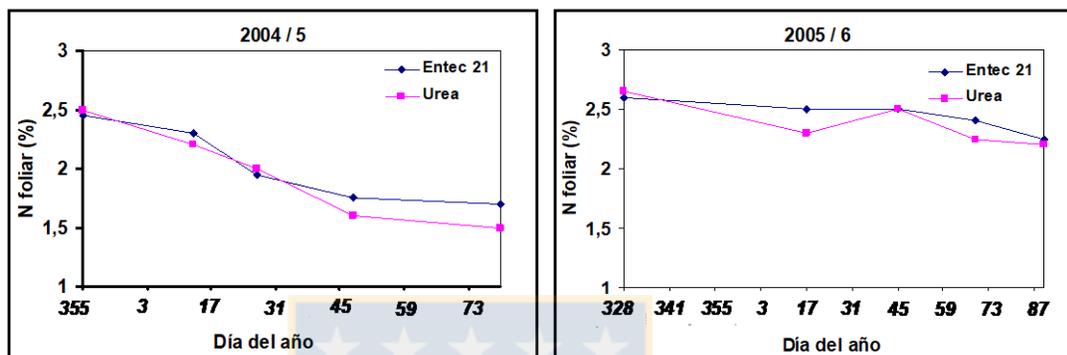


Figura 1. Concentración foliar de nitrógeno (N) a través de la temporada de crecimiento según los tratamientos con urea y Entec 21 durante las dos temporadas de evaluación.

Se puede observar que al comienzo de la temporada, durante el primer año de evaluación, no se manifestaron diferencias en la concentración de N en la planta. Sin embargo, en el periodo de postcosecha, se observa una diferencia a favor del tratamiento con Entec 21. Cabe señalar, que las dosis empleadas de los fertilizantes evaluados se consideran bajas, puesto que cubren solo el 40% de los aportes de N establecidos en el programa de fertirriego, que comprendió una dosis total de 48 kg N/ha. Esta mayor concentración de N de postcosecha, por efecto de la aplicación de Entec 21, se tradujo en mejores reservas, y durante la segunda temporada de evaluación, la concentración foliar de N en este tratamiento fue similar o

mayor, comparado con la aplicación de urea. Sin embargo, los niveles de N observados en ambos tratamientos se mantuvieron en el rango considerado suficiente u óptimo (1,9-2,6%N)

De acuerdo a los resultados de la Figura 1, se puede inferir que el empleo del fertilizante Entec 21 a igualdad de dosis de N que la urea, permite lograr una mayor eficiencia de uso del N por parte de la planta, consecuencia de una mayor disponibilidad en el suelo y, por consiguiente, menores pérdidas de este elemento en el sistema.

En la Figura 2, se presentan los resultados de concentración de clorofila durante la primera temporada de aplicación de los tratamientos.

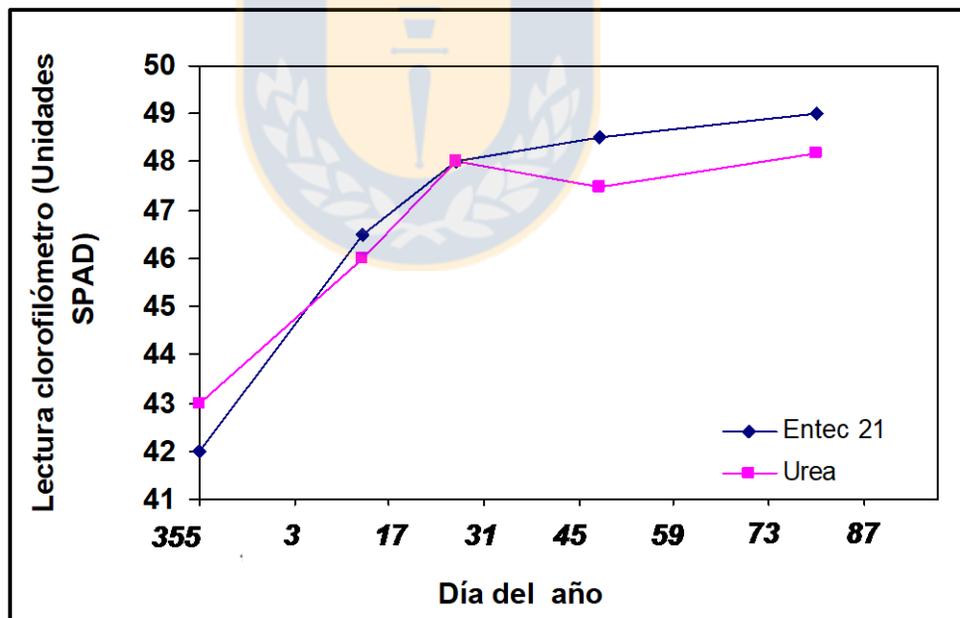


Figura 2. Evolución de los valores de lectura del medidos de clorofila durante la temporada 2004 – 2005 en unidades SPAD (Equipo Minolta SPAD 502)

La concentración de clorofila presentó una tendencia a incrementarse a través de la temporada de crecimiento. Ello como consecuencia de la absorción de N por parte de la planta e incremento del grosor de las hojas. Respecto al efecto de los tratamientos, se observa que las máximas diferencias en lecturas SPAD se presentan al final de la temporada de crecimiento, confirmando la tendencia de mayores concentraciones de clorofila en la planta cuando se aportó el fertilizante Entec 21.

En la Tabla 3, se presenta el efecto de los tratamientos empleados sobre el número de entrenudos y largo de brotes, al final de ambas temporadas de crecimiento.

Tabla 3. Número de entrenudos y largo de brotes de las plantas de acuerdo a la fuente de N empleada.

Tratamiento	Temporada 2004/2005		Temporada 2005/2006	
	Nº entrenudos	Largo de Brotes (cm)	Nº entrenudos	Largo de Brotes (cm)
Entec 21	22	44,7	nd	39,1 (8,2)
Urea	23	47,8	nd	29,6 (7,7)

nd: No determinado en la temporada 2005-2006

() Valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar de los datos

En la Tabla 3 se observa que el tratamiento con Entec 21, en el parámetro largo de brotes, solamente en la segunda temporada es

ligeramente superior. Este mayor desarrollo de brotes podría implicar mayor capacidad fotosintética de la planta y mayores reservas de fotosintatos para ser, posteriormente translocados al fruto. No obstante, es importante que este crecimiento no se produzca en el periodo de formación de fruta, puesto que había competencia por fotosintatos entre ambas estructuras. Por ello, se debe evitar aportes excesivos de N en esta etapa, que fue como se procedió en el presente ensayo. Cabe señalar que la fruta que crece mientras hay rápido crecimiento de brotes, siempre tendrá mayores problemas de calidad, además que se produce competencia por calcio. En manzanos, la formación de flores es mucho más afectada por la fuente de N y época de aplicación que por la dosis (Gerendás y Sattelmacher, 1990). Al respecto, Marschner (1995) señala que la fuente amoniacal incrementa el nivel de fitohormonas involucradas en el proceso de floración en manzanos y, específicamente, el amonio comparado con nitrato, incrementa el número de yemas fructíferas.

Posiblemente, el resultado obtenido de un mayor crecimiento de brotes del producto Entec 21, sea consecuencia de una mayor disponibilidad en el suelo y, en consecuencia, mayor absorción de N por parte de la planta, en comparación con urea, que se puede perder por lavado como urea propiamente tal, o por una más rápida oxidación a nitrato en el suelo, el que está expuesto a lixiviación.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de rendimiento por hectárea,

peso fruto individual, diámetro ecuatorial de manzanas y algunos indicadores de calidad de la fruta, tales como presión de pulpa, °Brix y test de yodo. De los datos aquí entregados se desprende que el rendimiento, peso promedio de manzanas y calibre no fueron afectados significativamente por los tratamientos aplicados, aun cuando fue ligeramente mayor para el tratamiento Entec 21.

Tabla 4. Rendimiento e índices de calidad de la fruta según fuente de nitrógeno en la temporada 2005/6.

Tratamiento	Rendimiento (ton ha ⁻¹)	Peso	Diámetro ecuatorial	Presión	°Brix	Test de Yodo
		Fruto (g)	fruto (cm)	Pulpa (lb)		
Entec 21	51,25 (3,7)	188 (27)	7,35 (0,33)	20,0 (0,69)	11,1 (0,8)	3,4 (0,8)
Urea	48,75 (4,1)	173 (21)	7,25 (0,28)	17,8 (0,95)	10,9 (0,5)	6,4 (1,0)

() Valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar de los datos.

En cuanto al diámetro ecuatorial, los árboles fertilizados con Entec 21 originaron frutos con un diámetro ligeramente mayor al momento de cosecha, pero esta diferencia no fue significativa.

Los resultados presentados son coincidentes con Klein y Spieler (1987), quienes señalan que las distintas formas de nitrógeno (NH_4^+ y NO_3^-) no tienen un efecto claro sobre el tamaño del fruto cosechado. Esto se podría deber a que las características del suelo, en especial el pH, tienen una clara

relevancia en el efecto que las distintas formas de N tienen al ser aplicados a huertos de manzano.

A partir de la misma Tabla 4, se infiere que la totalidad de los frutos cosechados presentó valores de °Brix en el rango característico de la variedad, no difiriendo entre tratamientos. Algunos autores como Neilsen *et al.* (2000) determinaron que a mayor cantidad de nitrógeno aplicado al huerto, la concentración de sólidos solubles en el fruto aumenta. Esta respuesta no se vio reflejada en esta experiencia.

El test de yodo es un índice de la hidrólisis del almidón (Gil, 2001) y es uno de los parámetros utilizados para determinar el momento oportuno de cosecha. Dicha hidrólisis es llevada a cabo por la enzima α -amilasa, cuya actividad aumenta durante la maduración. La escala indica que valores cercanos a 1 tienen un 100% de almidón, mientras que valores cercanos a 7 reflejan concentraciones mínimas de almidón ya que su hidrólisis lo transforma en azúcares simples, lo que se traduce en frutos más maduros. Los resultados presentados en la Tabla 4 mostraron diferencias significativas entre Entec 21 y Urea, entregando este último fertilizante valores mayores reflejando frutos más maduros.

Con respecto a la presión de pulpa, dentro de todas las técnicas propuestas para establecer el momento oportuno de cosecha de manzanas, ésta es una de las más populares. Dicho parámetro está relacionado con el contenido de materia seca, lo que es consecuencia de la acumulación de productos

fotosintetizados en el fruto. La dureza del fruto fue diferente significativamente entre tratamientos. El producto Entec 21 originó frutos con pulpa más resistente a la penetración y con menores valores de test de yodo. Los frutos provenientes de árboles fertilizados solamente con urea, maduraron antes y presentaron menores presiones de pulpa.

Según Gil (2001), la disminución de la dureza durante la maduración ocurre al mismo tiempo que aumenta la pectina soluble. El mismo autor expresa que una alta concentración de nitrógeno o de boro provoca efectos antagónicos en lo referido a la concentración de calcio en el fruto, lo que se traduciría en pérdida de dureza en la manzana. Por otro lado, Weeks *et al.* (1952), señalaron que la firmeza del fruto esta relacionada directamente con la cantidad de fertilizante aplicado al huerto, siendo así como árboles expuestos a fertilizaciones nitrogenadas abundantes originaron frutos con menor dureza y árboles con una menor fertilización nitrogenada originaron frutos con una dureza de pulpa mayor. Así mismo, de Jager y de Putter (1997) y Neilsen *et al.* (2000), señalaron que fertilizaciones excesivas de N en manzanos provocaron frutos con una dureza de pulpa menor, siendo el parámetro que más se afecta con altas fertilizaciones nitrogenadas.

De lo expuesto precedentemente, se puede inferir que en el presente ensayo no se aplicaron dosis excesivas de nitrógeno que pudieran haber tenido un efecto contraproducente en el fruto. La dosis aplicadas de Entec 21 fueron

las apropiadas para obtener un buen balance nutricional y calidad del fruto. En todo caso, cuando se emplea este fertilizante, se debe tener en consideración su mayor eficiencia de aprovechamiento y, por consiguiente, ser cuidadoso en las dosis de aplicación para no producir una sobre fertilización.

En las Tablas 5 y 6 se presenta la concentración de nutrientes en la solución fertilizante y solución de suelos a las profundidades de 20, 40 y 60 cm, para los periodos fenológicos de brotación a término de división celular, crecimiento de fruta, cosecha y postcosecha para las dos temporadas de crecimiento. A partir de estas Tablas, se puede inferir que las concentraciones de nitrógeno aplicadas en la solución fertilizante fueron relativamente bajas, variando de 10 ppm en periodo de cosecha a 60 ppm en postcosecha. En general, se observa que el amonio aportado, ya sea como Entec 21 o Urea, reacciona rápidamente con el complejo de intercambio del suelo, puesto que se detectan concentraciones muy bajas en la solución. También, una fracción de este amonio puede ser rápidamente absorbido por la planta.

Tabla 5. pH, Conductividad eléctrica (CE) y concentración de nutrientes en la solución fertilizante (SF) y solución de suelo a las profundidades de 20, 40 y 60 cm, para los periodos fenológicos de brotación a término división celular, crecimiento de fruta, cosecha y postcosecha para las dos fuentes nitrogenadas, durante la temporada 2004/5.

Fase	Tratamiento	Muestra	pH	CE (dS m ⁻¹)	NO ₃ (ppm)	NH ₄ (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)
Brotación	Entec 21	SF	7	0,62	28	12	8	20	38	18	6
		Sonda 20	6	0,44	11	3	1,2	4	17	20	4
		Sonda 40	6	0,51	18	1	0,5	12	23	17	7
		Sonda 60	6	0,48	14	1	0,2	10	19	15	7
	Urea	SF	6	0,51	25	3	5	21	41	17	5
		Sonda 20	7	0,21	3	2	1	5	13	11	4
		Sonda 40	7	0,31	4	1	0,5	7	16	14	5
		Sonda 60	7	0,52	18	1	0,5	3	16	30	5
Crec. Fruto	Entec 21	SF	6,0	0,52	17	11	7	25	11	13	10
		Sonda 20	6	0,36	12	4	1	2	6	10	6
		Sonda 40	7	0,35	10	3	0,5	4	8	7	5
		Sonda 60	6	0,35	11	3	0,5	2	8	8	5
	Urea	SF	7	0,37	12	3	6	22	9	10	5
		Sonda 20	7	0,31	3	2	0,7	3	35	8	4
		Sonda 40	7	0,49	2	2	0,6	5	57	10	5
		Sonda 60	6	1,01	32	2	0,3	4	15	47	5
Cosecha	Entec 21	SF	6	0,31	6	2	5	18	14	12	5
		Sonda 20	6	0,28	2	1	1	3	8	15	4
		Sonda 40	6	0,3	2	1	0,5	2	5	12	4
		Sonda 60	6	0,28	5	1	0,5	2	9	15	3
	Urea	SF	6	0,3	5	1	4	15	11	18	7
		Sonda 20	7	0,31	2	1	0,7	5	6	12	5
		Sonda 40	6	0,29	2	1	0,5	1	7	10	5
		Sonda 60	6	0,54	16	1	0,5	4	11	14	5
Postcosecha	Entec 21	SF	7	0,65	5	45	4	15	16	8	5
		Sonda 20	6	0,35	3	12	0,5	5	6	12	4
		Sonda 40	6	0,37	2	5	0,5	3	7	11	5
		Sonda 60	6	0,35	2	1	0,5	3	6	12	3
	Urea	SF	7	0,32	4	3	5	16	12	14	7
		Sonda 20	6	0,28	21	5	0,5	4	4	8	5
		Sonda 40	6	0,32	18	2	0,5	2	9	8	5
		Sonda 60	6	0,58	15	2	0,5	5	14	16	7

Tabla 6. pH, Conductividad eléctrica (CE) y concentración de nutrientes en la solución fertilizante (SF) y solución de suelo a las profundidades de 20, 40 y 60 cm, para los periodos fenológicos de brotación a término división celular, crecimiento de fruta, cosecha y postcosecha para las dos fuentes nitrogenadas, durante la temporada 2005/6.

Fase	Tratamiento	Muestra	pH	CE (dS m ⁻¹)	NO3 (ppm)	NH4 (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)
Brotación	Entec 21	SF	7	0,57	0,8	35,2	0,4	2	12	2	5
		Sonda 20	7	0,31	1,9	2	0,3	5	25	18	4
		Sonda 40	7	0,31	1,9	1,1	0,3	5	25	19	5
		Sonda 60	7	0,29	2,5	1	0,2	4	18	14	3
	Urea	SF	7	0,1	0,4	2,6	0,1	2	3	2	5
		Sonda 20	7	0,23	1,1	1,1	0,7	2	15	8	6
		Sonda 40	8	0,23	1,1	0,3	0,5	2	13	8	4
		Sonda 60	7	0,18	1	0,4	0,5	3	14	7	6
Crec. Fruto	Entec 21	SF	6,9	0,56	0,5	56,1	0,4	1	6	2	7
		Sonda 20	7	0,21	15,0	1,1	0,1	2	15	7	12
		Sonda 40	8	0,34	3,8	0,5	0,3	6	18	20	6
		Sonda 60	7	0,21	2,0	1	0,2	5	13	9	5
	Urea	SF	6	0,08	1,1	1,2	0	2	4	2	7
		Sonda 20	7	0,24	0,8	0,7	0,5	1	11	9	7
		Sonda 40	8	0,24	1,4	0,8	0,5	2	10	9	7
		Sonda 60	7	0,18	0,6	0,3	0,4	1	10	8	7
Cosecha	Entec 21	SF	7	0,49	0,9	33,9	2,4	2	11	4	8
		Sonda 20	6	0,12	5,8	0,7	0,1	2	9	3	7
		Sonda 40	7	0,22	4,3	0,4	0,2	4	11	8	6
		Sonda 60	7	0,37	2,1	0	0,5	5	17	16	5
	Urea	SF	6	0,22	10,4	4,2	14,1	1	19	4	7
		Sonda 20	8	0,27	8	0,6	1,2	2	10	6	8
		Sonda 40	8	0,3	11,5	0,6	2,4	1	13	8	7
		Sonda 60	7	0,34	18,6	2,7	7,6	1	24	9	8
Postcosecha	Entec 21	SF	6,0	0,61	7	51	3	13	15	12	4
		Sonda 20	5	0,38	4	18	0,4	7	9	8	5
		Sonda 40	5	0,32	2	8	0,3	4	5	9	5
		Sonda 60	5	0,38	2	1	0,4	3	7	13	4
	Urea	SF	6	0,34	5	2	3	15	13	11	9
		Sonda 20	5	0,31	10	4	0,4	6	7	9	6
		Sonda 40	5	0,33	12	2	0,4	3	6	12	4
		Sonda 60	6	0,52	25	2	0,2	6	14	17	8

Al comparar el comportamiento de ambos tratamientos, se infiere que en las dos primeras evaluaciones (brotación y crecimiento de fruto), cuando se

emplea el producto Entec 21, se mantiene una mayor concentración de nitratos en el estrato de máxima actividad radicular (0 a 40 cm), lo que puede ser consecuencia de una transformación más gradual del amonio a nitrato, lo que reduce las posibilidades de movimiento de este compuesto en profundidad. Por el contrario, al aplicar urea, la mayor concentración de nitratos se observa en el estrato de 60 cm, lo que se puede considerar como una pérdida neta de nitrógeno, debido a que en esta profundidad hay una reducida actividad radicular. En el periodo de cosecha no existen aportes de urea y Entec 21 y las concentraciones de nitrógeno en el perfil se mantienen bajas y muy similares entre ambos tratamientos.

Posteriormente, en la fase de postcosecha, donde se aplicó una mayor dosis de nitrógeno, la solución fertilizante alcanzó una concentración de 45 (temporada 2004/5) y 51 (temporada 2005/6) ppm de NH_4 cuando se empleo Entec 21 y parte de este amonio se mantuvo en la solución de suelo alcanzando valores muy superiores a lo observado con la aplicación de urea.

De acuerdo a lo señalado, se puede inferir que el producto Entec 21 es efectivo para reducir la oxidación del amonio. El empleo de este tipo de productos, con inhibidores de la nitrificación, es la única forma de asegurar que la planta absorba amonio, cuando por condiciones de manejo se desee aportar esta forma de nitrógeno, que es el caso cuando se pretenda controlar el vigor del manzano y que la fertilización nitrogenada

no se traduzca en menor calidad de la fruta.

Respecto al pH de la solución de suelo, el empleo de Entec 21 significó un ligero incremento de la acidez, comparado con la aplicación de urea. Está ampliamente documentado que el sulfato de amonio, que corresponde a la materia prima de Entec 21, tiene mayor efecto acidificante que la urea (Porta et al., 2003). Por otro lado, también se podría explicar por un efecto fisiológico al haber mayor disponibilidad de amonio en el medio y, por consiguiente, mayor absorción de esta forma de N al aplicar Entec 21. Al absorber amonio, la planta excreta protones en la rizósfera, acidificando con mayor intensidad el medio externo (Marschner, 1995).

El producto Entec 21 produjo un incremento de la conductividad eléctrica en la solución bajo el gotero, en comparación con la urea. Sin embargo, en la solución de suelo los valores de CE son muy similares entre ambos tratamientos. Respecto al resto de los macroelementos evaluados, no se observan diferencias entre formas de aplicación de nitrógeno.

En la Tabla 7 se presentan los resultados de análisis de suelo efectuados en ambos tratamientos para las profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm. Esta evaluación se realizó en el periodo de cosecha de la temporada 2005/6.

A partir de la Tabla 7, se puede observar que el pH de la estrata superficial del suelo es menor con el empleo de Entec 21, comparado con urea,

confirmando lo señalado precedentemente. Los valores de nitrógeno disponible son muy bajos y no difieren mayormente entre ambos tratamientos, demostrando un alto aprovechamiento por parte de la planta. El valor de CE es muy bajo, debido a la reducida concentración de sales y por las características propias de la zona, donde los suelos están expuestos a una alta precipitación. Además, el agua de riego empleada presenta muy bajas concentraciones salinas. Respecto al resto de las características químicas del suelo, no se observan mayores diferencias entre ambas fuentes de nitrógeno.

Tabla 7. Efecto de los tratamientos de Entec 21 y urea como fuente nitrogenada, sobre las características químicas del suelo a tres profundidades en la etapa de cosecha (14 febrero 2006).

Determinación	ENTE C 21			UREA			
	0 - 20cm	20 - 40cm	40 - 60cm	0 - 20cm	20 - 40cm	40 - 60cm	
pH	6,16	6,41	6,5	6,67	6,57	6,49	
Mat. Orgánica	%	6,9	3,9	3,7	6,2	4,5	3,7
CE 1:2,5	dS m ⁻¹	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02
Amonio-N-NH ₄	ppm	2,5	2,0	4,8	0,0	0,0	4,0
Nitrato-N-NO ₃	ppm	8,0	4,5	3,0	5,5	3,5	2,0
N disponible	ppm	10,5	6,5	7,8	5,5	3,5	6,0
P disponible	ppm	22,2	8,2	4,0	38,6	6,6	4,4
K disponible	ppm	0,31	0,4	0,49	0,3	0,34	0,37
Ca intercambiable	cmol kg ⁻¹	4,5	5,1	6,5	6,7	5,0	6,6
Mg intercambiable	cmol kg ⁻¹	1,1	1,2	0,8	1,7	2,4	1,1
Na intercambiable	cmol kg ⁻¹	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Suma de bases	cmol kg ⁻¹	6,1	6,9	7,9	8,9	8,0	8,2
S disponible	ppm	4,9	4,7	4,6	4,9	4,6	4,6
Sat. de K	ppm	4,9	5,8	6,3	3,4	4,2	4,5
Sat. de Ca	%	73,3	73,9	82,0	75,1	62,5	80,5
Sat. de Mg	%	18,0	17,4	10,1	19,1	30	13,4
Fe	ppm	24,0	29,4	32,4	21,1	25,8	27,9
Mn	ppm	2,1	1,2	0,6	5,5	1,3	0,6
Zn	ppm	6,0	1,9	0,5	15,3	4,8	1,3
Cu	ppm	3,7	2,1	1,5	6,1	3,4	1,8
B	ppm	0,4	0,3	0,3	0,7	0,6	0,6

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos del presente estudio de caso se pueden inferir las siguientes conclusiones:

- El empleo del fertilizante Entec 21 comparado con urea, permitió lograr una mayor concentración foliar de nitrógeno y mayor contenido de clorofila al final de la temporada de crecimiento de los manzanos y, por consiguiente, un incremento en las reservas nitrogenadas del árbol.
- Entec 21 produjo frutos con mayor presión de pulpa y mayor concentración de almidón. No hubo diferencia significativa en concentración de sólidos solubles, rendimiento de frutos y calibre, aún cuando Entec 21 presentó valores ligeramente mayores de estas dos últimas variables, comparado con urea.
- En el período de brotación a crecimiento de fruto, el empleo de Entec 21 permitió una mayor concentración de nitratos en el estrato de máxima actividad radicular (0 a 40 cm). Por el contrario, con urea, la mayor concentración de nitratos se observó en el estrato de 60 cm, lo que se puede considerar como una pérdida neta de nitrógeno. Posteriormente, en la fase de postcosecha, Entec 21 presentó valores muy superiores de amonio en la solución de suelo, comparado con urea.

- El fertilizante Entec 21 fue efectivo para reducir la oxidación del amonio. Su empleo permite asegurar que la planta absorba amonio, cuando por condiciones de manejo se desee aportar esta forma de nitrógeno. Considerando la mayor eficiencia de utilización de este fertilizante, la dosis a aplicar debería ser menor, comparado con fertilizantes convencionales.
- Entec 21 incrementó ligeramente la acidez de la solución del suelo y la conductividad eléctrica de la solución fertilizante. En tanto, los cationes K, Ca, Mg y Na en la solución de suelo no se vieron afectados por los tratamientos empleados.
- La fertilización con Entec 21 significó un contenido más estable de nitrógeno en el perfil de suelo y su empleo se ajusta a una agricultura más respetuosa con el medio ambiente, puesto que se reducen las pérdidas de nitrógeno y se incrementa su utilización por la planta.

LITERATURA CITADA

1. Álvarez, S. 1988. El manzano. (5^a ed). Editorial AEDOS. Barcelona. España
2. Bijay-Singh, Yadvinder-Singh and G. Sekhon. 1995. Fertilizer-N Use Efficiency and Nitrate Pollution of Groundwater in Developing Countries. *Journal of Contaminant Hydrology*, 20:167-184.
3. Carrasco, I. 2002. Nuevas tecnologías en fertilización para un respeto del medio ambiente. *Phytoma España* 135:55-60.
4. De Jager A., H. de Putter. 1997. Preharvest factors and postharvest quality decline of apples. *Acta Hort.* 485: 103 – 110.
5. Dittert, K; Bol, R, King, R; Chadwick, D & Hatch, D. 2003. Use of a novel nitrification inhibitor to reduce nitrous oxide emission from (15)N-labelled dairy slurry injected into soil. Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Kiel University, D-24118 Kiel, Germany.
6. Fallahi, E. 1997. Preharvest nitrogen optimization for maximizing yield and postharvest fruit quality of apples. *Acta Hort.* 448: 415 – 420.
7. Gerendás, J. & Sattelmacher, B. 1990. Influence of nitrogen form and concentration on growth and ionic balance of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and potato (*Solanum tuberosum*). In: *Plant Nutrition-Physiology and Application* (M.L. van Beusichem, ed.) pp. 33.37. Kluwer Academic, Dordrecht.
8. Gil, G. 2001. Fruticultura. Madurez de la fruta y manejo poscosecha. Fruta de climas templado y subtropical y uva de vino. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.
9. Goos, R.J.; Schimelfenig, J.A.; Bock, B.R. & Jonson, B.E. 1999. Response of spring wheat to nitrogen fertilizers of different nitrification rates. *Agronomy Journal* 91:287-293.

10. Kolek J., V. Kozinka. 1992. Physiology of the plant root system. Kluwer Academic Publishers. Bratislava. Czechoslovakia.
11. Kurtz, T. L. 1980. Potential for Nitrogen Loss. 1-17 p. In: Nitrification Inhibitors Potentials and Limitations. Meisinger, J. *et al.* (eds.). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, USA. 129pp.
12. Longeri, L., Vidal, I. y López, I. 1987. Influencia de la nitrapirina sobre la transformación del nitrógeno de la urea y rendimiento del maíz. *Ciencia e Investigación Agraria* 14(1):15-22.
13. Macadam, X., Del Prado, A., Estavillo, J., Pinto, M. and Gonzáles-Murua, C. 2003. Dicyandiamide and 3,4-dimethyl pyrazole phosphate decrease N₂O emissions from grassland but dicyandiamide produces deleterious effects in clover. *Journal of Plant Physiology*. 160(12):1517-1523.
14. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press, London. 889 p.
15. Neilsen D., G. H. Neilsen and J. W. Hall. 2000. Fruit mineral concentration and quality of "Gala" apples as affected by rate and timing of fertigated N. *Acta Hort.* 512: 159 – 167.
16. Nelson D.W. & Huber, D. 2001. Nitrification inhibitors for corn production. Iowa State University. www.extension.iastate.edu/Publications/NCH55.pdf
17. ODEPA (CHILE). 2005. Frutales. Producción estimada de huertos industriales. Sección Base de datos en línea ODEPA; <http://odepa.gob.cl.consulta>, diciembre, 2006.
18. Ortega, R. Molina, M. 2000. Tecnologías para mejorar la eficiencia de uso del Nitrógeno en Chile. Centro de Agricultura de Precisión. Dpto de Ciencias Vegetales. Universidad Católica de Chile.
19. Pasda, G.; Hahndel, R.; Zerulla, W. 2001. Effect of fertilizers with

the new nitrification inhibitor DMPP on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biology and Fertility of Soils* 34:85-97.

20. Paul, E. A. and F. E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press Inc. San Diego, California, USA. 275pp
21. Porta, J., Lopez Roquero, C. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3^o Edición, Ediciones Mundi Prensa, Madrid 929 p
22. Prasad, R. & Power, J.F. 1995. Nitrification inhibitors for agriculture, health, and the environment. *Adv. in Agronomy* 54:233-281.
23. Razeto M., Bruno; Sylvia Rojas Z. 1986. Fertilizantes nitrogenados en duraznero. *Agricultura Técnica*. Vol. 46 Enero-Marzo.
24. Silva E., Hugo; José Rodríguez S. 1995. *Fertilización de plantaciones frutales*. 1^{era} edición
25. Tisdale, S.; J. Havlin, J. Beaton, W. Nelson. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. 1999. Sixth Edition. Prentice Hall. USA. 499pp.
26. Trenkel, M.E. 1997. *Improving fertilizer use efficiency: Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture*. International Fertilizer Industry Association. Paris.
27. Vidal, I. 1999. *Fertirrigación de Cultivos y Frutales*. Seminario Internacional: Fertirrigación de Cultivos y Frutales 1999 Chillán, Chile. Editorial Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía.
28. Vidal, I. y Longeri, L. 1988. Uso de los inhibidores de la nitrificación, nitrapirina y tiourea en trigo de primavera. *Agricultura Técnica* 48(2):137-141.
29. Vidal, I., Herrera, A., Geldres, M. y Longeri, L. 1985. Influencia de la nitrapirina sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno de la urea. *Anales de Edafología y Agrobiología*, Madrid, España 44(9-10):1433-1438.

30. Weeks, W., Southwick, F., Drake, M. and Steckel, J. 1952. The effect of rates and sources of nitrogen, phosphorous, and potassium on the mineral composition of McIntosh foliage and fruit color. *Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 60: 11 – 21.
31. Wissemeier, A., Linzmeier, W., Gutser, R., Weigelt, W. And Schmidhalter, U. 2001. The new nitrification inhibitor DMPP (ENTEC) – Comparisons with DCD in model studies and field applications. In: *Plant nutrition – Food security and sustainability of agroecosystems*, 702-703. Horst et al. Ed. Kluwer Academic.
32. Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Erhardt., Horchler, K., Pasda, G., Rädle, M., Wissemeier, A. 2001. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agricultura and horticultura. *Biology and Fertility of Soils* 34:79-84.

