



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LAS APLICACIONES DE CALCIO AL FRUTO SOBRE EL
ABLANDAMIENTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE KIWI.**

CAROLINA ANDREA GALDAMES CONTRERAS

SANTIAGO – CHILE
2006

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EFEECTO DE LAS APLICACIONES DE CALCIO AL FRUTO SOBRE EL
ABLANDAMIENTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE KIWI.**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Agrónomo
Mención: Fruticultura.

CAROLINA ANDREA GALDAMES CONTRERAS

PROFESOR GUÍA	Calificaciones
Tomás Cooper C. Ingeniero Agrónomo, Dr. sc. agr.	6,5
PROFESORES CONSEJEROS	
Julio Retamales A. Ingeniero Agrónomo, Dr. sc. agr.	6,6
Miguel D'Angelo C. Ingeniero Agrónomo.	7,0
COLABORADORA	
Antonella Gargiullo A. Ingeniera Agrónoma.	

Santiago, Chile.
2006

A mis Padres
A Juanpa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos los que con su valioso aporte ayudaron a la realización de esta memoria.

Particularmente a Don Tomás Cooper, Antonella Gargiullo, Loreto González, Pieranna Campanella, Pía e Ingrid. Así como también a Don Alberto Mansilla, Don Julio Retamales y Don Miguel D'Angelo.

Especialmente a Alejandra Maldonado e Iván Cortés, por su ayuda desinteresada y por su amistad.

A mis compañeras de generación y amigas Marisol Lobos, Gilda Gómez, Pamela Zavala y Claudia Alcaide por la convivencia, complicidad y tolerancia a lo largo de estos años en la U.

A mis padres Luisa e Iván, a mis hermanas Karen y Bárbara; y a Juan Pablo quienes con su infinito amor, paciencia y comprensión, apoyaron e incentivaron mi formación profesional.

A mi Tata Osvaldo, sólo por el entusiasmo que siempre le provocó la agricultura y por lo orgulloso que estaría.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN	5
El ablandamiento del kiwi.....	6
Factores que influyen en el ablandamiento.....	6
Composición nutricional.....	7
Aplicaciones de calcio en precosecha.....	8
Aplicaciones de calcio en postcosecha.....	8
Objetivo.....	9
Hipótesis.....	9
MATERIALES Y MÉTODO	10
Materiales.....	10
Método	11
I. Descripción del ensayo.....	11
II. Evaluaciones a cosecha.....	12
III. Evaluaciones de postcosecha.....	13
IV. Cálculo del Índice de Ablandamiento (IA).....	14
V. Cálculo de los días en alcanzar las 4 lb de firmeza de pulpa (T 4lb).....	14
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Mediciones realizadas a la cosecha.....	15
Estado de madurez de los frutos.....	15
Análisis nutricional de fruto (%Ca).....	16
Color.....	17
Fitotoxicidad de las aplicaciones de CaCl ₂	19
Mediciones realizadas en postcosecha.....	21
Sólidos solubles.....	21
Tasa de producción de etileno y tasa respiratoria.....	22
Firmeza de la pulpa.....	24
Índice de ablandamiento (IA) y Días en alcanzar 4 lb de firmeza de pulpa.....	26

CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	29
APÉNDICE	33
Apéndice I: Características de los huertos	33
Mediciones realizadas en terreno	33
Características agronómicas.....	34
ANEXO.....	36
Anexo I: Diagrama cromático a*, b*, Hue.	36

RESUMEN

Durante la temporada 2003 – 2004, en 2 huertos de kiwi de la Zona Central de Chile (El Toqui y Frutal Ltda.), se evaluó el efecto de la aplicación de calcio (CaCl_2 al 0,8%) al fruto, y su influencia en el ablandamiento durante el almacenamiento refrigerado. Se realizaron 4 y 6 tratamientos respectivamente en cada huerto, T1: sin aplicación, T2: 17 aplicaciones (cada 7 días), T3: 9 aplicaciones (cada 15 días), T4: 1 aplicación de postcosecha (CaCl_2 al 2%), T5: 4 aplicaciones (cada 7 días), T6: 2 aplicaciones (cada 15 días).

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron los 6,2-6,5 °Brix; posteriormente se realizó un proceso de curado a temperatura ambiente durante 48 horas.

A la cosecha se evaluó, color externo e interno de fruto (L, a^* , b^* , Hue, Chroma), firmeza de la pulpa (lb), sólidos solubles (°Brix), materia seca (%), nivel de calcio (%), tasa de producción de etileno (μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$) y tasa respiratoria (mL de $\text{CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$).

Posterior al curado, la fruta fue almacenada en aire a 0°C. Cada 15 días se evaluó firmeza de la pulpa y sólidos solubles hasta que el promedio de la firmeza de pulpa fue de 4 lb. Además, a los 30, 45 y 60 días de almacenamiento, se registró la tasa de producción de etileno y la respiración de los frutos. Finalmente se calculó, para cada tratamiento, el Índice de Ablandamiento y el tiempo en que la fruta demoró en llegar a las 4 lb.

Las aplicaciones de CaCl_2 no afectaron los sólidos solubles ni la firmeza inicial de los frutos de kiwi. El contenido de calcio aumentó, especialmente en el tratamiento T2, con el mayor número de aplicaciones de CaCl_2 . El color externo del fruto se afectó; y, al incrementar el número de aspersiones se presentaron manchas en los frutos y necrosis en las hojas. En la tasa de producción de etileno y tasa respiratoria no existieron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, en uno de los huertos, los valores del tratamiento T2 fueron menores que los valores del testigo (T1). El tratamiento T2 presentó los mayores valores de retención de firmeza de la pulpa; y es el que tuvo un mayor tiempo de almacenamiento a 0°C hasta alcanzar las 4 lb.

Palabras clave: kiwi, ablandamiento, calcio, CaCl_2 , firmeza de pulpa.

ABSTRACT

Effect of calcium applications to the fruit on kiwifruit softening during storage.

During 2003 – 2004 season, in 2 kiwifruit orchards in the Central Zone of Chile (El Toqui y Frutal Ltda.), the effect of calcium application as CaCl_2 on the fruit was evaluated including influence on softening during cold storage. In each orchard 4 and 6 treatments, respectively were carried out, i.e. T1: without application, T2: 17 applications (every 7 days), T3: 9 applications (every 15 days), T4: 1 postharvest application, T5: 4 applications (every 7 days), T6: 2 applications (every 15 days). Calcium applications preharvest were performed by spraying to the fruit with CaCl_2 at 0,8%.

The harvest was performed when the fruits reach 6,2-6,5 °Brix; then the curing procedure was carried out at environmental temperature for 48 hours.

The internal and external color (L, a^* , b^* , Hue, Chroma), flesh firmness (lb), soluble solids (°Brix), dry matter (%), calcium percentage (%), production rate of ethylene (μL of $\text{C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$) and respiratory rate (mL of $\text{CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$), were measured in the harvest.

After curing, the fruit was stored at 0°C . Every 15 days, flesh firmness and soluble solid were evaluated in a sample until the average of the flesh firmness reached 4 lb. Besides, production rate of ethylene and respiration of fruit was measured at 30, 45 and 60 days storage. Finally, softening index (S.I.) and the time that the fruit delayed to reach 4 lb was calculate for each treatment.

CaCl_2 applications did not affect the soluble solids nor the initial firmness of kiwifruit. The calcium percentage increase, especially on T2 treatment having more CaCl_2 applications. The external color of the fruit was affected, and by increasing the number of spraying appeared stains on fruits and necrosis on leaves. There was not any significant differences between treatments on ethylene production rate and respiratory rate; however, in El Toqui orchard, the amounts of T2 treatment were lower than T1. T2 showed higher amounts of flesh firmness and it had more storage time at 0°C .

Key Words: kiwifruit, softening, calcium, CaCl_2 , flesh firmness.

INTRODUCCIÓN

Los principales productores de kiwi son Italia, Nueva Zelanda y Chile. La fruta es consumida en todo el mundo y, principalmente, por los países más desarrollados de Europa y por Estados Unidos. Las principales características que determinan su aceptación son su sabor, excelente aporte nutritivo, su atractiva apariencia interna y el hecho de que está disponible durante casi todo el año debido a que se produce en ambos hemisferios. (Prasad y Spiers, 1992).

En Chile el kiwi se sitúa como la séptima especie de importancia frutícola, con una producción estimada de 150.000 toneladas y con una superficie de 6.640 hectáreas distribuidas principalmente entre las Regiones V y VIII (ODEPA, 2005). Es cosechado preferentemente en abril y es exportado, principalmente a Europa y Estados Unidos, entre los meses de abril y octubre, debiendo permanecer por un espacio prolongado de tiempo en almacenamiento y transporte refrigerado, normalmente de 3 a 6 meses. Al término del período de almacenamiento y transporte, el kiwi debe tener una condición adecuada que permita su comercialización.

El principal problema de calidad y comercialización que limita la exportación de kiwi chileno es el ablandamiento precoz, debido a que afecta la demanda del fruto y reduce sus precios de venta (Cooper *et al.*, 2005). El ablandamiento precoz es una alteración de postcosecha que consiste en una temprana pérdida de firmeza de los frutos, lo que reduce ostensiblemente su calidad, el periodo de comercialización y su precio. Se manifiesta durante el almacenamiento o durante el transporte de la fruta.

El calcio (Ca) es un elemento importante en la calidad del fruto. Marschner (1995), señala que bajas concentraciones de calcio en el fruto aceleran los procesos de senescencia y que cualquier aumento de ésta concentración, por pequeña que sea, ayuda a prevenir o a disminuir drásticamente las pérdidas económicas que ocasionan las enfermedades asociadas con el almacenamiento.

Las deficiencias de calcio son más bien específicas de algunos tejidos, como en frutos que en algún momento de su desarrollo no reciben un suministro adecuado. La aplicación de este elemento debe ser dirigida, entonces, directamente a los frutos, por aplicación de varias aspersiones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0,3% u otros (Gil, 2000).

El ablandamiento del kiwi

El ablandamiento posterior a la cosecha es el cambio más importante que afecta la calidad y vida de postcosecha de los frutos de kiwi. Lallu *et al.*, (1989) y Mac Rae *et al.*, (1989), señalan que, dependiendo de la madurez a la cosecha, los frutos de kiwi, mantendrán su firmeza a temperatura ambiente por 4-5 días. Posteriormente el ablandamiento se hace importante, produciendo una rápida disminución de la firmeza inicial de cosecha. Este proceso puede ser acelerado por exposición a etileno o retrasado mediante almacenamiento a bajas temperaturas, con o sin atmósfera controlada (Lallu *et al.*, 1989; Mac Rae y Redgwell, 1992; Hewett *et al.*, 1999).

El proceso de ablandamiento del kiwi puede ser representado por una curva sigmoidea simple, en la cual se pueden distinguir tres fases, cuya duración parece depender de la madurez de cosecha, la atmósfera de almacenamiento (T° , CO_2 , O_2 y la concentración de etileno del aire) y de factores vinculados con la temporada de crecimiento (Mac Donald, 1990; Hewett *et al.*, 1999).

El ablandamiento es principalmente el resultado de cambios en la composición de la pared celular (Mac Rae y Redgwell, 1992). En cuanto a la morfología de los tejidos, el kiwi contiene células gigantes y células pequeñas. El ablandamiento inicial parece ocurrir por la pérdida de adhesión de las primeras, de modo que la proporción de los tipos de células, determinada por las condiciones ambientales prevalecientes durante el desarrollo del fruto, parece ser un factor involucrado en la firmeza, como también en la permeabilidad de las membranas (Abdala *et al.*, 1996; Harker *et al.*, 1997).

Factores que influyen en el ablandamiento

El nivel de susceptibilidad al ablandamiento de la fruta es muy diverso y son muchos factores predisponentes; y, entre ellos, los de huerto (ubicación, clima, manejo cultural) y el estado general de las plantas (estado nutricional, vigor, sanidad) tienen una gran influencia.

De acuerdo a la literatura, los factores de precosecha, cosecha y postcosecha afectan la composición del fruto, la firmeza inicial y la tasa de ablandamiento, lo cual en gran medida explicaría la heterogeneidad que presenta la calidad de los frutos y la duración de su vida de postcosecha en años diferentes; como también la heterogeneidad existente entre y dentro de huertos chilenos durante la misma temporada.

Algunos factores que influyen son: Composición genética de la especie (cultivares y clones); condiciones climáticas (luz, temperatura); vigor y estado nutricional de la planta; características y ubicación del fruto (tamaño del fruto, posición en la planta, composición nutricional, estado de madurez, pudrición peduncular); y manejo del huerto en precosecha (niveles de fertilización, riego, poda).

Composición nutricional

Aunque se han realizado numerosas investigaciones para establecer relaciones entre la composición mineral de frutos de kiwi y su propensión al ablandamiento, no existe un claro consenso en la literatura sobre los niveles críticos de elementos como el nitrógeno y el calcio y su relación con la tasa de ablandamiento de los frutos (Zoffoli *et al.*, 1992; Sanliang *et al.*, 1994).

Tagliavini *et al.*, (1995) y Johnson *et al.*, (1997), encontraron una correlación positiva entre el contenido de nitrógeno foliar y peciolar medido en verano y el porcentaje de frutos no exportables (sobremaduros y podridos) durante el almacenamiento. Los resultados de este trabajo indican que el porcentaje no exportable de frutos está positivamente correlacionado con la tasa de fertilización nitrogenada ($r=0,74$); y las relaciones N/Ca ($r=0,60$) y (N+K)/Ca ($r=0,50$) en frutas en la cosecha. Después de 14 semanas de almacenamiento los frutos firmes tenían más Ca, Mg y sólidos solubles que los frutos más blandos.

También se ha establecido una correlación entre una alta relación (N+K)/(Ca+Mg), o bajo Calcio y Mg en la cosecha con fruta más blanda al final del almacenaje (Tagliavini *et al.*, 1995). Al respecto Zoffoli *et al.*, (1999) indican que una relación mayor que 21 está asociada con fruta blanda y una menor que 16 con fruta firme.

Ferguson (1980) estudió la concentración de Ca, K, P y Mg durante todo el período del crecimiento de los frutos. Encontró que el máximo contenido de Ca fue alcanzado mucho más temprano que el de los otros nutrientes, ya que luego de los 80 días después de floración el contenido de calcio no incrementa, mientras el Mg continúa acumulándose dentro de los frutos a una tasa muy baja. K y P se acumulan hasta cerca de la cosecha. El peso fresco y seco continúa incrementándose hasta el día 183 después de floración. El Ca en el kiwi se presenta en la pulpa y en la semilla, aunque la piel tiene la mayor concentración. Esta decrece desde la base al ápice. La pulpa tiene mayor concentración de K que Ca y Mg, y mayor proporción del total de los elementos.

En el kiwi, como en la mayoría de los frutos, la calidad de almacenaje se relaciona con la concentración de calcio, y muchos desórdenes se asocian a falta de calcio en el fruto. Estudios anteriores demuestran que después de una temprana alza, la concentración de calcio en la fruta disminuye porque en la etapa media del crecimiento cesa la afluencia de calcio, mientras que el aumento de volumen continúa hasta la cosecha (Dichio *et al.*, 2003).

Está bien establecido que el calcio juega un rol significativo en el mantenimiento de la rigidez de la pared celular y en la cohesión de las células en un gran número de especies, incluyendo al kiwi (Hopkirk *et al.*, 1990). Frutos que se ablandan prematuramente o que están infestados con *Botrytis cinerea*, al igual que frutos que presentan machucones o manchas translúcidas durante el almacenamiento o frutos con daño mecánico, tienen generalmente menor concentración de calcio que frutos que no presentan estos problemas (Davie, 1997).

Marcelle (1991), en estudios en manzanas, indica que altas concentraciones de calcio en el fruto prolongan el almacenamiento mediante un descenso en la respiración del fruto y emisión de etileno.

Cooper y Bangerth (1976), postulan que el efecto del calcio en la firmeza de la pulpa no es claro, pudiendo altas y bajas concentraciones de este elemento en la fruta llevar a los mismos resultados.

El transporte de calcio a la fruta es exclusivamente por el flujo masivo transpiratorio en el xilema, el calcio no es móvil por el floema (Xiloyannis *et al.*, 2001; Dichio *et al.*, 2003). Se postula que la declinación de la funcionalidad del xilema del fruto, es responsable del patrón de acumulación de calcio (Dichio *et al.*, 2003). Los frutos son órganos que, generalmente, no tienen buena alimentación cálcica, porque su transpiración es escasa en relación a la de las hojas (Ferguson y Watkins, 1989; citados por Gil 2000).

Aplicaciones de calcio en precosecha: En estudios de Gerasopoulos *et al.* (1995), aplicaciones en precosecha con CaCl_2 , en frutos de la variedad Hayward, al 0,375%; 0,75%; 1,125% y 1,5%; incrementaron el contenido de Ca en el pericarpio, corazón y piel hasta en un 200%, lo cual disminuyó la tasa de ablandamiento comparados con el control (0%). En cuanto a la vida de postcosecha en el control fue de 5 y 18 semanas a 20 y 0°C respectivamente. En los frutos tratados con 0,75% de CaCl_2 el almacenamiento aumentó por 5 y 10 semanas, y por 10 y 18 semanas en frutos tratados con 1,5% de CaCl_2 .

Antunes *et al.* (2005), asperjaron kiwis Hayward, con 0,03% de CaO y 0,03% de CaCl_2 por 1, 3 y 4 meses antes de cosecha. El trabajo sugirió que la aplicación de precosecha con CaCl_2 parece ser mejor que con CaO. Sin embargo, los autores plantean que hay que intentar con concentraciones más altas de calcio para conseguir mejores resultados en la capacidad de almacenamiento, pero sin causar toxicidad a la planta.

Xie *et al.* (1996), señalan que frutos tratados con 200 ppm de quelato de Ca mediante aplicación foliar, 45-50 días después de anthesis, incrementaron significativamente la concentración de Ca en la pulpa, manteniendo la firmeza de ésta y retardando la tasa de degradación de almidones. Sus resultados indican que el quelato de Ca retarda la maduración y ablandamiento de los kiwis y prolongó la vida de postcosecha. Xie *et al.* (2003), indican que el quelato de calcio inhibe el aumento del nivel endógeno de ABA, y sugieren que el ABA puede desempeñar un papel importante en el control del ablandamiento de los frutos de kiwi después de cosecha.

Aplicaciones de calcio en postcosecha: Hopkirk *et al.* (1990), señalan que inmersiones de kiwis en postcosecha con CaCl_2 al 2%, 3%, 4% y 5% reducen la tasa de ablandamiento temprano en almacenaje, dando frutas más firmes que las del tratamiento testigo después de almacenaje.

Prasad y Spiers (1992), indican que el tratamiento de postcosecha con calcio a la fruta, retardó notablemente la tasa de ablandamiento durante el almacenaje, pero en muchos casos causó “pitting” en el fruto.

Las inmersiones en poscosecha en CaCl_2 (3%) inhibieron significativamente el ácido abscísico (ABA) endógeno en la fruta estudiada y redujeron marcadamente la tasa de ablandamiento de los frutos durante el almacenamiento (Chen *et al.*, 1997; 1999).

Antunes *et al.* (2005), señalan que kiwis tratados en postcosecha, con CaCl_2 al 1% durante 2 minutos y almacenados a 0°C , se ablandaron más lentamente que frutas no tratadas.

Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación de calcio en los frutos del kiwi, y su influencia en el ablandamiento durante el almacenamiento refrigerado.

Hipótesis

Al incrementar el nivel de calcio en los frutos de kiwi, se reduce el ablandamiento del fruto en almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODO

Materiales

El estudio se realizó en la temporada 2003 – 2004, en dos huertos adultos de kiwi (*Actinidia deliciosa*), variedad Hayward (Ver Apéndice I), con antecedentes de alta susceptibilidad al ablandamiento de sus frutos (< de 2 meses en almacenamiento) en la temporada anterior. Huerto “El Toqui”, ubicado en la Localidad de Cardonal, Paine, Región Metropolitana; y Huerto “Frutal Ltda.”, ubicado en la Localidad de Quinta de Tilcoco, VI Región.

El proceso de curado a la fruta y el almacenamiento se realizó en la Central Frutícola Unifrutti, Planta Linderos. Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Frutales de Hoja Caduca de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile; y, en el Laboratorio de Postcosecha del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), del Centro Regional de Investigación La Platina.

Los materiales utilizados para este estudio fueron los siguientes:

- Cloruro de calcio (CaCl_2) en escamas.
- Bomba de espalda manual de 15 L, marca Solo, modelo 475. Boquilla de cono lleno Teejet TG-1.
- Colorímetro Minolta, modelo Data Processor DP-100.
- Termómetro de pulpa.
- Penetrómetro de mesa con émbolo de 7,9 mm de diámetro, marca Effegi.
- Refractómetro digital termocompensado, marca Atago.
- Estufa de secado, marca Memmert, modelo H210.
- Cromatógrafo de gases, marca Shimadzu GC-8A.
- Equipo medidor de gases PBI Dansensor.
- Frascos herméticos de 500 mL de volumen.
- Jeringas.
- Cajas de cartón de 10 kg, con 3 bandejas calibre 30, y bolsa perforada para embalar.

Método

I. Descripción del ensayo

Se seleccionaron y marcaron plantas homogéneas. En el huerto El Toqui se establecieron 3 tratamientos de precosecha (T1, T2 y T3) con 4 repeticiones cada uno, cada repetición estuvo compuesta de 1 planta. En el huerto Frutal Ltda. originalmente se estableció el mismo número de tratamientos y repeticiones que el huerto El Toqui; sin embargo, luego de 4 semanas se suspendió la aplicación de calcio a la mitad sur de cada planta (en tratamientos T2 y T3), resultando 5 tratamientos con 4 repeticiones cada uno.

En ambos huertos, se realizó adicionalmente un tratamiento de postcosecha (T4), con parte de la fruta de las plantas del tratamiento T1 (testigo, sin aplicación).

Los tratamientos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en ambos huertos.

Tratamientos	Dosis de CaCl ₂	Frecuencia y duración de la aplicación	
		Huerto El Toqui	Huerto Frutal Ltda.
T1	---	Sin aplicación	Sin aplicación
T2	0,8%	Cada 7 días desde 30 DDFC ¹ hasta 3 días antes de cosecha (17 aplicaciones)	Cada 7 días desde 30 DDFC hasta 34 días antes de cosecha (17 aplicaciones)
T3	0,8%	Cada 15 días desde 30 DDFC hasta 3 días antes de cosecha (9 aplicaciones)	Cada 15 días desde 30 DDFC hasta 41 días antes de cosecha (9 aplicaciones)
T4	2%	Aplicación en postcosecha	Aplicación en postcosecha
T5	0,8%	---	Cada 7 días desde 30 DDFC hasta 132 días antes de cosecha (4 aplicaciones)
T6	0,8%	---	Cada 15 días desde 30 DDFC hasta 139 días antes de cosecha (2 aplicaciones)

¹/ DDFC: días después de fruto cuajado.

Para los tratamientos T2, T3, T5 y T6 se realizaron aplicaciones de calcio por aspersión, con bomba de espalda manual, dirigidas al fruto, con CaCl_2 en concentración de 0,8% a partir de fruto cuajado de aproximadamente 3-4 cm de diámetro.

Se cosechó con 6,2-6,5 °Brix y sobre 15% de materia seca. El huerto El Toqui se cosechó el 29 de marzo y el huerto Frutal Ltda., el 27 de abril. Se seleccionó fruta de tamaño medio, calibre 30 (90 – 110 g de peso por fruto), de la zona media del cargador.

En la Central Frutícola Unifrutti, Planta Linderos, se efectuó un proceso de curado, el cual consistió en mantener la fruta por 48 horas a temperatura ambiente (18° - 20°C), y con una alta ventilación para favorecer la cicatrización de la herida peduncular producida en cosecha.

Para el tratamiento T4, la fruta se sumergió completamente en CaCl_2 al 2% durante 2 minutos.

Luego en ambos huertos se embolsó 1 caja, de 10 kg y con 3 bandejas de fruta, por repetición.

Se realizaron evaluaciones de madurez a los frutos, en cada repetición.

La fruta embalada fue almacenada en la misma Central Frutícola en aire a 0°C, con 90% de humedad relativa y con método de extracción de etileno con equipos convertidores catalíticos. En este período se realizaron evaluaciones en frutos cada 15 días hasta que la firmeza de la pulpa promedio de la muestra alcanzó las 4 lb. Previo a las mediciones, los frutos sacados de la cámara de almacenamiento fueron transportados al laboratorio de la Universidad y mantenidos a temperatura ambiente hasta que alcanzaron una temperatura de pulpa de 15-18 °C.

II. Evaluaciones a cosecha

A) En una muestra de 10 frutos por repetición, se evaluó por fruto:

- Color externo e interno: El color externo se midió en la zona pedicelar del fruto. Para el color interno se eliminó la epidermis de la zona ecuatorial del fruto. Se utilizó un Colorímetro Minolta y los resultados se expresaron en L^* (luminosidad), a^* (intensidad de rojo a verde), b^* (intensidad de amarillo a azul), Hue (ángulo de tono = $\arctan(b^*/a^*)$) y Chroma (saturación = $\sqrt{(a^{*2}+b^{*2})}$), según se aprecia en Anexo I.
- Firmeza de la pulpa: Se eliminó la epidermis de caras opuestas de la zona ecuatorial del fruto, y se midió utilizando un presionómetro de mesa marca Effegi, con émbolo de 7,9 mm de diámetro y escala 1 - 29 lb (0 – 11 lb para frutos mas blandos). Los resultados se expresaron en libras (lb).

- Sólidos solubles: Se midieron extrayendo jugo de ambas caras de la zona ecuatorial del fruto, utilizando un refractómetro digital marca Atago termocompensado, con escala de 0-32 °Brix. Los resultados se expresaron en grados Brix (°Brix).
- Materia seca: Se pesó una sección longitudinal de la zona ecuatorial de los frutos de aproximadamente 1 cm de espesor, se secó en estufa, a una temperatura de 80°C, hasta peso constante (aproximadamente 20 horas), luego por diferencia se determinó el peso seco de la muestra. Los resultados se expresaron en porcentaje de materia seca (%MS).
- Análisis nutricional: En una muestra compuesta, por repetición, se determinó el nivel de calcio mediante espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados se expresaron en porcentaje de calcio (%Ca).

B) A los tratamientos T1 y T2 en 2 repeticiones se determinó, en 5 frutos por repetición:

- Tasa de producción de etileno: Los frutos se llevaron a una cámara a 20°C y luego de 12 horas, cada uno fue colocado en frascos herméticos de 500 mL; dejando un frasco vacío como testigo. Posterior a un tiempo determinado (aproximadamente 17 horas), con una jeringa, se sacó una muestra de aire de 1 mL que fue analizada en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-8A (con columna empacada rellena de alúmina). Los resultados se expresaron en μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$.
- Tasa respiratoria: De los mismos frascos utilizados para medir la tasa de producción de etileno, se sacó una muestra de aire con jeringa de un medidor de gases infrarrojo, PBI Dansensor. Los resultados se expresaron en mL de $\text{CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$.

III. Evaluaciones de postcosecha

A) En almacenamiento, cada 15 días en una muestra de 5 frutos por repetición, hasta que el promedio de la firmeza de la pulpa fue de 4 lb; se evaluó:

- Firmeza de la pulpa
- Sólidos solubles

Estas evaluaciones fueron realizadas usando los métodos señalados anteriormente.

B) A los 30, 45 y 60 días de almacenamiento. A los tratamientos T1 y T2; y en las mismas repeticiones, se determinó en 5 frutos por repetición:

- Tasa de producción de etileno
- Tasa respiratoria

Estas evaluaciones fueron realizadas usando los métodos señalados anteriormente.

IV. Cálculo del Índice de Ablandamiento (IA)

Se calculó para cada tratamiento con las mediciones de firmeza de la pulpa, utilizando la siguiente fórmula:

$$IA = (F_i - F_f) * (1/\text{días en almacenamiento})$$

Donde F_i = firmeza inicial (lb)
 F_f = firmeza final (lb)

V. Cálculo de los días en alcanzar las 4 lb de firmeza de pulpa (T 4lb)

Con los valores de firmeza de pulpa se calculó para cada repetición y tratamiento el tiempo que la fruta en almacenamiento demoró en llegar a las 4lb. Para ello se usó un modelo de regresión logarítmica:

$$\text{Log (4 lb)} = B_0 \pm B_1 (x)$$

Donde x = días para llegar a 4 lb.
 B_0 = intercepto.
 B_1 = pendiente de la curva.

Análisis estadístico

El diseño en cada ensayo fue completamente aleatorizado con 4 tratamientos en el huerto El Toqui; y 6 tratamientos en el huerto Frutal Ltda.. Cada tratamiento constó de 4 repeticiones. Cada repetición estuvo compuesta por 1 planta. Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de comparación múltiple de Tukey.

Con las evaluaciones de firmeza de la pulpa a la fruta, durante el almacenamiento, se calculó el índice de ablandamiento (IA) y mediante regresión logarítmica, el tiempo que la fruta demoró en llegar a las 4 lb.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediciones realizadas a la cosecha

Estado de madurez de los frutos

En los Cuadros 2 y 3 se presenta el estado de madurez de los frutos al momento de cosecha.

En ambos huertos, los resultados de las variables firmeza de la pulpa y sólidos solubles a la cosecha, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Cuadros 2 y 3).

Con respecto a la materia seca, en El Toqui hay un efecto positivo del calcio, no así en Frutal Ltda.. Ferguson *et al.* (2003), analizaron la relación entre materia seca (MS) y la concentración de calcio en el fruto, encontrando que dentro de cada huerto había una relación lineal positiva simple, entre el incremento de calcio y el incremento de porcentaje de materia seca; sin embargo, esa relación nunca fue particularmente fuerte. Según los mismos autores, un modelo simple, al cual se adaptan esos datos, postula que la materia seca aumentó en 0,11% con cada aumento de 1 mg de Ca/100g de fruto. Este incremento es constante a través de los huertos ($R^2=0,57$) pero el porcentaje medio del total de materia seca varía entre los huertos; no obstante, esta situación no se dio en nuestros ensayos.

Cuadro 2. Estado de madurez de los frutos al momento de la cosecha. Huerto El Toqui.

Tratamiento	Materia Seca (%)	Firmeza de pulpa (lb)	Sólidos solubles (°Brix)
T1	17,43a ¹	16,49a	5,94a
T2	18,39ab	17,08a	6,35a
T3	19,15b	16,69a	6,36a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Cuadro 3. Estado de madurez de los frutos al momento de la cosecha. Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Materia Seca (%)	Firmeza de pulpa (lb)	Sólidos solubles (°Brix)
T1	16,34a ¹	14,01a	6,73a
T2	16,57a	15,47a	6,90a
T3	16,84a	15,49a	6,87a
T5	17,08a	15,26a	7,23a
T6	16,56a	15,76a	6,66a

¹Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Análisis nutricional de fruto (%Ca)

Al momento de la cosecha se realizó análisis nutricional de frutos a los tratamientos T1, T2, T3, T5 y T6. Para el tratamiento T4 (de postcosecha), el análisis se realizó con frutos almacenados en frío, en el caso de El Toqui con 77 días de almacenamiento y para Frutal Ltda. 78 días.

En cuanto al porcentaje de calcio, en ambos huertos (Cuadros 4 y 5), el tratamiento T2 (17 aplicaciones de CaCl_2), en Frutal además el T4, presentan valores superiores al resto de los tratamientos. Esto coincide con lo mencionado por Gerasopoulos *et al.* (1995), quienes señalan que aplicaciones en precosecha con CaCl_2 , en frutos de la variedad Hayward, al 0,375%; 0,75%; 1,125% y 1,5%; incrementaron el contenido de Ca en el pericarpio, corazón y piel.

Por otro lado Turner (1980); Harker *et al.* (1990); Vitagliano *et al.* (1999); citados por Gil (2001), señalan que el análisis de calcio total es engañoso ya que una gran parte se encuentra secuestrado como oxalato en el tejido cortical.

Cuadro 4. Porcentaje de calcio en el fruto. Huerto El Toqui.

Tratamiento	Calcio (%)
T1	0,20a ¹
T2	0,43b
T3	0,17a
T4	0,22a

¹Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Cuadro 5. Porcentaje de calcio en el fruto. Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Calcio (%)
T1	0,14a ¹
T2	0,20c
T3	0,17bc
T4	0,18bc
T5	0,16ab
T6	0,14a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Color

En ambos huertos se aprecia un efecto de los tratamientos con calcio sobre el color externo del fruto, con respecto al testigo (Cuadros 6.1 y 6.2); no así en el color interno (Cuadros 7.1 y 7.2).

Para el color externo de frutos, en general, se observa que los frutos que recibieron los tratamientos con calcio, presentan valores menores en las variables L^* , b^* , Hue y Chroma; y, un mayor valor en a^* , comparados con el testigo. En consecuencia se tornarían más oscuros, menos amarillos, menos verdes y con un ángulo de tono menor.

La fruta del tratamiento T2 (17 aplicaciones de CaCl_2) se observa diferente con respecto al testigo (T1, sin aplicación), en las variables a^* y Hue del color externo en ambos huertos (Cuadros 6.1 y 6.2), correspondiendo a^* a una coordenada cromática de rojo [$+a^*$] a verde [$-a^*$]; y, Hue a un ángulo de tono (ver Anexo I). Esto indicaría que los frutos se tornarían menos verdes (o más pardos). Al respecto Zoffoli *et al.* (1998) señalan que frutos de color verde claro, sombreados, provenientes de plantas vigorosas relacionadas con una excesiva fertilización nitrogenada, generalmente están asociados con problemas de ablandamiento.

Con respecto a b^* , coordenada cromática de amarillo [$+b^*$] a azul [$-b^*$], se observan valores superiores en el tratamiento T1 (Cuadros 6.1 y 6.2). Bangerth (1979), postula que el calcio tiene un efecto sobre la degradación de la clorofila, lo que coincide con Shear (1975), en que frutos con menor contenido de calcio se tornan más amarillos.

Cuadro 6.1. Color externo de fruto en la cosecha. Huerto El Toqui.

Tratamiento	Color externo				
	L*	a*	b*	Hue	Chroma
T1	53,42b ¹	6,56a	26,88b	76,33b	27,71b
T2	49,08a	8,47ab	24,34a	70,88a	25,83a
T3	49,77a	9,06b	24,83a	69,86a	26,53a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Cuadro 6.2. Color externo de fruto en la cosecha. Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Color externo				
	L*	a*	b*	Hue	Chroma
T1	51,40a ¹	2,28a	28,19a	85,38a	28,36a
T2	50,30a	4,12b	27,35a	81,38b	27,72a
T3	51,88a	2,53ab	28,35a	84,89ab	28,56a
T5	50,57a	3,03ab	26,68a	83,48ab	26,91a
T6	51,11a	1,90a	27,47a	86,00a	27,62a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$



Figura 1. Color externo de frutos del tratamiento T1 a la izquierda; y a la derecha el tratamiento T2. Huerto El Toqui.

Para el color interno del fruto en el huerto El Toqui (Cuadro 7.1), sólo se observan diferencias significativas estadísticamente en la variable L*, por lo que los frutos con aplicación de calcio se tornarían más claros. El tratamiento con mayor número de aplicaciones (T2 con 17 aplicaciones de CaCl₂) se observa estadísticamente igual al resto de los tratamientos.

En el color interno del huerto Frutal Ltda. (Cuadro 7.2), no se observan diferencias estadísticas para b* y chroma. En cuanto a L*, a* y hue, existe variabilidad de diferencias y similitudes entre tratamientos, por lo que las aplicaciones de calcio no podrían explicar este comportamiento.

Cuadro 7.1. Color interno de fruto en la cosecha. Huerto El Toqui

Tratamiento	Color interno				
	L*	a*	b*	Hue	Chroma
T1	65,09b ¹	-13,76a	36,35a	-69,26a	38,87a
T2	64,43ab	-13,98a	36,63a	-69,11a	39,20a
T3	63,14a	-14,08a	36,61a	-68,96a	39,23a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Cuadro 7.2. Color interno de fruto en la cosecha. Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Color interno				
	L*	a*	b*	Hue	Chroma
T1	60,99ab ¹	-18,41a	38,89a	-64,67c	43,03a
T2	62,12b	-17,80ab	38,29a	-65,06b	42,22a
T3	63,28b	-17,39b	38,22a	-65,53a	42,00a
T5	59,60a	-17,98ab	37,95a	-64,66c	42,00a
T6	61,47ab	-17,65ab	38,25a	-65,23ab	42,13a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Fitotoxicidad de las aplicaciones de CaCl₂: A partir de la segunda o tercera semana de aplicación, en ambos huertos, hubo frutos que se mancharon (figura 2), y hojas que se necrosaron (figura 3). En el huerto El Toqui, las manchas en los frutos y la necrosis en las hojas, fueron más marcadas que en el huerto Frutal Ltda.. Aproximadamente hubo un 15 y un 10% de frutos manchados en los huertos El Toqui y Frutal Ltda., respectivamente; y, un porcentaje similar de hojas necrosadas. Al respecto Facticeau *et al.* (1987), señalan que al aplicar CaCl₂ foliar en cerezas, encontraron necrosis marginal en hojas, la cual se

incrementó al aumentar el número de aplicaciones del producto; esto coincide con lo observado en ambos huertos.

El color externo se midió en la zona pedicelar del fruto y es posible que la mancha en el fruto haya influido en esta medición, ya que, como se observa en la figura 2, en algunos casos, las manchas cubrían la zona pedicelar de los frutos.



Figura 2. Manchas en los frutos observadas a partir de la 2º o 3º semana de aplicación de CaCl_2 . (A la izquierda: huerto Frutal Ltda.; A la derecha: Huerto El Toqui).



Figura 3. Hojas necrosadas observadas a partir de la 2º o 3º semana de aplicación de CaCl_2 .

Mediciones realizadas en postcosecha

El almacenamiento de los frutos se realizó en aire a 0°C, hasta que la firmeza de la pulpa promedio de la muestra alcanzó las 4 lb. En este período se realizaron evaluaciones a los frutos, las cuales se analizan a continuación.

Sólidos solubles

En general no hubo diferencias atribuibles a los tratamientos en ninguno de los dos ensayos (Cuadros 8 y 9), sólo algunas diferencias que no se explican por las aplicaciones de calcio a los frutos, debido a que no siguen un comportamiento constante a lo largo de las salidas de almacenamiento en frío.

Morris *et al.* (1980, citado por Campos 1991), encontraron una disminución en los sólidos solubles, al aplicar CaCl₂ en mora. Por otra parte Cooper y Bangerth (1976); y Campos (1991), señalan que las aplicaciones de calcio en manzanos no afectó el contenido de sólidos solubles.

Cuadro 8. Sólidos Solubles (°Brix). Huerto El Toqui.

Tratamiento	Cosecha	Día 17	Día 35	Día 46	Día 63	Día 71	Día 77	Día 91	Día107	SS ²
	29/03	15/04	3/05	14/05	31/05	8/06	14/06	28/06	14/07	finales
T1	5,94a ¹	8,58a	11,03a	13,12a	12,46a	12,76a				13,41a
T2	6,35a	9,09ab	11,27a	12,84a	13,08a	13,50a	13,34a	13,55a	13,67a	14,02a
T3	6,36a	9,21ab	11,66a	12,81a	13,75a	13,81a	14,46b	13,76a	14,01a	14,27a
T4	5,94a	9,48b	11,73a	12,79a	13,36a	13,45a				13,70a

¹Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

²/SS: sólidos solubles (con una firmeza de pulpa de aproximadamente 2 lb).

Cuadro 9. Sólidos Solubles (°Brix). Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Cosecha	Día 16	Día 31	Día 48	Día 62	Día 78	SS ²
	27/04	13/05	28/05	14/06	28/06	17/07	finales
T1	6,73a ¹	9,86a	11,54a	12,55a	13,26a		13,17a
T2	6,90a	9,74a	11,75a	12,83ab	13,07a	13,86a	14,10a
T3	6,87a	10,00a	11,41a	12,70ab	13,24a	13,28a	13,25a
T4	6,73a	10,60a	11,17a	12,81ab	12,57a	13,44a	13,51a
T5	7,23a	10,15a	11,69a	13,35b			13,30a
T6	6,66a	9,74a	11,13a	12,54a	12,78a		12,89a

¹Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

²SS: sólidos solubles finales (con una firmeza de pulpa de aproximadamente 2 lb).

Tasa de producción de etileno y tasa respiratoria

En los Cuadros 10 y 11 se presentan los resultados de las mediciones de tasa de producción de etileno y tasa respiratoria para ambos huertos.

Si bien los frutos de kiwi a 20°C pueden llegar a producir 50 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$ en el “peak” de producción, desde el punto de vista del control es sumamente importante conocer la producción de etileno a 0°C. Se ha determinado que el kiwi conservado a 0°C produce 0,03-0,05 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$ durante por lo menos los primeros 40 días de conservación, sin embargo, determinaciones realizadas en Chile indican producciones inferiores (Retamales, 2005).

En todos los casos del huerto El Toqui (Cuadro 10), se produce una menor tasa de producción de etileno con las aplicaciones de calcio (tratamiento T2, 17 aplicaciones), lo que fue significativo solamente en el día 30 de almacenamiento en frío (Figura 4). En el huerto Frutal Ltda. (Cuadro 11, Figura 5) no se determinó ningún efecto de los tratamientos. Al respecto Bangerth (1979), señala que el calcio actuaría inhibiendo enzimas que sintetizan hormonas responsables de la senescencia como es el etileno.

La tasa respiratoria, aunque no presentó diferencias significativas, en el huerto El Toqui (Cuadro 10, Figura 4), tuvo un nivel más bajo en los tratamientos con calcio, no así en Frutal Ltda. (Cuadro 11, Figura 5). Al respecto Gatti (1985), señala que una alta concentración de calcio en el fruto, inhiben la actividad de las mitocondrias, lo cual se verá reflejado en una reducción de la tasa respiratoria. Marcelle (1991), indica que altas concentraciones de calcio en el fruto prolongan el almacenamiento mediante un descenso en la respiración del fruto y emisión de etileno.

Cuadro 10. Tasa de producción de etileno y tasa respiratoria. Huerto El Toqui.

Tratamiento	Tasa de Producción de Etileno				Tasa Respiratoria			
	$\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$				$\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$			
	Cosecha	Día 30	Día 45	Día 60	Cosecha	Día 30	Día 45	Día 60
	2/04	30/04	13/05	31/05	2/04	30/04	13/05	31/05
T1	0,11a ¹	0,40b	0,47a	0,17a	10,42a	20,85a	20,82a	18,04a
T2	0,10a	0,26a	0,35a	0,12a	8,92a	18,90a	17,45a	16,45a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

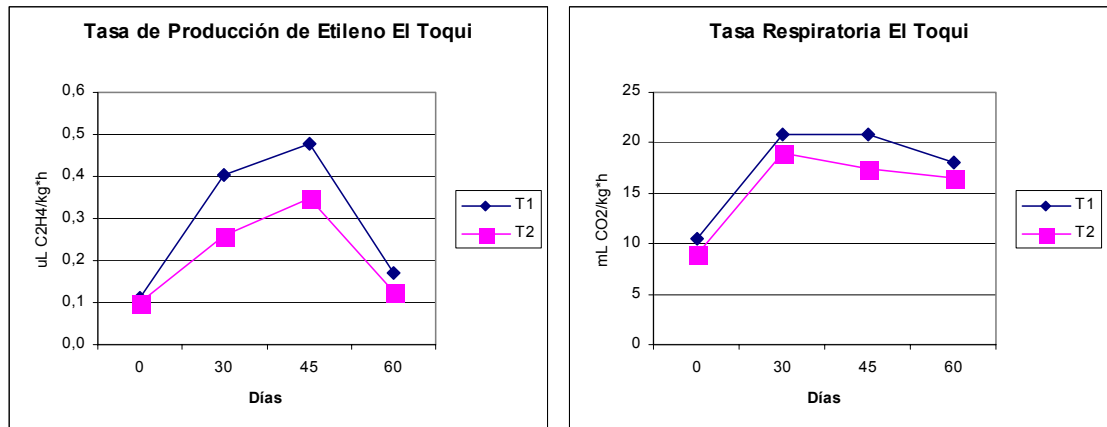


Figura 4. Tasa de producción de etileno (izquierda) y tasa respiratoria (derecha). Huerto El Toqui.

Cuadro 11. Tasa de producción de etileno y tasa respiratoria. Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Tasa de Producción de Etileno				Tasa Respiratoria			
	$\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$				$\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$			
	Cosecha	Día 30	Día 45	Día 60	Cosecha	Día 30	Día 45	Día 60
	29/04	27/05	14/06	28/06	29/04	27/05	14/06	28/06
T1	0,06a ¹	0,09a	0,04a	0,11a	8,64a	10,67a	8,51a	8,81a
T2	0,07a	0,08a	0,04a	0,11a	8,34a	10,17a	9,41a	10,38a

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

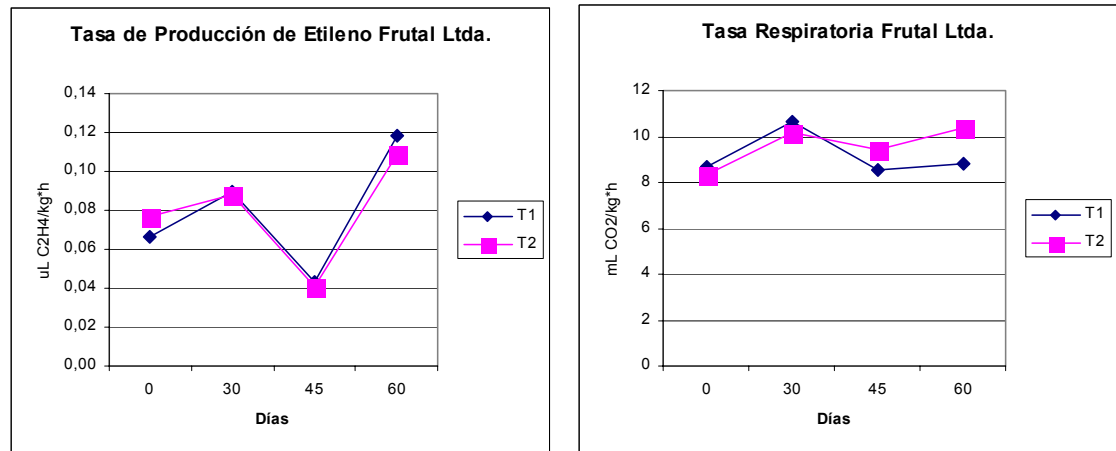


Figura 5. Tasa de producción de etileno (izquierda) y tasa respiratoria (derecha). Huerto Frutal Ltda..

Firmeza de la pulpa

En los Cuadros 12 y 13 se presentan los resultados de firmeza de pulpa para los distintos tratamientos.

En ambos huertos se aprecia un efecto de los tratamientos sobre la mantención de la firmeza de la pulpa de los frutos (Cuadros 12 y 13). Los tratamientos T2 y T3 en El Toqui; y, T2, T3 y T4 en Frutal Ltda. fueron los que alcanzaron un mayor retención de la firmeza de pulpa y mayor tiempo de almacenamiento, con respecto al testigo (T1, sin aplicación). Siendo T2 (17 aplicaciones de CaCl₂) el mejor; al respecto Facticeau *et al.* (1987), encontraron que al aplicar CaCl₂ foliarmente en cerezas de dos variedades, la firmeza de la fruta fue mayor a medida que aumentaba el número de aplicaciones. Por su parte Chen *et al.* (1997; 1999) encontraron que las inmersiones en poscosecha en CaCl₂ al 3% inhibieron significativamente el ácido abscísico (ABA) endógeno en la fruta estudiada y redujeron marcadamente la tasa de ablandamiento de los frutos durante el almacenamiento.

En el huerto El Toqui (Cuadro 12) el tratamiento de poscosecha (T4) presentó valores de firmeza de pulpa inferiores que los de precosecha (T2 y T3). Los frutos del tratamiento T4 no fueron diferentes estadísticamente del tratamiento testigo (T1), sin embargo en promedio aparecen más firmes que T1 a partir del día 46 de almacenamiento en frío. Hopkirk *et al.* (1990) y Chen *et al.* (1997, 1999), señalan que inmersiones de kiwis en poscosecha con CaCl₂, reduce la tasa de ablandamiento temprano en almacenaje, dando frutas más firmes que las del tratamiento testigo después de almacenaje.

En el huerto Frutal Ltda. (Cuadro 13), el tratamiento T4 de poscosecha se comportó de manera similar a los tratamientos T2 y T3 de precosecha. Todos estos tratamientos mantuvieron valores de firmeza de pulpa superiores a partir del día 31 de almacenamiento

en frío. Los tratamientos T5 (4 aplicaciones de CaCl₂), T6 (2 aplicaciones de CaCl₂) y T1 fueron los de menor tiempo de almacenamiento a 0°C.

Cuadro 12. Firmeza de pulpa (lb). Huerto El Toqui.

Tratamiento	Cosecha 29/03	Día 17 15/04	Día 35 3/05	Día 46 14/05	Día 63 31/05	Día 71 8/06	Día 77 14/06	Día 91 28/06	Día 107 14/07
T1	16,49a ¹ (±0,76) ²	13,96ab (±0,61)	9,51ab (±1,05)	5,23a (±1,98)	4,29a (±0,97)	2,35a (±0,10)			
T2	17,08a (±0,42)	15,46b (±0,36)	13,10c (±0,60)	10,40b (±1,71)	8,92b (±0,87)	6,17b (±1,05)	7,55a (±0,64)	5,20a (±0,39)	3,45a (±0,72)
T3	16,69a (±0,75)	14,93ab (±1,26)	11,10bc (±0,95)	11,97b (±1,53)	6,67ab (±1,51)	5,46ab (±1,78)	6,47a (±0,96)	4,93a (±0,36)	3,15a (±0,07)
T4	16,49a (±0,76)	12,27a (±2,56)	8,26a (±1,74)	10,99b (±1,98)	5,34a (±1,26)	3,23ab (±1,15)			

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$
(²)²/Desviación estándar.

Cuadro 13. Firmeza de pulpa (lb). Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Cosecha 27/04	Día 16 13/05	Día 31 28/05	Día 48 14/06	Día 62 28/06	Día 78 17/07
T1	14,01a ¹ (±0,78) ²	8,50a (±0,75)	6,13a (±0,74)	4,71bc (±0,29)	2,74a (±0,25)	
T2	15,47a (±0,33)	10,21a (±1,52)	7,98a (±0,32)	5,83c (±0,34)	4,71c (±0,38)	3,34a (±0,39)
T3	15,49a (±0,96)	9,23a (±1,83)	7,18a (±1,04)	4,27ab (±0,75)	4,08bc (±0,57)	2,98a (±0,00)
T4	14,01a (±0,78)	7,33a (±0,20)	7,25a (±1,59)	5,02bc (±0,70)	5,00c (±0,34)	3,04a (±0,49)
T5	15,26a (±0,66)	7,50a (±1,59)	5,97a (±1,36)	3,36a (±0,31)		
T6	15,76a (±1,01)	8,26a (±1,55)	6,62a (±1,42)	4,29ab (±0,60)	3,54ab (±0,27)	

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$
(²)²/Desviación estándar.

Índice de ablandamiento (IA) y Días en alcanzar 4 lb de firmeza de pulpa

En ambos huertos, hubo un efecto positivo de los tratamientos sobre los días en almacenamiento de los frutos hasta las 4 lb de firmeza de pulpa. Con respecto al IA, en El Toqui (Cuadro 14) los resultados son claros, no así en Frutal Ltda. (Cuadro 15).

Varios autores muestran que aplicaciones de calcio a los frutos ya sea como aspersiones en precosecha (Gerasopoulos *et al.*, 1995; Antunes *et al.*, 2005) o inmersiones en postcosecha (Hopkirk *et al.*, 1990; Prasad y Spiers, 1992; Chen *et al.*, 1997, 1999; Antunes *et al.*, 2005), causan un retraso en la maduración, manifestándose una reducción en la tasa de ablandamiento, y por lo tanto extendiendo la vida de postcosecha.

En el huerto El Toqui (Cuadro 14), el tratamiento T2 fue el que duró mayor número de días en almacenamiento en frío hasta una firmeza de pulpa de 4 lb; así como también el que presentó un menor IA, seguido del tratamiento T3 (9 aplicaciones de CaCl₂). La aplicación de postcosecha en este huerto tuvo un buen efecto en relación al tratamiento testigo, que sólo fue significativo en el índice de ablandamiento. Esto coincide con lo señalado por Facteau *et al.* (1987), Gerasopoulos *et al.* (1995), Xie *et al.* (1996); quienes encontraron que al aplicar calcio a los frutos aumentaba la firmeza de éstos y se reducía la tasa de ablandamiento.

Cuadro 14. Días en almacenamiento e Índice de Ablandamiento con una firmeza de pulpa de 4 libras. Huerto El Toqui.

Tratamiento	Días en almacenamiento a 0°C, hasta 4 lb de firmeza de pulpa	IA (lb/día)
T1	57,57a ¹	0,21c
T2	107,16b	0,12a
T3	93,29b	0,13a
T4	72,27a	0,17b

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

En el huerto Frutal Ltda. el efecto de los tratamientos fue más moderado (Cuadro 15), el tratamiento T2 estuvo un mayor número de días en almacenamiento en frío, seguido por T4. Ambos tratamientos se diferencian estadísticamente del resto de los tratamientos en ésta variable. En cuanto al índice de ablandamiento, fue el tratamiento T4 el que tuvo el menor valor, seguido por T2. Los tratamientos T5 y T6 no fueron afectados por los tratamientos con calcio, no diferenciándose del tratamiento testigo (sin aplicación).

Aunque se han realizado numerosas investigaciones para establecer relaciones entre la composición mineral de frutos de kiwi y su propensión al ablandamiento, no existe un claro

consenso en la literatura sobre los niveles críticos de elementos como el nitrógeno y el calcio y la tasa de ablandamiento de los frutos (Zoffoli *et al.*, 1992; Sanliang *et al.*, 1994).

Cuadro 15. Días en almacenamiento e Índice de Ablandamiento con una firmeza de pulpa de 4 libras. Huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Días en almacenamiento a 0°C, hasta 4 lb de firmeza de pulpa	IA (lb/día)
T1	47,25a ¹	0,21ab
T2	66,73c	0,17a
T3	51,67ab	0,22abc
T4	62,39bc	0,16a
T5	40,36a	0,28c
T6	48,52a	0,24bc

¹/Letras distintas, en la misma columna, indican diferencia estadística a $\alpha=0,05$

Los frutos del tratamiento de precosecha que incluyó el mayor número de aplicaciones de CaCl₂ (tratamiento T2, con 17 aplicaciones), en ambos huertos, fueron los que incrementaron más su porcentaje de calcio, obtuvieron mayores valores de firmeza de pulpa, y los que alcanzaron índices de ablandamiento más bajos.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones de CaCl_2 no influyen en los sólidos solubles ni en la firmeza inicial de los frutos de kiwi.

El porcentaje de calcio de los frutos en general aumentó con las aplicaciones de CaCl_2 , especialmente en el tratamiento que incluyó el mayor número de aplicaciones.

Las aplicaciones de CaCl_2 afectan el color externo del fruto de kiwi, tornándose más oscuros y con un mayor ángulo de tono. El color interno no se ve afectado.

Las aplicaciones de calcio en general reducen el ablandamiento de los frutos, particularmente las más frecuentes. La aplicación semanal de CaCl_2 (17 aplicaciones) presenta los mayores valores de retención de firmeza de la pulpa de kiwi; y, por lo tanto es el que tiene un mayor tiempo de postcosecha (hasta las 4 lb de firmeza de pulpa). Los tratamientos que incluyeron 2 y 4 aplicaciones no modificarían la tendencia al ablandamiento de los frutos.

El tratamiento de postcosecha, como inmersión en CaCl_2 , tuvo un efecto positivo en la prevención del ablandamiento de los frutos de kiwi, en ambos huertos.

Las aplicaciones de CaCl_2 provocaron efectos fitotóxicos en hojas y frutos, presentándose necrosis en las hojas y manchas en los frutos.

BIBLIOGRAFÍA

ABDALA, A.; GERASOPOULOS, D. and STAVROULAKIS, G. 1996. Effects of harvest maturity and storage on ripening and membrane permeability of Hayward kiwifruit. *Advances in Horticultural Science*. 10(1): 3-7.

ANTUNES, M.D.C; PANAGOPOULOS, T.; RODRÍGUEZ, S.; NEVES, N. and CURADO, F. 2005. The effect of pre-and postharvest calcium applications on “Hayward” kiwifruit storage ability. *Acta Horticulturae*. 682: 909-916.

BANGERTH, F. 1979. Calcium – related physiological disorders of plants. *Annu. Rev. Phytopathol.* 17: 97-122.

CAMPOS, L. 1991. Efecto de aspersiones de cloruro de calcio sobre la calidad del fruto de nectarines. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 69 p.

CHEN, K.; LI, F.; ZHANG, S. and ROSS, G. 1999. Role of abscisic acid and indole-3-acetic acid in kiwifruit ripening. *Acta Horticulturae Sinica*. 26(2): 81-86.

CHEN, K.; ZHANG, S.; LU, J. and CHEN, Q. 1997. Variation of abscisic acid, indole-3-acetic and ethylene in kiwifruit during fruit ripening. *Scientia Agricultura Sinica*. 30(2): 54-57.

COOPER, T. and BANGERTH, F. 1976. The effect of Ca and Mg on physiology, chemical composition and bitter pit development of Cox Orange apples. *Scientia Horticulturae* 5: 45-57.

COOPER, T.; GARGIULLO, A.; RETAMALES, J. and STREIF, J. 2005. Investigation on early softening of kiwifruit. *Acta Horticulturae*. 682: 1159-1164.

DAVIE, I. J. 1997. Role of calcium and mechanical damage in the development of localized premature softening in coolstored kiwifruit. PhD thesis, Massey University, Palmerston North, New Zeland. 193p.

DICHIO, B.; REMORINI, D. and LANG, S. 2003. Developmental changes in xylem functionality in kiwifruit fruit: implications for fruit calcium accumulation. *Acta Horticulturae*. 610: 191-195.

FACTEAU, T. J.; ROWE, K. E. and CHESTNUT, N. E. 1987. Response of “Bing” and “Lambert” sweet cherry fruit to preharvest calcium chloride applications. *HortScience* 22(2): 271-273.

- FERGUSON, A. 1980. Movement of mineral nutrients into the developing fruit of the kiwifruit (*Actinidia chinensis Planch.*). N. Z. Journal of Agricultural Research. 23: 349-353.
- FERGUSON, I. B.; THORP, T. G.; BARNETT, A. M; BOYD L. M. and TRIGGS, C. M. 2003. Inorganic nutrient concentrations and physiological pitting in "Hayward" kiwifruit. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 78(4): 479-504.
- GATTI, R. 1985. Importancia del calcio en la calidad de las manzanas. Revista Frutícola. 6: 9-11
- GERASOPOULOS, D.; CHOULIARAS, V. and LIONAKIS, S. 1995. Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. Postharvest Biology and Technology. 7(1-2): 65-72.
- GIL, G. 2000. La producción de fruta. Universidad Católica de Chile. Santiago. 583 p.
- GIL, G. 2001. Madurez de la fruta y manejo postcosecha. Universidad Católica de Chile. Santiago. 431 p.
- HARKER, F.; REDGWELL, R.; HALLET, I.; MURRAY, S. and CARTER, G. 1997. Texture of fresh fruit. Hort. Rev. 20: 121-124.
- HEWETT, E.; KIM, H. and LALLU, N. 1999. Postharvest physiology of kiwifruit: the challenges ahead. Acta Horticulturae. 498: 203-216.
- HOPKIRK, G.; HARKER, F. and HARMAN; J. 1990. Calcium and the firmness of kiwifruit. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 18(4): 215-219.
- JOHNSON, R.; MITCHELL, F.; CRISOSTO, C.; OLSON, W. and COSTA, G. 1997. Nitrogen influences kiwifruit storage life. Acta Horticulturae. 444: 283-289.
- LALLU, N.; SEARLE, A. and MAC RAE, E. 1989. An investigation of ripening and handling strategies for early season kiwifruit. J. Sci. Food Agr. 47: 387-400.
- MAC DONALD, B. 1990. Precooling, storage and transport of kiwifruit. 16: 429-459. In: I.J. Warrington and G.C. Weston (eds). Kiwifruit Science and Management. Ray Richards Publisher, Auckland, New Zealand.
- MAC RAE, E.; LALLU, N.; SEARLE, A. and BOWEN, J. 1989. Changes in the softening and composition of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) affected by maturity at harvest and postharvest treatments. Journal of the Science of Food and Agriculture. 49(4):413-430.
- MAC RAE, E. and REDGWELL, R. 1992. Softening in kiwifruit. Posth. News Inform. 3: 49-52.

MARCELLE, R. D. 1991. Relationships between mineral content, lipoxygenase activity, levels of 1-aminocyclopropanocarboxylic acid and ethylene emission in apple fresh disks (cv. Jonagold) during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 1(2): 101-109.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. 2^a Edición. Academic Press. Londres. 889p.

ODEPA. CHILE. Ministerio de Agricultura. Oficina de Estudios y Políticas Agrícolas. 2004. [en línea]. Estadísticas de la Agricultura chilena. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl/base-datos/estadisticas.html> (Consulta: 27 de septiembre de 2005).

PRASAD, M. and SPIERS, T. 1992. The effect of nutrition on the storage quality of kiwifruit. *Acta Horticulturae*. 297: 579-585.

RETAMALES, J. 2005. Manejo de etileno en postcosecha y maduración de frutas: bases y nuevos desarrollos con énfasis en 1-MCP. Apuntes de curso Hormonas y Reguladores de Crecimiento. Universidad de Chile.

SANLIANG, G.; JOHNSON, R.; CRISOSTO, R.; COCHRAN, R. and GARNER, D. 1994. Relationship of macro-mineral nutrition on fruit postharvest performance in "Hayward" kiwifruit. *HortScience*. 29: 535. (Abstr. N° 713).

SHEAR, C. B. 1975. Calcium related disorder of fruits and vegetables. *HortScience* 10: 361-364.

SMITH, G. S.; ASHER, C. J. and CLARK, C. J. 1997. Kiwifruit nutrition: diagnosis of nutritional disorders. HortNET. Disponible en <http://www.hortnet.co.nz/publications/guides/kn/kiwi0001.htm>. Leído el 27 de septiembre de 2005.

TAGLIAVINI, M.; TOSELLI, M. and PELLICONI, F. 1995. Nutritional status of kiwifruit affects yield and fruit storage. *Acta Horticulturae*. 383: 227-237.

XIE, M. and KAWADA, K. 1996. Effects of Ca-chelate preharvest treatment on postharvest ripening of kiwifruit. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* 8(4): 236-241.

XIE, M.; JIANG, G.H.; ZHANG, H.Q. and KAWADA, K. 2003. Effect of preharvest Ca-chelate treatment on the storage quality of kiwifruit. *Acta Horticulturae*. 610: 317-324.

XILOYANNIS, C.; CELANO, G.; MONTANARO, G.; DICHIO, B.; SEBASTIANI, L. and MINNOCCI, A. 2001. Water relations, calcium and potassium concentration in fruits and leaves during annual growth in mature kiwifruit plants. *Acta Horticulturae*. 564: 129-134.

XILOYANNIS, C.; CELANO, G.; MONTANARO, G. and DICHIO, B. 2003. Calcium absorption and distribution in mature kiwifruit plants. *Acta Horticulturae*. 610: 331-334.

ZOFFOLI, J.; GIL, G. and CRISOSTO, C. 1999. Mineral analysis of kiwifruit: A potential approach to segregate kiwifruit firmness capacity. *Fourth Int. Symp. Kiwifruit*, 11-14 Enero. Abstracts 52.

ZOFFOLI, J.; GIL, G. and CRISOSTO, C. 1998. Evaluación crítica del manejo de frutos de kiwi desde cosecha. *Aconex* 58: 18-24.

ZOFFOLI, J.; GIL, G. and POBLETE, H. 1992. Dureza y conservación de frutos de kiwi: Importancia del nitrógeno. *Aconex* 35: 16-20.

APÉNDICE

Apéndice I: Características de los huertos

Mediciones realizadas en terreno

En los Cuadros 16 y 17 se muestra el promedio por tratamiento del número de cargadores y el número de frutos por planta de ambos huertos.

Se observa que el huerto Frutal Ltda. presenta un mayor número de cargadores y de frutos por planta. Al respecto Moorby y Besford (1983; citados por Smith *et al.*, 1997), señalan que los requerimientos totales de cada elemento nutritivo, depende de dos factores: (1) la producción, y (2) la concentración media del elemento en el tejido fino de la planta necesario para asegurar esa producción.

Cuadro 16. Promedio por tratamiento, del número de cargadores y frutos por planta; y estimación de la producción del huerto El Toqui.

Tratamiento	Número de cargadores/planta	Número de frutos/planta	Producción estimada ¹ /planta (kg)
T1	19,0	293,5	29,35
T2	19,5	385,0	38,50
T3	17,7	438,2	43,82

¹/Considerando un peso promedio de frutos de 100 g.

Cuadro 17. Promedio por tratamiento, del número de cargadores, frutos y producción por planta del huerto Frutal Ltda..

Tratamiento	Número de cargadores/planta	Número de frutos/planta	Producción/planta (kg)
T1	39,5	1207	152,77
T2 – T5	34,5	1214	154,71
T3 – T6	34,5	1352	164,66

Características agronómicas

En el Cuadro 18 se presentan algunas características agronómicas de los huertos. En el huerto Frutal Ltda., se observa un mayor perímetro de tronco, una mayor área de sección transversal de tronco (ASTT); y, mayor cantidad de frutos por ASTT, por lo tanto mayor carga frutal.

En cuanto al porcentaje de sombra, el huerto Frutal Ltda. presenta un mayor valor. Al respecto Xiloyannis (2003), encontró que la concentración de calcio en hojas iluminadas y sombreadas era de 3 g/m² y 1,5 g/m² respectivamente, mientras que la concentración en la fruta era de 0,2% MS para frutos iluminados, y 0,11% MS para frutos sombreados. Los resultados obtenidos indican que un alto nivel de disponibilidad de luz determina un aumento en la corriente del xilema de los cargadores que es responsable del aumento de la acumulación de calcio en diversos órganos. Además este incremento de la tasa transpiratoria del fruto puede mejorar la calidad de almacenaje de éstos.

Cuadro 18. Caracterización agronómica de los huertos.

Huerto	Perímetro de tronco (cm)	ASTT ¹ (cm ²)	Nº frutos/planta	Frutos/ASTT	Grosor copa (cm)	Vigor (1-3) ²	% Sombra
El Toqui	28,3	63,7	382,3	6	52,8	2	84
Frutal Ltda.	43,3	149,2	1192	8	42,2	2	86

Fuente: Universidad de Chile. Laboratorio de Frutales de Hoja Caduca.

¹/ASTT: área de sección transversal de tronco = $P^2/(4*\pi)$. Donde P= perímetro de tronco.

²/ Vigor: 1=alto; 2=medio; 3=bajo.

En el Cuadro 19 se presentan los niveles nutricionales de hojas de kiwi y los niveles de fertilización y riego de ambos huertos. Al comparar los niveles nutricionales de los huertos, con los niveles estándares (Cuadro 20), se observa que los elementos Cu Mn y Zn se presentan fuera de los rangos adecuados; sin embargo, estos elementos no se relacionan a frutos blandos ni firmes en el almacenamiento.

Cuadro 19. Niveles nutricionales de hojas de kiwi, muestreadas a mediados de enero, y niveles de fertilización y riego.

Huerto	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fertilización (kg/ha)			Riego Nivel (1-4) ²	
									N	P	K		
El Toqui	2,44	0,18	2,80	3,52	0,38	18,7	24,5	34,0	216	0	0	2	2
Frutal Ltda.	2,65	0,20	2,60	3,78	0,38	15,7	97,5	29,0	298	0	87	3	4

Fuente: Universidad de Chile. Laboratorio de Frutales de Hoja Caduca.

¹/Nivel de fertilización: 1=alto; 2=medio; 3=bajo.

²/Nivel de riego: 1=poco riego; 2=riego medio; 3=riego alto; 4=riego excesivo.

Cuadro 20. Niveles estándares para interpretación de análisis foliar¹, usados en California.

Elemento	Deficiente	Adecuado	Excesivo
N (%)	< 1,6	2,2 – 2,8	> 5,0
P (%)	< 0,11	0,13 – 0,3	
K (%)	< 1,0	1,5 – 2,5	
Ca (%)		2,0 – 3,6	
Mg (%)		0,3 – 0,8	
Cu (ppm)	< 3	7 – 14	
Mn (ppm)	< 30	50 – 200	
Zn (ppm)	< 13	15 – 25	

1/ Para hojas colectadas en enero, febrero o marzo (En brotes con frutos, la 1° a 3° hoja siguiente al último fruto del brote. En brotes sin fruto, la 5° a 7° hoja desde la base, según el mes de recolección).

En el Cuadro 21 se presenta la ocurrencia de los principales estados fenológicos para ambos huertos.

Cuadro 21. Ocurrencia de los principales estados fenológicos.

Huerto	Fecha flor 2003	Fecha cosecha 2004	DDPF ¹ a cosecha
El Toqui	25/10	11/03	130
Frutal Ltda.	15/11	24/03	154

Fuente: Universidad de Chile. Laboratorio de Frutales de Hoja Caduca.

¹/ DDPF: días después de plena flor.

ANEXO

Anexo I: Diagrama cromático a^* , b^* , Hue.

