



Universitat de Lleida

LA CALIDAD DE LAS MANZANAS GOLDEN SMOOTHIE EN RESPUESTA A LAS ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y CALCIO, COMBINADO CON EL EFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO.

Francisco Xucla Tarres

<http://hdl.handle.net/10803/108504>

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



UNIVERSITAT DE LLEIDA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA

TESIS DOCTORAL

**LA CALIDAD DE LAS MANZANAS GOLDEN
SMOOTHEE EN RESPUESTA A LAS ESTRATEGIAS
DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y CALCIO,
COMBINADO CON EL EFECTO DEL
1-METILCICLOPROPENO**

Francesc XUCLÀ TARRÉS

Lleida, febrero de 2013

**LA CALIDAD DE LAS MANZANAS GOLDEN
SMOOTHEE EN RESPUESTA A LAS ESTRATEGIAS
DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y CALCIO,
COMBINADO CON EL EFECTO DEL
1-METILCICLOPROPENO**

Memoria de la tesis doctoral presentada por el ingeniero agrónomo Francesc Xuclà Tarrés, para optar al grado de doctor por la Universitat de Lleida.

Francesc Xuclà Tarrés
Doctorando

Profesora directora:
Dra. Immaculada Recasens Guinjuán
Catedrática de Universidad
Departament d'Hortofructicultura, Botànica i Jardineria
Universitat de Lleida

ÍNDICE.

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN.	1
1.1.- El calcio en los árboles frutales.	2
1.2.- Absorción del calcio en la planta.	3
1.3.- Transporte, distribución y acumulación del calcio en la planta.	3
1.4.- Papel del calcio en la nutrición de la planta.	5
1.5.- Importancia del calcio en la calidad de los frutos.	6
1.6.- El calcio relacionado con el bitter pit de las manzanas.	9
1.7.- El calcio respecto a la producción de etileno y la tasa de respiración.	11
1.8.- Efecto de las aportaciones de nutrientes minerales en precosecha.	12
1.9.- Papel del nitrógeno en la nutrición de la planta.	14
1.10.- Papel de otros elementos minerales en la nutrición de la planta y en la calidad de los frutos.	15
1.10.1.- Fósforo.	15
1.10.2.- Potasio.	15
1.10.3.- Magnesio.	16
1.10.4.- Hierro.	16
1.10.5.- Manganeso.	17
1.10.6.- Zinc.	17
1.10.7.- Boro.	17
1.11.- Acciones para mejorar la calidad de los frutos y las deficiencias de nutrientes.	18
1.12.- Conservación de los frutos.	19
1.13.- Efectos de la aplicación del 1-Metilciclopropeno.	21
1.14.- La manzana Golden Smoothee.	22
1.15.- Objetivos.	23
2.- MATERIAL Y MÉTODOS.	25
2.1.- Material vegetal.	26
2.2.- Diseño experimental.	26

2.2.1.- Diseño experimental del primer año de ensayo (2000-2001).	26
2.2.2.- Diseño experimental del segundo año de ensayo (2001-2002).	28
2.2.3.- Diseño experimental del tercer año de ensayo (2002-2003).	30
2.3.- Toma de muestras.	31
2.4.- Análisis de calidad de los frutos.	32
2.4.1.- Operaciones previas.	32
2.4.2.- Alteraciones por fisiopatías.	32
2.4.3.- Color de la epidermis.	32
2.4.4.- Peso y diámetro.	33
2.4.5.- Firmeza.	33
2.4.6.- Acidez y sólidos solubles.	33
2.5.- Análisis de nutrientes minerales de los frutos.	33
2.6.- Medición de las producciones de etileno y de la respiración.	34
2.7.- Análisis de nutrientes minerales de las hojas.	35
2.8.- Determinación del nitrógeno en frutos y hojas, por el método Kjeldahl.	36
2.9.- Aplicación del producto 1-MCP en los frutos.	36
2.10.- Plan de trabajo para cada año de ensayo.	37
2.10.1.- Plan de trabajo para el primer año de ensayo (2000-2001).	37
2.10.2.- Plan de trabajo para el segundo año de ensayo (2001-2002).	38
2.10.3.- Plan de trabajo para el tercer año de ensayo (2002-2003).	39
2.11.- Tratamiento estadístico y gráfico de los datos analizados.	41
3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	43
3.1.- Interacción entre calcio-nitrógeno y otros minerales en manzanas Golden Smoothee.	45
3.2.- Influencia de los tratamientos calcio-nitrógeno en la calidad de las manzanas Golden Smoothee.	69
3.3.- Papel de los tratamientos calcio-nitrógeno en la producción de etileno y respiración de las manzanas Golden Smoothee.	95
3.4.- Respuesta de los tratamientos calcio-nitrógeno combinados con la aplicación del producto 1-Metilciclopropeno.	107

4.- DISCUSIÓN GENERAL.	123
5.- CONCLUSIONES GENERALES.	139
6.- BIBLIOGRAFÍA.	143

RESUMEN

En un ensayo de dos años de duración con manzanas Golden Smoothie (*Malus domestica*, Borkh) cultivadas en una parcela experimental de Gimènells (Lleida), se realizaron diferentes estrategias de aplicación de calcio vía foliar sobre los frutos, combinadas con dos dosis de abonado nitrogenado de 60 y 100 unidades fertilizantes (UF) por hectárea, con el objetivo de mejorar la calidad de las manzanas.

Las pulverizaciones de calcio en el primer año de ensayo se establecieron en tres estrategias, una primera de 6 aplicaciones con el producto Stopit, formulado a base de cloruro cálcico, cada 15 días desde principios de junio hasta finales de agosto, una segunda con 8 aplicaciones cada 15 días desde principios de junio hasta finales de julio y semanalmente durante el mes de agosto y una tercera en que no se realizó ninguna aplicación foliar de calcio, que sirvió como control. En base a los resultados obtenidos durante el primer año de ensayo, para el segundo se establecieron dos estrategias de aplicación de calcio, una primera en que se repitieron las 6 aplicaciones cada 15 días desde principios de junio hasta finales de agosto y una segunda no tratada con calcio, utilizada como control. Se tomaron muestras de hojas en julio para su análisis mineral y de frutos en cosecha, que fueron conservados en atmósfera controlada con bajo nivel de oxígeno, durante 4 y 6 meses.

En el tercer año de ensayo se comparó la estrategia de Gimènells de 6 aplicaciones de calcio con la dosis de 60 UF de nitrógeno por hectárea, respecto a los frutos de una finca comercial de manzanas de Pina de Ebro (Zaragoza), que padecían problemas por fisiopatías de bitter pit en cosecha y después de su conservación frigorífica, y en la que no se realizó ninguna aplicación de calcio sobre los frutos en precosecha. Se tomaron muestras de manzanas en cosecha, conservándose durante 2, 4 y 6 meses.

También en el segundo año de ensayo en las parcelas experimentales de Gimènells en las que se aportó 60 UF de nitrógeno por hectárea, con las dos estrategias de aplicación de calcio, se aplicó el producto 1-Metilciclopropeno (1-MCP), inhibidor de la síntesis de etileno de los frutos, a una dosis de 625 ppb y un control a 0 ppb. En el tercer año de ensayo se compararon los efectos del producto 1-MCP entre las manzanas de las fincas de Gimènells y de Pina de Ebro.

Como conclusiones, se observó que realizando aplicaciones foliares de calcio sobre los frutos en precosecha desde principios de junio hasta cosecha, coincidiendo con la segunda fase de crecimiento del fruto, se consiguió incrementar los niveles de este nutriente en las manzanas. Que era necesario alcanzar unos contenidos mínimos de calcio en los frutos, para obtener una buena calidad en cosecha y después de su conservación frigorífica, pero no siempre conseguir unos elevados contenidos de calcio

era sinónimo de obtener una mayor firmeza y un menor índice de fisiopatías, debido a que en este caso con la realización de 6 aplicaciones quincenales de este nutriente se consiguieron acumular unos niveles superiores a los 4'0 mg de calcio por 100 g de materia fresca en cosecha, obteniéndose unos mejores resultados de calidad de los frutos, así como una menor tasa de actividad respiratoria y de producción de etileno. No obstante los equilibrios nutricionales fueron más óptimos en la estrategia de 8 aplicaciones, al acumularse una mayor cantidad de calcio en los frutos.

Una aplicación elevada de nitrógeno provocó una interacción con el calcio, que no se puso de manifiesto hasta el segundo año de ensayo, repercutiendo en un empeoramiento de los equilibrios nutricionales y de la calidad de las manzanas.

Durante la conservación frigorífica la firmeza sufrió una disminución importante sobre todo a los 4 meses. Con aplicaciones de calcio en precosecha se consiguieron reducir los desórdenes por bitter pit y plara después de la conservación, aunque no se llegaron a eliminar totalmente. Se produjo un descenso generalizado de la acidez y la luminosidad del color de la epidermis, así como un incremento de la tonalidad (a+b) y de los sólidos solubles durante la conservación.

Los frutos que fueron tratados con el producto 1-MCP consiguieron mantener mejor la firmeza durante la conservación, con valores cercanos a los obtenidos en el momento de la cosecha, produciéndose unos niveles de respiración y producción de etileno claramente menores, empezando sus emisiones a partir de los 20 días después de la salida de cámara, teniendo también una mayor acidez. Pero existía el inconveniente que las manzanas tratadas con 1-MCP sufrieron unas severas afectaciones por bitter pit y plara, que se incrementaron a lo largo de la conservación, enmascarando los efectos beneficiosos del calcio. También la epidermis puede oscurecerse, siendo un efecto comercial indeseado, conocido con el nombre de DSB (Diffuse Skin Browning).

Los frutos de la finca de Pina de Ebro, que no recibieron suplementos de calcio en precosecha manifestaron un mayor porcentaje de afectación por bitter pit y plara.

RESUM

En un assaig de dos anys de durada amb pomes Golden Smoothee (*Malus domestica*, *Borkh*) cultivades en una parcel·la experimental de Gimènells (Lleida), es van realitzar diferents estratègies d'aplicació de calci via foliar sobre els fruits, combinades amb dues dosis d'abonat nitrogenat de 60 i 100 unitats fertilitzants (UF) per hectàrea, amb l'objectiu de millorar la qualitat de les pomes.

Les polvoritzacions de calci en el primer any d'assaig es van establir en tres estratègies, una primera de 6 aplicacions amb el producte Stopit, formulat a base de clorur càlcic, cada 15 dies des de principis de juny fins a finals d'agost, una segona amb 8 aplicacions cada 15 dies des de principis de juny fins a finals de juliol i setmanalment durant el mes d'agost i una tercera on no es va realitzar cap aplicació foliar de calci, que va servir com a control. En base als resultats obtinguts durant el primer any d'assaig, per al segon es van establir dues estratègies d'aplicació de calci, una primera on es van repetir les 6 aplicacions cada 15 dies des de principis de juny fins a finals d'agost i una segona no tractada amb calci, utilitzada com a control. Es van prendre mostres de fulles al juliol per analitzar mineral i de fruits en collita, que van ser conservats amb les atmosferes controlades en baix nivell d'oxigen, durant 4 i 6 mesos.

En el tercer any d'assaig es va comparar l'estratègia de Gimènells de 6 aplicacions de calci amb la dosi de 60 UF de nitrogen per hectàrea, respecte als fruits d'una finca comercial de pomes de Pina de Ebro (Saragossa), que patien problemes per fisiopaties de bitter pit en collita i després de la seva conservació frigorífica, i en la qual no es va realitzar cap aplicació de calci sobre els fruits en precollita. Es van prendre mostres de pomes a collita, conservant-les durant 2, 4 i 6 mesos.

També en el segon any d'assaig a les parcel·les experimentals de Gimènells on es van aportar 60 UF de nitrogen per hectàrea, amb les dues estratègies d'aplicació de calci, es va aplicar el producte 1-metilciclopropè (1-MCP), inhibidor de la síntesi d'etilè dels fruits, a una dosi de 625 ppb i un control a 0 ppb. En el tercer any d'assaig es va comparar els efectes del producte 1-MCP entre les pomes de les finques de Gimènells i de Pina de Ebro.

Com a conclusions, es va observar que realitzant aplicacions foliars de calci sobre els fruits en precollita des de principis de juny fins collita, coincidint amb la segona fase de creixement del fruit, es van aconseguir incrementar els nivells d'aquest nutrient en les pomes. Que calia assolir uns continguts mínims de calci en els fruits, per obtenir una bona qualitat en collita i després de la seva conservació frigorífica, però no sempre aconseguir uns elevats continguts de calci era sinònim d'obtenir una major fermesa i un menor índex de fisiopaties, pel fet que en aquest cas amb la realització de 6 aplicacions

quinzenals d'aquest nutrient es van aconseguir acumular uns nivells superiors als 4'0 mg de calci per 100 g de matèria fresca en collita, obtenint uns millors resultats de qualitat dels fruits, així com una menor taxa d'activitat respiratòria i de producció d'etilè. No obstant els equilibris nutricionals van ser més òptims en l'estratègia de 8 aplicacions, ja que va acumular una major quantitat de calci en els fruits.

Una aplicació elevada de nitrogen va provocar una interacció amb el calci, que no es va posar de manifest fins al segon any d'assaig, repercutint en un empitjorament dels equilibris nutricionals i de la qualitat de les pomes.

Durant la conservació frigorífica la fermesa va patir una disminució important sobretot als 4 mesos. Amb aplicacions de calci en precollita es van aconseguir reduir els desordres per bitter pit i plara després de la conservació, encara que no es van arribar a eliminar totalment. Es va produir un descens generalitzat de l'acidesa i la lluminositat del color de l'epidermis, així com un increment de la tonalitat (a + b) i dels sòlids solubles durant la conservació.

Els fruits que van ser tractats amb el producte 1-MCP van aconseguir mantenir millor la fermesa durant la conservació, amb valors propers als obtinguts en el moment de la collita, produint uns nivells de respiració i de producció d'etilè clarament menors, començant les seves emissions a partir dels 20 dies després de la sortida de cambra, tenint també una major acidesa. Però, es va donar l'inconvenient que les pomes tractades amb 1-MCP van patir unes severes afectacions per bitter pit i plara, que es van incrementar al llarg de la conservació, emmascarant els efectes beneficiosos del calci. També l'epidermis pot enfosquir-se, sent un efecte comercial indesitjat, conegut amb el nom de DSB (Diffuse Skin Browning).

Els fruits de la finca de Pina de Ebro, que no van rebre suplement de calci en precollita van manifestar un major percentatge d'afectació per bitter pit i plara.

SUMMARY

In a trial of two years with Golden Smoothie apples (*Malus domestica*, Borkh) grown in an experimental plot of Gimeneles (Lleida), different strategies were performed calcium foliar application on fruit, combined with two doses of nitrogen fertilization of 60 and 100 units fertilizers (UF) per hectare, with the aim of improving the quality of apples.

Sprays of calcium in the first year of trial was settled in three strategies, the first of 6 applications Stopit product, formulated with calcium chloride, every 15 days from early June to late August, a second with 8 applications every 15 days from early June to late July and weekly during the month of August and a third who did not undergo any foliar application of calcium, which served as a control. Based on the results obtained during the first year of testing, the second established two implementation strategies of calcium, a first in that 6 applications were repeated every 15 days from early June to late August and a second untreated calcium, used as control. Leaf samples were taken for analysis on July mineral and fruit at harvest, which were preserved in a controlled atmosphere with low oxygen for 4 and 6 months.

In the third year of trial, strategy was compared Gimeneles of 6 applications of calcium with 60 UF dose of nitrogen per hectare, compared to the fruits of a commercial farm blocks Pina de Ebro (Zaragoza), who had problems physiopathies of bitter pit at harvest and after cold storage, and in which there were no calcium application on preharvest fruit. Samples of apples at harvest, retained for 2, 4 and 6 months.

Also in the second year of trial, Gimeneles experimental plots in which contributed 60 UF nitrogen per hectare, with both calcium implementation strategies, we applied the product 1-methylcyclopropene (1-MCP), an inhibitor of ethylene synthesis fruits, at a dose of 625 ppb and a control 0 ppb. In the third year of trial compared the effects of 1-MCP product between apples Gimeneles farms and Pina de Ebro.

As was noted that making conclusions, foliar calcium on preharvest fruit from early June until harvest, coinciding with the second phase of fruit growth, are able to increase the levels of this nutrient in apples. The need to reach a minimum content of calcium in the fruit, to get a good quality harvest and after cold storage, but do not always get a high calcium content was synonymous with greater firmness and get a lower rate of physiological disorders, because in this case with the realization of 6 fortnightly applications of this nutrient is able to accumulate higher levels of 4'0 mg of calcium per 100 g of fresh material at harvest, yield better results in fruit quality and as a lower rate of respiratory activity and ethylene production. However balances were more optimal nutritional strategy 8 applications, to accumulate a larger amount of calcium in the fruit.

A high nitrogen application caused an interaction with calcium, which is not revealed until the second year of trial, affecting a worsening of nutritional balance and quality of apples.

During cold storage the firmness suffered a serious decline especially at 4 months. With preharvest calcium applications are able to reduce the disorders bitter pit and lenticel blotch pit after storage, but were never completely eliminate. There was a general decline in acidity and color brightness of the epidermis as well as increased tone (a + b) and of the soluble solids during storage.

The fruits treated with 1-MCP product got better maintain firmness during storage, with values close to those obtained at the time of harvest, producing levels of respiration and ethylene production clearly lower, starting their broadcasts from 20 days after the outlet chamber, and also having a higher acidity. But the downside was that apples treated with 1-MCP suffered severe effects on bitter pit and lenticel blotch pit, which increased over conservation, masking the beneficial effects of calcium. Also the epidermis may darken, being a commercial undesired effect, known DSB (Diffuse Skin Browning).

The fruits of the estate of Pina de Ebro, who received no preharvest calcium supplements showed a higher percentage of involvement by bitter pit and lenticel blotch pit.

LA CALIDAD DE LAS MANZANAS GOLDEN SMOOTHIE EN RESPUESTA A LAS ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y CALCIO, COMBINADO CON EL EFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO

1.- INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN.

Ofrecer a los consumidores frutas de gran calidad, ha de ser el objetivo principal de los fruticultores, que deben producir frutos de buen calibre y apariencia, con una buena firmeza, acidez y dulzura.

La manzana es la fruta dulce que mundialmente se produce en mayor cantidad, encontrándose difundido su cultivo en gran número de países. Para obtener una buena calidad de las manzanas y reducir al máximo las alteraciones fisiológicas, en cosecha y en poscosecha, es necesario alcanzar unos determinados niveles de calcio en los frutos, manteniendo un equilibrio favorable con los demás elementos nutritivos.

1.1.- El calcio en los árboles frutales.

Al calcio se le reconoce una marcada influencia en los procesos fisiológicos que tienen lugar en los frutos y por tanto en los parámetros de calidad y senescencia de los mismos, al incidir directamente sobre procesos tanto intracelulares como extracelulares (Fallahi et al., 1997), localizándose la mayor proporción del mismo en las paredes celulares del apoplasto, siendo el elemento que más va a determinar la calidad y la vida útil de los frutos, al ocupar una posición central en la nutrición de los árboles frutales (Atkinson et al., 1980).

El calcio es un nutriente que se localiza preferentemente en hojas y tallos, más que en los frutos (Lucena, 1992). Su captación y asimilación por los frutos no depende de la abundancia existente en el medio, sino de la facilidad de absorción por las raíces, así como de su transporte y redistribución en el árbol. Al ser un nutriente poco móvil, apenas se traslada desde las hojas y tejidos leñosos, hacia los frutos (Bramlage 1989).

La captación de calcio por los frutos es rápida y continua en la primera mitad del desarrollo de los mismos, acumulándose la mayor cantidad durante esta primera parte del crecimiento del fruto, disminuyendo su absorción posteriormente hacia la época de maduración, mientras que en las hojas continúa incrementándose su concentración a lo largo del ciclo vegetativo (Casero et al., 1999 y 2002).

Un déficit de calcio en los frutos, provoca un desequilibrio nutricional que se asocia con importantes desórdenes fisiológicos y el desencadenamiento de muchas alteraciones de conservación, por ello suele ser preciso la aplicación de pulverizaciones cálcicas sobre los frutos en precosecha, para mejorar la calidad de la fruta y prevenir calciopatías tales como el bitter pit y otras (Raese y Drake, 1993a; Ferguson et al, 1999).

Las fuertes fertilizaciones nitrogenadas perturban la nutrición cálcica de los frutos (Raese, 1989), a la vez que se incrementan los niveles de nitrógeno y potasio de los mismos (Zydlik y Pacholak, 2000; Casero et al., 2004). Es necesario un equilibrio nutricional entre potasio y calcio para favorecer la absorción y movilidad del calcio hacia los frutos (Tomala, 1997a; Vaysse et al., 2001). Un balance correcto de nitrógeno y calcio es esencial también en la consecución y mantenimiento de la calidad en los frutos (Bramlage 1993; Fallahi et al., 1997).

1.2.- Absorción del calcio en la planta.

La absorción de nutrientes por las plantas está influenciada por factores como el pH, el contenido de humus, la capacidad de retención de humedad del suelo, las condiciones climáticas, la disponibilidad y proporción de elementos minerales, la variedad (Dirioc, 1996) y el patrón (Ponchia et al., 1997).

El calcio en el suelo se encuentra en formas combinadas y libres. La planta se nutre a partir del calcio iónico (Ca^{2+}), que existe en las soluciones del suelo (Barber, 1964), siendo absorbido por las raíces más jóvenes que aún no tienen suberificada la endodermis (Faust, 1989; Casero, 1995), estando su absorción en competencia directa con los iones amonio, potasio, magnesio y sodio (Mills y Jones, 1996), que son absorbidos con más facilidad y rapidez por las raíces, es por ello que la absorción de calcio, no es a menudo proporcional a su presencia en la solución del suelo (Vaysse, 1994; Giacalone et al., 2000).

La suberificación de la Banda de Caspary de las células de la endodermis hace que el calcio que se transporta vía apoplasto sea limitado. Una vez el calcio es absorbido por las raíces más jóvenes, se transporta vía apoplasto hasta llegar al xilema (Lucena, 1992).

La absorción del calcio tiene lugar en dos fases. En la primera, el calcio se absorbe de forma rápida y continua (Faust, 1991), coincidiendo con la división celular del fruto, durante las 6 a 8 semanas después de la floración. Durante la segunda fase, que dura hasta la cosecha, la velocidad de absorción es más lenta, aunque vuelve a repuntar durante la maduración del fruto (Casero et al., 1999). La absorción de calcio se puede ver reducida por las bajas temperaturas y por el estrés hídrico (Mills y Jones, 1996).

1.3.- Transporte, distribución y acumulación del calcio en la planta.

El calcio absorbido por las raíces, se transporta vía xilema por el interior de la planta (Lang y Volz, 1993), impulsado por la corriente de transpiración, hacia las hojas y

frutos jóvenes que transpiran más fácilmente (Faust, 1989; Luo et al., 1989), comportando una mayor acumulación de calcio en los frutos durante las primeras etapas de crecimiento (Cline y Hanson, 1992). También hay un transporte vía floema pero éste es muy limitado, variando en función de la especie vegetal (Bangerth, 1979).

El calcio puede formar complejos cálcicos en el xilema (Bradfield, 1975), aunque también puede bloquearse en forma de cristales de oxalato cálcico durante el transporte lateral por el xilema (Bell y Biddulph, 1963; Wieneke, 1979), o bien asociarse a las paredes de los tubos conductores en forma de pectatos, que están involucrados en la absorción de iones y en el mantenimiento de la permeabilidad de las membranas celulares (Simon, 1978), permaneciendo el calcio de forma inmovilizada en la solución del xilema temporalmente y pudiendo ser recuperado parcialmente (Terblanche et al., 1979).

La aportación de calcio al fruto, disminuye a medida que se desarrolla y aumenta de tamaño, por la reducción relativa del área de la superficie de la pared celular, que hace más difícil la penetración del calcio dentro de las células (Harker y Ferguson, 1988b). Durante el crecimiento del fruto su cutícula es más lipofílica (Ferguson y Watkins, 1989), los estomas son menos densos y funcionales, reduciéndose la transpiración y causando una disminución del transporte del calcio a través del xilema hacia los frutos (Jones et al., 1983). La importancia de la tasa de transpiración es evidente, así como los medios de transporte por el xilema, debiendo proporcionar una fuente adecuada de calcio a los frutos jóvenes mientras tienen los estomas funcionales (Blanke y Lenz, 1985).

La baja concentración de calcio en el fruto, no se debe a una incapacidad de absorber calcio por parte de la planta, sino a una inadecuada distribución del calcio hacia los frutos (Himelrick y McDuffie, 1983). Existe una fuerte competencia entre hojas y frutos por el calcio disponible en la planta, observándose que los crecimientos vegetativos excesivos crean una disminución del contenido de calcio en los frutos (Bramlage, 1989; Reynier, 1993). El índice neto de la absorción de calcio disminuye a lo largo del crecimiento del fruto, produciéndose un aumento de la absorción de elementos minerales más móviles como el nitrógeno, potasio, magnesio y fósforo (Tromp, 1975; Nachtigall y Dechen, 2006), por tanto es necesaria la realización de aplicaciones foliares de calcio sobre los frutos, para que éstos capten este nutriente directamente a través de su cutícula, penetrando hacia el interior de la pulpa (Casero et al., 1989).

La cantidad total de calcio en el fruto aumenta a medida que crece el fruto, pero su concentración disminuye, no siendo uniforme su distribución en el interior del fruto, presentándose una mayor concentración de calcio en los tejidos que rodean al corazón,

intermedia en la piel y menor en la pulpa (Choi y Lee, 1992). La acumulación de calcio en el fruto es más elevada si la humedad relativa es alta (Tromp y Oele, 1972; Tromp, 1979), al reducirse la competencia de las hojas por el calcio, debido a que este nutriente es arrastrado hacia las zonas de elevada transpiración (Cline y Hanson, 1992). La absorción de calcio aumenta al elevarse la demanda evaporativa (Cline et al., 1991) y desciende al disminuir la temperatura por el incremento de la viscosidad de la solución (Gleen y Poovaiah, 1990).

Según determinados autores, los frutos que se sitúan en las ramas principales y en los brotes terminales muestran una mayor concentración de calcio y magnesio, que los situados en los brotes laterales (Volz et al., 1994; Tomala, 1995). El calcio se acumula en órganos viejos del año anterior y es liberado o se moviliza durante la primavera (Reynier, 1993; Kim, 1997).

1.4.- Papel del calcio en la nutrición de la planta.

Las principales funciones del calcio en la planta son de acción estructural y funcional de las paredes y membranas celulares y participación en algunas reacciones enzimáticas, siendo además un nutriente de gran importancia para la estructura y calidad de los frutos (Marcelle et al., 1988). El calcio mantiene la permeabilidad de la célula y su compartimentación, manteniendo las reacciones bioquímicas y las interacciones entre membranas. La mayoría del calcio presente en las células, se localiza en el apoplasto y en las vacuolas, mientras que en el citoplasma la concentración de calcio es pequeña. El papel estructural del calcio se sitúa en la lámina media entre las paredes de las células adyacentes (Mills y Jones, 1996).

Se estima que como mínimo, el 60% del calcio presente en las plantas está asociado con la pared celular (Rossignol et al., 1977), actuando como elemento cohesionador. El calcio situado en el apoplasto es el nexo de unión de las moléculas que forman la pared celular, enlazando los grupos carboxilatos ($R-COO^-$) de los ácidos poligalacturónicos o pectinas (Milles y Jones, 1996).

El calcio en el citoplasma puede regular algunas actividades enzimáticas, existiendo evidencias que es un mensajero celular, que suele estar asociado a una pequeña proteína llamada calmodulina (Carafoli y Penniston, 1986; Poovaiah et al. 1988) de forma reversible, activando gran cantidad de enzimas (Poovaiah y Reddy, 1987; Salisbury y Ross, 1994) como la fosforilación de las proteínas celulares (Poovaiah, 1986), la actividad de las enzimas mitocondriales o el control de las α -amilasas de degradación del almidón en los cloroplastos (Mills y Jones, 1996). La respuesta es función de la

actividad del calcio y de las proteínas de tipo kinasa dependientes del complejo calcio-calmodulina (Poovaiah, 1993).

La importancia del calcio en la calidad de la fruta radica fundamentalmente en su acción estructural (Marcelle et al., 1988). Un contenido adecuado es fundamental en la formación y mantenimiento de la permeabilidad de las membranas celulares y de las estructuras lipídicas (Bangerth, 1979). Conseguir un nivel óptimo de calcio en los frutos es importante para mejorar su calidad en cosecha, reduciéndose la predisposición de los frutos a las alteraciones fisiológicas durante la conservación (Lang y Volz, 1993).

La intervención del calcio en la regulación de la actividad respiratoria de los frutos, tiene una relación directa con la concentración de etileno y el proceso de maduración. A menor concentración de calcio en el fruto aumenta la respiración y por tanto el proceso de maduración se acelera (Conway y Sams, 1987; Tomala y Dilley, 1990).

Cuando el fruto madura, el calcio acumulado en la lámina media y la pared celular comienza a movilizarse, debido a la pérdida de las uniones iónicas entre el calcio y las pectinas (Stow, 1989; Marcelle 1990b; Stow, 1993; Roy et al., 1994), por la acción de las enzimas β -D-galactouronidas (Siddiqui y Bangerth, 1993).

Otras funciones del calcio en la planta son la formación de microtúbulos en la división celular (Faust, 1989) y su relación con la elongación celular en el crecimiento de las puntas de los tallos y raíces (Bush, 1995; Mills y Jones, 1996).

1.5.- Importancia del calcio en la calidad de los frutos.

Un déficit de calcio en los frutos, provoca un desequilibrio nutricional, que se asocia con importantes alteraciones fisiológicas y el desencadenamiento de muchas enfermedades de conservación (Casero, 1995). Se debe alcanzar un contenido adecuado de calcio en las manzanas, manteniendo un equilibrio nutricional entre todos los elementos minerales, para obtener frutos de alta calidad en cosecha (Marcelle, 1995; Tomala, 1997a; De-Jager et al., 1999; Dris et al., 1999) y a la vez ampliar su vida útil de poscosecha (Conway et al., 1995), aunque la composición mineral de los frutos y hojas es variable entre los años (Terblanche et al., 1980; Fallahi et al., 1985a). El contenido en azúcares, la acidez y la firmeza son los factores más importantes a la hora de determinar la calidad gustativa de las manzanas Golden Delicious, aunque en la práctica se valora más el aspecto externo como el color, calibre, ausencia de defectos y de fisiopatías como el bitter pit (Hohn y Guggenbuhl, 1999). La maduración y el reblandecimiento de los frutos implica una serie de cambios bioquímicos en las paredes celulares, provocando una reducción de su resistencia, lo que implica la formación de espacios

intercelulares (Roy et al., 1994). Las paredes celulares de los frutos tratados con calcio conservan la lámina media, efecto que no sucede en aquellos que no han sido tratados con dosis suplementarias de calcio (Park y Lee, 1996).

El calcio es un elemento clave para obtener una buena calidad de la fruta, mejorando la firmeza de la pulpa (Glenn y Poovaiah, 1990; Sams, 1999), evitando el ablandamiento de los frutos debido a los cambios bioquímicos de las células (Stow, 1989; Safner et al., 1998) y reduciendo al máximo las alteraciones fisiológicas en cosecha y en poscosecha (Ferguson y Triggs, 1990), es por esto que las manzanas requieren una fuente continua de calcio durante su desarrollo, para lograr unos buenos niveles de este nutriente en los frutos.

Es necesario alcanzar unos niveles óptimos de calcio en las manzanas, para evitar la aparición de alteraciones fisiológicas, estableciéndose que como mínimo el fruto debe tener una concentración de 4'5 – 5'5 mg Ca/100 g de materia fresca para evitar la aparición de bitter pit (Jonhson, 1989; Carvalhão, 1997), reduciéndose también la incidencia de plara y podredumbre interna durante la conservación frigorífica (Silva y Rodríguez, 1996). Una baja concentración de calcio en cosecha predispone a que el fruto tenga desórdenes fisiológicos durante la conservación, favoreciendo su senescencia (Lang y Volz, 1993) y aumentando el ablandamiento (Roy et al., 1994).

El calcio es importante porque mantiene la estructura y función de las membranas y paredes celulares. Al estabilizar las membranas, evita desórdenes fisiológicos, retardando la senescencia del fruto (Bangerth, 1974), debido a la unión de los iones calcio a los grupos ácido de las pectinas, actuando como cementante de las mismas, manteniendo la integridad de la pared celular por un tiempo más prolongado (Conway y Sams, 1987). Esto permite que el tejido sea muy resistente a la degradación por efecto de la enzima poligalacturonasa, que degrada los pectatos (Rigney y Wills, 1981).

La firmeza de los frutos es un criterio importante para determinar el grado de madurez y calidad de las manzanas en cosecha, durante y después de la conservación frigorífica, estando afectada por factores previos y posteriores a la cosecha (DeEll et al., 1999). Los frutos con elevados niveles de calcio tienen una mayor firmeza (Cooper y Bangerth, 1976; Conway et al., 1994), un mayor contenido en vitamina C (Bangerth, 1976), una menor intensidad de respiración (Bramlage et al., 1974; Recasens et al., 2004) y producción de etileno, traduciéndose en una ralentización de los fenómenos de maduración y senescencia, con menor incidencia de putrefacción, descomposición interna y otros desórdenes (Lau y Lane, 1988), permitiendo conservar los frutos durante más tiempo (Marcelle, 1984). La firmeza cortical de los frutos, desempeña un papel importante en la evaluación sensorial de la textura de las manzanas, que manifiestan los consumidores y catadores, prefiriendo en gran parte fruta de buena firmeza (Liu y King,

1978; Brennan, 1984; Dailliant et al., 1996). El color de la epidermis se mantiene más verde en los frutos con niveles más elevados de calcio (Marcelle, 1990a; Marcelle, 1995).

Aunque se considera al calcio como un elemento que aplicado durante el crecimiento del fruto mejora su firmeza, en ciertos casos como en las manzanas de las variedades McIntosh, el incremento del contenido de calcio en los frutos, no ha influido en su firmeza (Bramlage et al., 1985). Lo mismo sucede con manzanas de la variedad Wellspur Delicious (Davenport y Peryea, 1990), pudiéndose producir quemaduras en hojas cuando se realiza un número excesivo de aplicaciones foliares con calcio (Peryea y Neilsen, 2006). Por tanto, se pone en evidencia que cada variedad de manzana, tiene respuestas diferentes respecto al incremento de la firmeza de los frutos ante los aportes suplementarios de calcio vía foliar, siendo el magnesio y el estroncio elementos menos eficaces que el calcio en cuanto a la mejora de la firmeza (Conway y Sams, 1987).

Un decremento en la rigidez de la pared celular debido a deficiencias de calcio, puede ser un importante factor en la pérdida de resistencia a los ataques fúngicos (Sharples y Johnson, 1977). La cantidad de hemicelulosa y pectinas contenidas en las paredes celulares está positivamente correlacionada con la firmeza del fruto (Siddiqui y Bangerth, 1993). La firmeza de la pulpa es una de las características utilizadas a menudo para estimar el grado de madurez de los frutos y elegir las fechas de recolección óptimas para las manzanas (Salada, 1996; De Bellie et al., 2000). El efecto del calcio en la calidad de la fruta no depende solamente de su disponibilidad, sino también de la concentración de otros nutrientes tales como el potasio y el magnesio, que pueden sustituir al calcio a nivel de membrana y paredes de la célula (Burmeister y Dilley, 1993), influenciando directamente sobre la firmeza de los frutos en cosecha y después de su conservación en cámara frigorífica (De-Ell et al., 1999; Malakouti, 1999). En manzanas hay una correlación significativa entre la firmeza en cosecha y la firmeza después de su almacenaje (Knee y Smith, 1989; De-Jager y De-Putter, 1996).

Se aconseja obtener valores inferiores a 30 en la relación $(K+Mg)/Ca$ (Johnson, 1989; Pavicic y Miljovic, 1991; Wolf et al., 1998), así como tener valores del orden de 10 en la relación N/Ca , para mantener la calidad de los frutos y reducir las incidencias por alteraciones fisiológicas durante la conservación de los frutos (Casero et al., 1989; Fallahi et al., 1997). Una elevada fertilización potásica, magnésica y fosfórica aumenta los desórdenes fisiológicos (Takac y Peslova, 1994).

El ajuste del equilibrio nutricional entre potasio y calcio permite favorecer la absorción y movilidad del calcio hacia los frutos, mejorando su calidad (Vaysse et al., 2001), no debiéndose sobrepasar valores de 30 en la ratio K/Ca , para evitar la aparición de incidencias por fisiopatías (Jonhson, 1989).

Una falta de calcio estimula la producción de etileno (Mattoo y Lieberman, 1977), en la cosecha (Tomala y Dilley, 1990). Cuando la concentración de calcio se incrementa en los frutos climatéricos, la tasa de producción de etileno y de dióxido de carbono decrece y la madurez se retrasa (Faust y Shear 1972).

Las variaciones climáticas pueden influir en la absorción del calcio, afectando a la calidad del fruto y su sensibilidad ante determinadas alteraciones fisiológicas (Fidler et al., 1973), al igual que también tiene incidencia el manejo, como la poda o el riego (Silva y Rodriguez, 1996).

1.6.- El calcio relacionado con el bitter pit de las manzanas.

El bitter pit (mancha amarga) de las manzanas, es un desorden o alteración fisiológica del fruto, cuya sintomatología más común son manchas superficiales de color verde a marrón, acompañadas de tejidos corchosos amargos situados por debajo de la piel (Juan y Escudero, 1979), que empiezan a desarrollarse en la zona media del fruto hacia el cáliz (Atkinson et al., 1980). El bitter pit se expresa genéticamente según los cultivares de manzana y bajo condiciones de poca concentración de calcio en el fruto (Lewis, 1980), siendo la variedad Golden Delicious propensa a padecer esta fisiopatía, que aparece en el momento de la cosecha cuando los frutos empiezan a madurar, especialmente en zonas cálidas, pudiendo llegar a ser más severa su afección durante su conservación en cámara frigorífica (Andris et al., 2000). Hay otros factores, a parte del estatus mineral, como son la velocidad de crecimiento del fruto en el árbol y las condiciones de conservación, así como los crecimientos vigorosos de las brotaciones del año, ya que las hojas compiten con el fruto por el calcio (Ferguson y Watkins, 1989).

Inicialmente se creyó que el bitter pit de las manzanas podía ser causado por la persistencia del almidón en la zona del cáliz del fruto (Carne et al., 1929), o bien a una toxicidad química (Smith, 1926). Estudios posteriores indicaron que ésta alteración podría deberse a una deficiencia de calcio en los frutos (DeLong, 1936; Smock, 1941; Garman y Mathis, 1956). Sin embargo, en los resultados obtenidos con técnicas más modernas, se muestra que en las zonas que existe bitter pit hay un elevado contenido de calcio en sus tejidos, lo que indica que hay un desequilibrio interno en los frutos en cuanto al contenido y distribución del calcio (Val et al., 1999).

La plara es una fisiopatía que deprecia la calidad de los frutos y que se origina durante su almacenamiento, coexistiendo a menudo con el bitter pit, y se diferencia de esta última por presentar manchas superficiales necrosadas y secas alrededor de la zona próxima al cáliz, de una cierta profundidad y con la presencia de una lenticela en el

centro de la lesión, que se produce cuando el contenido de calcio en el fruto es bajo (Murga y Palazón, 1984).

Se ha comprobado que las aplicaciones foliares con calcio reducen el bitter pit, aunque no lo eliminan totalmente (Bramlage et al., 1985; Raese et al., 1990; Casero, 1996), así como la realización de baños o infiltraciones de soluciones con calcio en poscosecha (Lee y Dewey, 1981). El magnesio y potasio también son elementos que se asocian a la incidencia de bitter pit en las manzanas (Burmeister y Dilley, 1993; Tomala, 1997b). La implicación de estos elementos podría ser debida a los efectos sinérgicos o antagónicos respecto al calcio (Ben et al., 1997), observándose síntomas más severos de bitter pit en los frutos que tienen un alto cociente magnesio/calcio (Fallahi et al., 1988), debido a que el magnesio reduce la absorción y acumulación del calcio en los tejidos de la fruta (Ferguson y Watkins, 1981).

Una fertilización elevada con nitrógeno, puede también incrementar la incidencia de bitter pit en las manzanas (Ruiz, 1990). El boro también se ha asociado al calcio y a los desórdenes causantes del bitter pit de los frutos (Granelli y Ughini, 1989). Algunos estudios han concluido que el 50% de los casos en los que se aplicó boro, se redujo la incidencia de bitter pit, debido a que el boro se asocia a una mejora del transporte del calcio en el árbol y a la nutrición cálcica de la fruta, existiendo una relación entre el boro y los niveles de calcio (Janssens, 1991).

También se consideran otros factores que afectan al desarrollo del bitter pit, como el suelo (en cuanto a la disponibilidad de elementos nutritivos), factores relativos a la planta (transpiración, excesivo desequilibrio entre masa foliar y fruto) que varían en función del patrón y de la variedad, técnicas culturales y condiciones ambientales, fecha de recolección y posición de los frutos en el árbol (Monge et al., 1995; Lotze y Theron, 2003), así como el manejo del riego y la fertilización (Llop et al., 1998). A su vez, los manzanos que tienen menos carga de frutos, presentan mayor incidencia de bitter pit, que los árboles más cargados (Ferguson y Watkins, 1992). Hay ensayos en los que se comprueba que las altas concentraciones de giberelinas al final de temporada, probablemente como resultado de una excesiva actividad radicular, provocan mayor incidencia de bitter pit (Saure, 1996).

Realizando baños de los frutos con cloruro cálcico antes de ser conservados en cámara frigorífica, se consigue que los frutos tengan una menor incidencia de bitter pit (Kokalos, 1996), siendo más firmes (Fortes et al., 1984; Ait-Oubahou et al., 1995) que los frutos control no bañados. Se observa una correlación positiva entre la firmeza del fruto y la concentración de cloruro cálcico aplicada en baño (Pirmoradian y Barbalar, 1995), procurándose no aplicar una excesiva concentración que pudiera causar toxicidad a los frutos.

1.7.- El Calcio respecto a la producción de etileno y la tasa de respiración.

La respiración de los frutos es un proceso fisiológico necesario para que evolucionen de forma normal. La manzana es un fruto climatérico y su tasa de respiración no sigue un ritmo regular, siendo en el momento de la maduración cuando se produce un incremento elevado de la tasa de respiración y de la producción de etileno endógeno, llamado pico climatérico. El etileno es una hormona vegetal que regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y envejecimiento de los órganos vegetales de las plantas y es necesaria su producción autocatalítica en determinados frutos para que inicien la maduración, actuando como integrador de la secuencia de cambios asociados a este proceso (Vendrell, 1990).

La síntesis de etileno es el punto de partida de una serie de reacciones que conducen al fruto al estado de maduración (Grierson, 1987), comprobándose que si se exponen los frutos climatéricos a concentraciones de etileno tan bajas como 0'1-1'0 microlitros por litro durante un día, es suficiente para acelerar su plena maduración (Wills et al., 1984). No obstante, el etileno no es el único factor que induce la maduración, siendo importante la presencia de otros reguladores de crecimiento y de la abundancia de precursores del etileno y de la receptibilidad de las células de los frutos al etileno exógeno.

Los frutos climatéricos como la manzana suelen recolectarse antes de que empiece el pico climatérico, debido a que los cambios bioquímicos que conducen a su madurez organoléptica y posterior senescencia se producen de forma rápida. La presencia de etileno exógeno en la atmósfera de conservación, provoca que se reduzca el tiempo de almacenamiento de los frutos, así como la inducción de alteraciones fisiológicas, por ello, el etileno debe ser eliminado de la atmósfera de conservación para inhibir la maduración de los frutos (Du y Bramlage, 1994). La conservación de los frutos en condiciones de bajo nivel de oxígeno reduce la biosíntesis del etileno (Bangerth, 1983).

La respiración esta influenciada por la temperatura y las concentraciones de oxígeno y de dióxido de carbono existentes en la cámara de conservación. Se puede disminuir la respiración de los frutos rebajando la temperatura, reduciendo la concentración de oxígeno y aumentando la de dióxido de carbono, sin llegar a producirse una respiración anaerobia, con la intención de evitar al máximo la síntesis y acción del etileno sobre los frutos (Herrero y Guardia, 1992).

Se puede aplicar calcio directamente sobre los frutos antes y después de la cosecha, para retrasar su maduración y senescencia, así como prevenir desordenes fisiológicos. Sus efectos antisenescentes se relacionan principalmente con el mantenimiento de la estructura y funcionalidad de las membranas y paredes celulares, y con la regulación de

la fosforilación de las proteínas (Paliyath et al., 1984; Poovaiah y Reddy, 1987). Niveles bajos de calcio se han relacionado con una alta actividad respiratoria en manzanas (Bramlage et al., 1973; Poovaiah, 1993). Frutos tratados con calcio han retrasado la evolución de producción de etileno endógeno (Sams y Conway, 1984; Lara y Vendrell, 1998).

Determinados investigadores obtuvieron que infiltrando los frutos con elevadas concentraciones de cloruro cálcico, se conseguía reducir la tasa de respiración y la producción de etileno (Glenn et al., 1988; Tomala y Dilley, 1990; Marcelle, 1991; Song y Bangerth, 1993; Tomala, 1997a), comportando también un aumento de la firmeza (Sayyari y Rahemi, 2003). No obstante, hay casos en que los niveles de respiración de los frutos no varían, al tratarlos con calcio por inmersión, ni tampoco se ven afectados significativamente la magnitud o el inicio del pico climatérico, ni se demostró ningún efecto destacado sobre los cambios en la respiración mitocondrial durante el periodo de conservación frigorífica (Duque et al., 1999).

En cuanto a las manzanas Golden Delicious, realizando tratamientos secuenciales con cloruro cálcico en frutos recolectados, se consiguió reducir la tasa de respiración y la producción de etileno (Saftner et al., 1998; Saftner et al., 1999). En manzanas Granny Smith, tratadas con cloruro cálcico en poscosecha, no se vieron afectadas perceptiblemente las producciones de etileno, pero se redujo los valores del pico climatérico (Soria et al., 1993). Respecto a variedades de manzanas Red Delicious, se han llegado a obtener correlaciones negativas entre la concentración interna de etileno respecto al contenido de calcio de los frutos (Tomala y Dilley, 1990). Por tanto, con los resultados de estas investigaciones se demuestra la existencia de una variabilidad de respuestas entre el contenido de calcio de los frutos y sus niveles de respiración y producción de etileno.

1.8.- Efecto de las aportaciones de nutrientes minerales en precosecha.

Las pulverizaciones foliares en precosecha, tienen por objeto proporcionar un suministro adicional de nutrientes al fruto, en especial de calcio, complementando al aporte natural procedente de la absorción radicular (Casero, 1996), sobre todo en los periodos de crecimiento del fruto en que la concentración de calcio se considera baja (Raese, 1994; Raese y Drake, 2000).

Las pulverizaciones con sales cálcicas han dado buenos resultados en relación con la mejora de las propiedades físicas de la fruta (Jaren-Ceballos y Recasens, 1990), proporcionando un aumento de la firmeza y una reducción de algunas alteraciones fisiológicas como el bitter pit, escaldado y descomposición interna (Peryea, 1991;

Poovaiah, 1993; Raese y Drake, 1993b), aunque pueden provocar una mayor incidencia de russeting en los frutos (Casero, 1996). Los resultados varían según sea la fuente de calcio y la cantidad aplicada (Raese, 1995). Las pulverizaciones de calcio producen un incremento de los contenidos de este elemento en las zonas exteriores de los frutos (Zavalloni et al., 2001; Raese y Drake, 2002) y un aumento significativo de la cantidad de magnesio hacia el interior de los mismos (Perring, 1986).

El calcio aportado directamente sobre la superficie del fruto mediante pulverizaciones, se deposita en la cutícula (Glenn y Poovaiah, 1985) y se introduce a través de las lenticelas y las grietas hacia el interior del fruto (Chanel, 1989; Silvia y Rodríguez, 1996; Roy et al., 1999), moviéndose por difusión dentro de los espacios intercelulares (Conway y Sams, 1985). En algunos casos se ha evidenciado, que solamente una pequeña fracción del calcio aplicado con las pulverizaciones, es interceptada y asimilada por los frutos, siendo su penetración bastante lenta debiéndose realizar varios tratamientos para aumentar significativamente el contenido de calcio en los frutos (Schlegel, 2003).

Hay estudios en que han aplicado nitrato cálcico vía foliar con la intención de aumentar la concentración de calcio en los tejidos de los frutos (Sharples y Johnson, 1977), consiguiendo una reducción de la descomposición interna y de la incidencia de bitter pit, al verse incrementado el nivel de calcio en los frutos (Ferguson y Watkins, 1983), mejorándose en algún caso la coloración de las manzanas (Handsack y Alexander, 2002). También se han realizado experiencias utilizando nitrato cálcico vía suelo, para disminuir la relación N/Ca y conseguir reducir los desórdenes fisiológicos en manzanas, sin embargo se obtuvieron mejores resultados con los tratamientos de calcio vía foliar (Raese, 1994). Aplicaciones de fosfato cálcico en los frutos, condujeron a un incremento de sus niveles de fósforo, pero no se aumentó la concentración de calcio, ni se observó una mejora de la firmeza (Bramlage et al., 1985).

Uno de los productos que más se ha utilizado para realizar las pulverizaciones, ha sido el cloruro cálcico, debido a que este producto incrementa el contenido de calcio en el fruto (Ben, 1986; Yim et al., 1989; Conway et al., 1994) alrededor de un 10% (Raese et al., 1990). Con aplicaciones foliares de cloruro cálcico desde junio hasta cosecha, se consigue prevenir el bitter pit y otras alteraciones fisiológicas (Tomala et al., 1994), inhibiendo la degradación de pectinas, manteniendo la textura y firmeza de los frutos e incluso aumentándola (Raese et al., 1990; Casero, 1996). Se han obtenido resultados en que aplicando cloruro cálcico en precosecha se aumenta la acidez y se reducen los sólidos solubles (Dris et al., 1999). El producto comercial Stopit, a base de calcio, logra incrementar la concentración de calcio en los frutos, ayudando a mantener mejor la calidad (Ingle y D'Souza, 1989; Beavers et al., 1994), reduciéndose en general el ataque

de bitter pit e incrementándose la firmeza de los frutos (Silvia y Larrain, 1997), disminuyéndose la producción del etileno interno en los frutos (Tomala et al., 1997).

Una desventaja de realizar tratamientos precosecha con calcio en comparación con los de poscosecha, es el precio de ejecución en campo de un número determinado de tratamientos foliares a base de cloruro cálcico, para conseguir unos incrementos significativos de los niveles de calcio en los frutos (Perring, 1979; Drake y Bramlage, 1983). En algunos casos los tratamientos de calcio en precosecha solamente pueden ser eficaces cuando se aplican periódicamente durante la fase de crecimiento del fruto, evitando concentraciones elevadas que pudieran dañar su epidermis (Weis et al., 1980; Peryea, 1991), observándose en algunos casos, que un aumento del número de aplicaciones de calcio vía foliar, no se traduce en una mejora significativa de la firmeza de los frutos (Benavides et al., 2001; Benavides et al., 2002). No obstante, hay ensayos que han conseguido obtener unos buenos niveles de calcio en los frutos, retrasando su maduración, disminuyendo la incidencia por bitter pit, realizando aplicaciones de calcio a partir de principios del mes de junio (Tomala, 1997a), relacionado con un aumento del área superficial del fruto (Michalczyk y Kubik, 1989).

1.9.- Papel del nitrógeno en la nutrición de la planta.

El nitrógeno es un nutriente que se precisa en gran cantidad para la síntesis de proteínas y otras biomoléculas, aumentando el crecimiento vegetativo y la producción en manzano (Raese et al., 1990), existiendo una relación positiva entre el contenido de nitrógeno respecto al rendimiento productivo (Lone y Baba, 2007). El nitrato y el amonio son las mayores fuentes del nitrógeno absorbido por las raíces, y que son tomados en mayor cantidad a medida que aumenta la temperatura (Mills y Jones, 1996). La nutrición nitrogenada ejerce un marcado efecto en la composición del fruto, en su tamaño y en su calidad, pues al incrementarse el contenido de nitrógeno, se aumenta el tamaño de los frutos y la concentración existente de nutrientes generalmente disminuye, así como también suelen hacerlo algunos parámetros de calidad como la acidez, sólidos solubles y firmeza de la pulpa (Marsh et al., 1996; Dris et al., 1999). Un buen equilibrio nitrogenado influirá marcadamente en la calidad de los frutos (Fallahi et al., 1997).

Las fuertes fertilizaciones nitrogenadas perturban la nutrición cálcica de los frutos, incrementándose los niveles de nitrógeno y potasio en dichos frutos (Raese, 1989; Takac, 1994). El contenido de nitrógeno en los frutos se correlaciona negativamente con los parámetros de porcentaje de acidez, sólidos solubles e índice de Thiault en manzanas Golden Delicious (Marcelle, 1990a). También se ha correlacionado negativamente la firmeza de los frutos, en cosecha, con el contenido de nitrógeno de hojas y frutos (Raese y Drake, 1997; De-Jager et al., 1999). La susceptibilidad de los

frutos a muchos desórdenes aumenta significativamente al elevar el contenido de nitrógeno (Shear y Faust, 1980). Un exceso de abonado nitrogenado provoca un aumento del crecimiento y longitud de los brotes (Bondoux, 1994). Se ha observado una tendencia en los árboles que recibieron altos contenidos de nitrógeno, a producir frutos de color más verde (Meheriuk et al., 1992). Hay una tendencia a disminuir los contenidos de fósforo y potasio en hoja al incrementar la dosis de fertilizante nitrogenado, al crearse una dilución de las concentraciones de fósforo y potasio en hojas y ramas, ante el estímulo del crecimiento vegetativo (Rupp y Hubner, 1995). Durante la conservación frigorífica una relación baja N/Ca está asociada a una mejor calidad de los frutos después del almacenaje (Marcelle, 1990b).

1.10.- Papel de otros elementos minerales en la nutrición de la planta y en la calidad de los frutos.

1.10.1.- Fósforo.

El fósforo presente en los suelos aparece en proporciones menores que el nitrógeno y el potasio. Las raíces de las plantas absorben el fósforo principalmente en forma de ión ortofosfato presente en concentraciones muy bajas en la solución del suelo. Una vez captado se convierte rápidamente en fósforo orgánico y se metaboliza (Mills y Jones, 1996). Es un elemento muy móvil, principalmente por el floema, que cumple las funciones de regular el metabolismo, ser transportador de energía (ATP), actuar como constituyente de ácidos nucleicos y moléculas orgánicas. Con niveles bajos de fertilización fosfórica se disminuye la producción y calidad de los frutos (Sharples, 1980). Un contenido óptimo de fósforo en los frutos mejora su firmeza y retrasa la degradación de las membranas de la célula (Pech et al., 1994). En manzanas de la variedad Jonagold se han encontrado correlaciones positivas entre el contenido de fósforo en los frutos y su firmeza, así como correlaciones negativas con los niveles de incidencia por desórdenes fisiológicos tales como el bitter pit (Awasthi et al., 1985; Takac y Peslova, 1994) y la descomposición interna (Marcelle, 1995).

1.10.2.- Potasio.

Las plantas absorben el potasio del suelo en forma iónica. Es un elemento móvil por el floema que se distribuye en tejidos jóvenes, siendo el catión más abundante del citoplasma (Faust, 1989). El potasio interviene en numerosos procesos bioquímicos y de síntesis, teniendo una marcada influencia en las características organolépticas de los frutos.

En manzanas Golden Delicious se han encontrado correlaciones positivas entre los niveles de sólidos solubles y la acidez con los contenidos de potasio en los frutos (Marcelle et al., 1989; Fallahi y Simons, 1996). En el caso de manzanas de la variedad Elstar solamente se han observado correlaciones positivas entre el contenido de potasio de los frutos y la acidez de los mismos, en cosecha y después de su conservación frigorífica (De-Jager et al., 1999). Una buena nutrición en potasio de los frutos es importante para tener un buen equilibrio entre la acidez y los azúcares, pero un alto contenido de potasio unido a un bajo contenido en calcio, aumenta la incidencia de desórdenes fisiológicos en cosecha (Tomala et al., 1994; Pech et al.1994; Tomala, 1997b) y durante la conservación frigorífica, observándose en muchos casos también una correlación negativa con la firmeza de los frutos (Marcelle, 1995). También se ha demostrado que el contenido de azúcar y la acidez, son factores importantes en la calidad del gusto de las frutas y que están correlacionados positivamente con el cociente K/Ca (Marcelle, 1985). El potasio muestra correlaciones negativas con el contenido en calcio, observándose que con aplicaciones foliares de cloruro potásico se incrementa significativamente la concentración de potasio en hoja, pero provoca una disminución del contenido de calcio (Awasthi et al., 1995).

1.10.3.- Magnesio.

El magnesio es un nutriente mineral que se absorbe pasivamente y se transporta por el floema hacia las hojas viejas y jóvenes, interviniendo en la fotosíntesis de las plantas, al ser un constituyente esencial de la clorofila, actúa en el metabolismo de los glúcidos y es cofactor de enzimas (Marschner, 1990). En frutos de la variedad Golden Delicious, se ha observado una correlación negativa entre el contenido de magnesio y el índice de Thiault, demostrándose también un efecto perjudicial el exceso de magnesio en cuanto a la calidad después de la conservación frigorífica de las frutas, al competir con el calcio (Conway y Sams, 1987; Marcelle, 1990b). Existe una correlación negativa entre la incidencia por bitter pit y la concentración de magnesio en los frutos (Quast, 1985; Bramlage et al., 1985).

1.10.4.- Hierro.

El hierro absorbido por las raíces se transporta por el xilema hacia los cloroplastos, participando activamente en las reacciones de fotosíntesis en las hojas. En general los manzanos son menos sensibles a la deficiencia de hierro que otras especies como el melocotonero (Janssens, 1991), pero es conveniente que no padezcan deficiencias para evitar posibles clorosis (Wu et al., 1997), reduciendo el normal desarrollo de los

árboles, que pudieran derivar en alteraciones de calidad sobre los frutos (Sanz y Machin, 1999).

1.10.5.- Manganeso.

El manganeso es un micronutriente que después de ser absorbido se transporta por el xilema, participando en procesos de oxidación durante la fotosíntesis y retrasando la senescencia de los cloroplastos (Marschner, 1990). Una deficiencia de manganeso puede ocasionar síntomas de clorosis entre los nervios de las hojas viejas (Mills y Jones, 1996). Realizando aplicaciones foliares con manganeso se pueden incrementar los contenidos de este micronutriente en los frutos y hojas, sin ser determinante para su calidad (Marcelle, 1995), aunque su presencia en exceso está correlacionado positivamente con una aparición de bitter pit (Tomala et al., 1994) y negativamente con el contenido en magnesio en los frutos (Awasthi et al., 1985).

1.10.6.- Zinc.

El zinc es un elemento relativamente inmóvil que después de ser absorbido se transporta mayoritariamente por el xilema, participando en diversos procesos enzimáticos (Marschner, 1990). Con contenidos deficitarios de este micronutriente, pueden aparecer síntomas de clorosis muy parecidos a los manifestados por carencia de hierro y manganeso (Mills y Jones, 1996). Hay estudios que indican, que un exceso de contenido de zinc en los frutos provoca una disminución del contenido de calcio, reduciéndose su calidad después de la conservación de los mismos (Marcelle, 1995), por el contrario hay otros ensayos en los que no se relaciona ni la firmeza, ni la conservación de las manzanas con los contenidos de zinc (Li et al., 1995).

1.10.7.- Boro.

El boro es absorbido pasivamente, ayudado por la transpiración, siendo su transporte básicamente por el xilema, al ser muy limitado por el floema, debido a que es un elemento nutritivo relativamente inmóvil en la planta (Mills y Jones, 1996). Participa en el crecimiento meristemático, la división y elongación celular, y en el crecimiento del tubo polínico (Shorrocks y Portch., 1992). También se le asocia junto con el calcio un papel estructural de la pared celular, al encontrarse más del 80% del boro situado en la pared de la célula, probablemente con una interacción entre el calcio y las pectinas (Kobasyashi et al., 1999).

Se ha observado que el boro tiene efectos sinérgicos con el calcio (Vago et al., 2007), de forma que realizando aplicaciones foliares con boro en precosecha después de la caída de pétalos se conseguía incrementar su contenido en los frutos (Wojcik et al., 1997), reduciéndose la incidencia por bitter pit en cosecha (Granelli y Ughini, 1989) y después de su conservación frigorífica (Zude et al., 1997), al verse incrementado el contenido de calcio en los frutos (Wojcik et al., 1999). Por el contrario, un exceso de boro no favorece al aumento de los contenidos de calcio en los frutos, observándose que niveles excesivos de boro aceleran la maduración de las manzanas, incrementando la incidencia de bitter pit (Silva y Rodríguez, 1996).

1.11.- Acciones para mejorar la calidad de los frutos y las deficiencias de nutrientes.

Realizar un buen manejo de las prácticas de cultivo como el aclareo de los frutos, efectuar un abonado equilibrado, aportando la dosis adecuada de nitrógeno, con poda de invierno y verano para controlar los crecimientos de los ramos y con la aplicación de pulverizaciones a base de cloruro cálcico, han repercutido con una mejora de la calidad de los frutos (Silbereisen y Link, 1985). Juntamente con las aplicaciones foliares de cloruro cálcico, si se aplican vía suelo aportaciones correctas de nitrato cálcico, se consigue incrementar las concentraciones de calcio en hojas y frutos en manzanos (Raese, 1996). No obstante, hay casos en que no se encontraron diferencias respecto a la incidencia de bitter pit en las diferentes estrategias de aplicación de los fertilizantes nitrogenados (Raese, 1995).

Los frutos recolectados en zonas interiores de los árboles tienen mayores contenidos de minerales, especialmente de nitrógeno, con una relación K/Ca más favorable (De Jager y De Putter, 1996). Las manzanas que se cosechan más temprano, obtienen una mejor firmeza (Tripathi y Bhargava, 1993), aunque las que se recolectan más tarde muestran una menor incidencia de bitter pit (Margittay y Vass, 1984). Aumentando el intervalo entre la floración y la cosecha se obtiene una reducción en la incidencia por desórdenes fisiológicos (Ait Oubahou et al., 1995). La recolección de los frutos una semana antes de la maduración produce un aumento de la incidencia de bitter pitt, que se reduce realizando pulverizaciones y/o baños con cloruro cálcico (Stylianides, 1981).

Las podas severas de invierno provocan una elevación de los valores de la relación (K+Mg)/Ca, pudiendo incrementar la incidencia de alteraciones por desórdenes fisiológicos. En cambio, hay autores que al realizar podas de verano obtienen una reducción de la acumulación de asimilados en los frutos (Katzler y Wurm, 1998). La poda tardía de verano incrementa significativamente la acumulación de magnesio en el

corazón de los frutos en cosecha, incrementándose el rango de distribución del calcio del corazón a la periferia del fruto durante su conservación frigorífica (Perring, 1985).

Un aumento del contenido de nitrógeno en las hojas, reduce el contenido de fósforo, particularmente en años de poca cosecha (Blaszczyk y Ben, 1996), y de potasio, pero no afecta significativamente al contenido de calcio y magnesio de las hojas (Rupp y Hubner, 1995). En condiciones de suelo ácido, la presencia de fósforo favorece la absorción de calcio, al aumentarse la solubilidad calcio-fosfatos (Mills y Jones, 1996), aunque el aumento del contenido de fósforo en las hojas y frutos provoca una reducción de los niveles de zinc (Raese, 1997).

El potasio de las hojas tiende a reducirse cuando aumenta el nivel de fósforo (Olivier et al., 1994). Un aumento del contenido de potasio en las hojas conlleva una reducción del contenido de magnesio (Svagzdys, 1990). Una elevada absorción de magnesio y/o potasio, comporta un bajo nivel de calcio en los frutos (Haynes, 1992). La aplicación de fertilizantes foliares de zinc, provoca un incremento de los niveles de manganeso en las hojas. Recíprocamente si se aumenta el contenido de manganeso en las hojas, se provoca un aumento de los niveles de zinc. Esta reciprocidad también existe entre el zinc y el boro (Balter et al., 1987).

Los niveles de absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro varían posiblemente debido a las diferentes temperaturas, dosis de fertilización, cantidad de lluvia (Rom y Rom, 1992), tipo de patrón (Sharma y Chauhan, 1991) y vigor de la planta (Tagliavini et al., 1992), correlacionado con el porcentaje de luz solar recibida y captada (Barrit et al., 1987).

1.12.- Conservación de los frutos.

La conservación frigorífica, conlleva una pérdida de calidad de los frutos, producida por una serie de cambios fisiológicos de metabolismo interno, causando una disminución de la firmeza y la aparición de una serie de alteraciones fisiológicas como el bitter pit, plara y lenticelas rojas. Las paredes celulares de los frutos no tratados con calcio aumentan de volumen y se separan durante la conservación. Estos cambios están acompañados por un descenso del contenido de galactosa en las paredes celulares y por un incremento de las pectinas solubles. Dichos fenómenos se han podido evitar aplicando calcio a los frutos antes de su conservación frigorífica (Glenn y Poovaiah, 1990). La variación del contenido en sólidos solubles, ácidos, azúcares totales y vitamina C durante la conservación se ha reducido con la realización de tratamientos poscosecha a base de cloruro cálcico (Badshah et al., 1994). Los frutos que tienen un adecuado nivel de calcio tienen mayor probabilidad de mantener mejor la firmeza y

pueden ser conservados durante periodos de tiempo más largos, que los que presentan niveles más bajos (Hisaw, 1991). Se estima que los principales cambios en los tejidos de las paredes celulares se producen de forma más significativa después de 6 meses de conservación (Chardonnet et al., 2003).

La fecha de recolección de los frutos puede influir en la calidad y en la cantidad de alteraciones fisiológicas después de la conservación frigorífica (Skrzynski y Sass, 1994). Una conservación de los frutos con ULO (Ultra Low Oxigen), mantiene mejor la firmeza, el color y la acidez (Goffings et al., 1994; Argenta y Brackmann, 1996; Siddiqui et al., 1996), alargando la vida útil de los mismos después de la salida de cámara frigorífica, siendo la práctica comercial más utilizada para almacenar las manzanas (Knee, 1993). Sin embargo, las condiciones de conservación varían según la variedad (Sharples y Stow, 1986). En caso de las manzanas, una atmósfera con unos niveles de oxígeno del 1'5%, con un 3% de dióxido de carbono y a una temperatura de conservación de entre 1 a 3 °C, han sido las condiciones que mejores resultados han experimentado los frutos durante su conservación frigorífica (Dilley et al., 1989; Meheriuk, 1990).

Los buenos resultados de conservar los frutos en una atmósfera con bajo nivel de oxígeno, se deben a la reducción de los cambios fisiológicos asociados a una disminución de la respiración. Al bajar la temperatura y la concentración de oxígeno durante la conservación frigorífica, se limita la actividad de las enzimas implicadas en el metabolismo respiratorio, pudiéndose retrasar la producción de etileno y de dióxido de carbono (Knee, 1980; Bangerth, 1984). No obstante, debe tenerse la precaución de no mantener las atmósferas de conservación a unos niveles muy bajos de oxígeno, por correr el riesgo de generar una respiración anaeróbica, que provocaría la producción de etanol y acetaldehídos, siendo un efecto perjudicial para la fruta (Recasens, 1997).

La posición de los frutos dentro del árbol, condiciona que los situados en ramos terminales tengan una mejor conservación que los frutos situados en otras posiciones, debido a que la concentración de calcio es mayor en los frutos de ramos terminales (Volz et al., 1994). La incidencia de bitter pit en conservación en atmósfera normal, está correlacionada con la concentración de calcio y la relación K/Ca de los frutos analizados en cosecha (Johnson et al., 1987). Una baja relación N/Ca mejora la calidad de las manzanas conservadas. Una alta fertilización con nitrógeno aumenta la cantidad de podredumbres durante su conservación frigorífica (Janisiewicz et al., 1998).

El magnesio y el boro juegan un importante papel en el metabolismo y conservación de los frutos, causando interacciones indirectas con el calcio, a la vez que lo pueden substituir (Marcelle et al., 1988). En general después de la conservación, se reduce la solubilidad del calcio, no siendo uniforme en todo el fruto, lo que ocasiona que la

relación K/Ca del interior del fruto aumente (Saks et al., 1990; Siddiqui y Bangerth, 1996).

Un nivel de potasio superior al normal provoca mayores incidencias por bitter pit (Sansavini y Montevecchi, 1987) y también de manchas lenticulares (Peslova y Takac, 1989) durante la conservación, aunque también se relaciona la aparición de lenticelas a un bajo contenido de calcio en la pulpa de los frutos (Bender et al., 1990).

1.13.- Efectos de la aplicación del 1-Metilciclopropeno.

El 1-Metilciclopropeno (1-MCP) es un producto que bloquea la acción del etileno en plantas, flores y hortalizas (Sisler et al., 1999), demostrando una gran eficacia a la hora de retardar el inicio de la maduración de frutos de pepita, hueso y tropicales. Su modo de acción es unirse al receptor del etileno, ocupando su lugar, con lo cual se consiguen bloquear los efectos del etileno tanto endógeno como exógeno (Jiang et al., 1999), siendo efectivo a dosis extremadamente bajas del orden de ppb. Los primeros indicios de la efectividad del 1-MCP para inhibir los efectos del etileno, se demostraron en flores cortadas (Serek et al., 1995).

La mayoría de las respuestas del 1-MCP son eficaces, si los frutos tratados se conservan a una temperatura de entre 0 a 3 °C, comprobándose que, cuando los frutos se almacenan a temperatura ambiente o después de la frigoconservación, los efectos de la aplicación del 1-MCP pueden desaparecer, siendo los frutos sensibles a la acción del etileno. El efecto del 1-MCP sobre la acción del etileno depende directamente del estado de madurez del fruto, porque cuanto más maduro está, más receptores de etileno se sintetizan y por tanto mayor dosis de 1-MCP será necesaria para inhibir la acción del etileno (Zoffoli, 2002).

El producto 1-MCP es inocuo, no contamina el agua, es efectivo a dosis muy bajas y no deja residuos en los frutos después del tratamiento. En el caso de las manzanas, este producto tiene la capacidad de mantener la firmeza de los frutos durante su conservación frigorífica, reduciéndose la incidencia de algunos desórdenes (Watkins et al., 2000; Calvo, 2002). En varios ensayos dónde se aplicó el 1-MCP se ha podido apreciar una reducción de la respiración de los frutos tratados, además de inhibir la producción de etileno, tanto en manzanas Fuji (Fan y Mattheis, 1999a; Fan y Mattheis, 1999b; Argenta et al., 2001), Golden Delicious (Jiang y Joice, 2002) y Granny Smith (Fan y Mattheis, 1999c), notándose una disminución del reblandecimiento, de la pérdida de acidez y de los cambios de color en la superficie de los frutos (Argenta et al., 2001).

Los frutos tratados con 1-MCP presentaron una mayor firmeza y acidez que los controles, después del almacenamiento a diferentes temperaturas (Fan y Mattheis, 2001), efecto que se observó también en diferentes variedades de manzana (Fan y Mattheis, 1999c; Fan et al., 1999). El contenido total de sólidos solubles de los frutos, no varió significativamente al realizar el tratamiento con 1-MCP (Fan et al., 1999; Rupasinghe et al., 2000; DeEll et al., 2002).

Las manzanas tratadas con el compuesto 1-MCP tienen más posibilidades de mantener la calidad durante su conservación frigorífica, pero su eficacia puede estar afectada por la temperatura y duración del almacenamiento, dependiendo de la variedad de manzana (DeEll et al., 2002) y del momento de aplicación después de la cosecha, siendo más efectivo cuando se aplica antes de los 3 a 5 días posteriores a la recolección de los frutos en campo (Jiang et al., 1999). Durante el almacenamiento en atmósfera controlada se puede producir un oscurecimiento de la epidermis del fruto, conocido con el nombre de DSB (Diffuse Skin Browning), siendo un desorden que interviene en los procesos oxidativos, de naturaleza distinta al escaldado superficial, que puede tener un mayor grado de afectación cuanto más verdes son los frutos en el momento de la recolección y en los clones de la variedad Golden Delicious más sensibles al russetting (Larrigaudiere et al., 2010).

1.14.- La manzana Golden Smoothee.

La manzana (*Malus domestica*, Borkh) de la variedad Golden Smoothee se originó a partir de una mutación natural de Golden Delicious, descubierta por Carl R. Gibson, en Pensilvania (Estados Unidos), alrededor del año 1958. La variedad Golden Smoothee presenta características muy similares a la variedad original, pero con menor sensibilidad al russetting. Los árboles tienen un porte abierto, ramifican con facilidad, pertenecen al tipo III de fructificación, siendo fáciles de formar y entran rápidamente en producción, manteniéndose de forma regular y elevada, lo que ha propiciado a ser uno de los mutantes de Golden Delicious que más difusión ha tenido en todo el mundo. Los frutos son de color verde amarillo a amarillo dorado con lenticelas poco marcadas, con baja sensibilidad al cracking. El momento de recolección para la zona de Lleida oscila generalmente durante la primera quincena del mes de septiembre, siendo su aptitud a la conservación buena en atmósfera controlada con bajos niveles de oxígeno, presentando una buena firmeza, azúcares y acidez, lo que permite conservar los frutos hasta de 8 a 9 meses (Dalmau e Iglesias, 1999).

1.15.- Objetivos.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Conocer la interacción entre las aplicaciones de calcio y nitrógeno en las manzanas Golden Smoothie y el contenido de minerales en los frutos y en las hojas.
- Determinar la influencia de las aplicaciones de calcio y nitrógeno en la calidad de las manzanas Golden Smoothie en cosecha y después de la conservación frigorífica.
- Evaluar el papel de los tratamientos de calcio y nitrógeno en la producción de etileno y respiración de las manzanas Golden Smoothie.
- Evaluar la respuesta de los tratamientos de calcio y nitrógeno, combinados con la aplicación del producto 1-MCP en las manzanas Golden Smoothie.

LA CALIDAD DE LAS MANZANAS GOLDEN SMOTHEE EN RESPUESTA A LAS ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y CALCIO, COMBINADO CON EL EFECTO DEL 1-METILCICLOPROPENO

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

2.- MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1.- Material vegetal.

El presente ensayo de 3 años de duración, se ha realizado en una parcela homogénea de manzanos (*Malus domestica*, Borkh) en la Estación Experimental del “Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries” (IRTA) situada en Gimènells (Lleida). Los manzanos tenían inicialmente 8 años de edad y eran de la variedad “Golden Smoothee”, con porta-injerto EM-9 Pajam-2, en un marco de plantación 4 x 1’4m y un sistema de formación en eje central. El riego se realizó por sistema localizado de goteo, aplicando el abonado por fertirrigación. La parcela estaba situada en una plataforma llana, con un suelo calcáreo y pedregoso, pero sin problemas de exceso de sales que pudieran limitar el cultivo de árboles frutales.

También durante el último año de estudio se realizaron análisis de calidad comparativos con manzanas de la misma variedad, de una parcela comercial de Pina de Ebro (Zaragoza), situada en una plataforma llana con un suelo de tipología árida con materiales gravosos y de yeso, presentando los frutos una deficiencia de calcio. Los árboles de 10 años de edad estaban plantados en un marco de 4 x 1’3 m, disponiendo de un porta-injerto EM-9, con un sistema de formación en eje central y riego localizado.

2.2.- Diseño experimental.

2.2.1.- Diseño experimental del primer año de ensayo (2000-2001).

En la parcela de manzanos de Gimènells (Lleida) se realizaron aplicaciones sobre los frutos, con un nutriente foliar a base de calcio, en tres estrategias:

-Estrategia I: consistió en realizar 6 aplicaciones con Stopit (producto comercial, a base de una solución líquida concentrada de cloruro cálcico con una riqueza en calcio de 160 g/l) a una dosis de 1000 cc/100 litros de agua, cada 15 días desde principios de junio hasta finales del mes de agosto, con un consumo de caldo de 1200 litros/ha, en cada aplicación.

-Estrategia II: consistió en realizar 8 aplicaciones con Stopit a una dosis de 1000 cc/100 litros de agua, cada 15 días desde principios de junio hasta finales del mes de julio, y semanalmente durante el mes de agosto, con un consumo de caldo de 1200 litros/ha, en cada aplicación.

-Estrategia III: no se realizó ninguna aplicación foliar de calcio. Sirvió como control.

Estas tres estrategias se combinaron con 2 dosis de abonado nitrogenado, aplicado por fertirrigación:

-Dosis A: de 60 unidades fertilizantes (UF) de N por hectárea (ha).

-Dosis B: de 100 UF de N/ha.

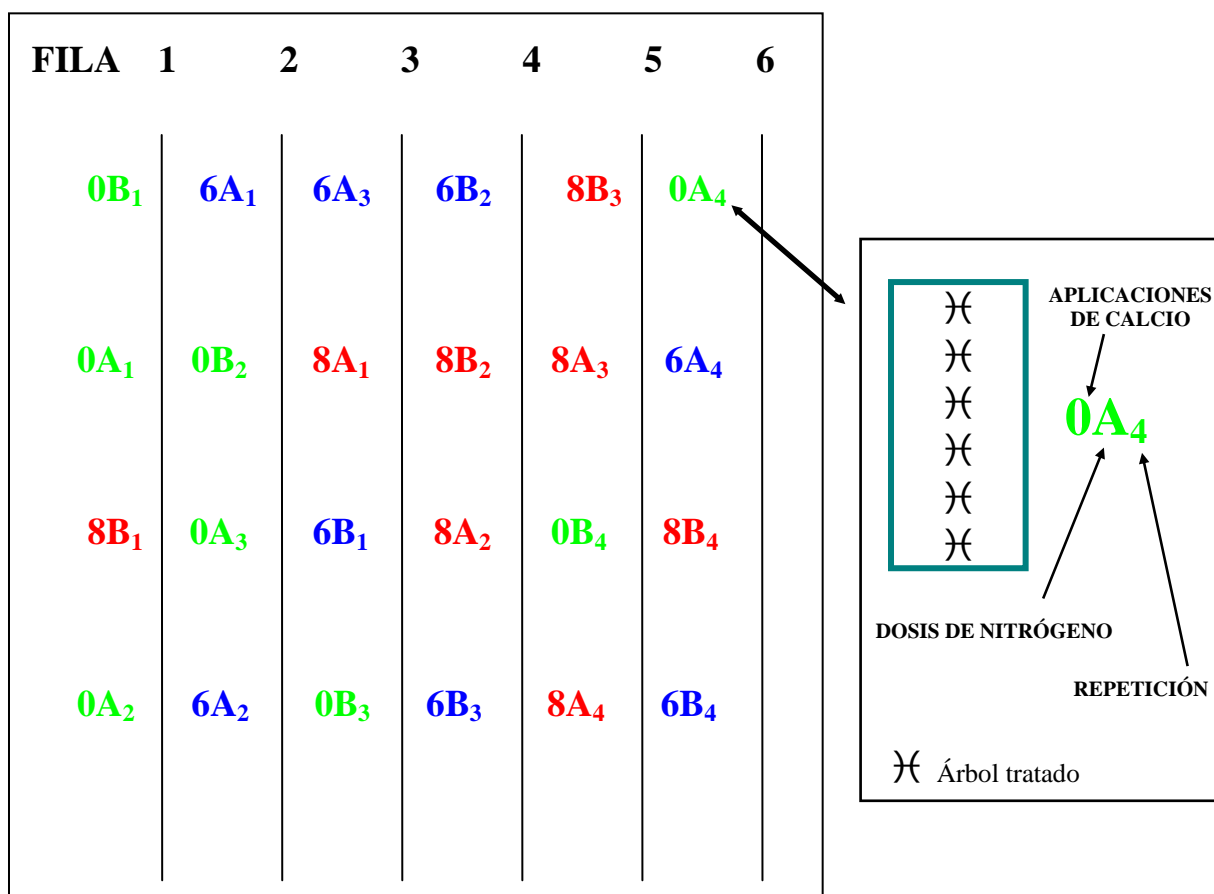
En la tabla 2.1., se refleja la combinación de aplicaciones foliares a base de calcio con las dosis de abonado nitrogenado. El abonado general de la parcela se completó con la aportación de 15 UF de P₂O₅/ha y 83 UF de K₂O/ha, por fertirrigación.

Tabla 2.1.- Combinación de tratamientos (TRT) efectuados en el primer año de ensayo.

Dosis N	TRT Ca	6 aplicaciones de Ca	8 aplicaciones de Ca	0 aplicaciones de Ca
	A: 60 UF de N/ha.		6A	8A
B: 100 UF de N/ha.		6B	8B	0B

Se planteó un diseño estadístico completamente aleatorizado, con 2 factores: aplicaciones de calcio (3 niveles) y dosis de abonado nitrogenado (2 niveles), con 4 repeticiones, resultando un total de 24 parcelas experimentales de 6 árboles cada una. Entre estas parcelas experimentales se dejaron árboles borde de separación (Fig. 2.1.).

Figura 2.1.- Diseño estadístico en la parcela de Giménells durante el primer año de ensayo.



Se realizó una toma de muestras de frutos en el momento de la cosecha (1 de septiembre de 2000), cogiendo de los 6 árboles de cada parcela experimental 3 muestras de 18 frutos cada una, con un diámetro uniforme de unos 80 mm. Con una muestra se analizó la calidad y los nutrientes minerales de los frutos en cosecha. Las otras dos muestras restantes se conservaron en una cámara frigorífica, una durante 4 meses (primera salida de cámara) y la otra durante 6 meses (segunda salida de cámara), en atmósfera controlada con baja concentración de oxígeno, a una temperatura de +0'5 °C, con unos niveles de gases de 1% de O₂ y 2'5% de CO₂ y una humedad relativa del 92%. En cada una de las salidas de cámara se procedió al análisis de calidad y de nutrientes minerales de los frutos, controlando especialmente la incidencia de alteraciones fisiológicas como el bitter pit y la plara.

Durante el verano también se realizaron análisis minerales de las hojas en julio, cogiendo de cada parcela experimental 30 hojas, para saber el estado de los nutrientes.

2.2.2.- Diseño experimental del segundo año de ensayo (2001-2002).

Una vez analizados los resultados obtenidos en el primer año de ensayo, se optó por realizar en la misma parcela de manzanos de Gimennells (Lleida) aplicaciones foliares sobre los frutos con Stopit, pero esta vez con dos estrategias:

-Estrategia I: se realizaron 6 aplicaciones con Stopit, a una dosis de 1000 cc/100 litros de agua, cada 15 días desde principios de junio hasta finales del mes de agosto, con un consumo de caldo de 1200 litros/ha, en cada aplicación.

-Estrategia II: no se realizó ninguna aplicación foliar de calcio que se utilizó como control.

Estas dos estrategias, al igual que el primer año de ensayo, se combinaron con 2 dosis de abonado nitrogenado, aplicado por fertirrigación:

-Dosis A: de 60 UF de N/ha.

-Dosis B: de 100 UF de N/ha.

Con la intención de comprobar si surgía un efecto más marcado del nitrógeno sobre la evolución de la calidad en los frutos y en la existencia de posibles interacciones con otros elementos nutritivos, durante este segundo año de ensayo.

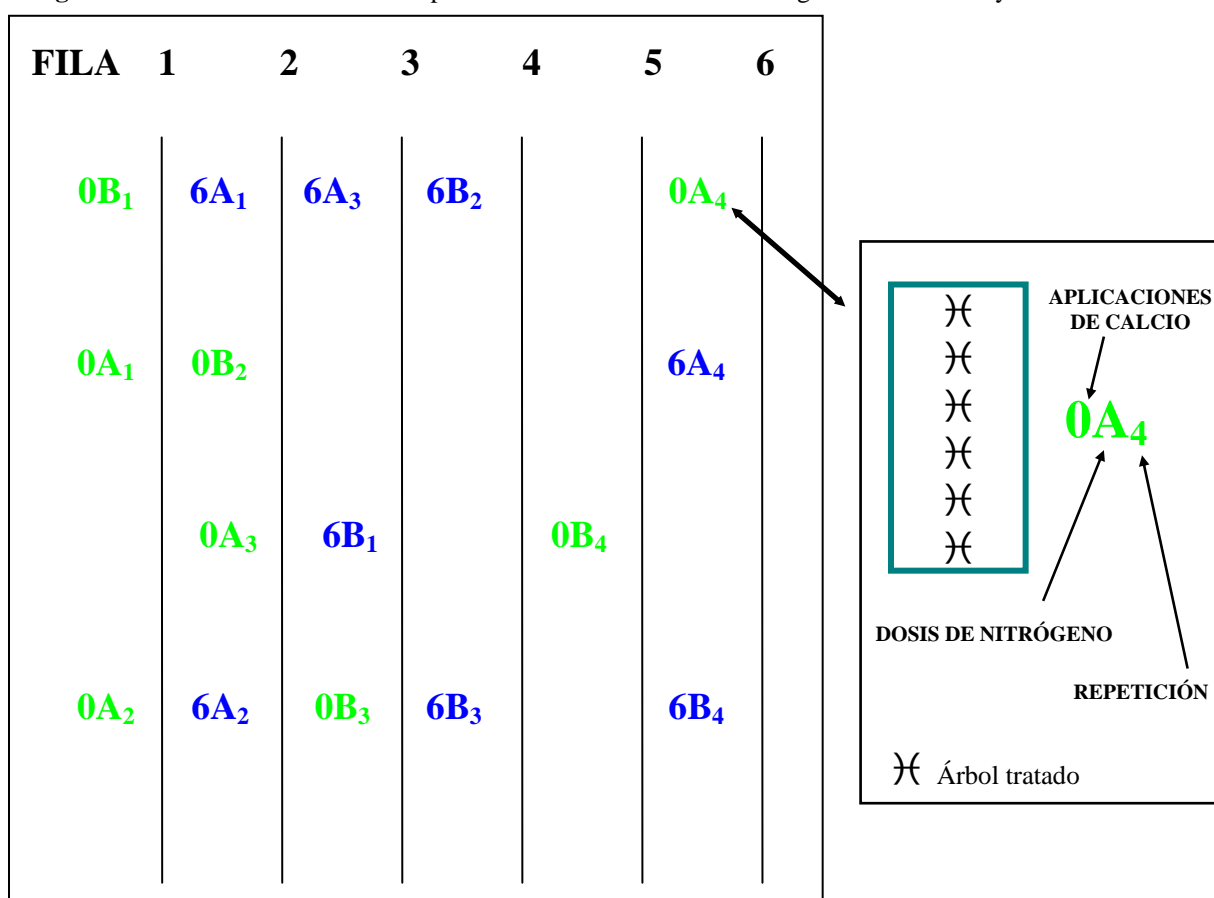
En la tabla 2.2., se refleja la combinación de aplicaciones foliares a base de calcio con las dosis de abonado nitrogenado. El abonado general de la parcela se completó con la aportación de 15 UF de P₂O₅/ha y 83 UF de K₂O/ha, mediante fertirrigación.

Tabla 2.2.- Combinación de tratamientos (TRT) efectuados en el segundo año de ensayo.

Dosis N \ TRT Ca	6 aplicaciones de Ca	0 aplicaciones de Ca
A: 60 UF de N/ha.	6A	0A
B: 100 UF de N/ha.	6B	0B

En este segundo año de ensayo, se mantuvo el diseño estadístico completamente aleatorizado que existió durante el primer año de ensayo, en cuanto a la disposición de las parcelas experimentales, siendo en este caso de 2 factores: aplicaciones de calcio (2 niveles) y dosis de abonado nitrogenado (2 niveles), con 4 repeticiones, resultando un total de 16 parcelas experimentales de 6 árboles cada una. Entre estas parcelas experimentales se dejaron árboles borde de separación (Fig. 2.2.).

Figura 2.2.- Diseño estadístico en la parcela de Gimeneils durante el segundo año de ensayo.



En el momento de la cosecha (3 de septiembre de 2001) se realizó una toma de muestras de frutos, cogiendo de cada parcela experimental 3 muestras de 18 frutos cada una, con un diámetro uniforme de unos 80 mm. Con una muestra se realizó el análisis de calidad y mineral de los frutos en cosecha. Las otras dos muestras se conservaron en atmósfera controlada, bajo las mismas condiciones ambientales y niveles de gases que el primer año de ensayo, una durante 4 meses (primera salida de cámara) y la otra durante 6 meses (segunda salida de cámara), procediéndose al análisis de calidad y contenido mineral de los frutos, después de haberse cumplido el período de conservación.

De las parcelas experimentales en las que se aportó la dosis de 60 UF de N/ha, también se tomaron otras 2 muestras en cosecha, de 18 frutos cada una, con el objetivo de realizar una aplicación del producto 1-MCP a una dosis de 625 ppb, sobre los frutos una vez recolectados, para ser conservados después en atmósfera controlada, a las mismas condiciones, durante 4 meses una muestra y la otra durante 6 meses, y así comprobar los efectos de este producto inhibidor de la síntesis de etileno en los frutos.

En el mes de julio, al igual que el primer año de ensayo, se realizó una toma de muestras de 30 hojas de cada parcela experimental, para analizar su contenido mineral.

2.2.3.- Diseño experimental del tercer año de ensayo (2002-2003).

En este tercer año de ensayo al disponer de resultados significativos, se decidió comparar la estrategia de Gimennells (Lleida), de 6 aplicaciones de calcio con la dosis de 60 UF de N/ha, respecto a los frutos de una finca comercial de manzanos situada en Pina de Ebro (Zaragoza), que habían manifestado en los últimos años síntomas de falta de calidad debido a problemas de fisiopatías, básicamente por bitter pit en cosecha y después de la conservación frigorífica.

Durante este año en la finca de Pina de Ebro no se realizó ninguna aplicación de calcio, tratándose de un huerto en que sus frutos manifestaban una deficiencia de calcio, cultivándose según las recomendaciones agronómicas de la zona, utilizando una dosis de abonado nitrogenado de 60 UF/ha.

En cada una de las 2 fincas se estableció 4 repeticiones, obteniéndose 8 parcelas experimentales, de 6 árboles. Entre las parcelas experimentales se dejaron árboles bordes de separación.

En la finca de Gimennells también se comparó 2 fechas diferentes de recolección, para establecer cual es el momento óptimo para cosechar los frutos, en esta zona frutícola de Lleida.

Para realizar esta comparación de calidad entre las manzanas de las dos fincas en cosecha, se tomó de cada una de las 4 parcelas experimentales de Pina de Ebro, 1 muestra de 18 frutos, el día 10 de septiembre de 2002. En el caso de la finca de Gimennells se tomó de cada una de las 4 parcelas experimentales, 2 muestras de 18 frutos, una muestra correspondió a una primera fecha de recolección del 4 de septiembre y la otra muestra a una segunda fecha de recolección del 13 de septiembre de 2002. En cosecha se realizaron análisis de calidad y mineral de los frutos.

En este tercer año de ensayo también se realizó la conservación en cámara frigorífica de frutos, estableciendo 3 salidas de cámara a 2, 4 y 6 meses tanto para las manzanas de Gimennells como para las de Pina de Ebro, realizándose la aplicación del producto 1-MCP, previamente antes de ser conservadas en atmósfera controlada, en 2 estrategias:

-Estrategia I: se aplicaron 625 ppb de 1-MCP a las manzanas después de ser recolectadas, antes de conservarlas en atmósfera controlada.

-Estrategia II: no se realizó ninguna aplicación de 1-MCP, en los frutos y sirvió como control.

Por tanto, para la conservación frigorífica de los frutos, se estableció un diseño estadístico con dos factores: finca de manzanos (2 niveles: Gimennells y Pina de Ebro) y aplicación de 1-MCP (2 niveles: 0 y 625 ppb), con 4 repeticiones, analizándose los parámetros de calidad de los frutos, después de conservarlos a 2, 4 y 6 meses.

Para ello se tomaron otras 6 muestras de cada parcela experimental de la finca de Gimennells (de la primera fecha de recolección del 4 de septiembre) y de la finca de Pina de Ebro (de la recolección del día 10 de septiembre), de 18 frutos cada una. De las 6 muestras de cada parcela experimental de Gimennells, 2 (una tratada con 625 ppb de 1-MCP y la otra no) se conservaron en atmósfera controlada durante 2 meses, otras 2 muestras (una tratada con 625 ppb de 1-MCP y la otra no) se conservaron hasta 4 meses y las 2 muestras restantes (una tratada con 625 ppb de 1-MCP y la otra no) se conservaron hasta 6 meses. Para las 6 muestras de frutos de cada parcela experimental de Pina de Ebro se procedió a realizar el mismo planteamiento. Las condiciones de conservación en atmósfera controlada fueron las mismas que para el primer y segundo año de ensayo.

2.3.- Toma de muestras.

Todos los frutos se tomaron de una misma altura (a nivel del hombro), de la zona del tercio medio del ramo del año (Herrero y Guardia, 1992), con un diámetro uniforme de unos 80 mm. La recolección de los frutos se hizo cuidadosamente, con la finalidad de

no producir daños a los frutos, desechando aquellos que tuviesen golpes, magulladuras, grietas, roturas de piel, etc., que pudieran afectar a su conservación posterior.

Los frutos recolectados se colocaron en cajas forradas con papel por los laterales y fondo, de forma que en cada caja solamente había los 18 frutos correspondientes a una determinada parcela experimental.

La toma de muestras de hojas se realizó a los 100 días después de la plena floración (primera quincena del mes de julio), cogiendo 30 hojas de cada parcela experimental, de la zona del tercio medio de los ramos con frutos, a la altura del hombro, depositándolas en bolsas de plástico.

2.4.- Análisis de calidad de los frutos.

2.4.1.- Operaciones previas.

Antes de realizar el análisis de calidad y mineral de los frutos procedentes de cosecha y de las salidas de cámara, se realizó un lavado de los mismos, con agua destilada y detergente no iónico (Tween 20), seguido de un aclarado con agua destilada.

2.4.2.- Alteraciones por fisiopatías.

Se observó visualmente si los frutos presentaban alguna alteración fisiológica como bitter pit (tejidos corchosos amargos situados debajo de la epidermis) y plara (manchas superficiales oscuras con cierta profundidad), expresando los resultados en porcentaje de frutos afectados por cada alteración, pudiéndose encontrar a la vez las dos fisiopatías en un mismo fruto.

2.4.3.- Color de la epidermis.

Se midió el color de la epidermis con un colorímetro portátil triestímulo Minolta CR-200, tomando dos lecturas en puntos opuestos de la parte ecuatorial de cada fruto, libres de alteraciones por fisiopatías, para obtener la media de los parámetros L^* , a^* y b^* . Con estos parámetros se obtiene directamente la luminosidad (L^*) o cantidad de color blanco, y el tono ($a+b$) o color del fruto.

2.4.4.- Peso y diámetro.

Los frutos se pesaron en una balanza, con una precisión de $\pm 0,1$ g. Con un pie de rey se tomó la medida del diámetro (mm) en la parte ecuatorial del fruto.

2.4.5.- Firmeza.

Para medir la firmeza se utilizó un texturómetro con un pistón de 11 mm de diámetro, realizando 2 lecturas por fruto en puntos opuestos de la parte ecuatorial, teniendo que quitar la piel antes de proceder a la medición, expresando el resultado en valores de fuerza de penetración, en Newton.

2.4.6.- Acidez y sólidos solubles.

Se analizó el zumo de los frutos para determinar la acidez y los sólidos solubles. El zumo se obtuvo de las dos octavas partes opuestas de cada fruto.

Para calcular la acidez se tomó 10 cc de zumo, 10 cc de agua destilada y unas gotas de fenoftaleina, valorando la mezcla con hidróxido sódico 0,1 N, hasta viraje a color rosado, expresando los resultados en gramos de ácido málico por litro de zumo.

Los sólidos solubles se midieron tomando unas gotas de zumo, colocándolas sobre el refractómetro Atago PR-100, leyendo directamente el valor expresado en °Brix.

2.5.- Análisis de nutrientes minerales de los frutos.

Para determinar el contenido mineral de las manzanas, se partió longitudinalmente cada fruto en ocho partes y se tomaron dos octavos opuestos del mismo, eliminándose el corazón y las semillas, troceándolos en láminas, para colocarlos a continuación en una estufa con circulación de aire forzado, durante 72 horas a una temperatura de 70-75 °C, obteniéndose la muestra seca y así poder determinar el porcentaje de humedad.

Posteriormente se realizó su molturación a polvo fino, el cual se utilizó para hacer la digestión por vía húmeda con ácido nítrico y agua oxigenada, mediante un equipo de microondas. Para ello se pesó del orden de 0,5 g de polvo fino de los frutos, en una balanza analítica con una precisión de $\pm 0,1$ mg. Se añadió a continuación 3 ml de ácido nítrico concentrado del 65%, 2 ml de agua oxigenada (peróxido de hidrógeno) y 2 ml de agua destilada, para realizar un ataque de la materia orgánica de la muestra. A

continuación se colocó todo el preparado en el microondas, sometiéndolo a un programa específico para la digestión de frutos.

Una vez concluida la digestión, se trasvasó el líquido obtenido de la digestión, a un matraz aforado de 50 ml, y se aforó con agua destilada. La dilución obtenida se analizó en un espectrofotómetro de inducción de plasma acoplado (ICP), para obtener las concentraciones de los nutrientes Ca, P, K, Mg, Fe, S, Mn, Zn y B de cada muestra, expresándolas en relación a la materia fresca.

La determinación de la concentración de nitrógeno en los frutos se efectuó por el método Kjeldahl.

2.6.- Medición de las producciones de etileno y de la respiración.

La producción de etileno de los frutos (μl etileno / kg fruta y hora) y su respiración (mg CO_2 / kg fruta y hora), se midieron diariamente desde el día de la recolección o bien desde el día de la salida de cámara correspondiente, hasta un periodo de tiempo determinado, para observar su evolución.

Para ello se colocaron de 2 a 3 frutos de cada muestra en urnas de 1500 ml, que estaban continuamente ventiladas con aire humidificado al 85%, con un caudal de 1'5 litros por hora, situadas en el interior de una cámara climatizada, con una temperatura controlada a 20 °C.

La medida de la producción de etileno, se realizó analizando diariamente 3 repeticiones de gases tomados del interior de cada urna, con una jeringuilla de 1 ml, inyectando su contenido en un cromatógrafo de gases (Hewlett-Packard 5890), equipado con un detector de ionización de llama (FID) y una columna de alumina de 1'5 m x 3 mm, obteniéndose el área correspondiente al pico de etileno de cada muestra, que se comparaba con una serie de patrones de etileno de concentración conocida, previamente medidas. Los gases analizados fueron conducidos isotérmicamente a 100 °C. El flujo de nitrógeno, aire e hidrógeno, se estableció en 45, 400 y 45 ml/minuto, respectivamente. El inyector y el detector fueron graduados a 120 y a 180 °C, respectivamente. Mediante un programa informático de trabajo del cromatógrafo de gases, se obtenía la concentración de etileno de cada muestra, expresada en ppm de etileno, para ser transformada a μl etileno / kg fruta y hora.

La respiración de los frutos se determinó mediante el CO_2 producido por los frutos dentro de urnas de cristal con un flujo continuo de aire, con un analizador por infrarrojos. Para realizar la medición se conectó el aparato con el tubo de salida de cada

urna, anotando su lectura expresada en el medidor, y transformándola a mg CO₂ / kg fruta y hora. Para calibrar el aparato analizador del CO₂ por infrarrojos, se usaba un patrón de CO₂ y otro de N₂.

2.7.- Análisis de nutrientes minerales de las hojas.

Para el análisis de la concentración de nutrientes minerales en hojas, se ha seguido la metodología de la mineralización simplificada por vía seca, según los criterios establecidos por Bonvalet et al. (1986).

Previamente antes de proceder al análisis, se deben lavar las hojas con agua destilada y detergente no iónico (Tween 20), seguido de un aclarado con agua destilada. Una vez lavadas y escurridas, se pesan y se ponen en una estufa con circulación forzada de aire, durante 24 horas a una temperatura de 70-75 °C. Seguidamente se vuelve a pesar la muestra, para calcular su peso seco y así poder determinar el porcentaje de humedad. A continuación se realiza su molturación a polvo fino.

La metodología consiste en pesar 2 gramos de polvo vegetal de la muestra de hojas, con una precisión de ± 0.1 mg, y depositar el contenido en cápsulas de sílice, colocándolas en un horno mufla, subiendo la temperatura progresivamente durante 2 horas hasta 510 °C. Una vez alcanzada la temperatura se mantiene constante durante otras 2 horas. Cuando las muestras estén frías, estarán en estado de ceniza, las cuales se humedecerán con 2 ml de ácido clorhídrico (1:1), dejándolas en reposo durante 15 minutos. A continuación se filtran con papel "Whatman 40 Ashless", lavando bien la cápsula con agua destilada caliente y recogiendo el filtrado y las aguas de lavado en un matraz de 50 ml, aforrándolo con agua destilada.

La solución obtenida se denomina "Solución A", y a partir de ella se determina la concentración de diferentes nutrientes minerales como el Mn, Zn y Fe mediante espectrofotometría de absorción atómica. La concentración de P se obtiene por colorimetría a partir de la solución B (5 ml de solución A aforados a 25 ml con agua destilada). La determinación del K se realiza a partir de la solución C (1ml de solución B a la que se le añade 21 ml de agua destilada) por espectrofotometría de absorción atómica. El Ca y el Mg se obtienen por espectrofotometría de absorción atómica a partir de la solución D (1 ml de solución B a la que se le adiciona 21 ml de cloruro de lantano). Los resultados se expresan en relación a la materia fresca.

La determinación de la concentración de nitrógeno en las hojas se efectuó por el método Kjeldahl.

2.8.- Determinación del nitrógeno en frutos y hojas, por el método Kjeldahl.

Se pesan entre 0'7-0'8 g de polvo fino en caso de muestras de frutos, y de 0'4 g en caso de muestras de hojas, con una precisión de $\pm 0'1$ g, con papel libre de nitrógeno, y se introduce en un tubo de digestión Kjeldahl. Se añaden en el tubo 2 pastillas de catalizador Kjeldahl en muestras de frutos y 1 pastilla en muestras de hojas, y 9 ml de ácido sulfúrico concentrado ($d=1'84$), dejando unos 5 minutos para que reaccione con la muestra. Al mismo tiempo también se prepara un blanco.

A continuación se colocan los tubos en el digestor, los cuales se someten: 30 minutos a 200 °C, 10 minutos a 300 °C y 1 hora a 400 °C. Una vez hecha la digestión se deja enfriar la muestra y se diluye con un poco de agua destilada.

Después del proceso de digestión, el nitrógeno queda en forma de sulfato amónico. Seguidamente se pasa a destilar y valorar, primero el blanco, y a continuación las muestras. La destilación se realiza con un exceso de sosa (NaOH al 35-40%), y se valora el amoniaco destilado sobre ácido bórico, con ácido clorhídrico 0'1 N, hasta que la solución vira de violeta a rosado. Con el resultado de la valoración se obtiene el % de nitrógeno total sobre materia seca en frutos y hojas.

2.9.- Aplicación del producto 1-Metilciclopropeno en los frutos.

El 1-Metilciclopropeno (1-MCP), es un producto que bloquea la acción del etileno en las plantas y en los frutos cosechados, a unas concentraciones extremadamente bajas del orden de ppb. El 1-MCP ha demostrado una excelente actividad para retrasar el efecto de la maduración en frutos, hortalizas y flores.

Normalmente el 1-MCP se formula a 0'14% en polvo, liberándose el ingrediente activo cuando se le añade agua, preferiblemente caliente a 40 °C, pasando a estado gaseoso, expandiéndose por todo el recinto de aplicación, como pueden ser cámaras de almacenamiento, frigoríficos, contenedores de barco o remolques de camión. Este producto no está indicado para un uso en zonas exteriores o en áreas no cerradas.

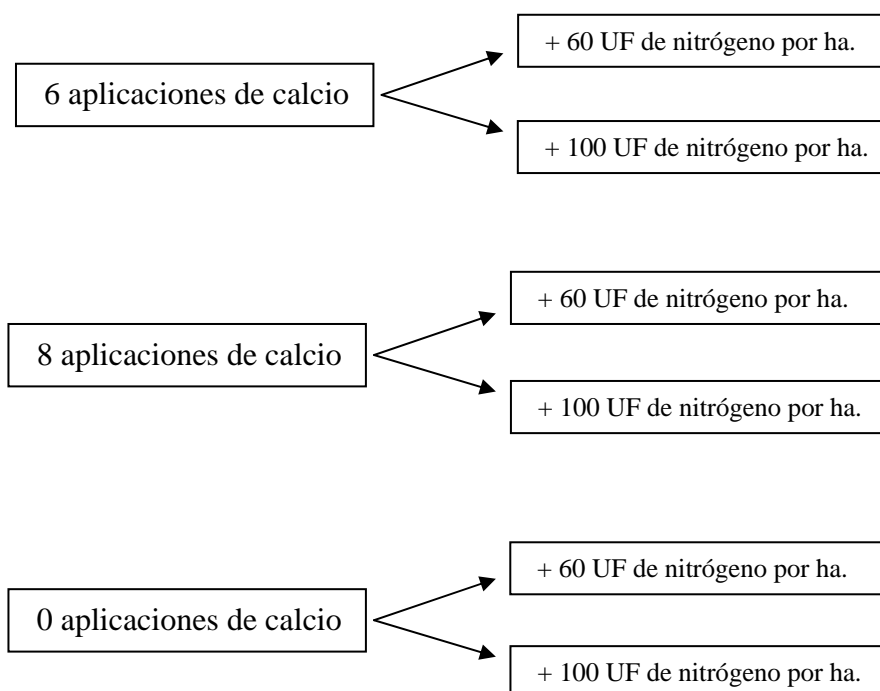
Para obtener un máximo beneficio en el control de la maduración, los frutos deberían ser tratados después de que inicien el proceso de maduración fisiológica, pero antes de llegar al pico climatérico. Por tanto el tratamiento de los frutos con el 1-MCP, se realizó al día siguiente de su recolección, para ser conservados a continuación en atmósfera controlada.

Se realizó una sola aplicación, exponiendo a los frutos durante 20 horas a una concentración de 625 ppb de 1-MCP (se disolvió 1 gramo de producto comercial con 25 ml de agua caliente a 38 °C, por cada metro cúbico de volumen de cámara), manteniendo la temperatura interior de la cámara a unos 22 °C. Una vez terminada la aplicación del producto se aireó el recinto de la cámara frigorífica, procediendo a continuación a la puesta en régimen de atmósfera controlada con bajo nivel de oxígeno.

2.10.- Plan de trabajo para cada año de ensayo.

2.10.1.- Plan de trabajo para el primer año de ensayo (2000-2001).

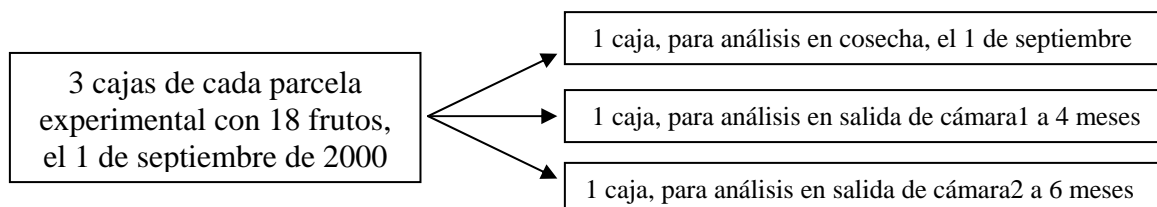
- Realizar tratamientos de calcio con 6, 8 y 0 aplicaciones con Stopit desde principios de junio hasta finales de agosto de 2000, combinados con 2 dosis de abonado nitrogenado de 60 y 100 unidades fertilizantes por hectárea, en la finca de Giménells (Lleida).



Con 4 repeticiones, representando 24 parcelas experimentales.

- Toma de muestra de hojas: el 10 de julio de 2000, cogiendo de cada parcela experimental 30 hojas, para su análisis mineral.

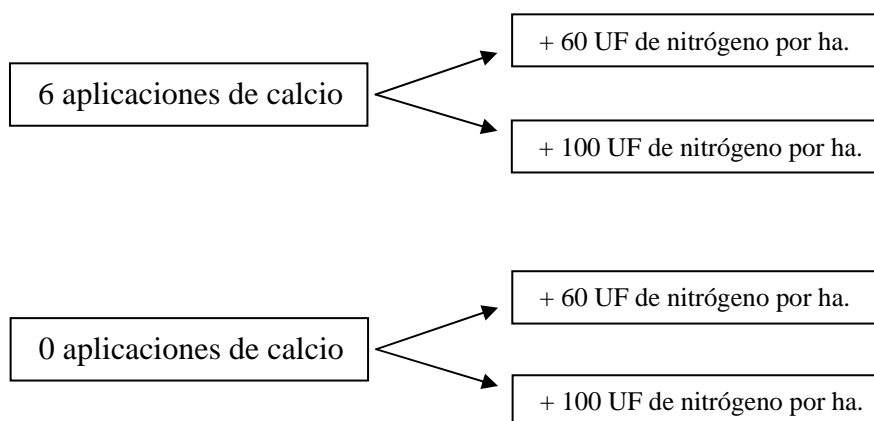
- Toma de muestra de frutos: el 1 de septiembre de 2000, cogiendo de cada parcela experimental 3 muestras (cajas), de 18 frutos cada una.



- Realizar en cosecha como en las dos respectivas salidas de cámara, el análisis de calidad y mineral de los frutos de cada parcela experimental.

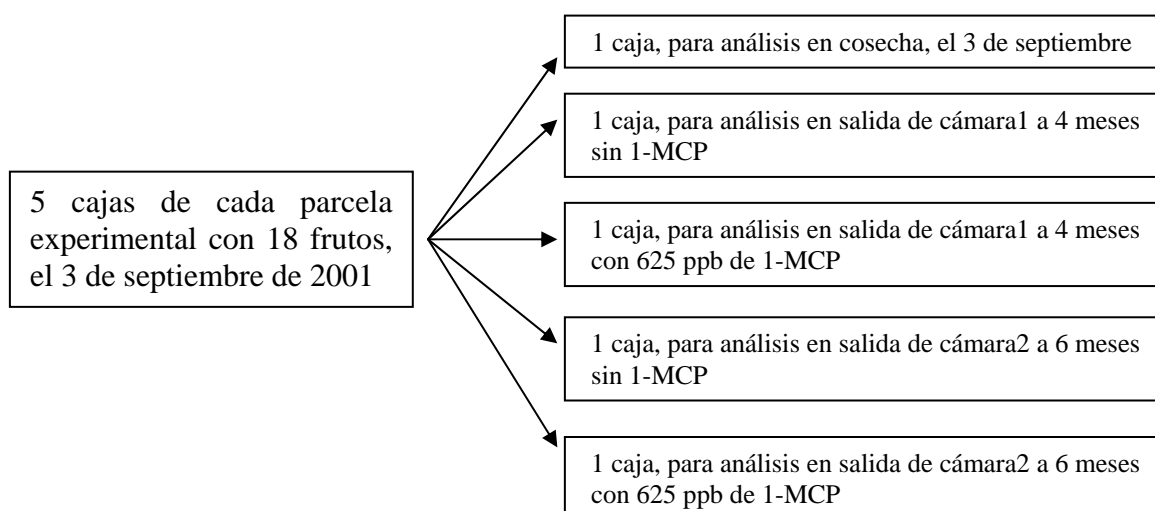
2.10.2.- Plan de trabajo para el segundo año de ensayo (2001-2002).

- Realizar tratamientos de calcio con 6 y 0 aplicaciones con Stopit desde principios de junio hasta finales de agosto de 2001, combinados con 2 dosis de abonado nitrogenado de 60 y 100 unidades fertilizantes por hectárea, en la finca de Gimennells (Lleida).



Con 4 repeticiones, representando 16 parcelas experimentales.

- Toma de muestra de hojas: el 15 de julio de 2001, cogiendo de cada parcela experimental 30 hojas, para su análisis mineral.
- Toma de muestra de frutos: el 3 de septiembre de 2001, cogiendo de cada parcela experimental 5 muestras (cajas), de 18 frutos cada una.



- Realizar en cosecha y en las dos respectivas salidas de cámara, el análisis de calidad y mineral de los frutos de cada parcela experimental.

2.10.3.- Plan de trabajo para el tercer año de ensayo (2002-2003).

- Realizar tratamientos de calcio con 6 aplicaciones de Stopit, cada 15 días, desde principios de junio hasta finales de agosto de 2002, con una dosis de abonado nitrogenado de 60 unidades fertilizantes por hectárea, en la finca de Gimennells (Lleida). Comparar resultados analíticos de minerales y de calidad entre los frutos de la finca de Gimennells con los de Pina de Ebro (Zaragoza), que no recibieron calcio pero si fueron abonados con 60 unidades fertilizantes de nitrógeno por hectárea.

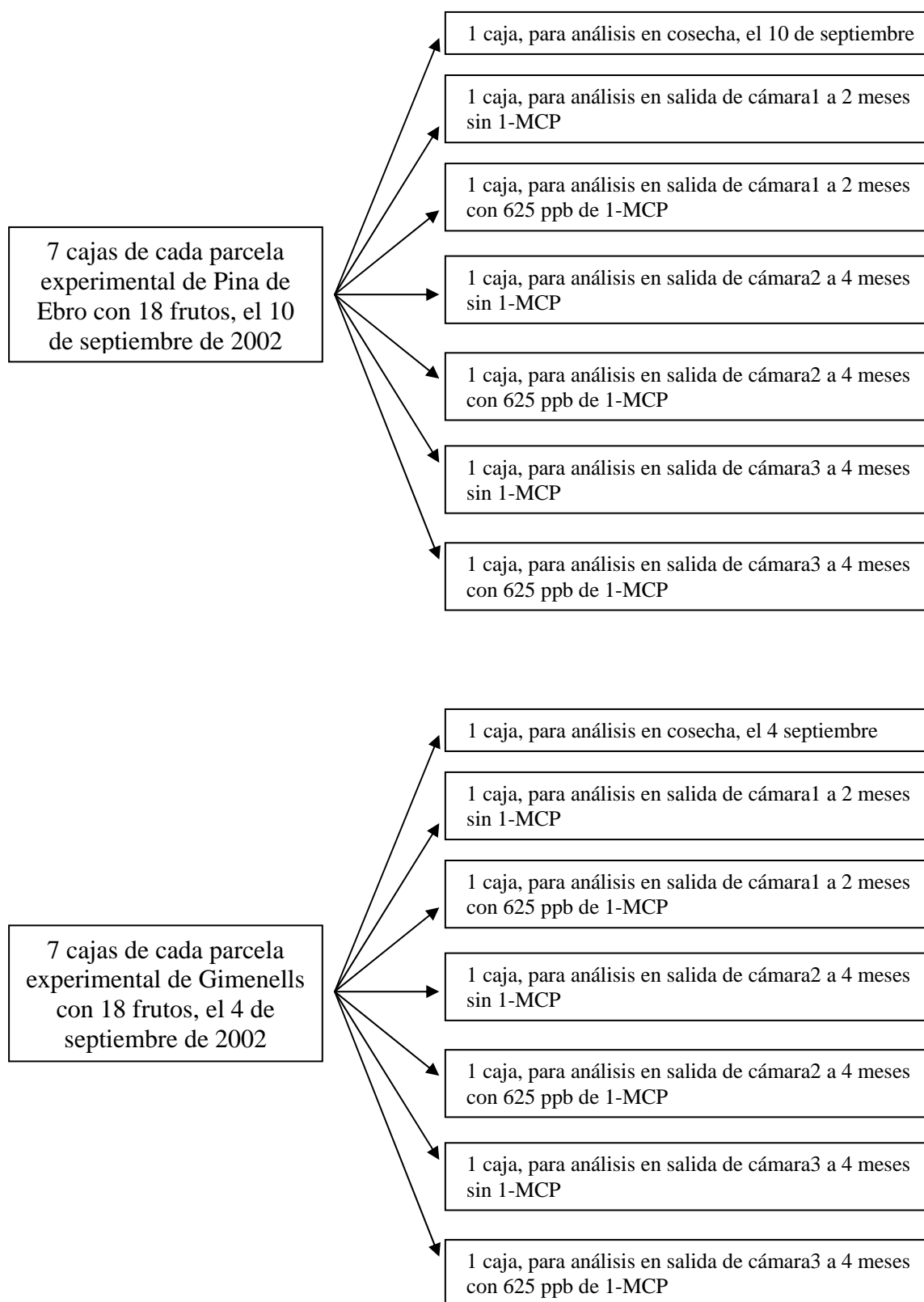
Finca de Gimennells, con 6 aplicaciones de Stopit y 60 UF de N por ha

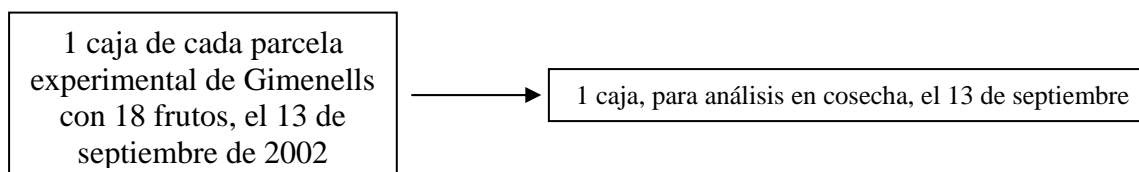
Finca de Pina de Ebro, sin aplicaciones de calcio y 60 UF de N por ha

Con 4 repeticiones en cada finca, representando 8 parcelas experimentales.

- Toma de muestra de frutos de las 2 fincas en cosecha. Cogiendo de cada una de las 4 parcelas experimentales de Pina de Ebro, 7 muestra (cajas) de 18 frutos cada una, el 10 de septiembre de 2002. De la finca de Gimennells se tomó de cada una de las 4 parcelas experimentales, 7 muestras (cajas) de 18 frutos, en una primera fecha de recolección el

4 de septiembre y otra muestra (caja) de 18 frutos en una segunda fecha del 13 de septiembre de 2002.





- Realizar en cada cosecha y en las tres respectivas salidas de cámara, el análisis de calidad y mineral de los frutos de cada parcela experimental.

2.11.- Tratamiento estadístico y gráfico de los datos analizados.

El análisis estadístico se hizo con el programa SAS, utilizando el procedimiento GLM, que analizó todos los datos obtenidos en las mediciones de cada parámetro de calidad y análisis minerales, realizadas en los 18 frutos y 30 hojas de cada muestra. Se aplicó una separación de medias por el método Tukey, considerando que en todas las figuras gráficas de resultados, letras distintas indican la existencia de diferencias estadísticas con un nivel de significación de 0'05. En caso de no existir diferencias estadísticas significativas, se puso las letras "ns" (no significativo).

Para la confección de las figuras gráficas de resultados de calidad y análisis mineral en frutos y hojas, se representó el valor promedio de los datos obtenidos en las mediciones de los 18 frutos y 30 hojas de cada muestra.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. 1.- INTERACCIÓN ENTRE CALCIO-NITRÓGENO Y OTROS MINERALES EN MANZANAS GOLDEN SMOOTHIE. (Capítulo 1)

3.1.- Interacción entre Calcio-Nitrógeno y otros minerales en manzanas Golden Smoothee.

3.1.1.- Cosecha del primer año de ensayo (2000-2001).

En la cosecha del primer año de experiencia (1 de septiembre de 2000), los frutos que recibieron un suplemento vía foliar de calcio, desde principios de junio hasta finales de agosto, alcanzaron unos niveles mayores de este nutriente respecto a los no tratados que se quedaron con niveles más bajos (figura 3.1.1), una tendencia similar se observa en los niveles foliares de calcio (figura 3.1.2). Los frutos tratados con 8 aplicaciones de calcio, acumularon la máxima cantidad de este elemento, con unos niveles superiores a los 5'0 mg por 100 g de materia fresca, siendo significativamente superior respecto a los frutos que recibieron 6 aplicaciones de calcio, que se encuentran a 4'3 mg/100 g materia fresca y a los frutos que no recibieron calcio vía foliar, que solamente mostraron unos niveles de 3'31 mg/100 g de materia fresca. Este hecho se explica porque en este periodo de crecimiento del fruto, en el cual se realizaron las aplicaciones, la absorción de calcio vía radicular es menor, a lo que se une la escasa movilidad y difícil translocación de este nutriente hacia los frutos, como indica Casero et al. (1999), representando las aportaciones cálcicas un suplemento, que ayuda a incrementar los niveles de este nutriente en las manzanas, al igual que en los resultados experimentados por Raese et al. (1990).

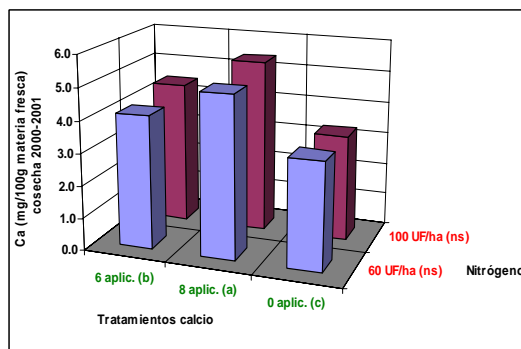


Figura 3.1.1.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2000. Entre paréntesis se indican las diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

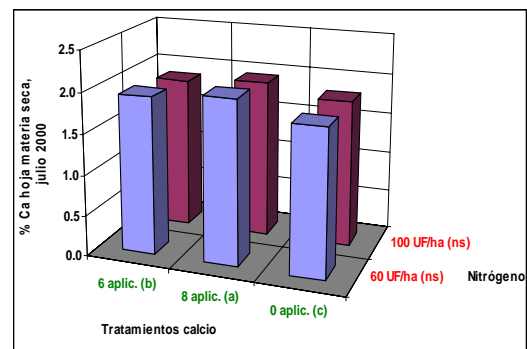


Figura 3.1.2.- % de calcio sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2000.

Respecto al contenido de calcio de las hojas, también se consigue lograr una mayor acumulación con la realización de tratamientos foliares de este nutriente, debido según Casero et al. (2004) a que su concentración continúa incrementándose a lo largo del ciclo vegetativo. Existe una buena correlación positiva entre el calcio acumulado en hojas respecto al de los frutos (figura 3.1.3), notándose un mayor incremento del contenido de este nutriente a medida que se aumenta el número de aplicaciones foliares de calcio durante la etapa de crecimiento de las manzanas. De forma que aunque el transporte de calcio de las hojas a los frutos sea limitado, los árboles que tuvieron un

mayor número de aplicaciones con la solución de calcio, consiguen un mayor nivel de este nutriente tanto en hojas como en frutos.

No aparecen diferencias estadísticas entre las dosis de aporte de abonado nitrogenado y los niveles de calcio alcanzados en los frutos y en las hojas. Por tanto, se destaca que el nitrógeno no ha influido, este primer año de ensayo, en la acumulación del calcio en frutos y hojas durante su crecimiento en el árbol, debido a que el cultivo no se encontraba fertilizado con un exceso de nitrógeno durante los años anteriores al ensayo.

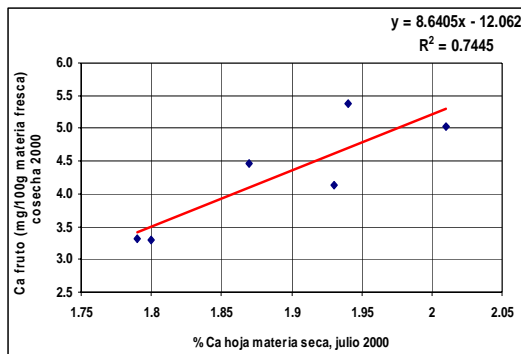


Figura 3.1.3.- Correlación entre el calcio acumulado en hojas respecto al de los frutos en cosecha 2000.

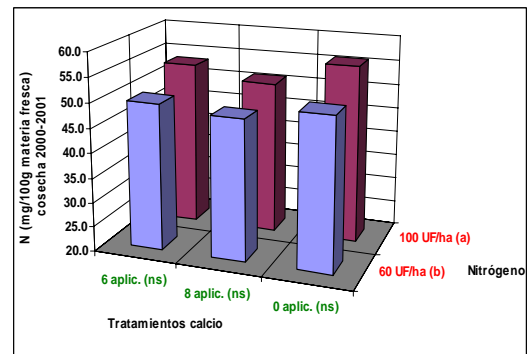


Figura 3.1.4.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

Una aplicación más elevada de nitrógeno (100 UF/ha) ha causado un incremento de los niveles de este nutriente en los frutos (figura 3.1.4) y en las hojas (figura 3.1.5). El contenido de nitrógeno en los frutos y en las hojas no ha sido significativamente diferente entre aplicaciones foliares de calcio, lo que indica que este nutriente no ha intervenido en este caso en la acumulación de nitrógeno en frutos y hojas. Los contenidos de nitrógeno han aumentado por un mayor aporte durante el crecimiento de los frutos, al ser un elemento más móvil y precisarse en cantidades más elevadas, pero no ha interferido en la acumulación de calcio por ser este nutriente de translocación más lenta.

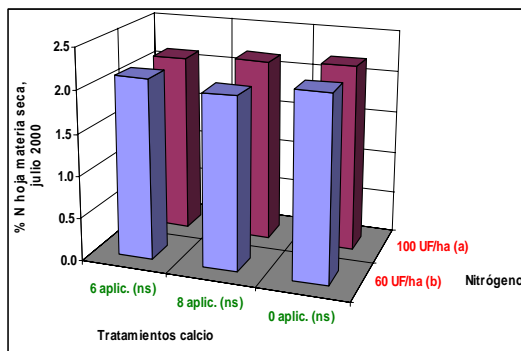


Figura 3.1.5.- % de nitrógeno sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2000.

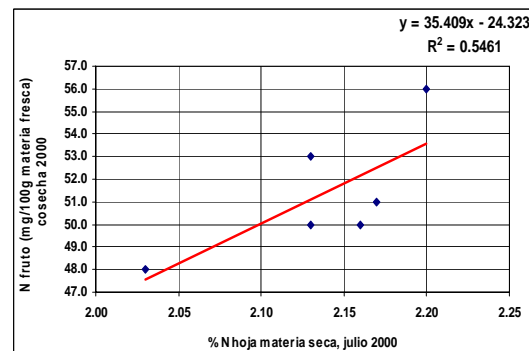


Figura 3.1.6.- Correlación entre el nitrógeno acumulado en hojas respecto al de los frutos en cosecha 2000.

Aparece una correlación positiva entre el contenido de nitrógeno en frutos respecto al de hojas (figura 3.1.6). No existe una buena correlación entre los niveles de calcio y nitrógeno acumulado en los frutos (figura 3.1.7), pero en referencia a las hojas, aunque estadísticamente no existan diferencias de acumulación entre estrategias, aparece una correlación negativa (figura 3.1.8), en que a mayor contenido de nitrógeno menor es el contenido de calcio, por tanto en el caso de las hojas sí que se puede identificar un inicio de interacción entre ambos elementos, hecho que no sucede en frutos en este primer año de ensayo en cosecha, a causa de que el calcio en la zona de las hojas, es más móvil e interactúa más fácilmente.

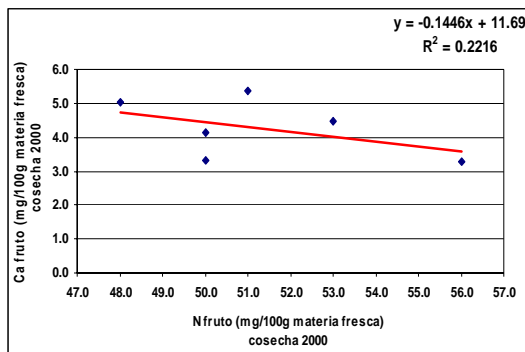


Figura 3.1.7.- Correlación entre el calcio y el nitrógeno acumulado en frutos en cosecha 2000.

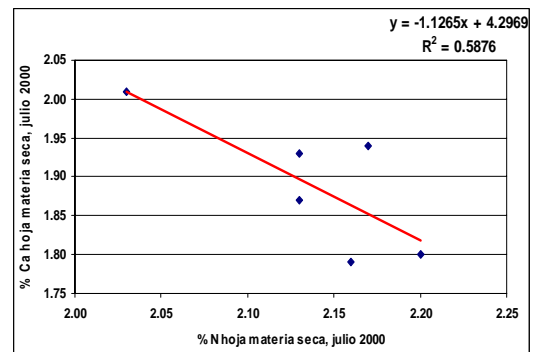


Figura 3.1.8.- Correlación entre el calcio y el nitrógeno acumulado en hojas en precosecha 2000.

Las relaciones N/Ca (figura 3.1.9), (K+Mg)/Ca (figura 3.1.10) y K/Ca (figura 3.1.11) alcanzaron valores excesivamente altos en las manzanas no tratadas con calcio, superándose los niveles límite de 15, 30 y 30 respectivamente, recomendados por Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991), Wolf et al. (1998) y Casero et al (1989).

Hay una mejora de estas relaciones a medida que aumentan los niveles de calcio en los frutos, observándose sobretodo en aquellos que recibieron las mayores dosis de calcio vía foliar, al conseguirse un mejor equilibrio nutricional. Las dosis de abonado nitrogenado tampoco han influido en dichas relaciones nutricionales.

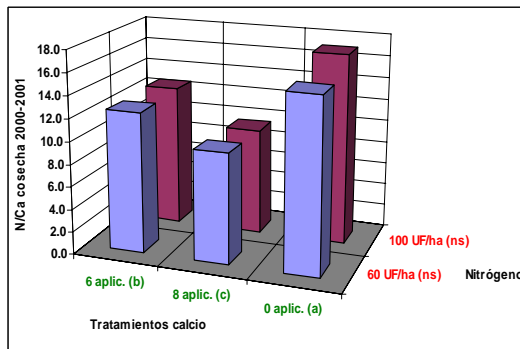


Figura 3.1.9.- Relación N/Ca de los frutos en cosecha 2000.

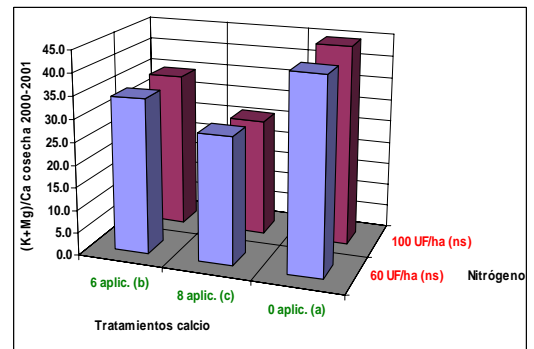


Figura 3.1.10.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos en cosecha 2000.

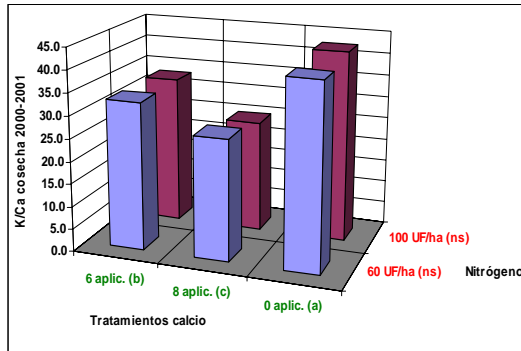


Figura 3.1.11.- Relación K/Ca de los frutos en cosecha 2000.

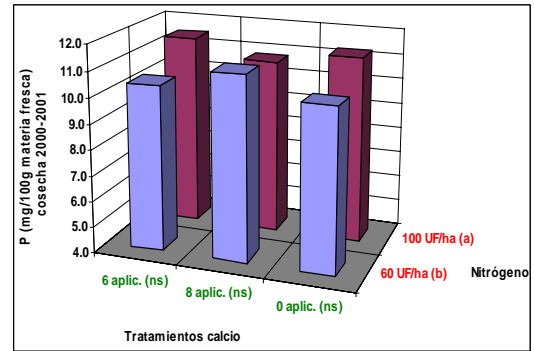


Figura 3.1.12.- Contenido en fósforo (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

Analizando los otros dos macronutrientes, fósforo (figura 3.1.12) y potasio (figura 3.1.13), sus niveles acumulados en los frutos no han mostrado diferencias significativas entre tratamientos de calcio, pero en el caso del fósforo si existe un mayor contenido de este elemento en los frutos en que se aportó más nitrógeno. En las hojas se ha dado un mayor contenido de potasio en la estrategia que no se ha aplicado calcio (figura 3.1.14). El nitrógeno y el potasio tienen una correlación positiva a nivel de los frutos (figura 3.1.15), al igual que el experimento de Zydlik y Pacholak (2000) y Casero et al. (2004).

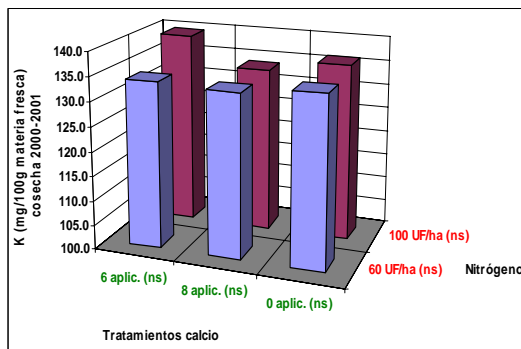


Figura 3.1.13.- Contenido en potasio (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

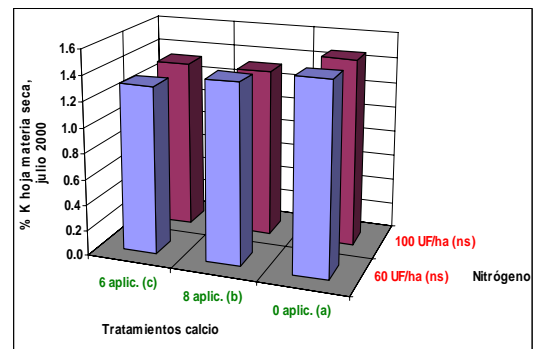


Figura 3.1.14.- % de potasio sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2000.

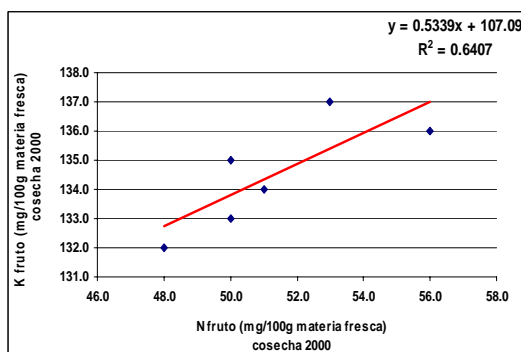


Figura 3.1.15.- Correlación entre el potasio y el nitrógeno acumulado en frutos en cosecha 2000.

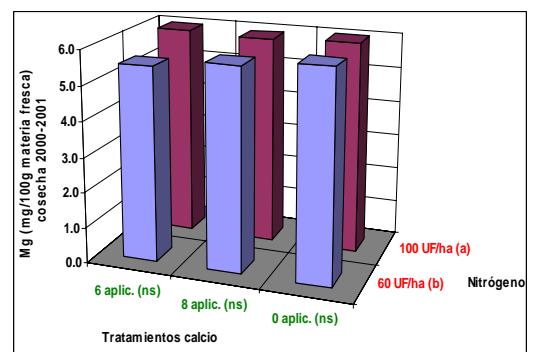


Figura 3.1.16.- Contenido en magnesio (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

Los contenidos de magnesio en frutos no son diferentes entre tratamientos de calcio (figura 3.1.16), pero sí entre dosis de abonado nitrogenado, siendo mayores los niveles

de magnesio en los frutos que recibieron la cantidad más elevada de nitrógeno, existiendo una correlación positiva entre ambos elementos (figura 3.1.17). En cuanto a las hojas, las diferencias entre tratamientos son nulas (figura 3.1.18).

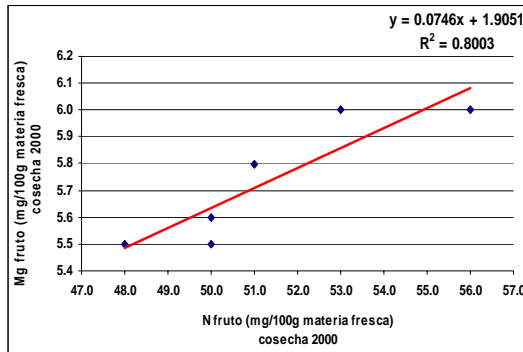


Figura 3.1.17.- Correlación entre el magnesio y el nitrógeno acumulado en frutos en cosecha 2000.

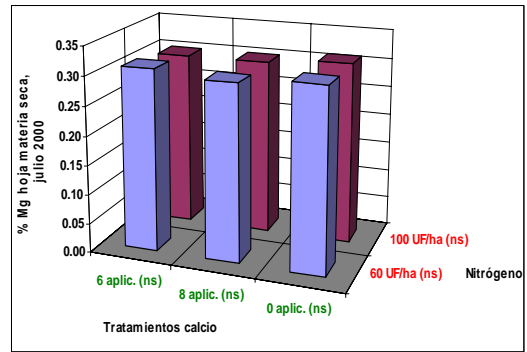


Figura 3.1.18.- % de magnesio sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2000.

Los contenidos de hierro (figura 3.1.19) y boro (figura 3.1.20) son mayores en los frutos que recibieron 6 aplicaciones de calcio, con independencia de la dosis de nitrógeno, al existir según Vago et al. (2007) un efecto sinérgico entre ambos elementos y el calcio.

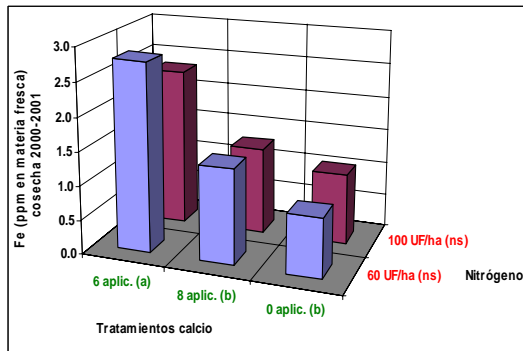


Figura 3.1.19.- Contenido en hierro (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

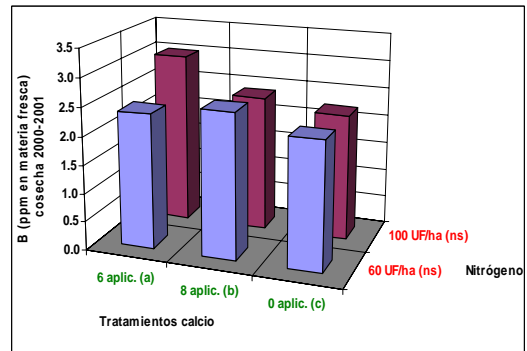


Figura 3.1.20.- Contenido en boro (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

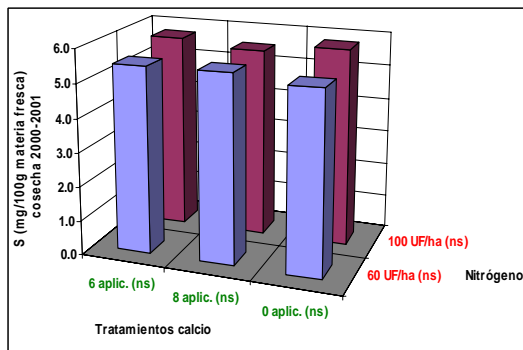


Figura 3.1.21.- Contenido en azufre (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

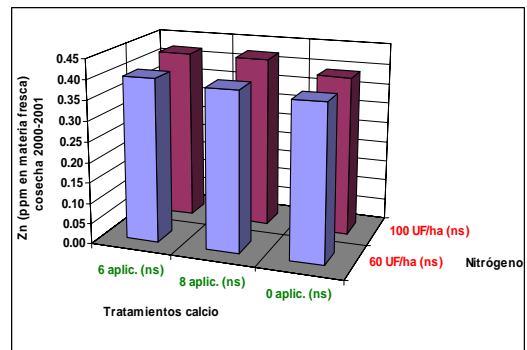


Figura 3.1.22.- Contenido en zinc (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

Los contenidos de azufre (figura 3.1.21) y zinc (figura 3.1.22) de los frutos en cosecha, no han mostrado diferencias entre tratamientos de calcio y dosis de abonado nitrogenado. En cambio en el manganeso, hay un mayor contenido en los frutos dónde no se aplicó calcio y en los que además recibieron más dosis de nitrógeno (figura 3.1.23).

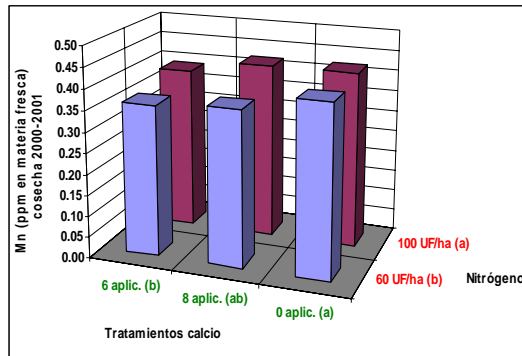


Figura 3.1.23.- Contenido en manganeso (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2000.

3.1.2.- Primera salida de cámara del primer año de ensayo (2000-2001).

Después de conservar los frutos durante 4 meses en atmósfera controlada, y analizar los contenidos de nutrientes el 8 enero de 2001, los mayores niveles en calcio han sido para aquellos que recibieron 8 aplicaciones de calcio suplementario, con valores superiores a los 5'0 mg/100 g de materia fresca (figura 3.1.24), los tratados con 6 aplicaciones se sitúan alrededor de los 4'0 mg/100 g de materia fresca, siendo estos resultados respectivamente similares a los obtenidos en cosecha. Las manzanas no tratadas con calcio son las que continúan teniendo los niveles más bajos de calcio, del orden de 3'4 mg/100 g materia fresca, presentando una concentración baja que predispone a un mayor porcentaje de incidencias por fisiopatías, según las recomendaciones de Johnson (1989).

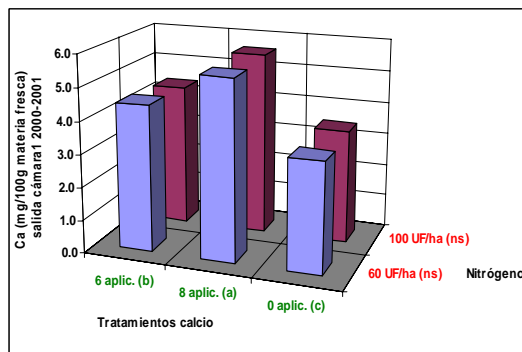


Figura 3.1.24.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara a los 4 meses de conservación.

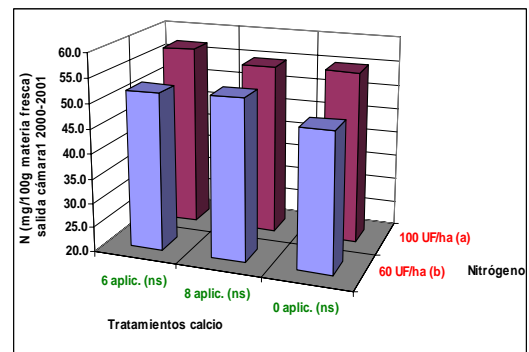


Figura 3.1.25.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2000-2001.

Las dosis de abonado nitrogenado aplicadas en precosecha, no han influido en el mantenimiento de los niveles de calcio en los frutos después de una conservación a 4 meses. Los contenidos de nitrógeno en los frutos, han continuado siendo mayores en los que se les ha aportado las 100 UF/ha, encontrándose en unos niveles similares a los expresados en cosecha, no influyendo tampoco en este caso, los aportes de calcio en el mantenimiento de los valores de nitrógeno en los frutos durante su conservación frigorífica (figura 3.1.25).

Observando las relaciones entre nutrientes (figuras 3.1.26, 3.1.27 y 3.1.28), se comprueba que los mayores desequilibrios se continúan produciendo en los frutos no tratados con calcio suplementario, con valores superiores a los recomendados de 15, 30 y 30, en las relaciones N/Ca, (K+Mg)/Ca y K/Ca respectivamente. Se vuelve a confirmar que cuando se aplica calcio en los árboles se mejoran los equilibrios entre nutrientes de forma sustancial, incluso después de estar sometidos los frutos a una conservación frigorífica de 4 meses de duración, al igual que obtuvo Hisaw (1991) y Conway et al. (1995).

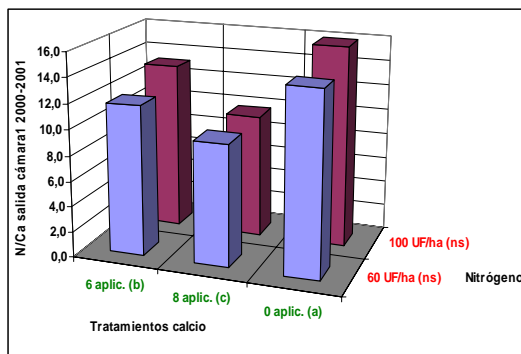


Figura 3.1.26.- Relación N/Ca de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

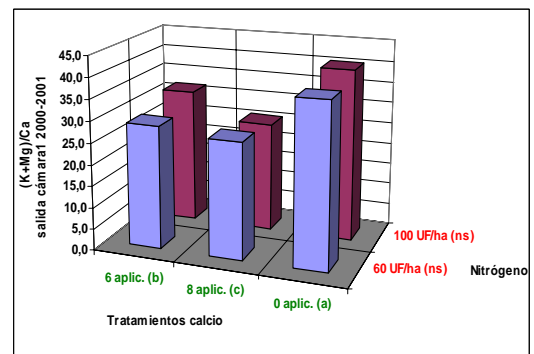


Figura 3.1.27.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

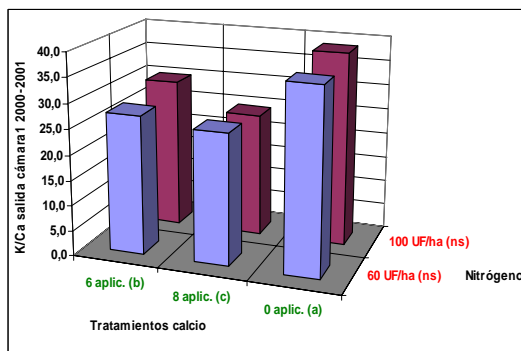


Figura 3.1.28.- Relación K/Ca de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

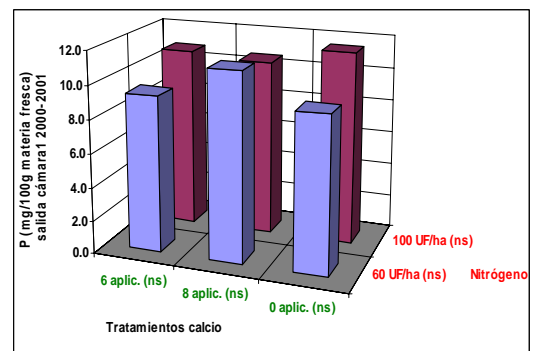


Figura 3.1.29.- Contenido en fósforo (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

Los contenidos en fósforo (figura 3.1.29) y potasio (figura 3.1.30) en los frutos se han mantenido estables, con unos valores similares a los obtenidos en cosecha, sin que existan diferencias entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de abonado

nitrogenado. En el caso del magnesio (figura 3.1.31), sus niveles en los frutos son mayores en aquellos que no recibieron calcio, pero también con valores muy cercanos a los obtenidos en cosecha. Los contenidos de hierro (figura 3.1.32), boro (figura 3.1.33), azufre (figura 3.1.34), zinc (figura 3.1.35) y manganeso (figura 3.1.36) no mostraron diferencias estadísticas respecto a los tratamientos de calcio realizados y a las dosis de abonado nitrogenado, permaneciendo sus valores en unas magnitudes similares a las analizadas en cosecha.

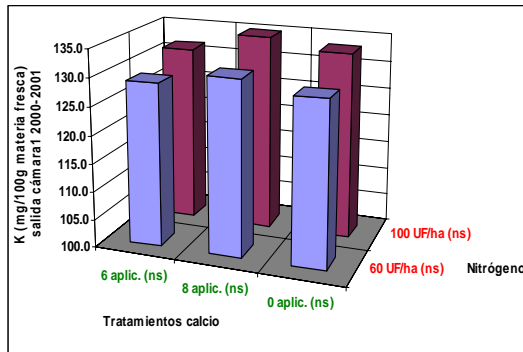


Figura 3.1.30.- Contenido en potasio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

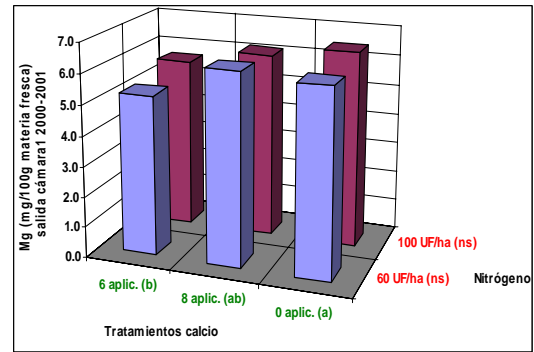


Figura 3.1.31.- Contenido en magnesio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

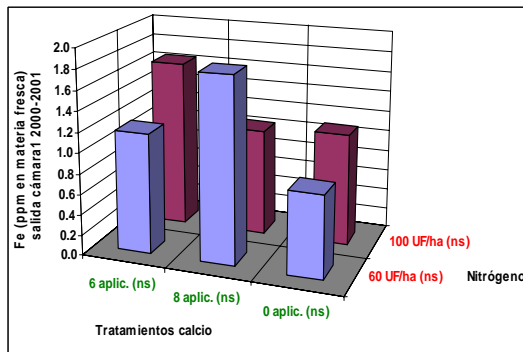


Figura 3.1.32.- Contenido en hierro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

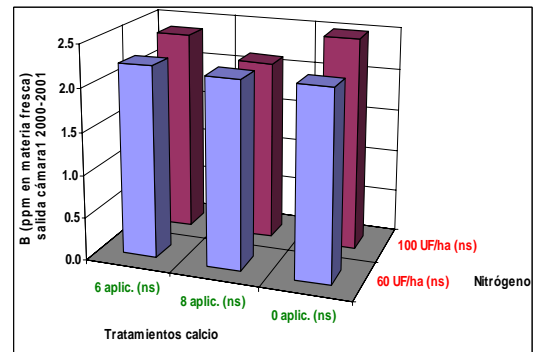


Figura 3.1.33.- Contenido en boro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

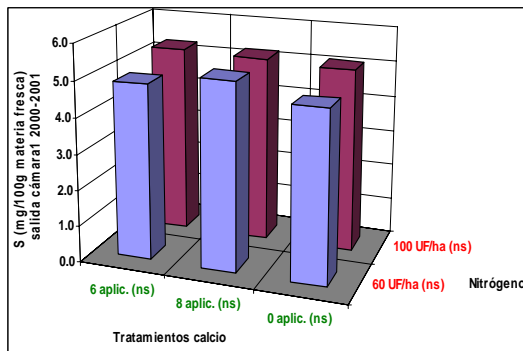


Figura 3.1.34.- Contenido en azufre (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

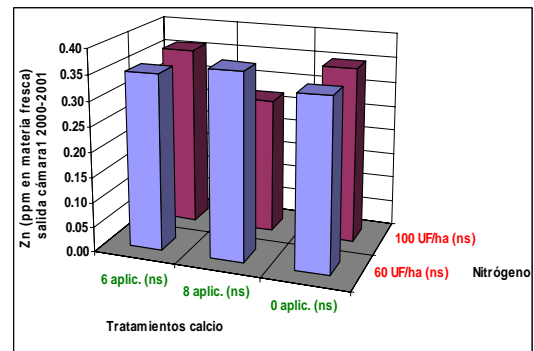


Figura 3.1.35.- Contenido en zinc (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

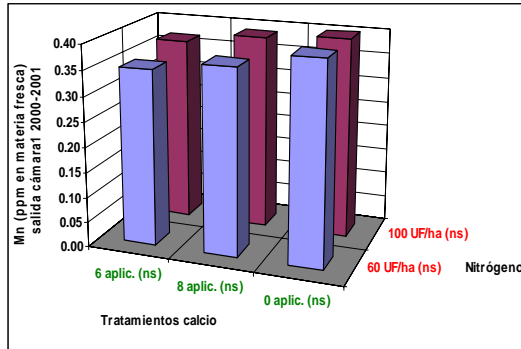


Figura 3.1.36.- Contenido en manganeso (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

3.1.3.- Segunda salida de cámara del primer año de ensayo (2000-2001).

Los contenidos de calcio, transcurridos los 6 meses de conservación (5 marzo 2001), han continuado siendo más elevados en los frutos que recibieron aportaciones de este nutriente, sobretodo en la estrategia de 8 aplicaciones con 4'5 mg por 100 g de materia fresca. A continuación, se sitúa la de 6 aplicaciones, con valores de 4'0 mg por 100 g de materia fresca. No obstante se observa una pérdida generalizada del contenido de calcio en todas las estrategias, la explicación de este descenso es que haya migrado parte del calcio al corazón del fruto que no se utiliza en el análisis. Los frutos que no recibieron calcio se sitúan en valores muy bajos de 3'0 mg/100 g materia fresca. Las dosis de abonado nitrogenado tampoco han influido en los niveles de calcio en los frutos, siendo la tendencia por igual durante todo este primer año de ensayo (figura 3.1.37), tanto en cosecha como después de la conservación frigorífica de los frutos.

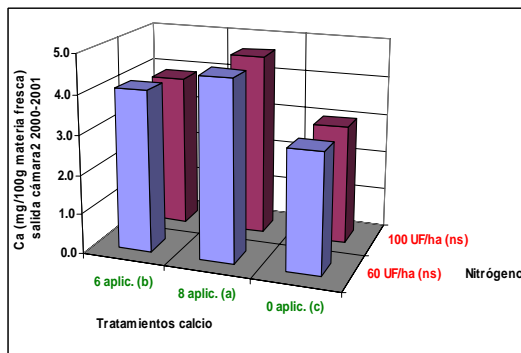


Figura 3.1.37.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

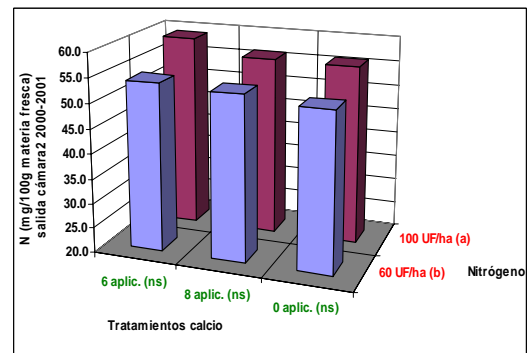


Figura 3.1.38.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

El contenido de nitrógeno en los frutos se mantiene en unos niveles similares a lo largo de la conservación, siendo mayor en aquellos que recibieron la dosis más alta de este mineral, no existiendo diferencias significativas entre las aplicaciones de calcio, al igual que en cosecha y en la primera salida de cámara (figura 3.1.38), lo que indica que el nitrógeno es un elemento nutritivo, que mantiene persistente su contenido en la pulpa

del fruto incluso después de la conservación frigorífica, no viéndose afectado por los diferentes niveles de aplicación de calcio. Al igual que en cosecha, las relaciones entre nutrientes han sido más equilibradas en los frutos que recibieron aportaciones de calcio, sobretodo en la estrategia de 8 aplicaciones de este elemento (figuras 3.1.39, 3.1.40 y 3.1.41).

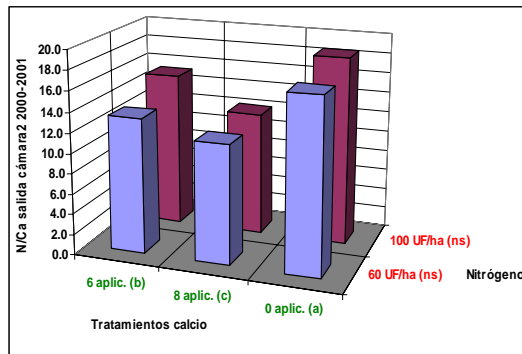


Figura 3.1.39.- Relación N/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

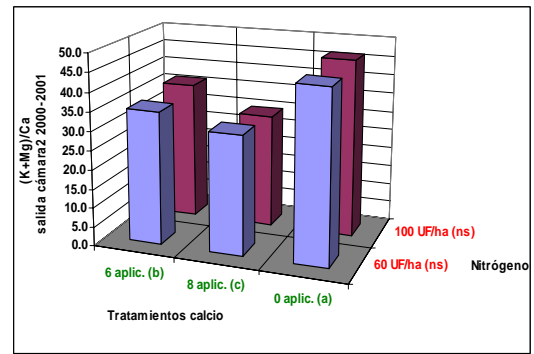


Figura 3.1.40.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

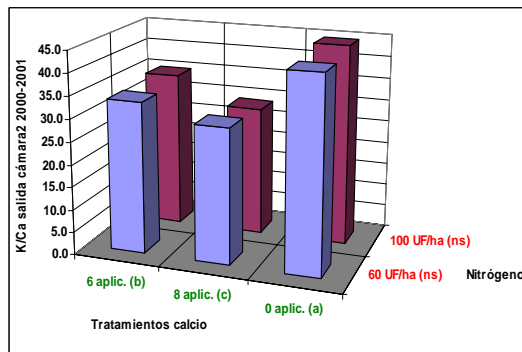


Figura 3.1.41.- Relación K/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

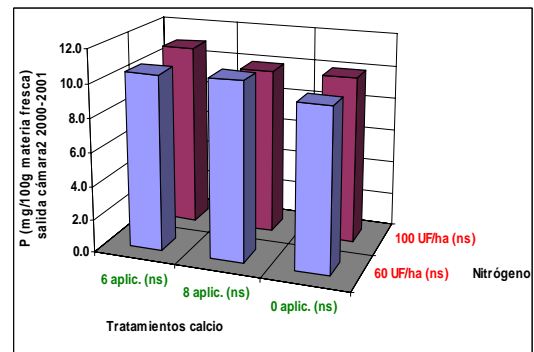


Figura 3.1.42.- Contenido en fósforo (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

En general después de la conservación, según indican Sack et al (1990) y Siddiqui y Bangerth (1996), se reduce la solubilidad del calcio, no siendo uniforme su concentración en el interior del fruto, ocasionando que los valores de las relaciones entre nutrientes aumenten, pudiéndose constatar que en esta segunda salida de cámara, son más elevados que los obtenidos en cosecha y durante la primera salida de cámara a los 4 meses de conservación.

Los contenidos de fósforo (figura 3.1.42), potasio (figura 3.1.43), magnesio (figura 3.1.44), hierro (figura 3.1.45), boro (figura 3.1.46), azufre (figura 3.1.47), zinc (figura 3.1.48) y manganeso (figura 3.1.49) de los frutos, entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de abonado nitrogenado en esta segunda salida de cámara, no han sido significativamente diferentes estadísticamente, produciéndose una estabilización de sus contenidos a nivel de la pulpa, efecto que se venía produciendo en la primera salida de cámara a los 4 meses de conservación, respecto a los valores de cosecha.

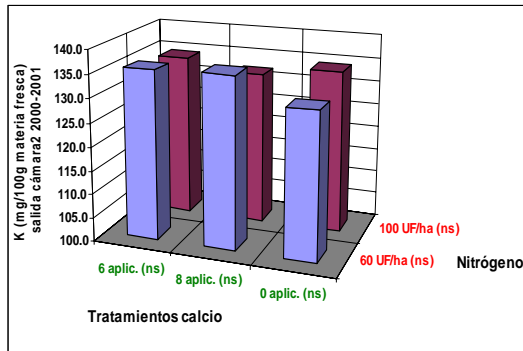


Figura 3.1.43.- Contenido en potasio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

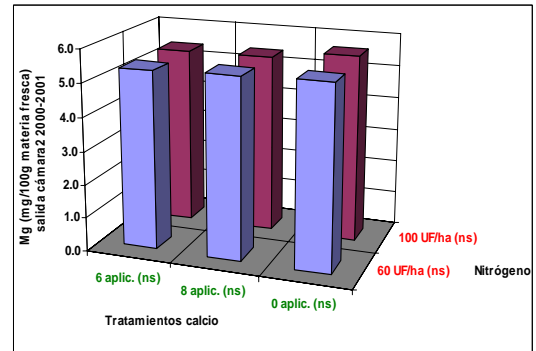


Figura 3.1.44.- Contenido en magnesio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

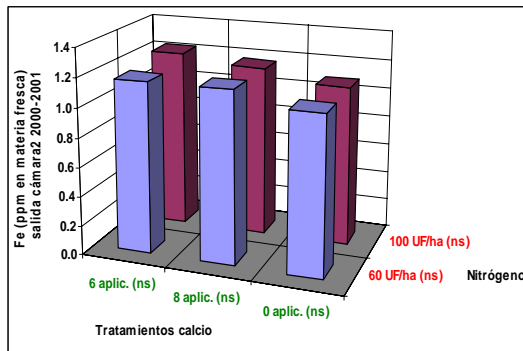


Figura 3.1.45.- Contenido en hierro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

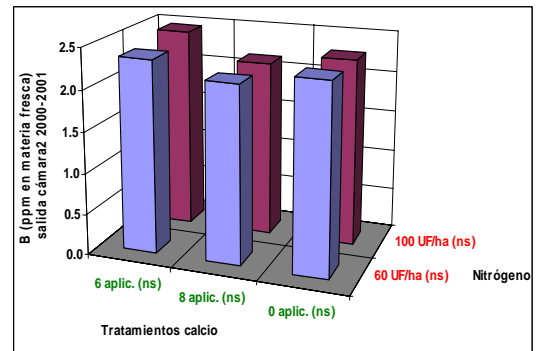


Figura 3.1.46.- Contenido en boro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

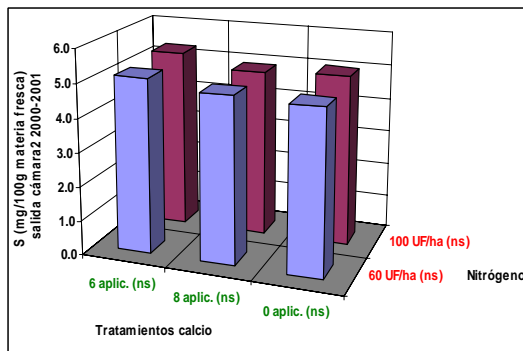


Figura 3.1.47.- Contenido en azufre (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

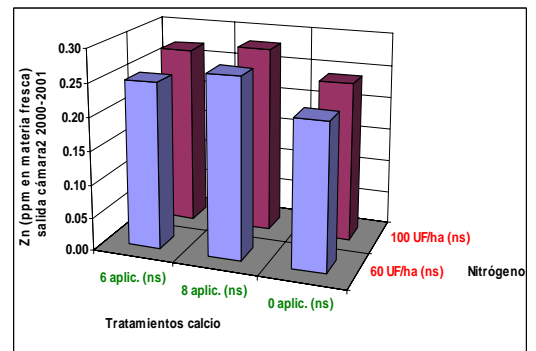


Figura 3.1.48.- Contenido en zinc (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

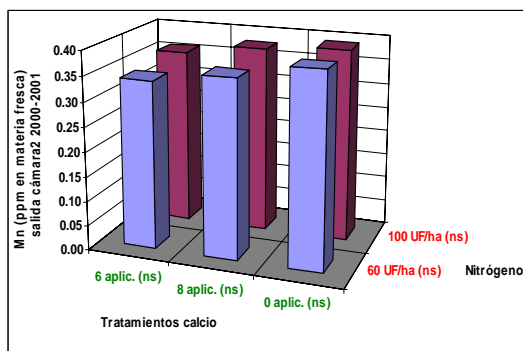


Figura 3.1.49.- Contenido en manganeso (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

3.1.4.- Cosecha del segundo año de ensayo (2001-2002).

En el momento de la cosecha (3 de septiembre de 2001), de este segundo año de ensayo, el contenido mineral en calcio de los frutos (figura 3.1.50) y hojas (figura 3.1.51), resultó ser mayor en la estrategia que recibió calcio vía foliar mediante 6 aplicaciones, cada 15 días, desde principios de junio hasta finales de agosto, respecto a los frutos no tratados con calcio, coincidiendo con los resultados del año anterior. Esto se explica por una menor absorción del calcio vía radicular durante la segunda fase de crecimiento, unido a la escasa movilidad y difícil traslocación del calcio hacia los frutos, según Casero et al., (1999).

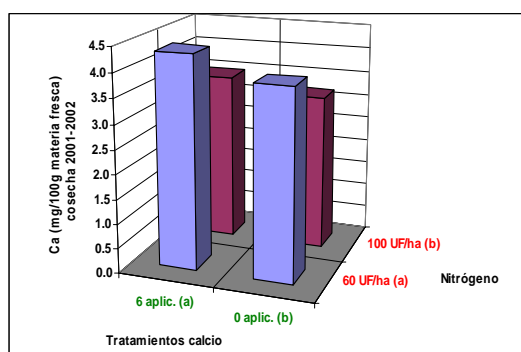


Figura 3.1.50 Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

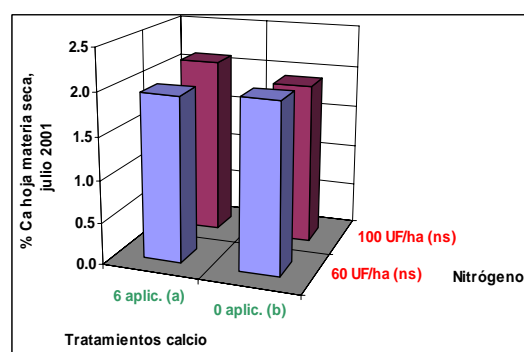


Figura 3.1.51.- % de calcio sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2001.

También se observa que los frutos que recibieron una mayor dosis de abonado nitrogenado (100 UF de N/ha) presentan menores concentraciones de calcio, que aquellos que recibieron la menor dosis (60 UF N/ha), lo cual parece indicar, que a mayores dosis de abonado nitrogenado se provoca una notable dilución del calcio, produciéndose una disminución de la concentración de este nutriente en los frutos, al igual que los resultados obtenidos por Raese (1989) y Takac (1994). En referencia a los frutos existe una correlación negativa entre el contenido de nitrógeno y el de calcio, de forma que a más nitrógeno en los frutos menor es su contenido de calcio (figura 3.1.52). En este segundo año de ensayo se empiezan a observar los efectos acumulados de aplicar exceso de nitrógeno desde el primer año de ensayo, lo que indica que los árboles y frutos no reaccionan brusca y rápidamente a la aplicación de dosis en exceso de elementos nutritivos, debido a la acumulación de reservas y por tanto necesitan de un periodo de redistribución y de respuesta para que se expresen sus efectos antagónicos o sinérgicos entre elementos minerales.

En cuanto a los niveles de calcio dentro de los frutos, la estrategia que consigue mayores contenidos del mismo, alrededor de los 4'5 mg/100 g de materia fresca, es la de 6 aplicaciones de calcio combinado con 60 UF de N/ha, siendo unos niveles similares a los del primer año de ensayo, estando en la línea de las recomendaciones de Johnson (1989) y Carvalhão (1997), para tener una menor incidencia de alteraciones

fisiológicas. En el caso de las hojas, las dosis de abonado nitrogenado no han influido estadísticamente en los niveles de calcio alcanzados.

Los mayores niveles de nitrógeno en los frutos (figura 3.1.53) y hojas (figura 3.1.54), se han manifestado en las estrategias que han recibido la mayor aportación de abonado nitrogenado (100 UF de N/ha), independientemente de la cantidad de calcio aplicada vía foliar, siendo las cantidades de nitrógeno acumulado en los frutos de 50 y 60 mg de N/100 g de materia fresca, para las dosis de 60 y 100 UF de N/ha respectivamente, considerándose elevadas con esta segunda dosis y con valores superiores a los obtenidos en el primer año de ensayo.

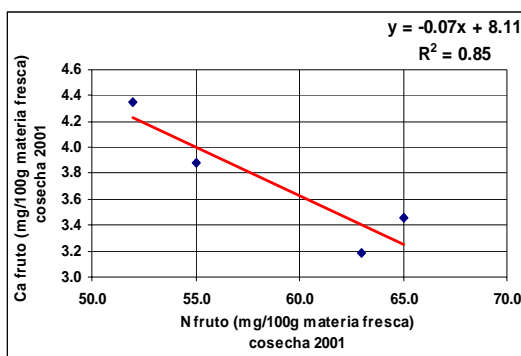


Figura 3.1.52.- Correlación entre el calcio y el nitrógeno acumulados en frutos en cosecha 2001.

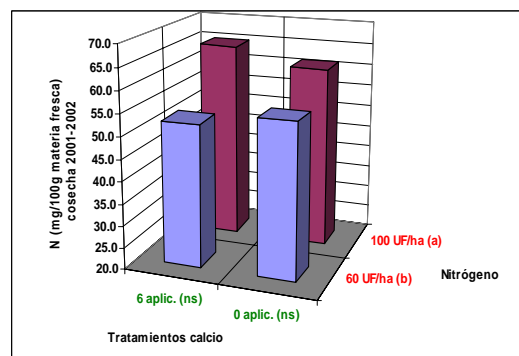


Figura 3.1.53.- Contenido en nitrógeno materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

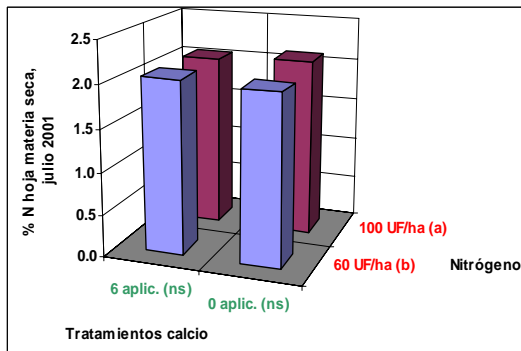


Figura 3.1.54.- % de nitrógeno sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2001.

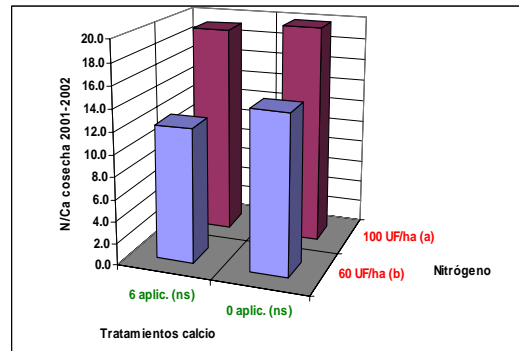


Figura 3.1.55.- Relación N/Ca de los frutos en cosecha 2001.

Los contenidos de nitrógeno en las hojas fueron superiores en aquellos árboles que recibieron la mayor dosis de abonado en este elemento, sin verse interferidos estos valores por la cantidad de calcio aplicado, al igual que sucedía en el primer año de ensayo. Se puede observar que los contenidos de nitrógeno y calcio de las hojas se mantienen en unos valores similares al primer año de ensayo.

Respecto a la relación N/Ca (figura 3.1.55) los resultados muestran unas diferencias claras entre las dosis de 60 y 100 UF de N/ha, ya que casi se duplica el valor de la relación con la dosis más elevada de abonado nitrogenado. Las dosis altas de nitrógeno (100 UF de N/ha) muestran un notable desequilibrio entre el nitrógeno y el calcio, no

consiguiéndose eliminar este desequilibrio con las aplicaciones de calcio. La estrategia que consigue un valor más bajo y equilibrado de la relación entre estos dos nutrientes, (alrededor de 10) es la que recibe 6 aplicaciones de calcio y una dosis de 60 UF de N/ha, que según las indicaciones de Casero et al. (1989) y Fallahi et al. (1997) es la más idónea para mantener la calidad de los frutos y reducir la incidencia de alteraciones por fisiopatías durante la conservación de los frutos.

La relación entre nutrientes (K+Mg)/Ca (figura 3.1.56), muestra que la estrategia más equilibrada es la de 6 aplicaciones de calcio con una dosis de abonado nitrogenado de 60 UF de N/ha, obteniéndose un ratio menor de 30, como recomiendan Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991) y Wolf et al. (1998). Se observa un desequilibrio nutricional más elevado, con valores comprendidos entre 41 y 44, en las estrategias dónde se realizó un abonado nitrogenado de 100 UF de N/ha.

También existe un mejor ajuste del equilibrio nutricional entre K/Ca (figura 3.1.57), en la estrategia de 6 aplicaciones de calcio con 60 UF de nitrógeno, de cara a favorecer la absorción y movilidad del calcio hacia los frutos y para la mejora de su calidad, según la experiencia de Vaysse et al. (2001).

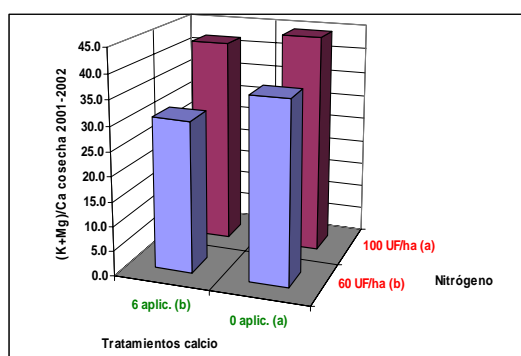


Figura 3.1.56.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos en cosecha 2001.

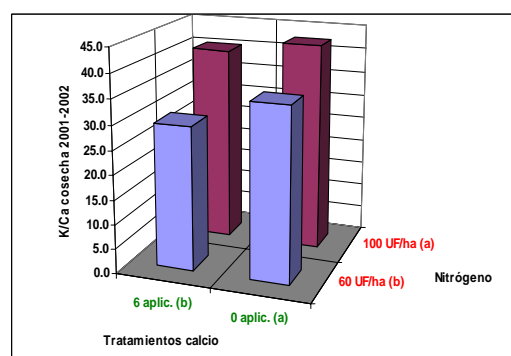


Figura 3.1.57.- Relación K/Ca de los frutos en cosecha 2001.

Se aprecia que la estrategia sin aplicación de calcio, con dosis altas de abonado nitrogenado, es la que tiene los mayores desequilibrios. Por tanto, al aplicar calcio en unos niveles suficientes y aportando dosis bajas de nitrógeno, se consigue mejorar las relaciones entre nutrientes. Debido a la interacción del nitrógeno con el calcio, cuando se aplica nitrógeno en exceso, no se logra un equilibrio apropiado de nutrientes, incluso realizando aplicaciones foliares de calcio, resultado experimentado también por Raese (1989) y Takac (1994).

Solamente se observa el efecto de las aplicaciones de calcio en los frutos que poseen una nutrición equilibrada, ya que un elevado suministro nitrogenado interfiere en la consecución de los niveles adecuados de calcio en el fruto. De esta manera, las relaciones N/Ca, (K+Mg)/Ca y K/Ca alcanzan valores muy altos, por encima de la

normalidad, encontrándose desequilibradas especialmente en los tratamientos con elevados aportes de nitrógeno.

En este segundo año de ensayo, se acumula una mayor cantidad de fósforo (figura 3.1.58) y potasio (figura 3.1.59) en los frutos, que recibieron la dosis elevada de abonado nitrogenado (100 UF de N/ha), con independencia de las aplicaciones de calcio recibidas, al igual que el ensayo de Raese (1984) y Takac (1994). En las hojas se produce una mayor acumulación de potasio en las estrategias dónde no se aplica calcio, y sobre todo en la que recibe más dosis de abonado nitrogenado (figura 3.1.60). Se produce una correlación positiva de los niveles de potasio entre hojas y frutos (figura 3.1.61).

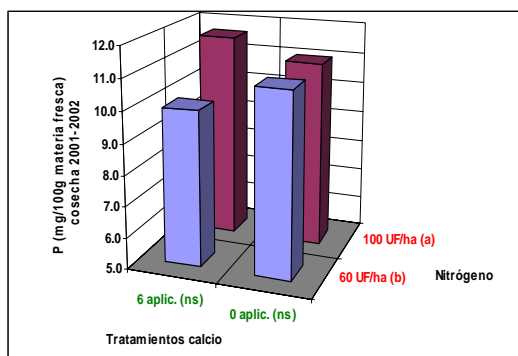


Figura 3.1.58.- Contenido en fósforo (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

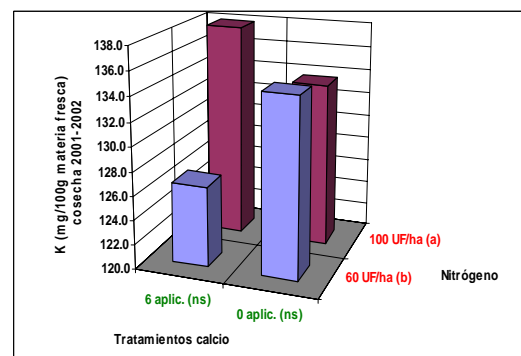


Figura 3.1.59.- Contenido en potasio (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

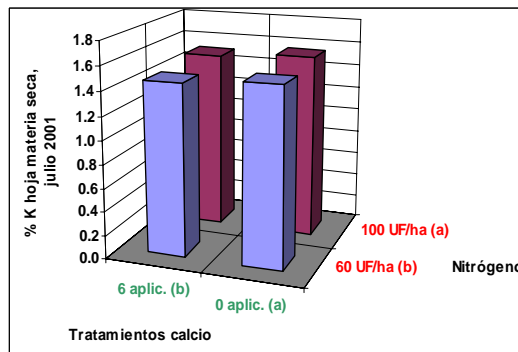


Figura 3.1.60.- % de potasio sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2001.

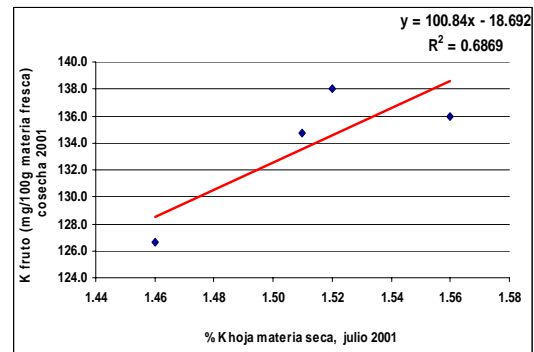


Figura 3.1.61.- Correlación entre el potasio acumulado en hojas respecto al de los frutos en cosecha 2001.

Aparece una correlación negativa entre los contenidos acumulados de potasio y calcio en los frutos (figura 3.1.62). También existe una correlación positiva entre los contenidos de potasio y nitrógeno de los frutos (figura 3.1.63) coincidiendo con Zydlik y Pacholak (2000) y Casero et al. (2004).

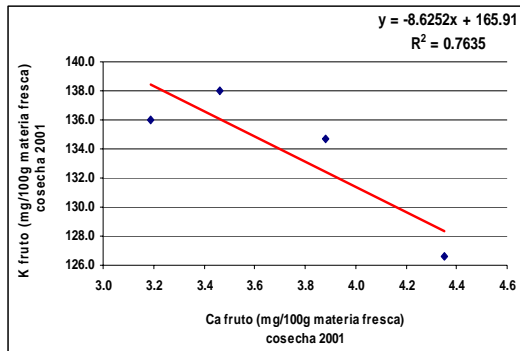


Figura 3.1.62.- Correlación entre el potasio y el calcio acumulado en frutos en cosecha 2001.

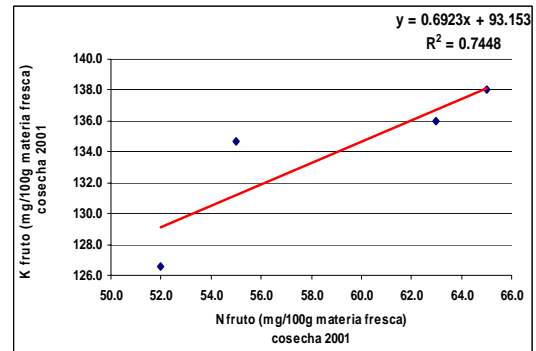


Figura 3.1.63.- Correlación entre el potasio y el nitrógeno acumulado en frutos en cosecha 2001.

El contenido en magnesio de los frutos, no ha sido diferente estadísticamente entre aplicaciones de calcio y dosis de abonado nitrogenado (figura 3.1.64), pero en el caso de las hojas, se llega a acumular más cantidad de este nutriente cuando no se aplica calcio vía foliar (figura 3.1.65).

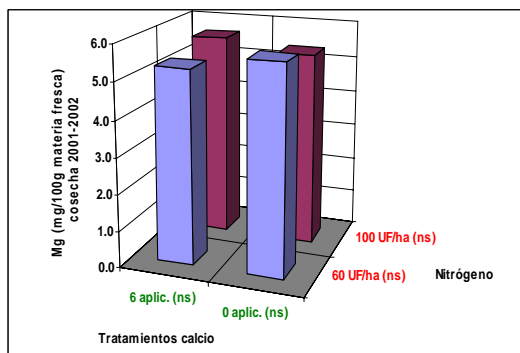


Figura 3.1.64.- Contenido en magnesio (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

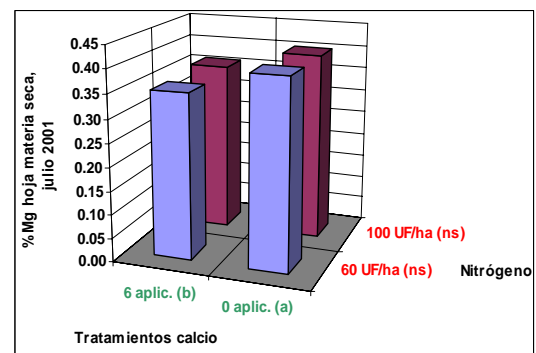


Figura 3.1.65.- % de magnesio sobre materia seca en hojas en el mes de julio de 2001.

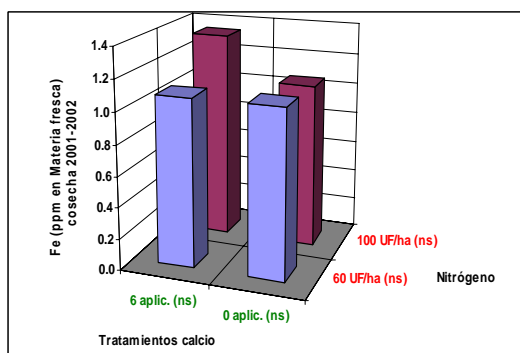


Figura 3.1.66.- Contenido en hierro (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

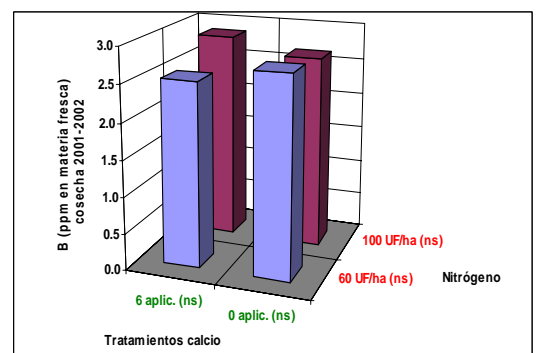


Figura 3.1.67.- Contenido en boro (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

En cuanto a los niveles de hierro (figura 3.1.66), boro (figura 3.1.67), zinc (figura 3.1.68) y manganeso (figura 3.1.69) de los frutos, no existieron diferencias significativas entre tratamientos de calcio y dosis de nitrógeno. El contenido de azufre en los frutos ha resultado ser mayor en aquellos que recibieron la dosis más alta de nitrógeno, no viéndose afectados por los tratamientos de calcio (figura 3.1.70).

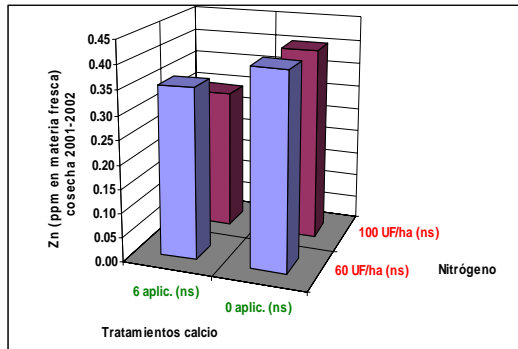


Figura 3.1.68.- Contenido en zinc (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

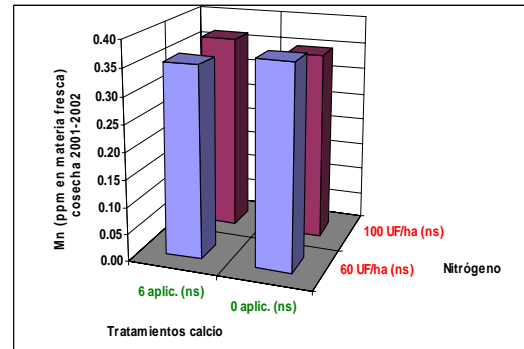


Figura 3.1.69 Contenido en manganeso (ppm en materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

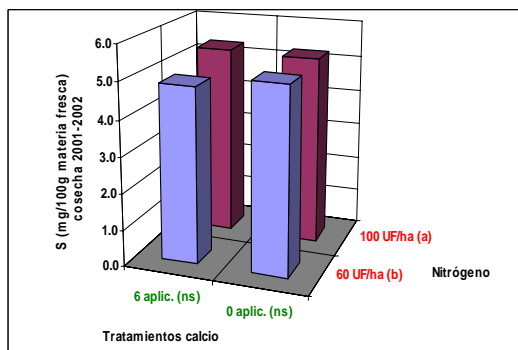


Figura 3.1.70.- Contenido en azufre (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2001.

3.1.5.- Primera salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

Después de una conservación frigorífica durante 4 meses (15 enero de 2002), en cámara de atmósfera modificada con bajo nivel de oxígeno, el mayor contenido en calcio de los frutos lo obtuvieron aquellos en los que se aplicó 6 pulverizaciones cálcicas, sin interferir estadísticamente la dosis de abonado nitrogenado aportado (figura 3.1.71).

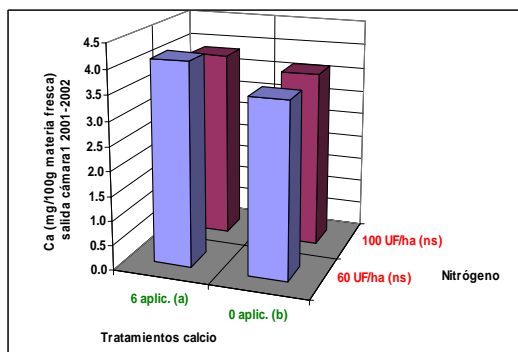


Figura 3.1.71.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

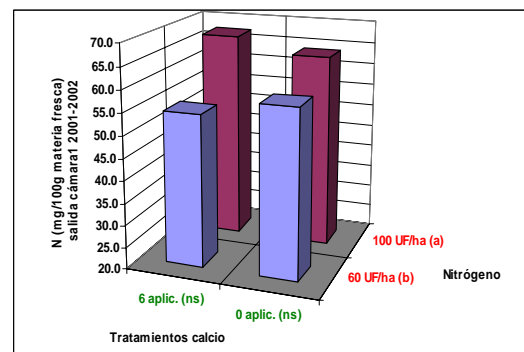


Figura 3.1.72.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

En este caso, no se observa el efecto antagonista de la dosis elevada de nitrógeno respecto al contenido mineral de calcio en los frutos, como se producía en cosecha,

aunque la tendencia muestra unos valores de calcio un poco superiores en aquellos frutos que recibieron la dosis menor de nitrógeno.

El nivel de calcio de los frutos resultó ser mayor en aquellos que recibieron las 6 aplicaciones de calcio quincenales desde junio hasta finales de agosto, combinadas con la dosis baja de nitrógeno (60 UF de N/ha), obteniendo valores próximos a los 4'0 mg/100 g de materia fresca, al igual que el primer año de ensayo, notándose un ligero descenso en el contenido de dicho nutriente, en comparación con los valores de la cosecha.

El contenido en nitrógeno de los frutos (figura 3.1.72) después de la conservación, continua siendo más elevado en aquellos que han recibido las dosis más altas de abonado nitrogenado (100 UF de N/ha), independientemente de haber recibido o no aportaciones cálcicas foliares, al igual que ocurría en cosecha. Se puede observar, que el valor del contenido en nitrógeno de los frutos no cambia a lo largo de la conservación frigorífica, permaneciendo estable las cantidades acumuladas de 50 y 60 mg de N/100 g de materia fresca, para las dosis de 60 y 100 UF de N/ha respectivamente, siendo valores similares a los obtenidos en cosecha, volviendo a ser elevadas para esta segunda dosis. Por tanto, se puede decir que la cantidad de nitrógeno acumulado en el fruto no depende del contenido mineral en calcio.

En la figura 3.1.73, se muestra que la relación N/Ca, sigue siendo más elevada en los frutos abonados con la dosis más alta de nitrógeno (100 UF de N/ha), aunque las diferencias no son tan considerables como en cosecha (en que casi se duplicaba el valor de la relación), respecto a las dosis más bajas de 60 UF de N/ha. Los frutos que han recibido aplicaciones de calcio con baja dosis de nitrógeno, son los que consiguen tener el valor del equilibrio más bajo y más cercano a 10, valores recomendados por Casero et al. (1989) y por Fallahi et al. (1997), para reducir las alteraciones por fisiopatías.

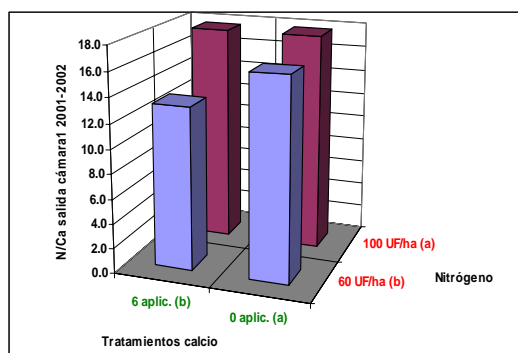


Figura 3.1.73.- Relación N/Ca de los frutos, en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2001-2002.

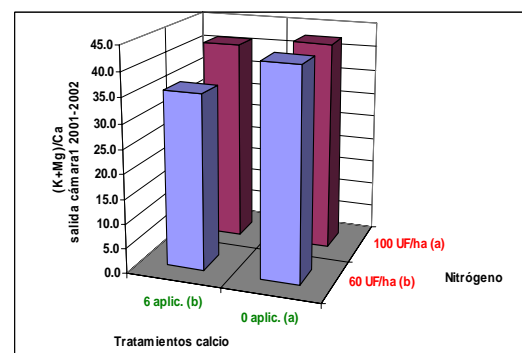


Figura 3.1.74.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos, en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2001-2002.

Las relaciones entre nutrientes (K+Mg)/Ca (figura 3.1.74) y K/Ca (figura 3.1.75) más equilibradas, continúan siendo para la estrategia de 6 aplicaciones cálcicas con una

dosis de 60 UF de N/ha, con un valor de la ratio cercano a 30 para ambas relaciones, tal como aconseja Johnson (1989), Pavicic y Miljcovic (1991) y Wolf et al. (1998). Las restantes estrategias muestran unos desequilibrios nutricionales más elevados, con valores superiores a 40. En estos casos, al igual que los resultados obtenidos en la cosecha, si no se reduce la dosis de abonado nitrogenado durante el crecimiento y desarrollo del fruto, se producen unos desequilibrios nutricionales que se mantienen a lo largo de la conservación frigorífica, aunque se haya aplicado calcio en precosecha.

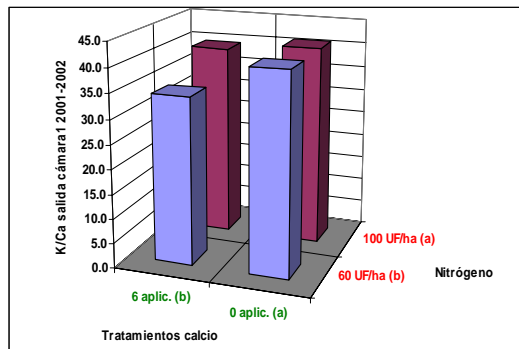


Figura 3.1.75.- Relación K/Ca de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

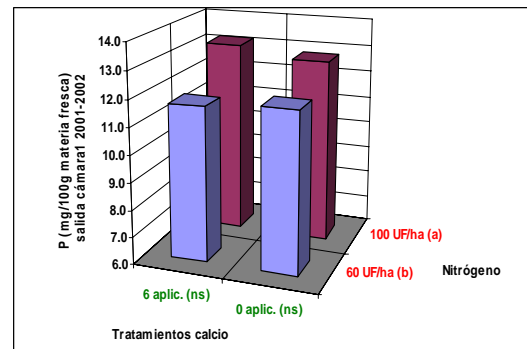


Figura 3.1.76.- Contenido en fósforo (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

En los contenidos de fósforo (figura 3.1.76) y de potasio (figura 3.1.77), no se evidencian diferencias entre tratamientos de calcio, pero si continúan acumulando unos mayores niveles de fósforo y potasio con las dosis altas de abonado nitrogenado, al igual que sucedía en cosecha.

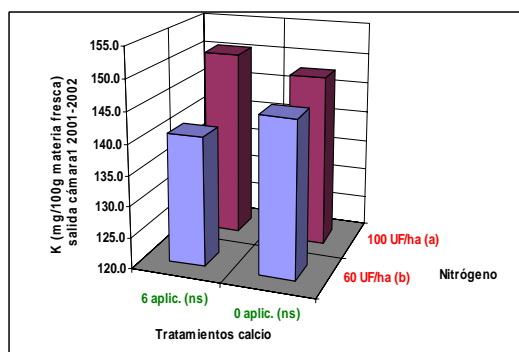


Figura 3.1.77.- Contenido en potasio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

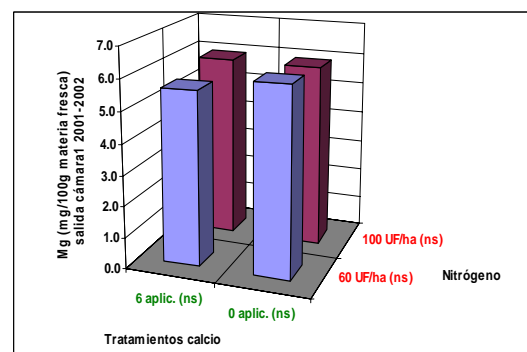


Figura 3.1.78.- Contenido en magnesio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

En relación a los contenidos de magnesio (figura 3.1.78), hierro (figura 3.1.79), boro (figura 3.1.80), zinc (figura 3.1.81) y manganeso (figura 3.1.82) no expresan diferencias significativas después de la conservación frigorífica de 4 meses en este segundo año de ensayo, entre aplicaciones de calcio y dosis de nitrógeno aplicadas, siendo sus valores similares a los obtenidos en el primer año de ensayo. En el caso del azufre (figura 3.1.83) se vuelven a obtener unos niveles mayores de este elemento cuando se aplican dosis elevadas de nitrógeno, al igual que en cosecha.

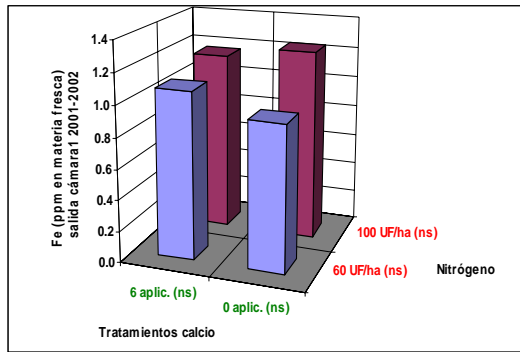


Figura 3.1.79.- Contenido en hierro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

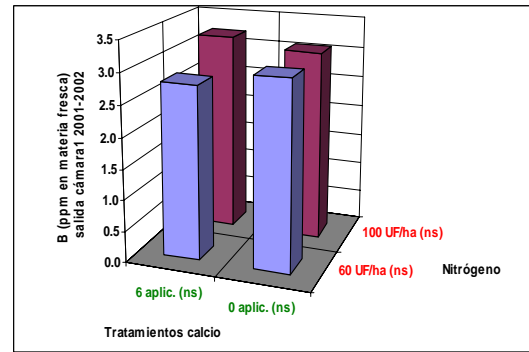


Figura 3.1.80.- Contenido en boro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

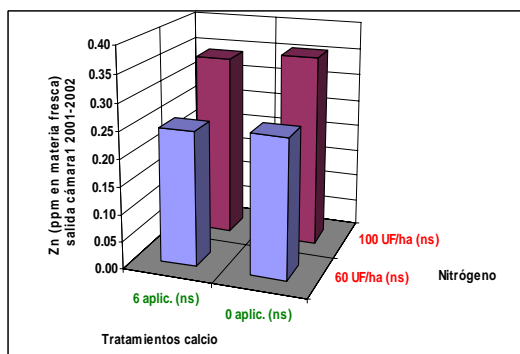


Figura 3.1.81.- Contenido en zinc (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

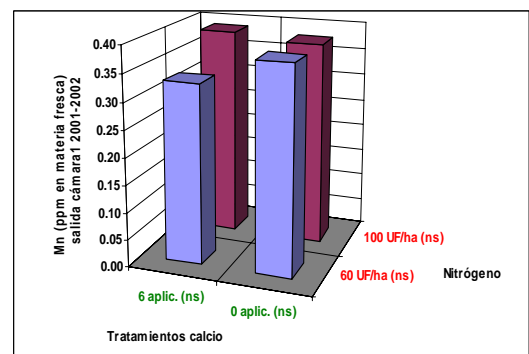


Figura 3.1.82.- Contenido en manganeso (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

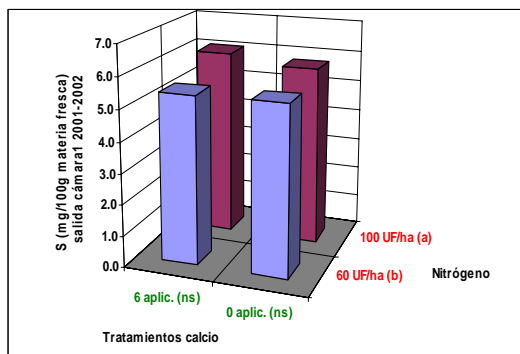


Figura 3.1.83.- Contenido en azufre (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

3.1.6.- Segunda salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

A los 6 meses de la conservación frigorífica en atmósfera con bajo nivel de oxígeno (11 de marzo de 2002), el contenido en calcio de los frutos, se mantiene a unos niveles similares a los obtenidos en la primera salida de cámara (4 meses), con una ligera disminución de su valor, debido a un movimiento del calcio hacia el corazón del fruto (figura 3.1.84). La reducción de los niveles de calcio en las manzanas durante la conservación, también se experimentó en el primer año de ensayo. La estrategia con 6

aplicaciones de calcio, con la dosis baja de nitrógeno (60 UF de N/ha) continúa siendo la que tiene los mayores contenidos de calcio en los frutos, con valores también cercanos a 4'0 mg de calcio por 100g materia fresca.

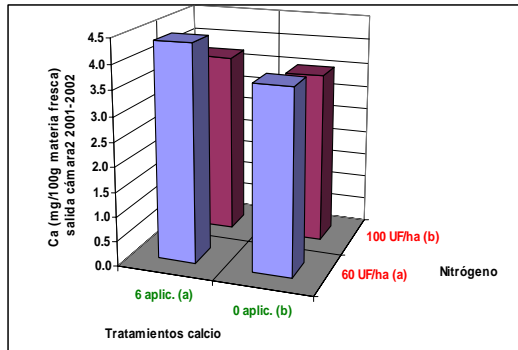


Figura 3.1.84.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

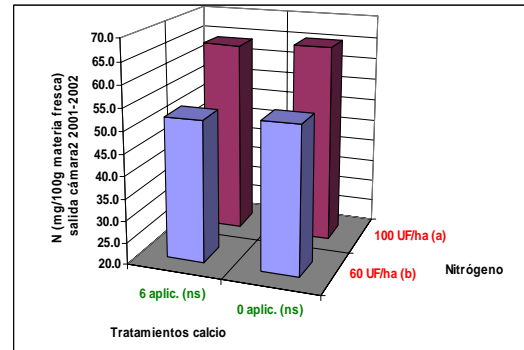


Figura 3.1.85.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

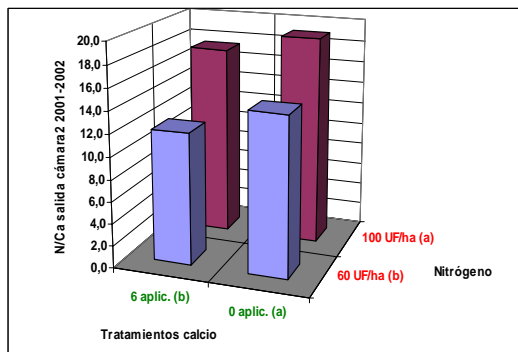


Figura 3.1.86.- Relación N/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

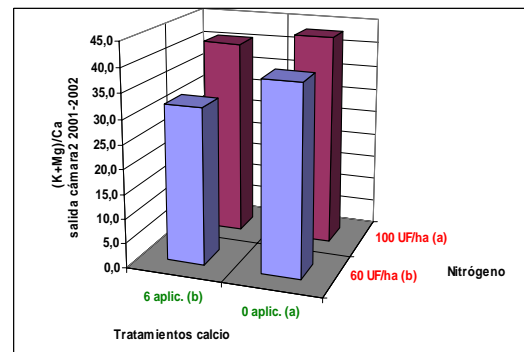


Figura 3.1.87.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

El contenido en nitrógeno de los frutos a los 6 meses de conservación frigorífica (figura 3.1.85), se mantiene en unos valores similares a los obtenidos en la cosecha y en la primera salida de cámara, con lo que se desprende que los niveles de este nutriente permanecen casi estables a lo largo de la conservación. Los frutos fertilizados con la dosis de 100 UF de N/ha, son los que presentan un contenido en nitrógeno más elevado y superior al obtenido en el primer año de ensayo, considerándose valores excesivos, siendo más difícil conseguir un equilibrio apropiado entre nutrientes después de la conservación, incluso realizando aplicaciones foliares de calcio, manifestándose nuevamente que el exceso de abonado nitrogenado perturba la nutrición cálcica de los frutos, como indican Raese (1989) y Takac (1994).

Las relaciones entre nutrientes N/Ca (figura 3.1.86), (K+Mg)/Ca (figura 3.1.87) y K/Ca (figura 3.1.88) siguen siendo desequilibradas en los frutos que han sido abonados con la dosis más alta de nitrógeno (100 UF de N/ha) y no han recibido aplicaciones cálcicas. Los mejores equilibrios, según las recomendaciones de Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991), Wolf et al. (1998), Casero et al. (1989) y Fallahi et al. (1997), se

continúan mostrando en aquellos frutos que recibieron suplemento de calcio y con la dosis baja de abonado nitrogenado.

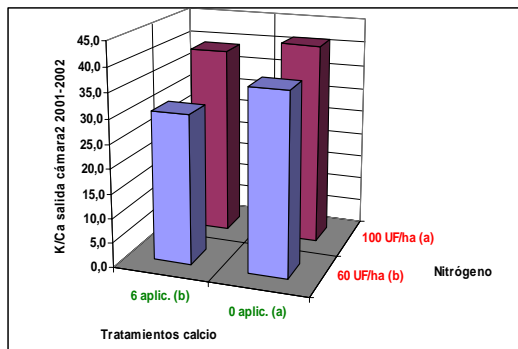


Figura 3.1.88.- Relación K/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

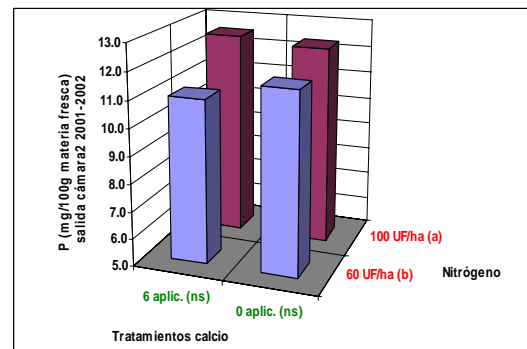


Figura 3.1.89.- Contenido en fósforo (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Estos desequilibrios entre nutrientes, ocasionan la aparición de una mayor incidencia de alteraciones fisiológicas en los frutos, como es el caso del bitter pit y la plara, sobretodo en aquellos que no han sido suplementados con aplicaciones de calcio, al igual que experimentaron Raese y Drake (1993b) y Ferguson et al. (1999) y con exceso de nitrógeno.

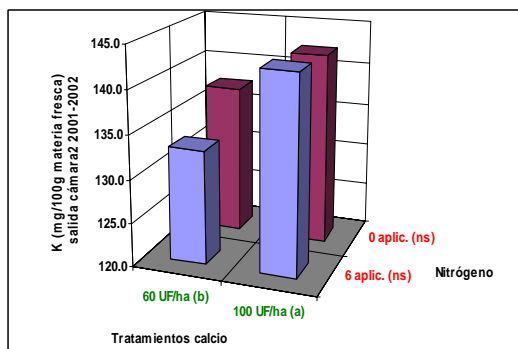


Figura 3.1.90 Contenido en potasio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

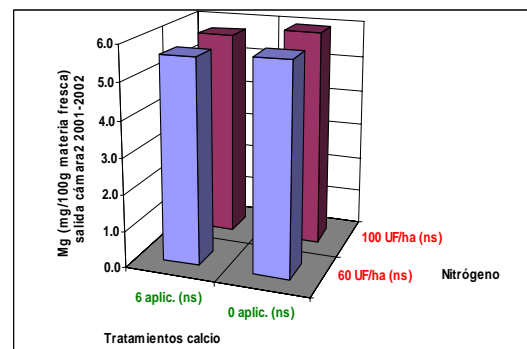


Figura 3.1.91.- Contenido en magnesio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Al igual que en cosecha y en la primera salida de cámara, continúa produciéndose una mayor acumulación de fósforo (figura 3.1.89) con las dosis de abonado nitrogenado altas, con independencia de las aplicaciones de calcio. En cuanto al potasio (figura 3.1.90), se acumula más cantidad en caso de no aplicar calcio. Tampoco han existido diferencias significativas entre los niveles de magnesio (figura 3.1.91), hierro (figura 3.1.92), boro (figura 3.1.93), zinc (figura 3.1.94) y manganeso (figura 3.1.95) de los frutos, siendo similares a los del primer año de ensayo. Se mantienen los contenidos más altos de azufre (figura 3.1.96) en los frutos que se les aplican dosis elevadas de nitrógeno, al igual que en cosecha y en la primera salida de cámara.

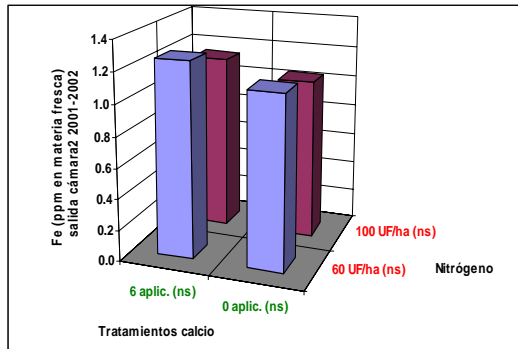


Figura 3.1.92.- Contenido en hierro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

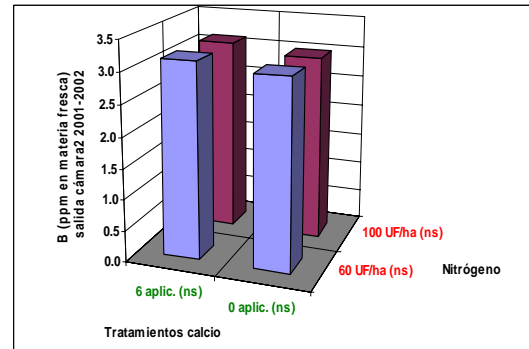


Figura 3.1.93.- Contenido en boro (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

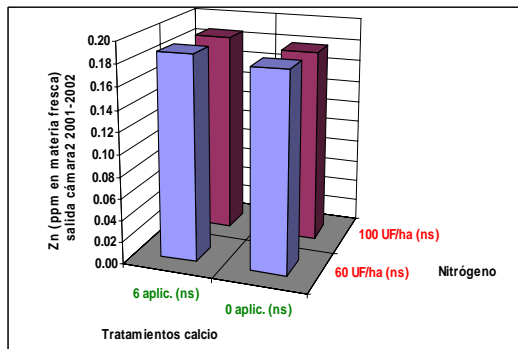


Figura 3.1.94.- Contenido en zinc (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

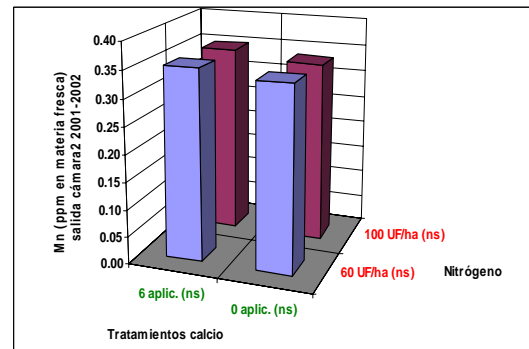


Figura 3.1.95.- Contenido en manganeso (ppm en materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

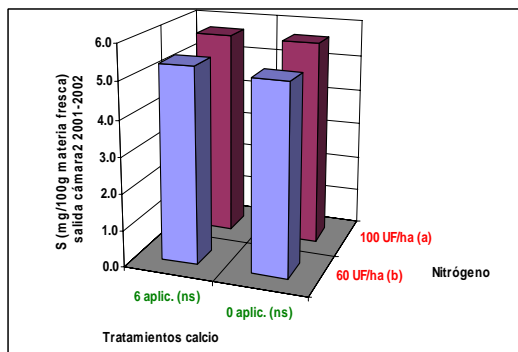


Figura 3.1.96.- Contenido en azufre (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

3. 2.- INFLUENCIA DE LOS TRATAMIENTOS CALCIO-NITRÓGENO EN LA CALIDAD DE LAS MANZANAS GOLDEN SMOOTHIE. (Capítulo 2)

3.2.- Influencia de los tratamientos Calcio-Nitrógeno en la calidad de las manzanas Golden Smoothie.

3.2.1.- Cosecha del primer año de ensayo (2000-2001).

La cosecha del primer año se realizó el 1 de septiembre de 2000, considerando que en esta fecha se habían alcanzado los parámetros organolépticos óptimos de calidad para la recolección y la posterior conservación frigorífica de los frutos durante los 6 meses programados en atmósfera controlada con bajo nivel de oxígeno.

La firmeza de los frutos en cosecha fue superior en aquellos que recibieron calcio por vía foliar, siendo mayores los valores (cerca de 60 Newton) en la estrategia de 6 aplicaciones de calcio (figura 3.2.1). Se observa en este caso, que conseguir un mayor contenido acumulado de calcio en los frutos, con la estrategia de 8 aplicaciones (figura 3.1.1), no ha sido determinante para obtener una mayor firmeza, ni para reducir el porcentaje de las alteraciones por fisiopatías en las manzanas. Si comparamos las dos estrategias de 6 y 8 tratamientos cálcicos, vemos que se alcanzan unos contenidos de calcio de 4'3 y 5 mg por 100 g de materia fresca, respectivamente, siendo según las recomendaciones de Johnson, 1989 y Carvalhão, 1997, unos niveles acumulados suficientes para conseguir unos buenos resultados de firmeza en los frutos. Ante este resultado se constata que es necesario alcanzar unos niveles mínimos de calcio en los frutos, pero un mayor contenido de este elemento no implica en algunos casos una mejora sustancial de la firmeza u otros parámetros de calidad.

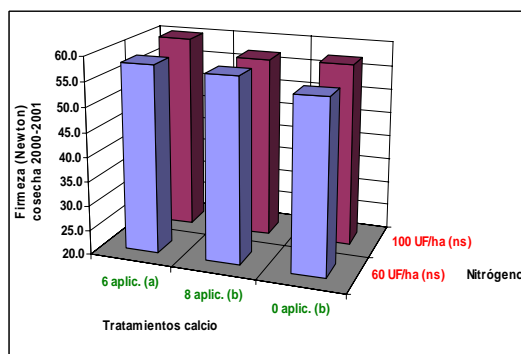


Figura 3.2.1.- Firmeza de los frutos en Newton, en cosecha 2000. Entre paréntesis se indica la existencia de las diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

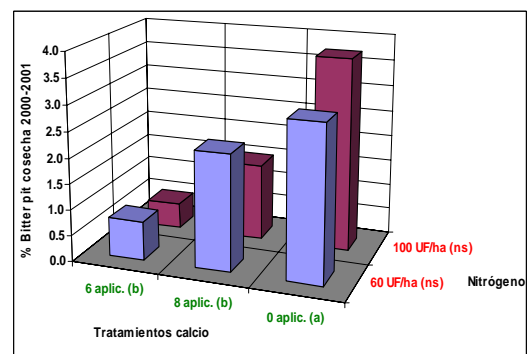


Figura 3.2.2.- % afección por bitter pit en los frutos en cosecha 2000.

Una aplicación elevada de nitrógeno de 100 UF/ha, ha repercutido en un incremento de los contenidos acumulados de este nutriente en los frutos (figura 3.1.4), pero en este primer año de ensayo las dosis de abonado nitrogenado no han influido en la firmeza de los frutos, debido a que el cultivo no se había fertilizado con un exceso de nitrógeno durante los años anteriores al ensayo y por tanto no han aparecido posibles efectos de

interacción con el calcio, que hayan podido repercutir sobre la calidad de las manzanas en el momento de la cosecha.

Los frutos que no han recibido aportes de calcio son los más afectados por incidencia de bitter pit (figura 3.2.2). No obstante, se puede observar que la estrategia que ha tenido el menor porcentaje de frutos con bitter pit ha sido la de 6 aplicaciones de calcio, aunque los mejores equilibrios de nutrientes resultaron ser para la estrategia de 8 aplicaciones de calcio.

Las relaciones N/Ca (figura 3.1.9), (K+Mg)/Ca (figura 3.1.10) y K/Ca (figura 3.1.11), han manifestado unos mayores desequilibrios, en los frutos no tratados con calcio, con valores excesivamente elevados, repercutiendo en un mayor porcentaje de alteraciones por bitter pit. Estos equilibrios nutricionales mejoran con las aportaciones foliares de calcio sobre los frutos, obteniéndose valores cercanos a los recomendados de 15, 30 y 30 respectivamente, por Casero et al. (1989), Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991) y Wolf et al. (1998).

En este caso, no se cumple la relación de que a más calcio acumulado en los frutos menor es la afectación por bitter pit, al existir otros factores fisiológicos que también intervienen, como pueden ser las condiciones ambientales y el vigor del árbol, hechos que se contrastan con resultados similares obtenidos por Benavides et al. (2002 y 2004), al ser la estrategia de 6 aplicaciones de calcio la que obtiene menores índices de afectación por bitter pit, así como una mejor firmeza, frente a la estrategia de 8 aplicaciones. Las dosis de abonado nitrogenado no han influido en el porcentaje de bitter pit, ni en los equilibrios nutricionales en la cosecha de este primer año.

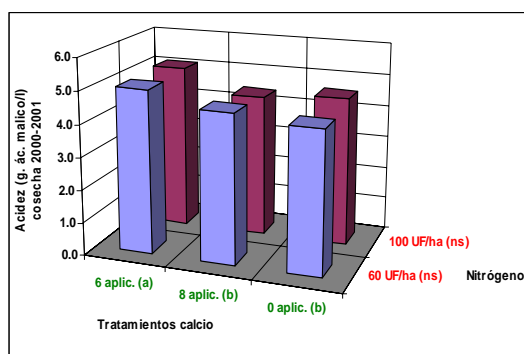


Figura 3.2.3.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l) en cosecha 2000.

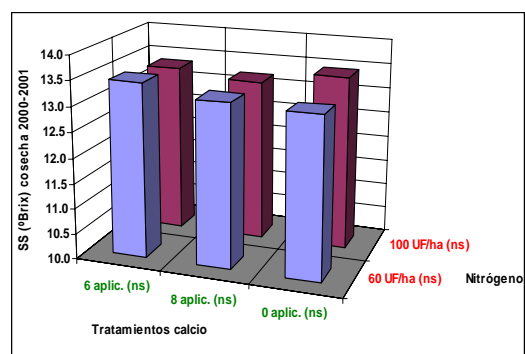


Figura 3.2.4.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en cosecha 2000.

Los frutos más ácidos (figura 3.2.3) han sido los tratados con 6 aplicaciones de calcio, con valores cercanos a 5g ácido málico/l, las dos estrategias restantes no han mostrado diferencias significativas entre sí. En cuanto a los azúcares (sólidos solubles), no se encuentran diferencias estadísticas entre tratamientos de calcio (figura 3.2.4). La tonalidad (a+b) de los frutos en cosecha, ha sido menor en los frutos que han recibido 6

aplicaciones de calcio (figura 3.2.5), presentando una tonalidad más verde y una luminosidad mayor (figura 3.2.6), no existiendo diferencias estadísticas entre los frutos no tratados con calcio y los tratados con 8 aplicaciones de calcio. Las dosis de nitrógeno en este caso tampoco han influido significativamente respecto a los parámetros de acidez, sólidos solubles y color de los frutos en la cosecha.

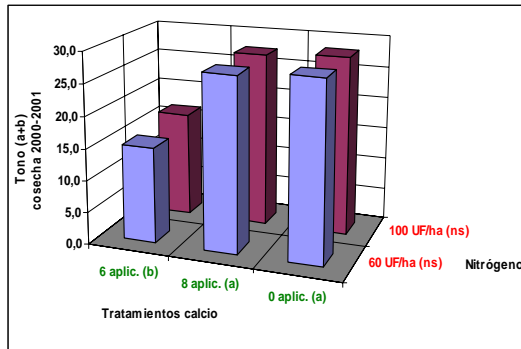


Figura 3.2.5.- Tono (a+b) de los frutos en cosecha 2000.

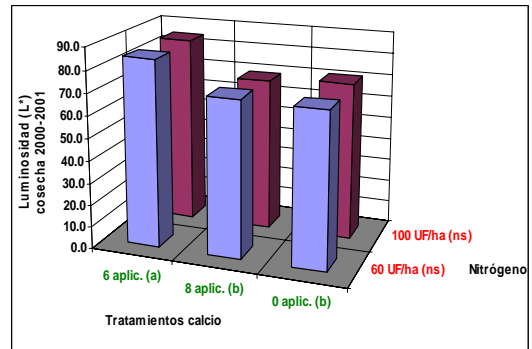


Figura 3.2.6.- Luminosidad (L*) de los frutos, en cosecha 2000.

3.2.2.- Primera salida de cámara del primer año de ensayo (2000-2001).

La primera salida de cámara del primer año de ensayo tuvo lugar el 8 de enero de 2001, después de una conservación frigorífica de aproximadamente 4 meses de duración. La firmeza continuó siendo mayor en la estrategia de 6 aplicaciones de calcio, al igual que sucedía en cosecha (figura 3.2.7), pero con unos valores inferiores cercanos a los 40 Newton, presentando una reducción considerable. Los frutos no tratados con calcio son los que han manifestado la menor firmeza, aunque sin ser significativamente diferentes a los de la estrategia de 8 aplicaciones, a pesar de que los mayores niveles acumulados de calcio continúan siendo para los frutos que recibieron las 8 aplicaciones de calcio, con valores superiores a los 5'0 mg/100 g de materia fresca (figura 3.1.24), seguidos por los suplementados con 6 tratamientos consiguiéndose unos contenidos próximos a los 4'0 mg/100 g de materia fresca, siendo respectivamente similares a los obtenidos en cosecha.

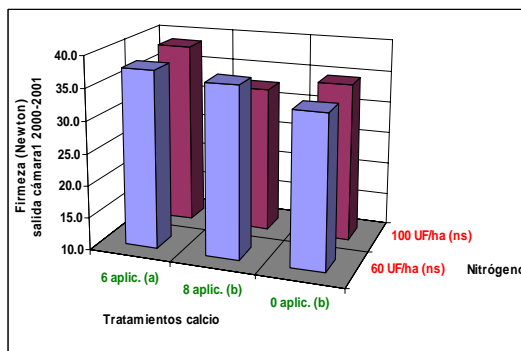


Figura 3.2.7.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

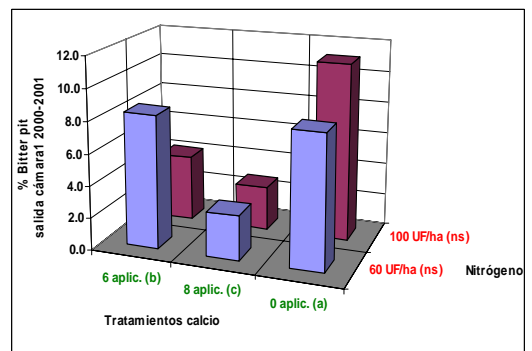


Figura 3.2.8.- % afección por bitter pit en los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

Las manzanas no tratadas con calcio son las que continúan teniendo los niveles más bajos de calcio del orden de 3'4 mg/100 g materia fresca, comportando que sean más susceptibles a padecer un mayor porcentaje de incidencias por fisiopatías, según las recomendaciones de Johnson (1989). Las dosis de abonado nitrogenado aplicadas en precosecha, no han influido en los valores de firmeza obtenidos, ni en el mantenimiento de los niveles de calcio en los frutos después de una conservación a 4 meses.

Durante la conservación frigorífica se produce un aumento generalizado del porcentaje de bitter pit en todas las estrategias, siendo la de 8 aplicaciones de calcio la menos afectada por esta fisiopatía (figura 3.2.8), seguida en segundo lugar de menor incidencia la de 6 aplicaciones de calcio, lo que indica que tener unos buenos contenidos de calcio en los frutos, se traduce en un menor porcentaje de bitter pit aunque no se consigue eliminar totalmente su afectación, al igual que le sucedió a Bramlage et al. (1985) y a Raese et al. (1990), siendo las manzanas no suplementadas con calcio las que padecen los mayores ataques. Las dosis de nitrógeno aplicadas no han influido sobre los equilibrios entre nutrientes, ni en el porcentaje de bitter pit, al igual que sucedía en cosecha. A las mismas conclusiones se llega en cuanto al porcentaje de incidencia por plara (figura 3.2.9), dónde se puede ver claramente que las manzanas que no han recibido ninguna aportación de calcio son notablemente las más afectadas, no existiendo diferencias significativas entre las estrategias de 6 y 8 aplicaciones de calcio.

Se comprueba que los mayores desequilibrios nutricionales se continúan produciendo en los frutos no tratados con calcio suplementario, con valores superiores a 15, 30 y 30 en las relaciones N/Ca (figura 3.1.26), (K+Mg)/Ca (figura 3.1.27) y K/Ca (figura 3.1.28), respectivamente. Al realizar aplicaciones de calcio sobre los frutos se mejoran los equilibrios entre nutrientes de forma sustancial, incluso después de estar sometidos los frutos a una conservación frigorífica de 4 meses de duración, al igual que el experimento de Hisaw (1991) y Conway et al. (1995), lo que repercute en un menor índice de alteraciones por bitter pit y plara, como indica Ferguson y Triggs (1990).

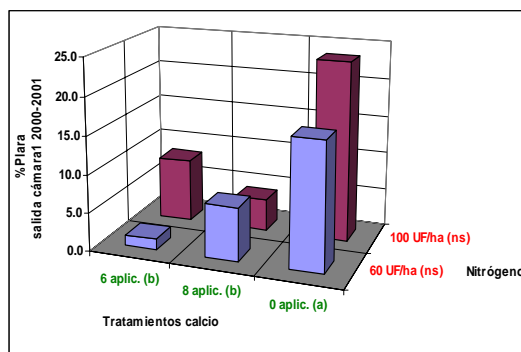


Figura 3.2.9.- % afección por plara en los frutos en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

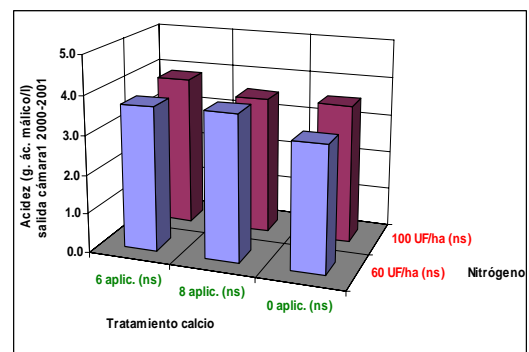


Figura 3.2.10.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l) en salida de cámara 1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

Tanto la acidez como los azúcares (sólidos solubles) de los frutos, no han mostrado diferencias significativas entre las estrategias de aplicación de calcio, ni entre las dosis de abonado nitrogenado (figuras 3.2.10 y 3.2.11). Se produce una disminución generalizada de la acidez en todas las estrategias respecto a los datos obtenidos en cosecha, en cambio los sólidos solubles permanecen en unos valores similares. En la tonalidad del color (a+b) de los frutos, al igual que en cosecha (figura 3.2.12), la estrategia de 6 aplicaciones de calcio combinada con la dosis baja de nitrógeno, ha resultado ser la que presenta unos valores menores de este parámetro, comportando unos frutos más verdes. Las dosis elevadas de nitrógeno han repercutido en unos valores más altos de tonalidad (a+b) y más bajos de luminosidad del color (figura 3.2.13), representando que los frutos sean de una coloración menos verde. En general, todas las estrategias a lo largo de la conservación han acusado un aumento de la tonalidad y una reducción de la luminosidad del color, repercutiendo que las manzanas sean menos verdes que en cosecha.

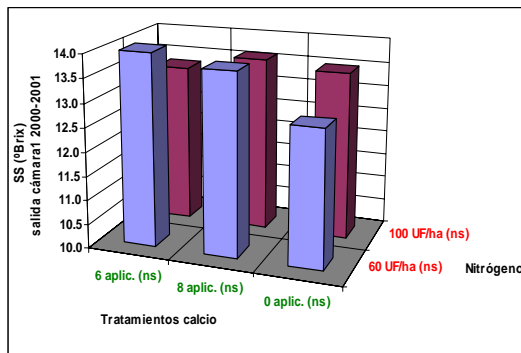


Figura 3.2.11.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2000-2001.

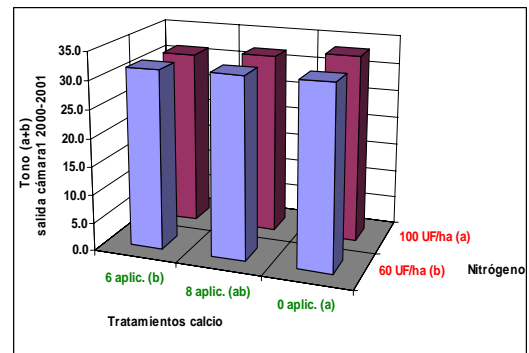


Figura 3.2.12.- Tono (a+b) de los frutos en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2000-2001.

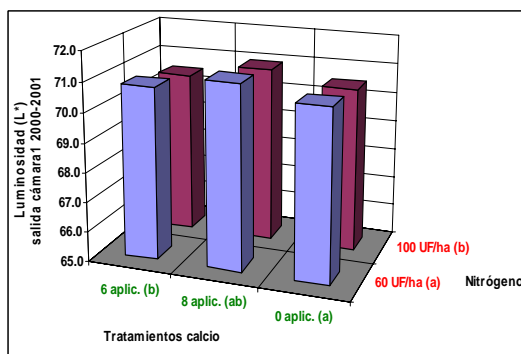


Figura 3.2.13.- Luminosidad (L*) de los frutos en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2000-2001.

3.2.3.- Segunda salida de cámara del primer año de ensayo (2000-2001).

La segunda salida de cámara se produjo el 5 de marzo de 2001, tras una conservación frigorífica de aproximadamente 6 meses de duración. Los valores de la firmeza de los frutos (cerca a los 35 Newton) se redujeron respecto a la primera salida de cámara, pero continuaron siendo mejores en la estrategia de 6 aplicaciones de calcio, con independencia de la dosis de abonado nitrogenado recibida (figura 3.2.14). Al igual que sucedía en la primera salida de cámara y en cosecha, suplementar las manzanas con calcio durante su crecimiento, para conseguir unos mejores niveles de acumulación de este nutriente en los frutos, no siempre repercute en la obtención de unos mejores resultados de firmeza, al igual que los ensayos de Benavides et al. (2001 y 2002).

Los mayores contenidos de calcio en los frutos se continúan dando en la estrategia de 8 aplicaciones en comparación con los que no recibieron calcio, con valores de 4'5 y 3'4 mg por 100 g de materia fresca respectivamente (figura 3.1.37), la estrategia con 6 tratamientos consigue mantenerse cerca de los 4'0 mg por 100 g de materia fresca, produciéndose una pérdida generalizada de los niveles acumulados de este nutriente en todas las estrategias, causada por su migración hacia el corazón de las manzanas.

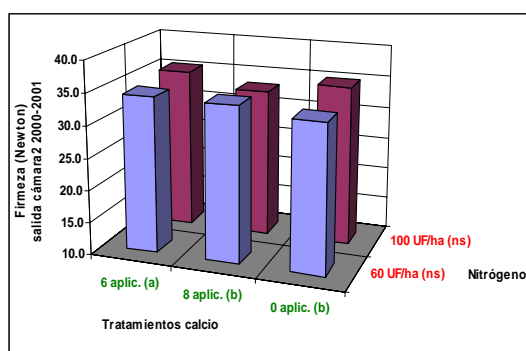


Figura 3.2.14.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

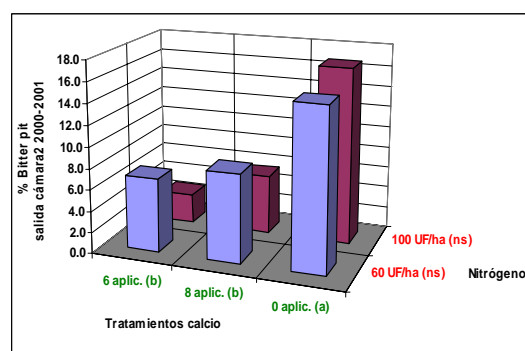


Figura 3.2.15.- % afectación por bitter pit en los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

Los niveles de nitrógeno en los frutos, no han variado durante la conservación frigorífica (figura 3.1.38), manteniéndose más elevados en aquellos que recibieron la dosis de 100 UF/ha, no interfiriendo en los contenidos de calcio, tendencia que se mantiene durante este primer año de ensayo. Las relaciones entre nutrientes (figuras 3.1.39, 3.1.40 y 3.1.41) continúan siendo más equilibradas en los frutos que recibieron suplementos cálcicos, sobre todo en la estrategia de 8 aplicaciones, repercutiendo en un menor porcentaje de afectación por bitter pit (figura 3.2.15), sin influir las dosis de abonado nitrogenado. Los frutos no tratados con calcio, son claramente los que siguen acusando el mayor índice de alteraciones por bitter pit, tanto en cosecha como después de su conservación frigorífica, debido a su situación desfavorable por su bajo contenido de calcio y sus mayores desequilibrios nutricionales, coincidiendo con los resultados

expuestos por Johnson et al. (1987), incrementándose el porcentaje de daños por esta fisiopatía a medida que se alarga la duración del almacenamiento. Al verse reducidos los contenidos de calcio en los frutos durante su conservación, permaneciendo casi invariables los de nitrógeno, se produce un empeoramiento de la relación N/Ca, respecto a los valores presentados en el momento de la cosecha, agravándose a medida que se alarga el periodo de conservación de los frutos, comportando un incremento de los ataques por bitter pit.

La incidencia por plara sigue siendo considerablemente elevada en los frutos que no recibieron calcio suplementario, con unos porcentajes similares a los de la primera salida de cámara (figura 3.2.16), no influyendo en este caso la dosis de abonado nitrogenado. Por tanto, el no alcanzar unos niveles mínimos de calcio en los frutos conlleva una mayor aparición significativa de bitter pit y plara después de su conservación frigorífica, coincidiendo con los experimentos de Silva y Rodríguez (1996). Se produce una disolución del calcio a nivel de la pulpa, ocasionando que su concentración no sea por igual en todo el fruto, provocando que sus contenidos disminuyan y aumenten los desequilibrios nutricionales.

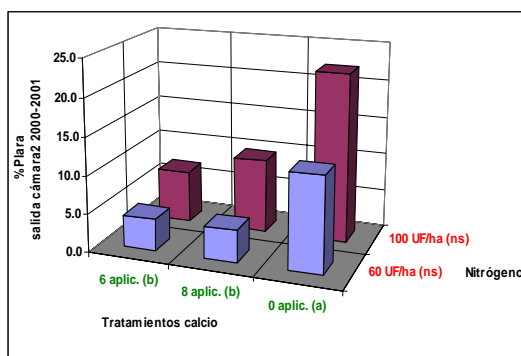


Figura 3.2.16.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

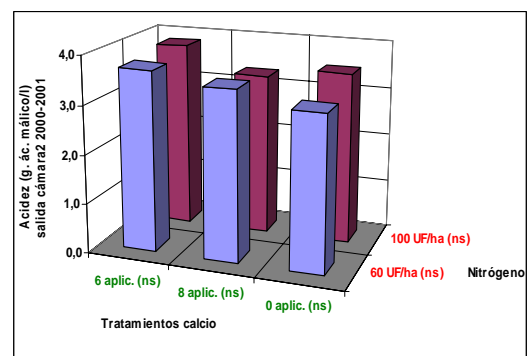


Figura 3.2.17.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l) en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

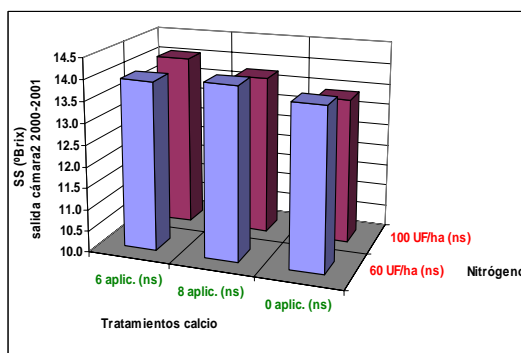


Figura 3.2.18.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

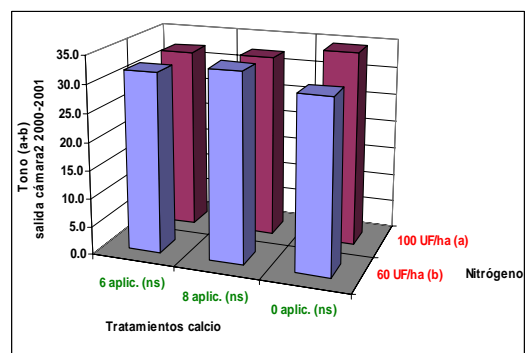


Figura 3.2.19.- Tono (a+b) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

En cuanto a la acidez y los sólidos solubles (figuras 3.2.17 y 3.2.18), no se aprecian diferencias entre las aplicaciones de calcio y de nitrógeno, obteniéndose unos resultados similares a los de la primera salida de cámara. La tonalidad (a+b) de los frutos (figura 3.2.19), no se ha manifestado diferente entre tratamientos de calcio, pero sí que ha sido mayor en los frutos que recibieron dosis más alta de abonado nitrogenado, repercutiendo en unos frutos menos verdes, al igual que sucedía en la primera salida de cámara. En este caso la luminosidad del color de las manzanas no ha sido significativamente diferente entre estrategias (figura 3.2.20).

Se aprecia una estabilización de los valores en los parámetros de acidez, sólidos solubles y color, en esta segunda salida de cámara al obtenerse unos valores similares a los de la primera salida.

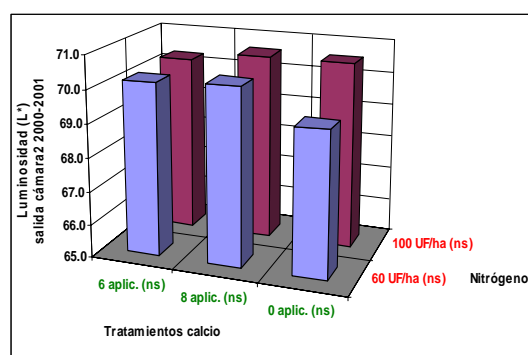


Figura 3.2.20.- Luminosidad (L*) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

3.2.4.- Cosecha del segundo año de ensayo (2001-2002).

En vista de los resultados obtenidos durante el primer año de ensayo, en este segundo año no se realizó la estrategia de 8 aplicaciones de calcio. Las manzanas se recolectaron este segundo año de ensayo el 3 de septiembre de 2001, al alcanzarse los parámetros de cosecha comercial. Los resultados de firmeza obtenidos (cerca de 65 Newton) fueron de magnitud un poco superior a los del año anterior, no existiendo diferencias estadísticas entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de abonado nitrogenado, pero siendo los valores un poco mayores en aquellos frutos que fueron tratados con 6 aplicaciones de calcio, sin verse interferencia del nitrógeno (figura 3.2.21).

Con 6 tratamientos de calcio combinados con 60 UF de N/ha, se consiguió una acumulación de 4'5 mg por 100 g de materia fresca (figura 3.1.50), valor similar al del primer año de ensayo y a los recomendados por Johnson (1989) y Carvalhão (1997), para verse reducidos los ataques por bitter pit. En este segundo año aparece la interferencia del nitrógeno cuando se aplica a dosis elevadas, de 100 UF/ha, reduciéndose los contenidos de calcio acumulados en los frutos.

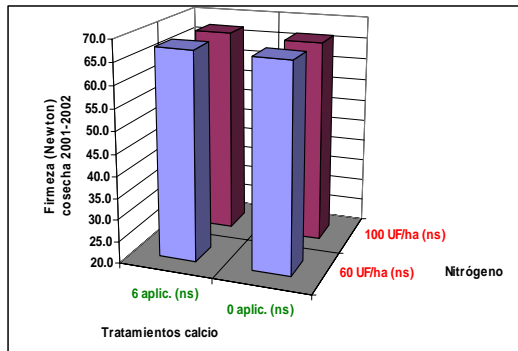


Figura 3.2.21.- Firmeza de los frutos en Newton, en cosecha 2001.

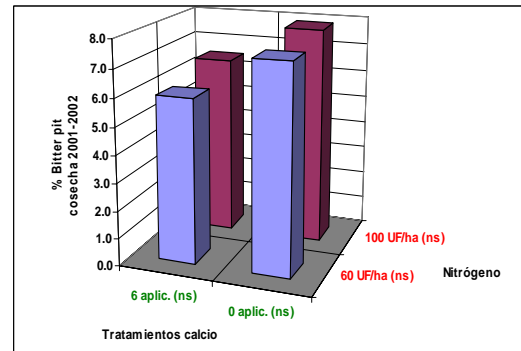


Figura 3.2.22% afección por bitter pit en los frutos en cosecha 2001.

Los contenidos de nitrógeno de las manzanas son mayores cuando se fertiliza con la dosis más alta, con independencia de las aportaciones cálcicas (figura 3.1.53). Aparecen unas diferencias claras entre las dosis de 60 y 100 UF de nitrógeno, respecto al equilibrio nutricional del cociente N/Ca, casi duplicándose el valor de esta relación con la dosis más elevada (figura 3.1.55). Las dosis altas de 100 UF/ha de nitrógeno, conllevan un notable desequilibrio entre el calcio y el nitrógeno, incluso con aplicaciones foliares de calcio. Los valores más bajos y equilibrados de la relación entre estos dos nutrientes se consiguen con la estrategia de 6 aplicaciones de calcio y una dosis de 60 UF de nitrógeno por hectárea, coincidiendo con las indicaciones de Casero et al. (1989) y Fallahi et al. (1997), repercutiendo en una menor incidencia de alteraciones por fisiopatías en cosecha y durante la conservación frigorífica.

Respecto a la relaciones nutricionales (K+Mg)/Ca y K/Ca (figuras 3.1.56 y 3.1.57), la estrategia también más equilibrada es la de 6 aplicaciones de calcio con una dosis de abonado nitrogenado de 60 UF de N/ ha, obteniéndose en las dos relaciones una ratio menor de 30. Las manzanas que se fertilizaron con la dosis más elevada de nitrógeno son las más desequilibradas, con valores superiores a 40 en ambas relaciones, siendo los frutos no tratados con calcio los menos equilibrados.

Una elevada aportación de nitrógeno interfiere desequilibrando las relaciones nutricionales, alcanzando valores excesivamente altos por encima de la normalidad, incluso con aplicaciones foliares de calcio, repercutiendo en una tendencia de mayor porcentaje de frutos afectados por bitter pit, aunque sin ser valores estadísticamente diferentes (figura 3.2.22).

Las manzanas fertilizadas con más nitrógeno (100 UF/ha) han sido más ácidas, sin intervenir los aportes de calcio (figura 3.2.23), no existiendo diferencias significativas en los contenidos de azúcares (sólidos solubles) (figura 3.2.24). La tonalidad (a+b) del color (figura 3.2.25), resultó ser menor en aquellos frutos que se aplicó calcio, al igual que en el experimento de Marcelle (1990a y 1995), y menor dosis de abonado nitrogenado, tal como indica Meheriuk et al. (1992), lo que equivale a tener un color

más verde de la epidermis. Las manzanas que obtuvieron una menor luminosidad fueron las que recibieron calcio, sin influir la dosis de nitrógeno (figura 3.2.26).

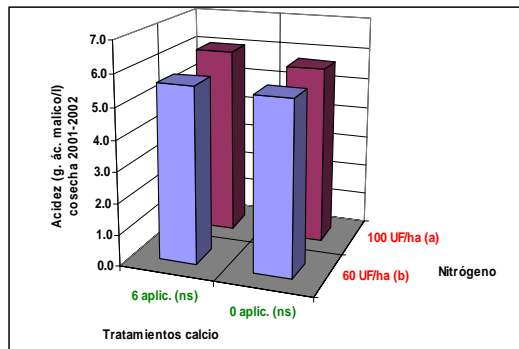


Figura 3.2.23.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l) en cosecha 2001.

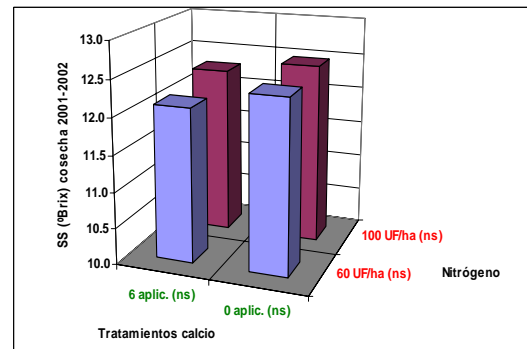


Figura 3.2.24.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en cosecha 2001.

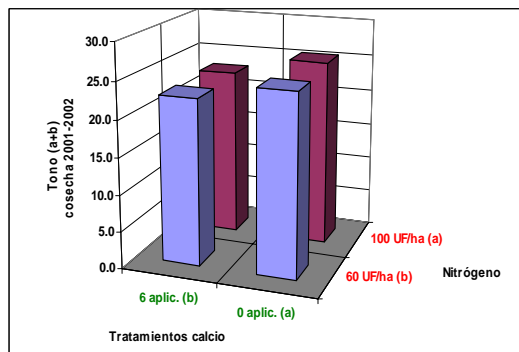


Figura 3.2.25.- Tono (a+b) de los frutos en cosecha 2001.

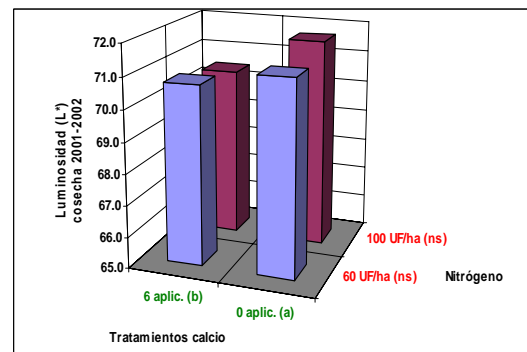


Figura 3.2.26.- Luminosidad (L*) de los frutos en cosecha 2001.

3.2.5.- Primera salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

Las manzanas se sacaron de la cámara frigorífica el de 15 enero de 2002, después de transcurrir unos 4 meses aproximadamente. Los valores de firmeza de los frutos (cercaos a los 46 Newton) no resultaron ser significativamente diferentes entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de abonado nitrogenado, coincidiendo con la misma tendencia producida en cosecha, pero reduciéndose considerablemente, efecto que también se observó durante la conservación del primer año de ensayo (figura 3.2.27).

Los contenidos de calcio acumulados son mayores en los frutos que recibieron las 6 aplicaciones de este nutriente, con valores alrededor de 4'0 mg/100 g de materia fresca, siendo similares a los del primer año de experimentación, sin encontrarse interferidos por las dosis de abonado nitrogenado, aunque inferiores a los analizados en cosecha, debido a la dilución que se produce en la pulpa durante su conservación (figura 3.1.71), no siendo uniforme su concentración, lo que ocasiona una reducción de la firmeza en

comparación al momento de recolección, resultados contrastados por Raese y Drake (1993b).

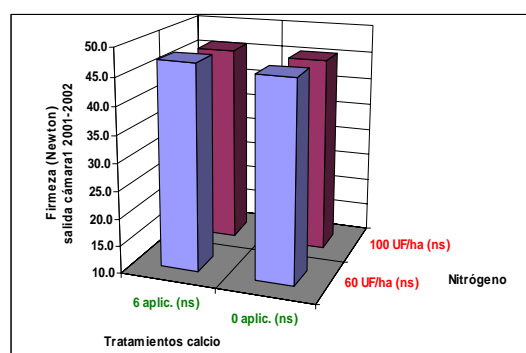


Figura 3.2.27.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

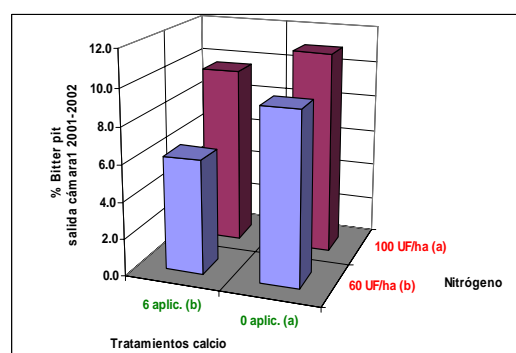


Figura 3.2.28.- % afección por bitter pit en los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

La concentración de nitrógeno continúa siendo elevada en las manzanas que fueron fertilizadas con dosis altas, sin influir las aportaciones cálcicas, variando muy poco sus niveles tras la conservación, situándose alrededor de los 50 y 60 mg por 100 g de materia fresca, para las dosis de 60 y 100 UF de N/ha respectivamente (figura 3.1.72). La relación N/Ca se mantiene elevada en los frutos que se fertilizaron con la mayor dosis de nitrógeno (figura 3.1.73), superándose el valor recomendado de 15 por Johnson (1989), Casero et al. (1989) y Fallahi et al. (1997), al igual que en cosecha.

Los frutos tratados con calcio y una baja dosis de nitrógeno, consiguen un mejor equilibrio en las relaciones N/Ca, (K+Mg)/Ca (figura 3.1.74) y K/Ca (figura 3.1.75) acercándose a unos valores de 15, 30 y 30 respectivamente, recomendados por Pavicic y Miljcovic (1991) y Wolf et al. (1998), para reducir las incidencias de fisiopatías. Las restantes estrategias obtienen unos desequilibrios nutricionales más elevados, traduciéndose en un mayor porcentaje de alteraciones por bitter pit (figura 3.2.28). También, se constata un aumento del porcentaje de bitter pit en todas las estrategias después de la conservación frigorífica, al igual que ocurría el primer año de ensayo, siendo mayor el incremento en los frutos no suplementados con calcio en precosecha y fertilizados con dosis elevadas de nitrógeno, efecto que se agrava a medida que se alarga su periodo de almacenamiento. Las mayores afectaciones por plara se producen en los frutos no suplementados con calcio (figura 3.2.29), saliendo más perjudicados los expuestos a la dosis más alta de nitrógeno.

No existen diferencias estadísticas entre estrategias cuando analizamos la acidez de las manzanas, pero se continúa manteniendo la tendencia expresada en cosecha, de presentarse un mayor valor de este parámetro en los frutos fertilizados con más dosis de nitrógeno (figura 3.2.30), experimentando todas las estrategias una ligera disminución en relación a los datos obtenidos en el momento de la recolección, como ocurría el primer año de experimentación. Se produce un incremento de los sólidos solubles en los

frutos después de la conservación y sobretodo en los fertilizados con las dosis altas de nitrógeno, no interfiriendo los tratamientos cálcicos (figura 3.2.31).

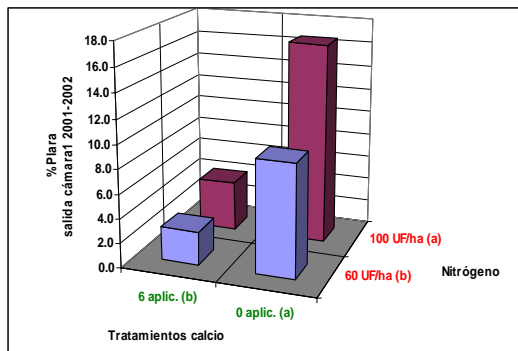


Figura 3.2.29- %afección plara en los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

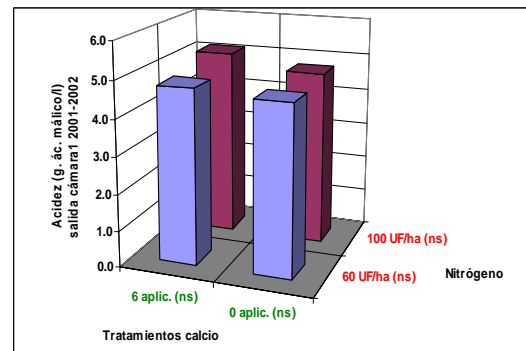


Figura 3.2.30- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l) en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

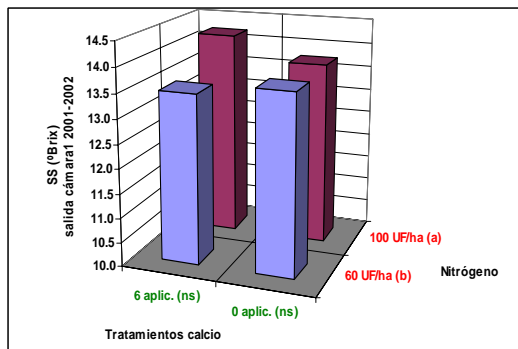


Figura 3.2.31- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

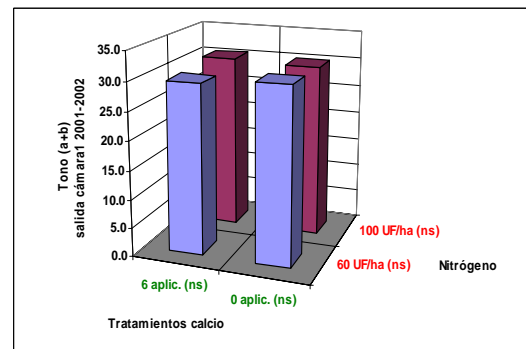


Figura 3.2.32- Tono (a+b) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

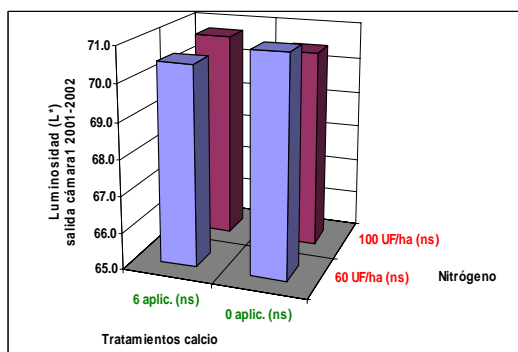


Figura 3.2.33- Luminosidad (L*) de los frutos en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

La tonalidad (a+b) (figura 3.2.32) y la luminosidad (figura 3.2.33) del color de los frutos, no han sido diferentes estadísticamente entre estrategias. Después de la conservación en atmósfera controlada de 4 meses, se produce un aumento generalizado de los valores de la tonalidad (a+b) en todas las estrategias en relación a la cosecha,

implicando que la coloración de los frutos sea menos verde, al igual que sucedió en primer año de ensayo. La luminosidad en cambio permanece estable.

3.2.6.- Segunda salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

La segunda salida de las manzanas se produjo el 11 de marzo de 2002, después de una conservación de aproximadamente 6 meses de duración. La firmeza de los frutos tampoco fue diferente estadísticamente entre estrategias de tratamientos cálcicos y dosis de abonado nitrogenado, con valores cercanos a los 45 Newton (figura 3.2.34), siendo similares a los obtenidos en la primera salida de cámara, aunque la tendencia en este caso sea la de obtener unos valores un poco mayores en aquellas manzanas que recibieron la menor dosis de fertilización nitrogenada.

Los contenidos de calcio en los frutos sufrieron una ligera disminución respecto a la primera salida de cámara situándose próximos a los 4'0 mg por 100 g de materia fresca, siendo la estrategia de 6 aplicaciones de calcio la que continúa obteniendo los mejores resultados de acumulación, con independencia de las dosis de nitrógeno (figura 3.1.84).

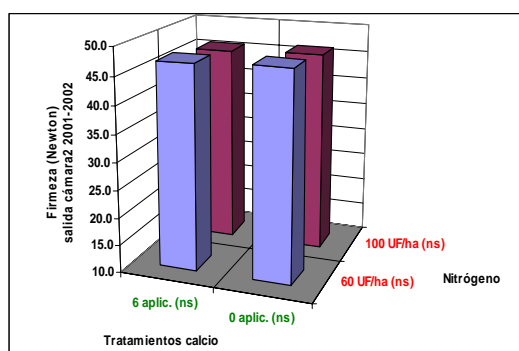


Figura 3.2.34.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara 2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

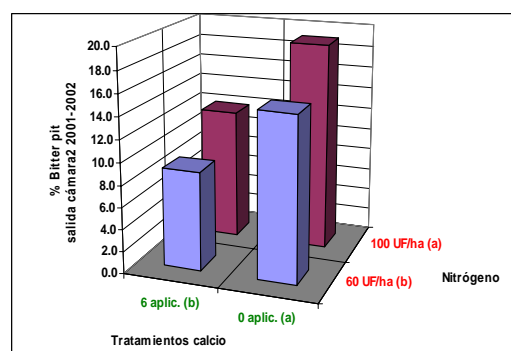


Figura 3.2.35.- % afectación por bitter pit en los frutos, en salida de cámara 2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Los niveles de nitrógeno no se han visto reducidos durante la conservación frigorífica, permaneciendo muy elevados en los frutos que recibieron las 100 UF/ha, sin interferir la cantidad de calcio suplementado, siendo las cantidades acumuladas de 50 y 60 mg por 100 g de materia fresca, para las dosis de 60 y 100 UF/ha respectivamente (figura 3.1.85). Se consideran significativamente elevados para el caso de la dosis más alta de nitrógeno, siendo más difícil conseguir un equilibrio apropiado entre nutrientes, incluso realizando aplicaciones foliares de calcio sobre los frutos en precosecha.

La relación N/Ca (figura 3.1.86), permanece muy desequilibrada sobre todo en los frutos que recibieron la mayor dosis de abonado nitrogenado (100UF/ha), tendencia que se ha manifestado durante todo este segundo año de ensayo y en los frutos que no

recibieron calcio, con valores muy por encima de 15, que según Johnson (1989) y Casero et al. (1989), pudiendo acarrear mayores problemas de fisiopatías.

Los mejores equilibrios nutricionales en las relaciones N/Ca, (K+Mg)/Ca (figura 3.1.87) y K/Ca (figura 3.1.88) se producen en las manzanas que recibieron suplementos cálcicos y baja dosis de abonado nitrogenado con valores del orden de 15, 30 y 30 respectivamente, recomendados por Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991), Wolf et al. (1998), Casero et al. (1989) y Fallahi et al. (1997), para no padecer tanta afección por bitter pit y plara después de la conservación.

Los frutos que tienen los desequilibrios nutricionales más elevados han tenido unos mayores índices de afectación por bitter pit (figura 3.2.35) y plara (3.2.36), sobre todo en aquellos que no fueron suplementados con calcio y que tenían exceso de abonado nitrogenado. Existe un aumento generalizado del porcentaje de afectación por bitter pit a medida que se alarga el periodo de conservación de los frutos, al igual que sucedía en el primer año de ensayo.

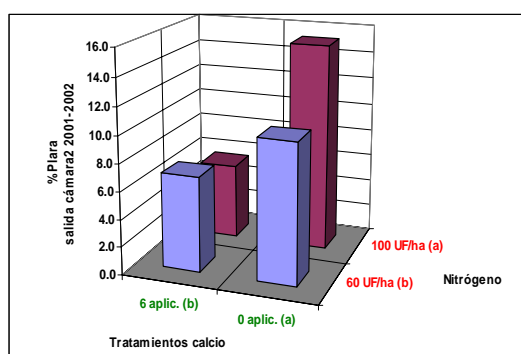


Figura 3.2.36.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara 2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

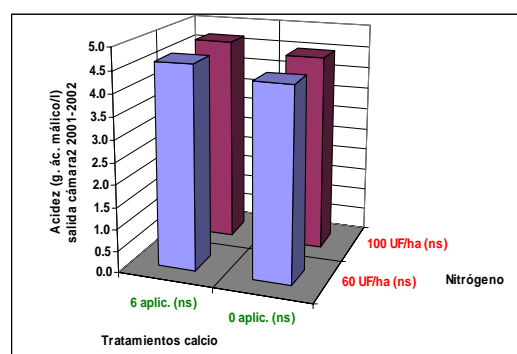


Figura 3.2.37.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en salida de cámara 2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

El porcentaje de plara en este segundo año, se incrementa más cuanto mayor es el tiempo de almacenamiento frigorífico, notándose una incidencia más elevada de esta fisiopatía en las manzanas sometidas a altas fertilizaciones nitrogenadas.

En referencia a la acidez (figura 3.2.37) y sólidos solubles (figura 3.2.38), no se observan diferencias significativas entre estrategias de aplicación de calcio y nitrógeno. Durante la conservación de este segundo año de ensayo se ha producido una disminución progresiva de la acidez a lo largo del periodo de almacenamiento, en cambio los sólidos solubles han experimentado un ligero aumento respecto los datos de cosecha.

En general la tonalidad (a+b) y la luminosidad de los frutos, se mantienen en unos valores similares a los de la primera salida de cámara, notándose una cierta estabilización. En la segunda salida de cámara las manzanas fertilizadas con la dosis

más baja de nitrógeno y suplementadas con calcio, tuvieron una tonalidad (a+b) y una luminosidad menor. Los frutos no suplementados con calcio han tenido una mayor tonalidad (figura 3.2.39) y luminosidad (figura 3.2.40), representando unos frutos de coloración menos verde.

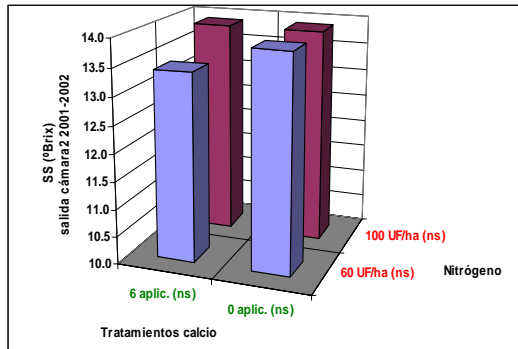


Figura 3.2.38.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

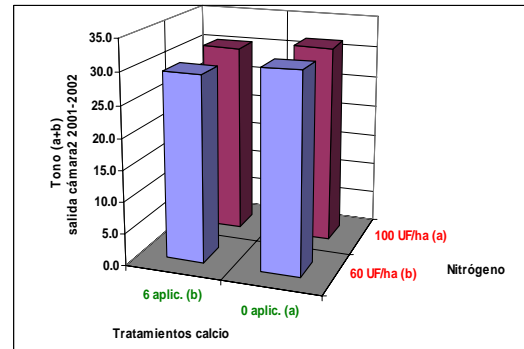


Figura 3.2.39.- Tono (a+b) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

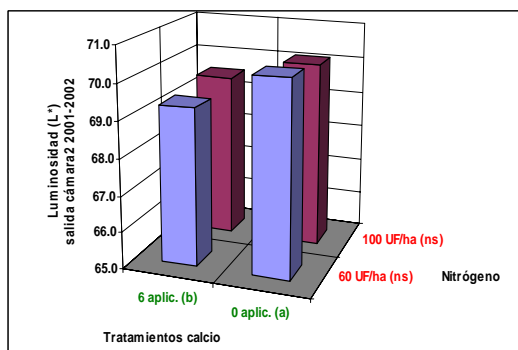


Figura 3.2.40.- Luminosidad (L*) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Durante estos dos años de experimentación se ha visto, que se puede conseguir una buena firmeza de los frutos en cosecha, pero después de su conservación frigorífica, esta sufre una reducción muy importante sobre todo a los 4 meses de almacenamiento, ya que a los 6 meses la disminución no es tan brusca. Los buenos niveles de calcio que se consiguen con las aplicaciones suplementarias sobre las manzanas vía foliar, desde principios de junio hasta cosecha durante el crecimiento del fruto, también se ven reducidos a lo largo de la conservación en cámara, notándose la mayor pérdida de su contenido en los primeros 4 meses, a causa de una dilución de este nutriente en la pulpa de los frutos hacia el corazón, observándose que a los 6 meses su contenido no padece una disminución tan considerable. El nitrógeno por el contrario, se mantiene en unos contenidos muy similares tanto en cosecha como durante la conservación en cámara, siendo un nutriente que permanece casi invariable en el fruto, implicando que las relaciones entre nutrientes empeoren a lo largo de la conservación, al disminuirse los niveles de calcio, repercutiendo en un mayor índice de afectación por bitter pit y plara en los frutos, que se agrava cuanto más se prolonga la conservación. Se comprueba que

el aumento de los contenidos de calcio en las manzanas, ayuda a reducir el porcentaje de fisiopatías, mejorándose esta relación cuando se aplican dosis bajas de nitrógeno. Es conveniente señalar que existen una serie de factores ambientales y de estado productivo de los árboles frutales indicados por Monge et al. (1995), Llop et al. (1998) y Lotze y Theron (2003), que según los años pueden interferir sobre la firmeza de las manzanas, enmascarando los efectos estructurales beneficiosos que tiene el calcio sobre la dureza de la pulpa de los frutos. Durante los 4 primeros meses de conservación frigorífica (primera salida de cámara) se produce un descenso generalizado de la acidez de los frutos en todas la estrategias, así como un incremento de la tonalidad (a+b). Los sólidos solubles también pueden experimentar una ligera subida a medida que avanza el tiempo de almacenamiento, implicando que al aumentar el periodo de conservación las manzanas van madurando lentamente, perdiendo progresivamente su coloración verde. A los 6 meses de conservación (segunda salida de cámara) los parámetros de acidez, sólidos solubles y tonalidad (a+b) del color se mantienen relativamente estables, no variando mucho sus valores en comparación a los obtenidos en la primera salida de cámara.

3.2.7.- Cosecha del tercer año de ensayo (2002-2003).

En este tercer año de ensayo, se han comparado los resultados obtenidos de calidad y contenido mineral de las manzanas recolectadas y conservadas de dos fincas, con características diferentes, al ser una de Gimennells (Lleida) y la otra de Pina de Ebro (Zaragoza).

En la finca de Gimennells se recolectaron las manzanas en dos fechas diferentes, la primera el 4 de septiembre de 2002 y la segunda el 13 del mismo mes, para estudiar cual era el momento más apropiado para proceder a la cosecha, en función de los parámetros de calidad, de cara a su comercialización y posterior conservación frigorífica. En la finca de Pina de Ebro, se recolectaron las manzanas el 10 de septiembre de 2002. Los frutos de la finca de Gimennells han obtenido una firmeza similar, cercana a los 65 Newton, siendo un resultado en la línea de los dos años anteriores de ensayo, sin existir diferencias significativas entre las dos fechas de recolección. Tampoco se confirman diferencias de firmeza entre las manzanas de la finca de Gimennells con las de Pina de Ebro (figura 3.2.41).

Comparando los contenidos de calcio acumulado en los frutos de las dos fincas (figura 3.2.42), se visualiza claramente que la de Gimennells, tratada con 6 aplicaciones foliares de calcio de forma quincenal desde junio hasta cosecha, ha expresado unos niveles mayores de este nutriente del orden de 4'0 mg/100 g de materia fresca, superando a la de Pina de Ebro, siendo estos inferiores a los 3'0 mg/100 g de materia fresca, al no recibir ninguna dosis suplementaria de calcio.

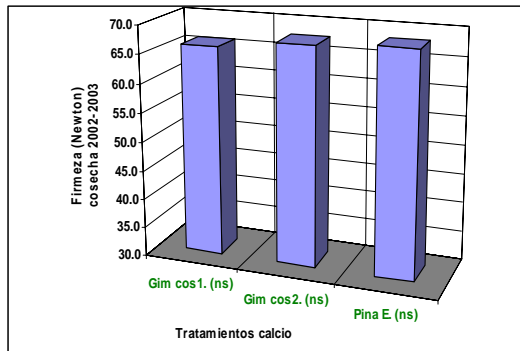


Figura 3.2.41.- Firmeza de los frutos en Newton, en cosecha 2002.

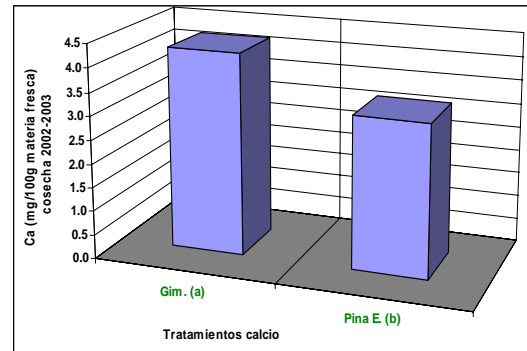


Figura 3.2.42.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2002.

El acumular un mayor contenido de calcio en los frutos, no ha repercutido en una mayor firmeza en cosecha, comparando los resultados de estas dos fincas totalmente diferentes topográficamente, porque según Ferguson y Watkins (1989), existen además otros factores a parte del estado mineral de las manzanas, como son las velocidades de crecimiento del fruto en el árbol y los crecimientos vigorosos de las brotaciones, que son variables cada año en función de las condiciones climatológicas de la zona, riego, abonados, carga de frutos y altitud de la finca, tal como indican Monge et al. (1995), Llop et al. (1998) y Lotze y Theron (2003). Los agricultores de la zona de Pina de Ebro, en años anteriores al ensayo, manifestaban que sus frutos eran de baja calidad a causa de un mayor porcentaje de bitter pit, pero conseguían unos resultados aceptables en cuanto a firmeza, como se muestra en los resultados de este año.

En referencia a los contenidos de nitrógeno de los frutos, no han existido diferencias estadísticas entre las dos fincas, debido a que fueron fertilizadas aproximadamente con una dosis similar de abonado nitrogenado, del orden del 60 UF/ha, obteniéndose unos niveles acumulados cercanos a los 50 mg por 100 g de materia fresca (figura 3.2.43).

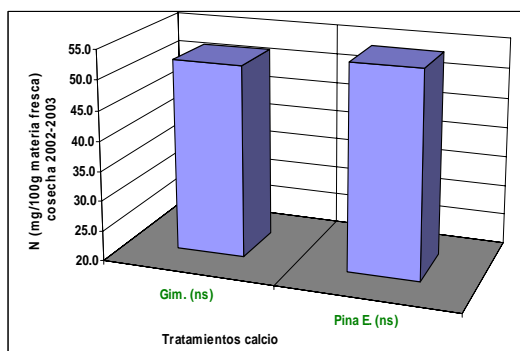


Figura 3.2.43.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos en cosecha 2002.

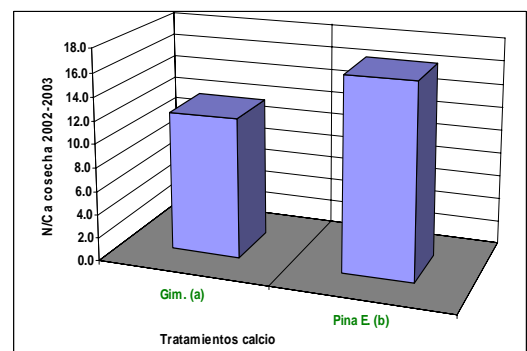


Figura 3.2.44.- Relación N/Ca de los frutos, en cosecha 2002.

La diferencia entre los contenidos de calcio en los frutos de las dos fincas, ha provocado que en la de Pina de Ebro existan unos mayores desequilibrios en las relaciones entre nutrientes, superándose los valores de 15 en la relación N/Ca (figura 3.2.44) recomendados por Casero et al. (1989) y Fallahi et al. (1997), y situándose en las de

(K+Mg)/Ca (figura 3.2.45) y K/Ca (figura 3.2.46) en el entorno de 45, siendo este valor muy superior a los indicados por Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991) y Wolf et al. (1998). En cambio, en la finca de Gimenells las relaciones entre nutrientes han sido óptimas respecto a los citados niveles recomendados, notándose una menor afectación por alteraciones de bitter pit en los frutos, aunque estadísticamente no aparezcan diferencias significativas entre las dos fincas (figura 3.2.47), al igual que los experimentos de Monge et al. (1995) y Lotze y Theron (2003), dónde no encontraron variación de resultados respecto a los porcentajes de esta fisiopatía aun aplicando calcio, teniendo en cuenta que existen otros factores como: la planta, condiciones ambientales del clima y fecha de recolección. Ferguson y Watkins (1992) experimentaron que una mayor carga de los árboles, tal como a sucedido este año en la finca de Pina de Ebro, podría repercutir en un menor porcentaje de incidencia de bitter pit en los frutos, hecho que no sucedía en años anteriores a este ensayo.

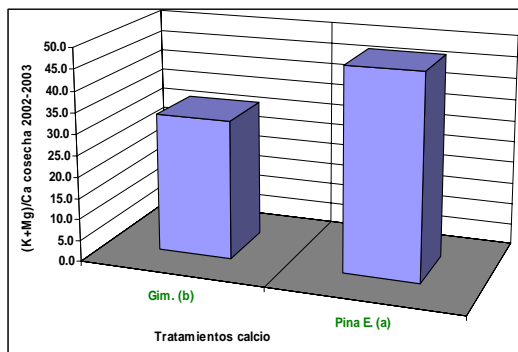


Figura 3.2.45.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos, en cosecha 2002.

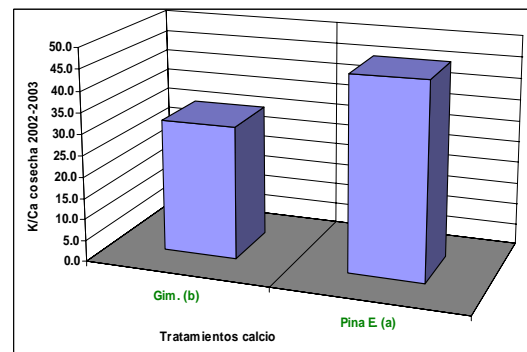


Figura 3.2.46.- Relación K/Ca de los frutos, en cosecha 2002.

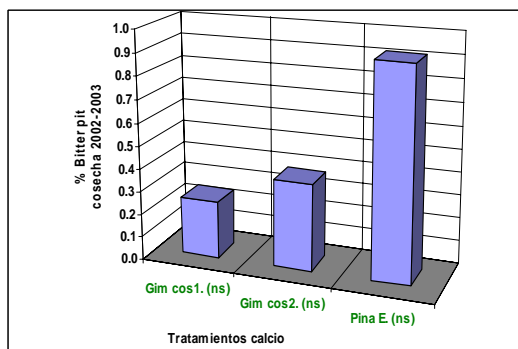


Figura 3.2.47.- % afección por bitter pit en los frutos en cosecha 2002.

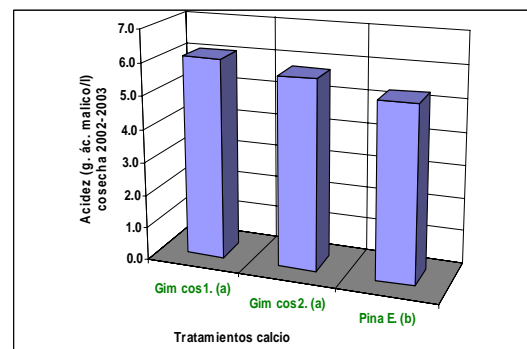


Figura 3.2.48.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en cosecha 2002.

La finca de Pina de Ebro ha mostrado una menor acidez en los frutos, no existiendo diferencias significativas entre las 2 fechas de recogida de las manzanas de Gimenells, aunque los de la primera fecha resultan ser un poco más ácidos (figura 3.2.48). Las manzanas de la segunda fecha de recolección en Gimenells y las de Pina de Ebro han tenido un mayor contenido en sólidos solubles, respecto a la primera fecha de recolección de Gimenells (figura 3.2.49).

La tonalidad (a+b) de los frutos de la primera fecha de cosecha de Gimennells es menor, siendo más verdes (figura 3.2.50) y los de la segunda fecha tienen una tonalidad mayor al recolectarse unos días más tarde. La luminosidad de las manzanas de Gimennells es menor que la presentada por las de Pina de Ebro (figura 3.2.51).

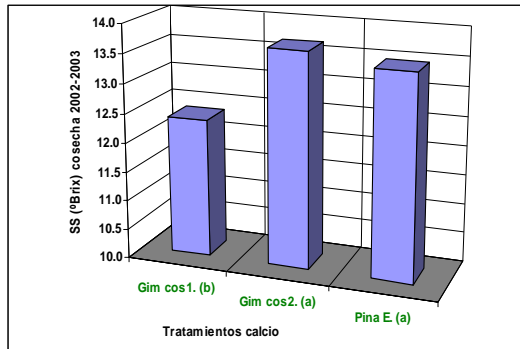


Figura 3.2.49.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en cosecha 2002.

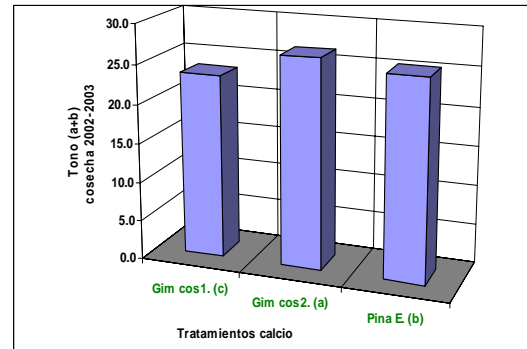


Figura 3.2.50.- Tono (a+b) de los frutos, en cosecha 2002.

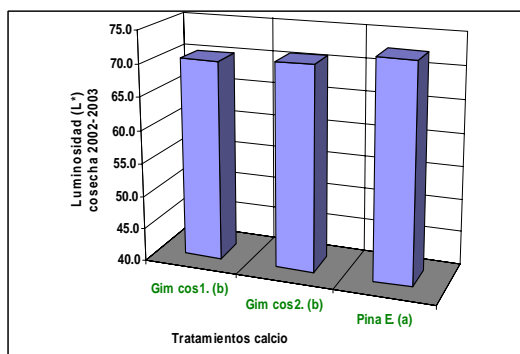


Figura 3.2.51.- Luminosidad (L*) de los frutos, en cosecha 2002.

3.2.8.- Primera salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

Después de conservar las manzanas en atmósfera controlada durante aproximadamente 2 meses desde la cosecha, se analizaron los parámetros de calidad de los frutos de las dos fincas el día 6 de noviembre de 2002. Los frutos conservados de Gimennells pertenecen únicamente a muestras tomadas de la primera cosecha del 4 de septiembre de 2002.

La firmeza de los frutos (figura 3.2.52) ha sido mejor en los procedentes de la finca de Gimennells, con unos valores cercanos a los 55 Newton, pero siguen padeciendo una disminución de la dureza tras la conservación frigorífica, tal como se experimentó en los dos años anteriores. Las manzanas de Pina de Ebro que en cosecha tenían un mejor resultado de firmeza, han padecido un descenso más importante, al no disponer de unos niveles mínimos de calcio acumulado en los frutos.

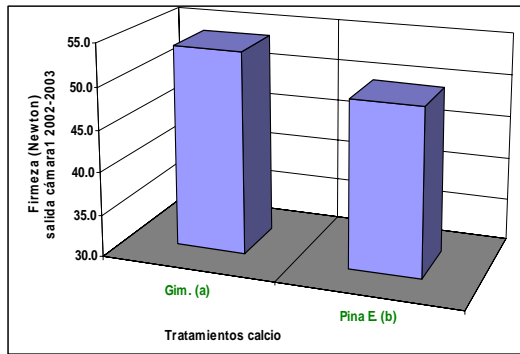


Figura 3.2.52.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

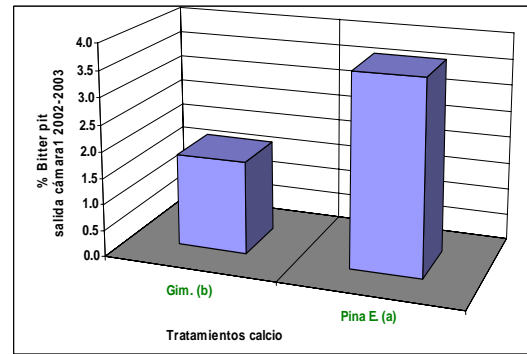


Figura 3.2.53.- % afección por bitter pit en los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

El porcentaje de afección de los frutos por bitter pit (figura 3.2.53) y plara (figura 3.2.54), ha resultado ser estadísticamente mayor en los procedentes de la finca de Pina de Ebro, coincidiendo con los informes de los agricultores, en que manifestaban un descenso de la calidad de las manzanas causado por la aparición de estas fisiopatías a la salida de cámara. En comparación con los datos de cosecha, se continúa produciendo un aumento del porcentaje de bitter pit en las dos fincas cuando se someten las manzanas a conservación frigorífica, coincidiendo con los resultados de los dos años anteriores, pero si se aplican suplementos de calcio sobre los frutos vía foliar en precosecha, se genera un menor porcentaje de afección por bitter pit y plara en los frutos a lo largo de su conservación, al igual que los estudios realizados por Bramlage et al. (1985), Casero et al. (1989) y Raese et al. (1990).

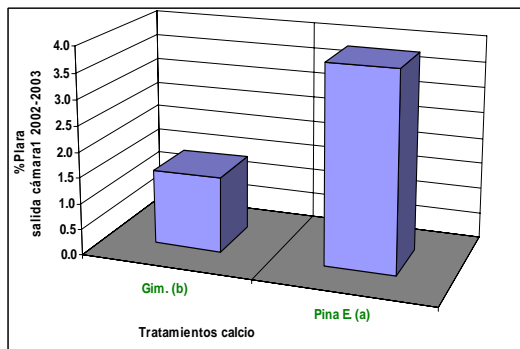


Figura 3.2.54.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

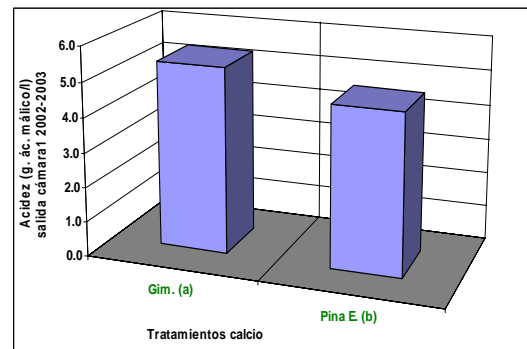


Figura 3.2.55.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

En relación a la acidez (figura 3.2.55), cabe destacar que los frutos de la finca de Gimenells han expresado un mayor valor, al igual que en cosecha, siendo a la vez los que han obtenido menor nivel de sólidos solubles (figura 3.2.56), así como también una menor tonalidad (a+b) (figura 3.2.57) y luminosidad (figura 3.2.58) del color de la epidermis, representando unas manzanas más verdes, como indica Marcelle (1990a y 1995), que consiguió mantener un color más verde con unos niveles más elevados de calcio. Se produce también en este caso una pérdida generalizada de la acidez de los

frutos y un aumento de la cantidad de azúcares y tonalidad (a+b), después de su conservación, permaneciendo estables los valores de luminosidad.

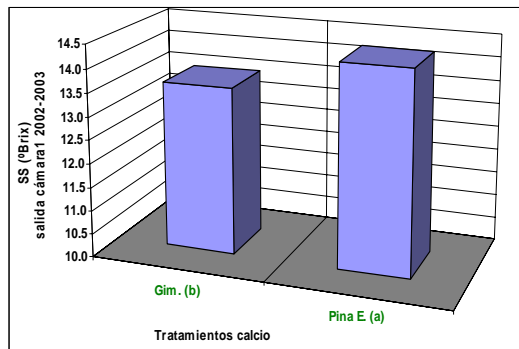


Figura 3.2.56.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

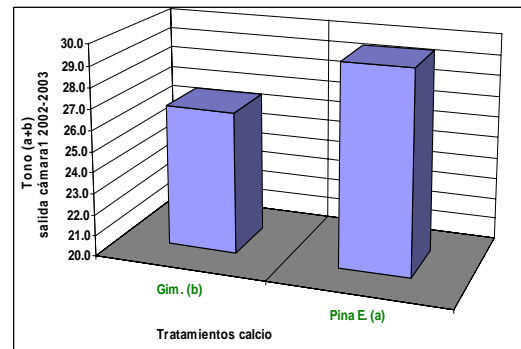


Figura 3.2.57.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

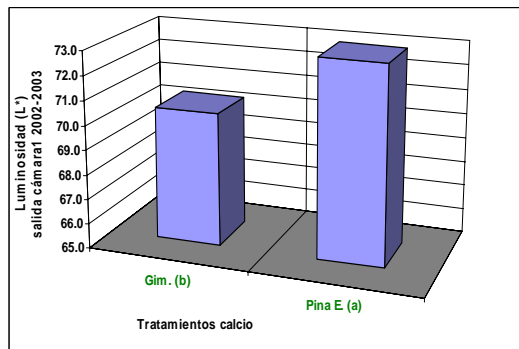


Figura 3.2.58.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

3.2.9.- Segunda salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

La segunda salida de cámara se realizó el día 13 de enero de 2003, tras una conservación frigorífica de aproximadamente 4 meses. La firmeza de los frutos sufrió una disminución en comparación a los datos de la primera salida, situándose en unos valores cercanos a 44 Newton, siguiendo la tendencia descendente experimentada a lo largo del período de conservación, no existiendo diferencias significativas entre las dos fincas (figura 3.2.59).

Las manzanas de la finca de Gimenells que no habían sufrido una pérdida tan importante de firmeza en la primera salida de cámara, ahora padecen una reducción de la dureza más considerable que las de Pina de Ebro. El porcentaje de bitter pit (figura 3.2.60) y de plara (figura 3.2.61) al igual que en la anterior salida de cámara, expresan un mayor porcentaje de incidencia en las manzanas de Pina de Ebro.

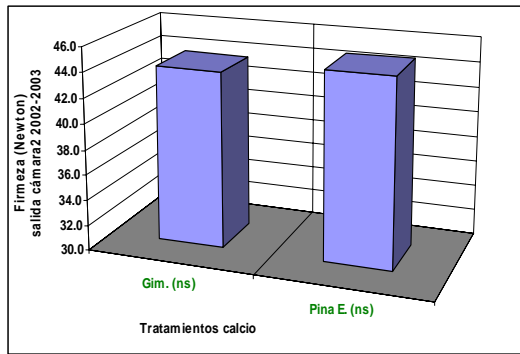


Figura 3.2.59.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

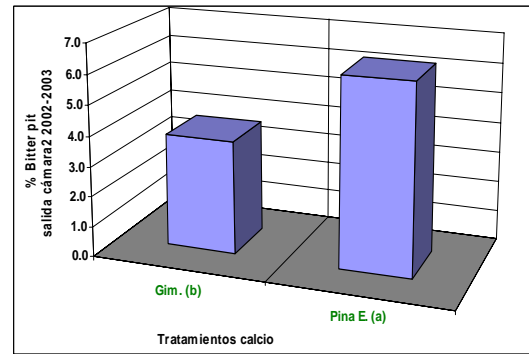


Figura 3.2.60.- % afección por bitter pit en los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

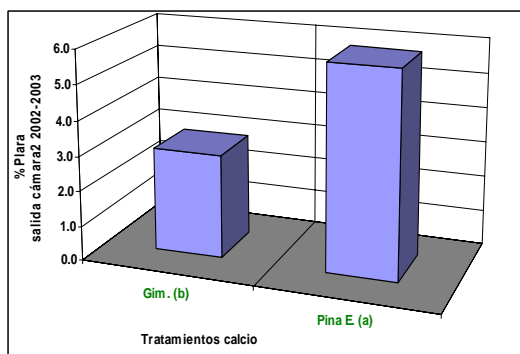


Figura 3.2.61.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

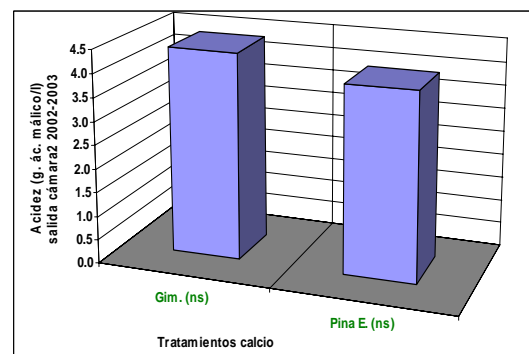


Figura 3.2.62.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

La acidez de los frutos continúa descendiendo a medida que se alarga su conservación, con valores inferiores a los de la primera salida de cámara, no existiendo diferencias entre las dos fincas, aunque los de Gimenells siguen con la tendencia de ser un poco más ácidos (figura 3.2.62). A su vez, los sólidos solubles permanecen en unos valores similares a la anterior salida, siendo superiores en la finca de Pina de Ebro (figura 3.2.63).

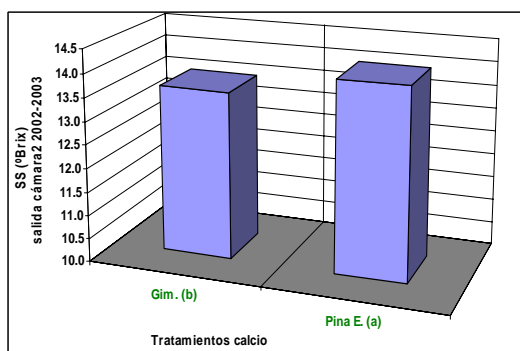


Figura 3.2.63.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

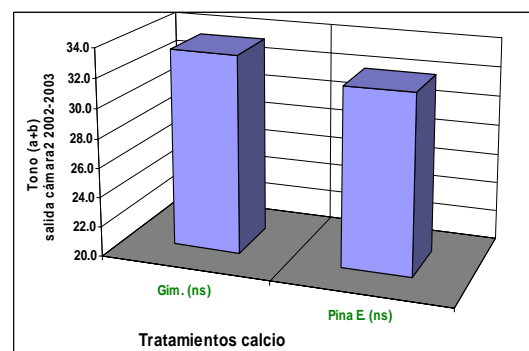


Figura 3.2.64.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

La tonalidad (a+b) de los frutos se ha incrementado, coincidiendo con la tendencia al alza que se experimenta a medida que se alarga el periodo de conservación (figura 3.2.64), siendo las manzanas de Gimennells las que sufren un gran aumento de este parámetro, repercutiendo en una coloración menos verde respecto a las de Pina de Ebro, que incrementan un poco en relación a la anterior salida de cámara, aunque entre fincas los datos no sean diferentes estadísticamente. La luminosidad (figura 3.2.65) de los frutos se sitúa en unos valores por igual entre las dos fincas, no variando mucho los resultados respecto a la anterior salida de cámara.

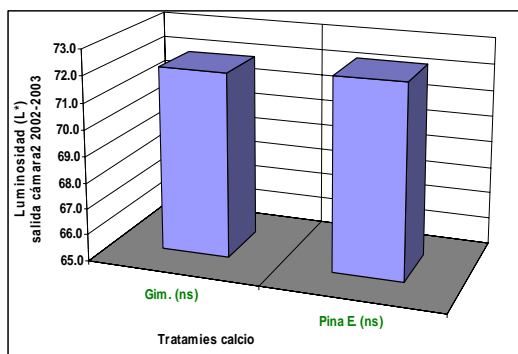


Figura 3.2.65.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

3.2.10.- Tercera salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

La tercera salida de cámara tuvo lugar el día 19 de marzo de 2003 después de una conservación de aproximadamente 6 meses desde la cosecha. La firmeza en esta tercera y última salida no presentó unos valores muy diferentes entre las dos fincas, siendo cercanos a los 44 Newton y muy similares a los medidos en la anterior salida de cámara, representando que casi no ha existido variación de la dureza en estos dos últimos meses de almacenamiento (figura 3.2.66). Durante los tres años de ensayo se observa que la firmeza de los frutos tras una conservación frigorífica de 6 meses, experimenta una pérdida del orden de unos 20 Newton respecto a los datos de cosecha. Conseguir una buena firmeza de partida en el momento de la recolección ha implicado en este caso, tener también unos mejores valores de firmeza de las manzanas después de su conservación.

El porcentaje de incidencias por bitter pit (figura 3.2.67) y plara (figura 3.2.68) continúa incrementándose en ambas fincas, pero es la de Pina de Ebro la que sufre la mayor incidencia de estas fisiopatías. Se cumple una vez más la tendencia del aumento de los daños por bitter pit y plara en los frutos a medida que se alarga el periodo de conservación frigorífica.

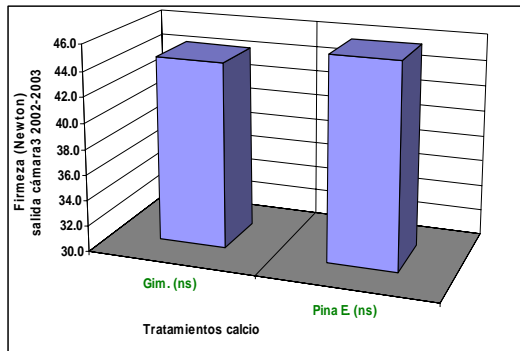


Figura 3.2.66.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

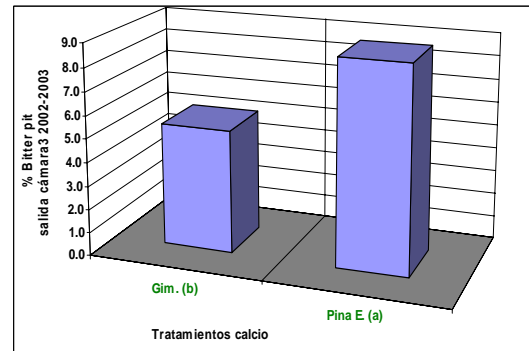


Figura 3.2.67.- % afectación por bitter pit en los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

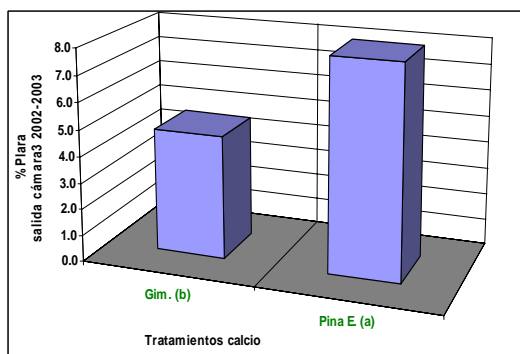


Figura 3.2.68.- % afectación por plara en los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

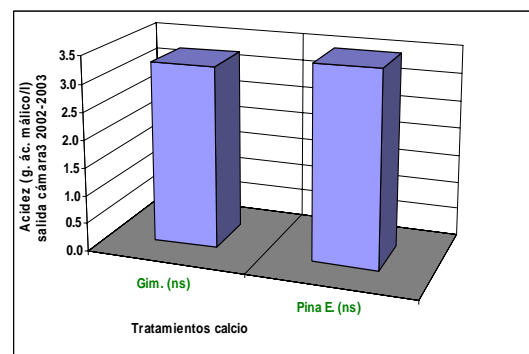


Figura 3.2.69.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

La acidez en esta salida de cámara ha continuado disminuyendo, situándose en valores por debajo de los 3'5 g de ácido málico por litro, en las manzanas de las dos fincas (figura 3.2.69). En cambio los sólidos solubles tienen un ligero aumento respecto a la anterior salida de cámara, aunque no sea muy significativo (figura 3.2.70). En general durante el periodo de conservación se ha producido una reducción importante de la acidez, acompañado de un leve incremento de la cantidad de sólidos solubles de los frutos de ambas fincas.

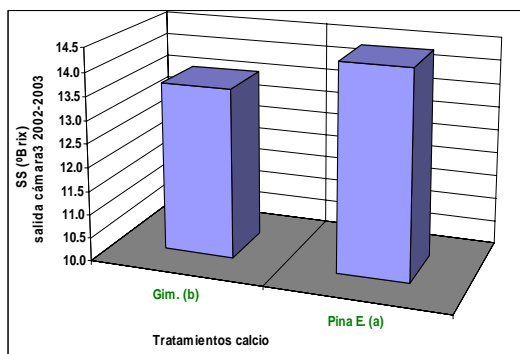


Figura 3.2.70.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

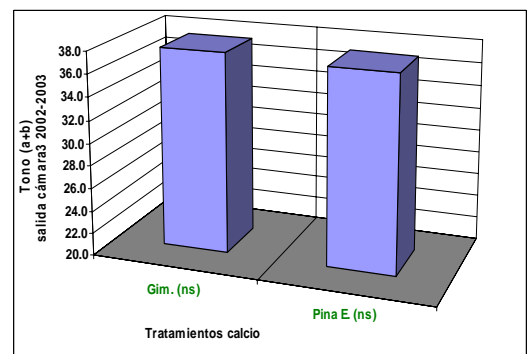


Figura 3.2.71.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

La tonalidad (a+b) de las manzanas ha aumentado en las dos fincas, repercutiendo en una coloración menos verde (figura 3.2.71). A medida que se alarga el tiempo de almacenamiento el valor de la tonalidad se incrementa, indicando que los frutos van madurando. En cambio la luminosidad permanece en unos valores similares durante la conservación (figura 3.2.72).

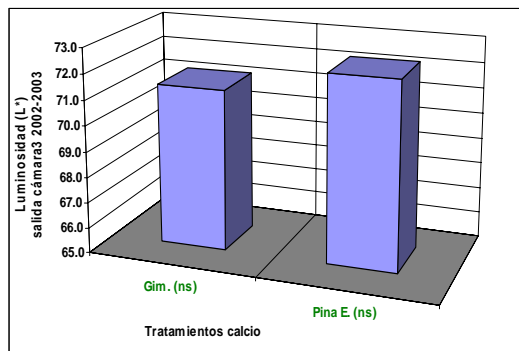


Figura 3.2.72.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

3. 3.- PAPEL DE LOS TRATAMIENTOS CALCIO-NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE ETILENO Y RESPIRACIÓN DE LAS MANZANAS GOLDEN SMOOTHIE. (Capítulo 3)

3.3.- Papel de los tratamientos Calcio-Nitrógeno en la producción de etileno y respiración de las manzanas Golden Smoothee.

3.3.1.- Cosecha del primer año de ensayo (2000-2001).

La respiración de los frutos en la cosecha (1 de septiembre de 2000) del primer año de ensayo, determinada por medio de la cantidad de dióxido de carbono producido, expresó un pico máximo entre los 6 y 8 días después de la recolección, mantenidos a 20 °C (figura 3.3.1), coincidiendo con la fecha de mayor emisión de etileno (figura 3.3.2).

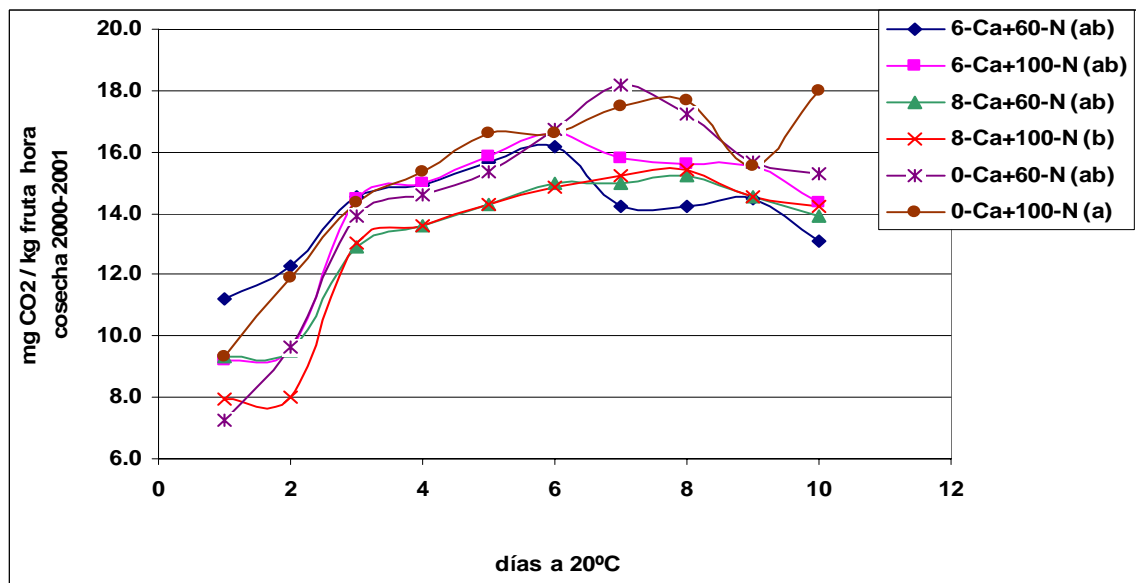


Figura 3.3.1.-Respiración de los frutos, en mg CO₂/ kg fruta y hora en cosecha 2000. Entre paréntesis se indican las diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

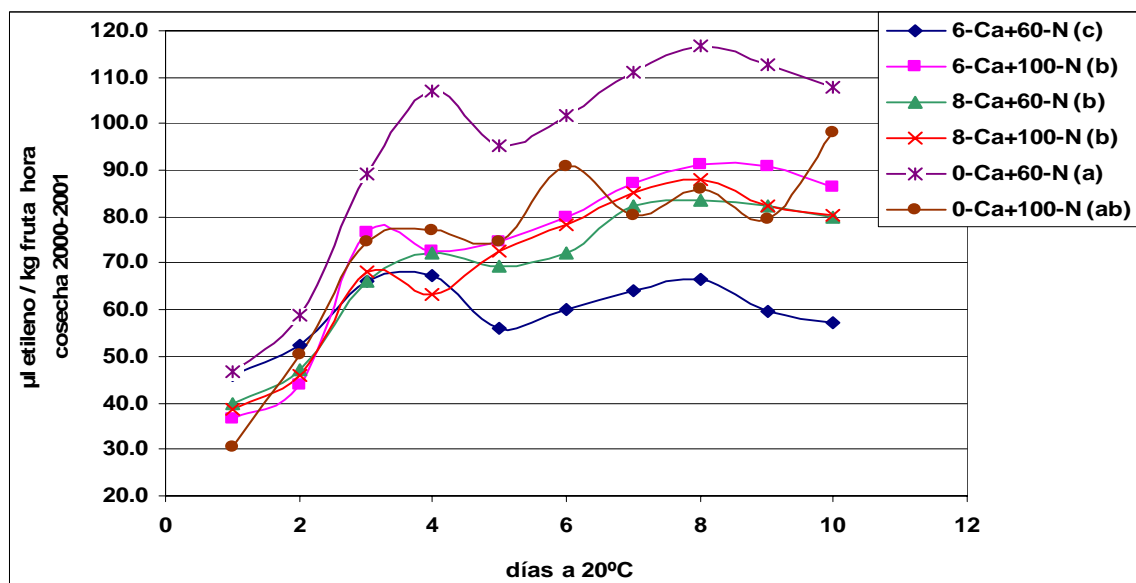


Figura 3.3.2.- Producción de etileno de los frutos, en µl / kg fruta y hora, en cosecha 2000.

Las manzanas no suplementadas con calcio, con unos niveles de sólo 3'31 mg de calcio por 100 g de materia fresca, tienen la tasa de respiración más elevada del orden de 18 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, tendencia que experimentaron Bramlage et al. (1973) y Poovaiah (1993), en que relacionaban los niveles bajos de calcio con una alta actividad respiratoria. Los frutos que fueron tratados con 8 aplicaciones de calcio, que alcanzaron unos contenidos de 5'0 mg de calcio por 100 g de materia fresca, son los que tienen unos niveles de respiración menor, seguidamente en una zona intermedia se encuentran los de 6 aplicaciones, con 4'3 mg de calcio por 100 g de materia fresca.

En la gráfica de producción de etileno, se observa que los frutos no tratados con calcio y abonados con la dosis alta de nitrógeno, son también los que han generado una mayor cantidad de etileno, con valores cercanos a los 120 μ l de etileno/kg fruta y hora, al igual como les sucedió a Sams y Conway (1984) y a Lara y Vendrell (1998), siendo los menos productores de etileno aquellos que fueron tratados con 6 aplicaciones de calcio y abonados con la dosis baja de nitrógeno de 60 unidades fertilizantes (UF) por hectárea. En una situación intermedia se hallan los frutos que recibieron 8 aplicaciones de calcio.

Tanto la respiración como la producción de etileno, empezaron su actividad el mismo día de la recolección, indicando que las manzanas se encontraban en un estado iniciado de maduración.

3.3.2.- Primera salida de cámara del primer año de ensayo (2000-2001).

Después de la conservación frigorífica de los frutos durante 4 meses en atmósfera controlada (8 de enero de 2001), la respiración es menor que en la cosecha, pero la producción de etileno es mayor, alcanzando unos valores máximos de 160 μ l de etileno/kg fruta y hora, iniciando ambos parámetros una gran actividad desde el primer día de la salida de cámara, comportando que los frutos se encuentren un poco más maduros respecto al momento de la cosecha, unido a una reducción de su firmeza.

Existe un pico de respiración entre el segundo y tercer día a 20 °C, siendo la estrategia de 6 aplicaciones de calcio con dosis baja de nitrógeno de 60 UF/ha, la que expresa la menor tasa de respiración (figura 3.3.3). En el resto de tratamientos no existen diferencias estadísticas, con valores máximos comprendidos entre 10 y 12 ml de dióxido de carbono/kg fruta y hora. En este caso la estrategia de 8 aplicaciones de calcio, no ha tenido unos niveles de respiración bajos tal como sucedía en la cosecha, lo que indica que unos mayores contenidos de este nutriente no han influido en la reducción de la producción de dióxido de carbono tras la conservación, coincidiendo con los resultados de Duque et al. (1999).

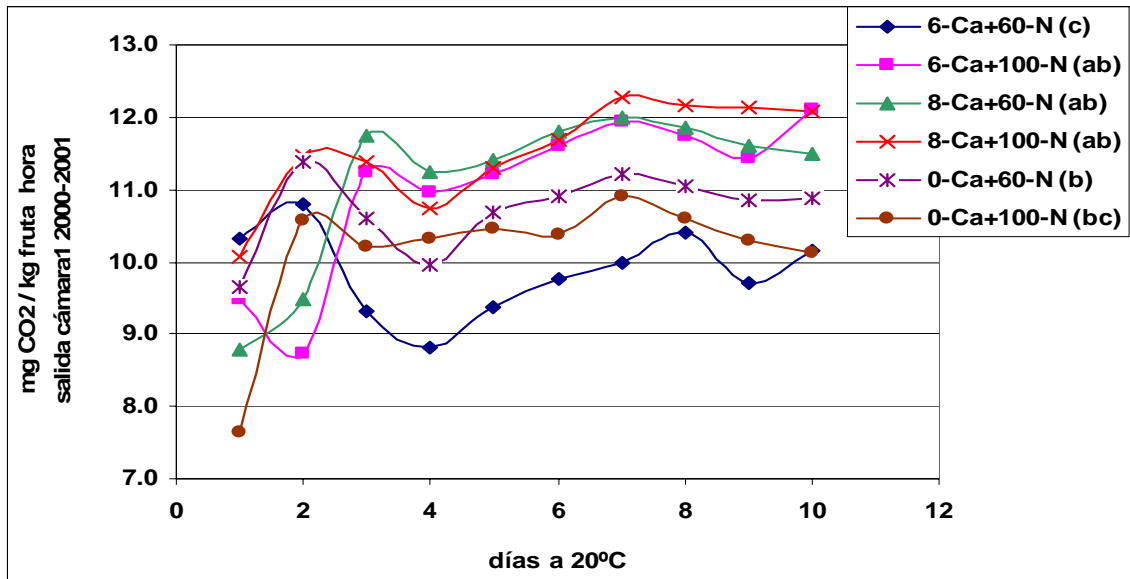


Figura 3.3.3.- Respiración de los frutos, en mg CO₂ / kg fruta y hora, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

Hay un pico de producción de etileno al segundo día a 20 °C, que después descende en todas las estrategias. Los frutos con una menor producción de etileno también han sido los de la estrategia de 6 aplicaciones de calcio, con la menor dosis de abonado nitrogenado de 60 unidades fertilizantes por hectárea (figura 3.3.4). Entre las restantes estrategias no se observan diferencias significativas, no obstante los tratamientos de 8 aplicaciones de calcio y sobre todo si se combina con la dosis más alta de nitrógeno, son los que han emitido la máxima cantidad de etileno, al igual que sucedía con la respiración. En este caso, se observa que el exceso de nitrógeno ha podido interferir en los efectos de la aplicación de calcio a los frutos vía foliar, generando más producción de etileno y respiración.

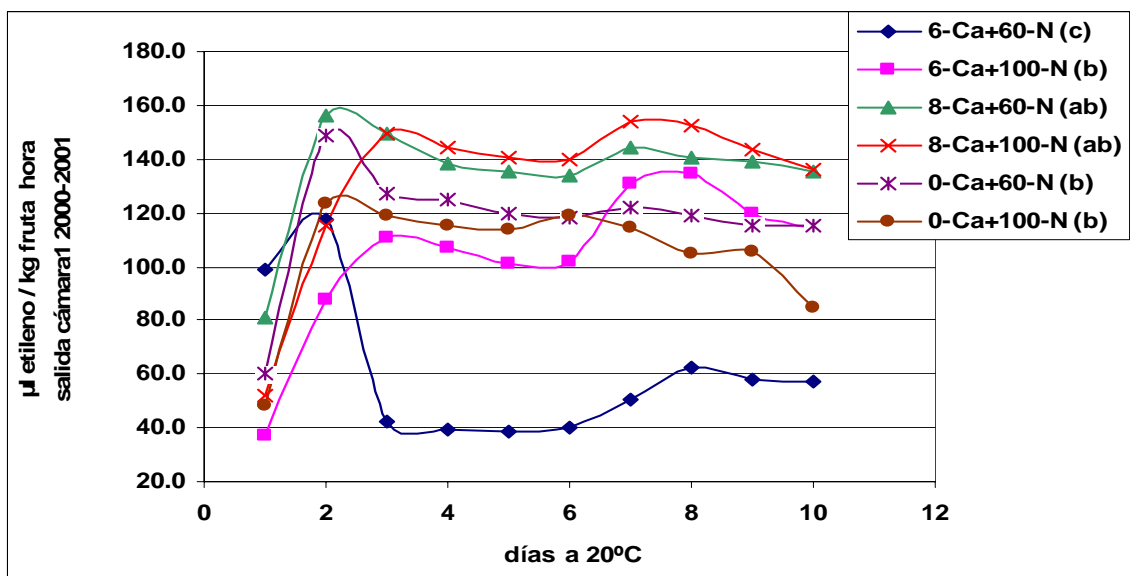


Figura 3.3.4.- Producción de etileno de los frutos, en µl / kg fruta y hora, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2000-2001.

3.3.3.- Segunda salida de cámara del primer año de ensayo (2000-2001).

A los 6 meses de conservación (5 de marzo de 2001), los frutos siguen mostrando una menor tasa de respiración, implicando una disminución progresiva a medida que se alarga el período de conservación, debido a que según Wills et al. (1984) el tejido viejo tiene menor actividad respiratoria que el joven, sin embargo continúa dándose un pico al segundo día de salida del frío. La producción de etileno también en términos generales sufre una ligera reducción, respecto a la primera salida de cámara, con un pico máximo a 20 °C cercano a 140 μ l de etileno/kg fruta y hora, pero se mantiene elevada respecto a la cosecha al encontrarse los frutos en un estado más maduro, unido a una progresiva disminución de la firmeza. La actividad de ambos parámetros también se inicia al mismo día de la salida de conservación, llegando al máximo entre el segundo y cuarto día.

Las manzanas que recibieron 6 aplicaciones de calcio, con la dosis más baja de abonado nitrogenado (60 UF/ha), al igual que sucedía en la primera salida de cámara, son las que muestran los menores niveles de respiración (figura 3.3.5) y de producción de etileno (figura 3.3.6), el resto de estrategias se sitúan en unos valores entre los 8 y 10 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, y entre los 80 y 140 μ l de etileno/kg fruta y hora, respectivamente a 20 °C.

En este caso, se vuelve a constatar que obtener un elevado contenido de calcio en los frutos con la estrategia de 8 aplicaciones, no es un indicativo para conseguir reducir la actividad respiratoria y la producción de etileno.

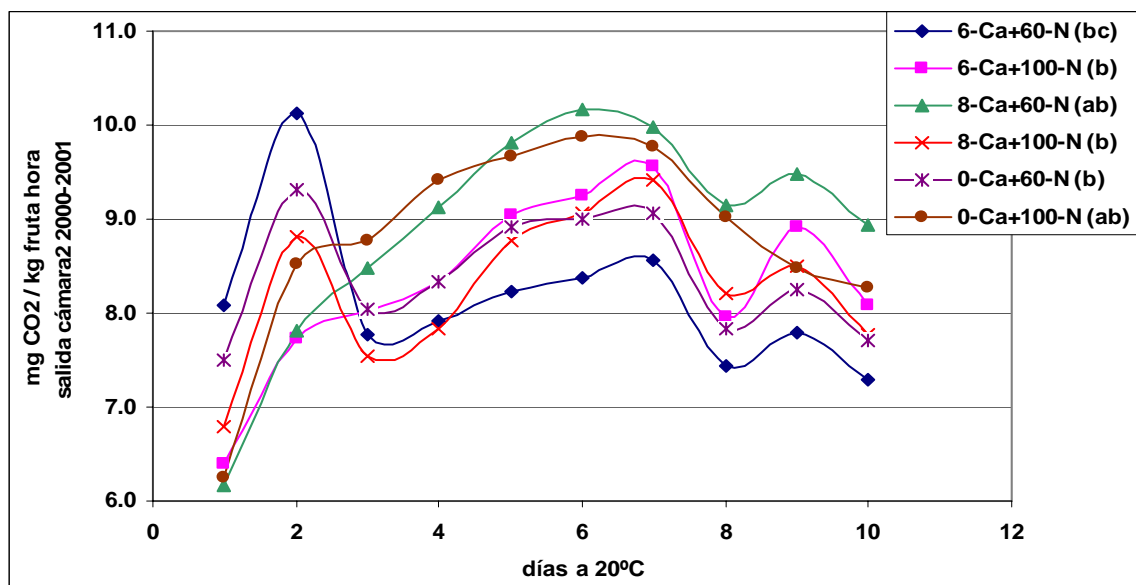


Figura 3.3.5.- Respiración de los frutos, en mg CO₂ / kg fruta y hora, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001

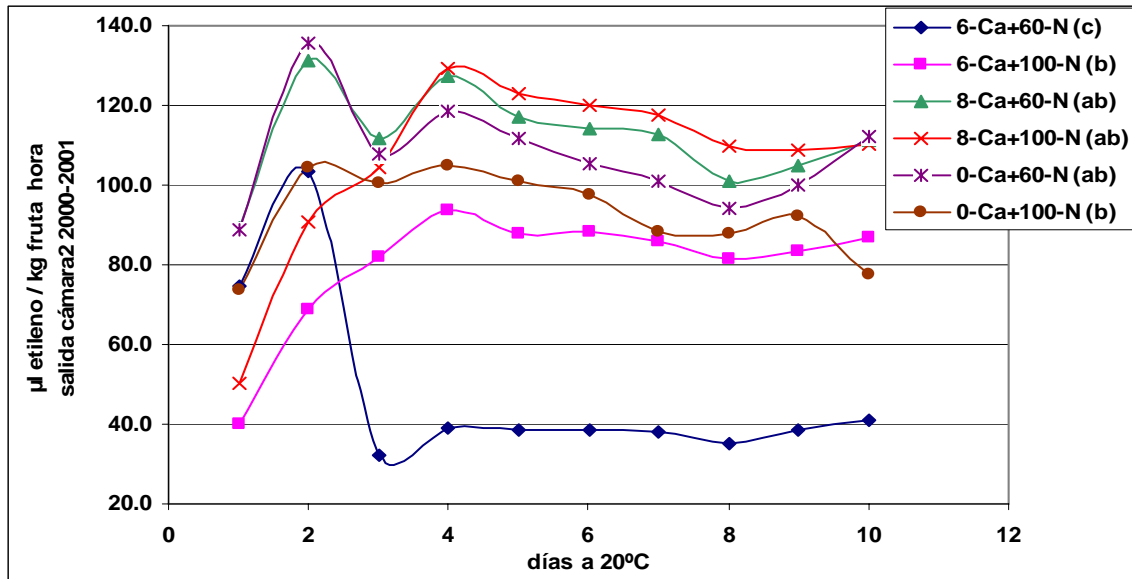


Figura 3.3.6.- Producción de etileno de los frutos, en $\mu\text{l} / \text{kg}$ fruta y hora, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2000-2001.

3.3.4.- Cosecha del segundo año de ensayo (2001-2002).

En la cosecha del segundo año de ensayo (3 de septiembre de 2001), los frutos tuvieron su máxima tasa respiratoria a los 3-4 días después de su recolección, mantenidos a 20 °C (figura 3.3.7), no coincidiendo con el pico de producción de etileno, que empezó su emisión entre los 6 y 10 días (figura 3.3.8), encontrándose ligeramente menos maduros que en el primer año de ensayo y con una mejor firmeza.

No existen diferencias estadísticas entre estrategias, respecto a la actividad respiratoria, que después de alcanzar su pico máximo, se mantiene en unos valores entre 10 y 20 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, no siendo determinantes las aportaciones de calcio en los resultados obtenidos en la cosecha.

La producción de etileno ha sido menor en las manzanas que recibieron calcio suplementario y sobre todo en aquellas que fueron fertilizadas con la dosis más baja de nitrógeno de 60 UF/ha, alcanzando una acumulación del orden de los 4'5 mg de calcio por 100g de materia fresca, empezando su emisión de etileno unos días más tarde que las no tratadas con calcio, coincidiendo con los resultados del ensayo de Sams y Conway (1984), y Lara y Vendrell (1998). En este segundo año de experimentación la cantidad de etileno generada en cosecha a 20 °C, ha sido menor que la del primer año, alcanzando valores máximos entre 60 y 70 μl de etileno/kg fruta y hora, casi a los 20 días de la cosecha, repercutiendo en unos frutos de mayor firmeza, respecto a los del primer año.

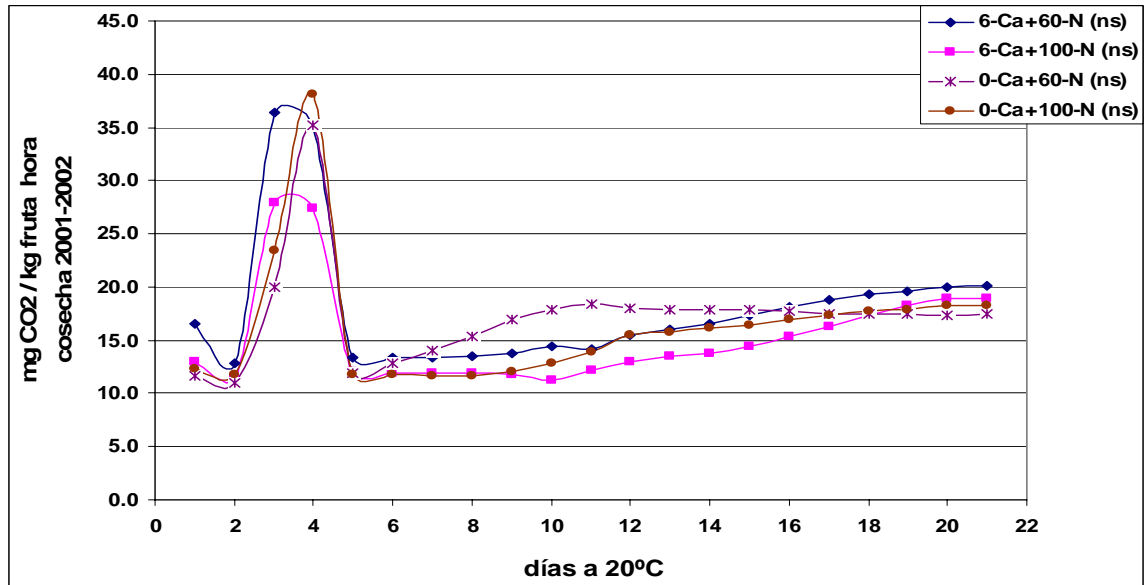


Figura 3.3.7.- Respiración de los frutos, en mg CO₂/ kg fruta y hora, en cosecha 2001.

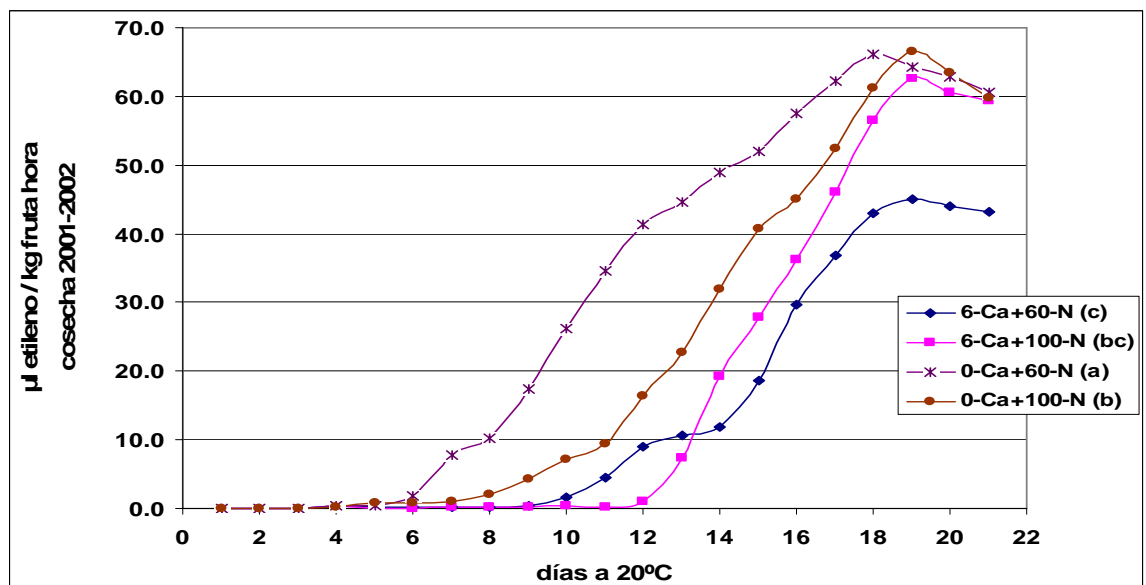


Figura 3.3.8.- Producción de etileno de los frutos, en µl / kg fruta y hora, en cosecha 2001.

3.3.5.- Primera salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

La respiración de los frutos, después de una conservación frigorífica de 4 meses (15 de enero de 2002) ha expresado unos valores similares a los obtenidos en cosecha, con unas tasas a 20 °C entre los 15 y 20 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, alcanzando el valor máximo entre los 8 y 12 días de la salida de cámara, siendo la estrategia de 6 aplicaciones de calcio con dosis baja de abonado nitrogenado de 60 UF/ha, la que muestra los menores niveles de actividad respiratoria (figura 3.3.9).

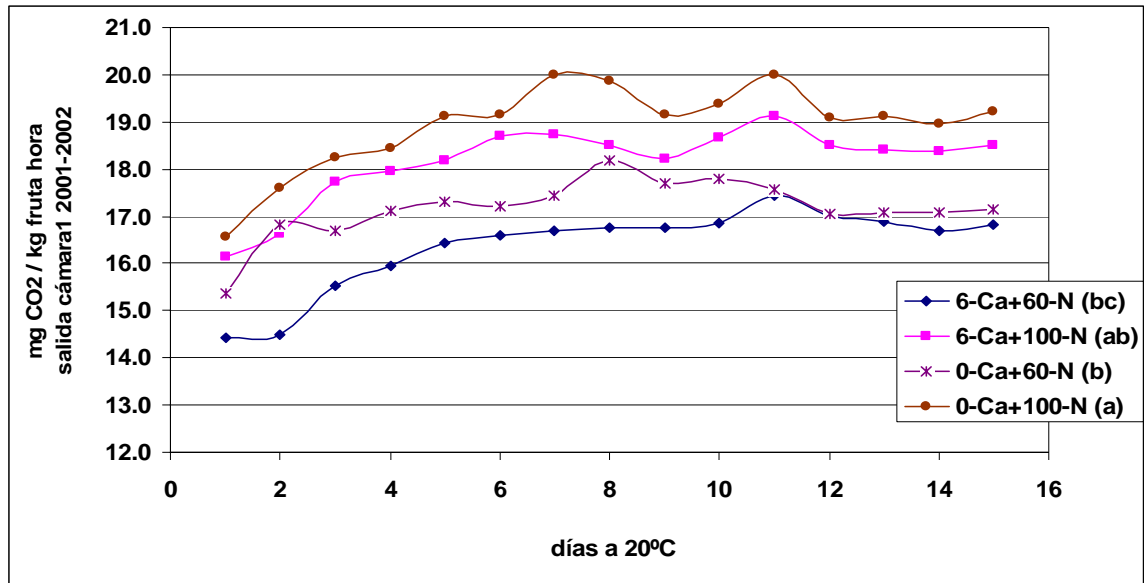


Figura 3.3.9.- Respiración de etileno de los frutos, en mg CO₂ / kg fruta y hora, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

La producción de etileno, al igual que la respiración, ha empezado su emisión al primer día de la salida de cámara, siendo superior a la generada en cosecha, obteniéndose el pico máximo a los 12 días mantenidos a 20 °C, con valores cercanos a los 130 μ l de etileno/kg fruta y hora, sin existir diferencias significativas entre estrategias (figura 3.3.10), representando que los frutos están más maduros en relación al momento de la recolección, pero en menor grado respecto a la primera salida de cámara del primer año de ensayo, disponiendo de una mayor magnitud de firmeza este año después una la conservación de 4 meses, al compararlos con los del año anterior.

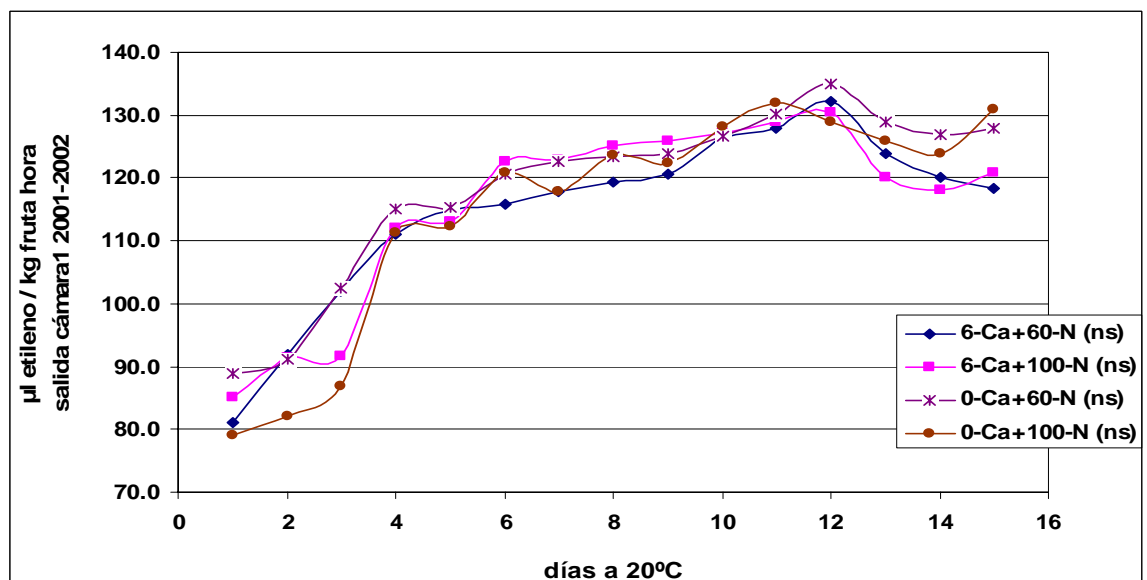


Figura 3.3.10.- Producción de etileno de los frutos, en μ l / kg fruta y hora, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

3.3.6.- Segunda salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

En la segunda salida de cámara a los 6 meses de conservación (11 de marzo de 2002), la respiración de los frutos ha resultado ser ligeramente inferior a la primera salida, observándose la misma tendencia en el primer año de ensayo, en que a medida que se alarga el período de almacenamiento la actividad respiratoria va disminuyendo progresivamente, debido a que los tejidos son más viejos, alcanzándose en este caso también el pico máximo a los 12 días después de la salida a 20 °C, pero con unos valores comprendidos entre los 16 y 18 mg de dióxido de carbono/kg fruta (figura 3.3.11), resultando ser las manzanas que recibieron 6 aplicaciones de calcio con dosis baja de abonado nitrogenada de 60 UF/ha, las que tienen los niveles menores, sin existir diferencias entre las demás estrategias.

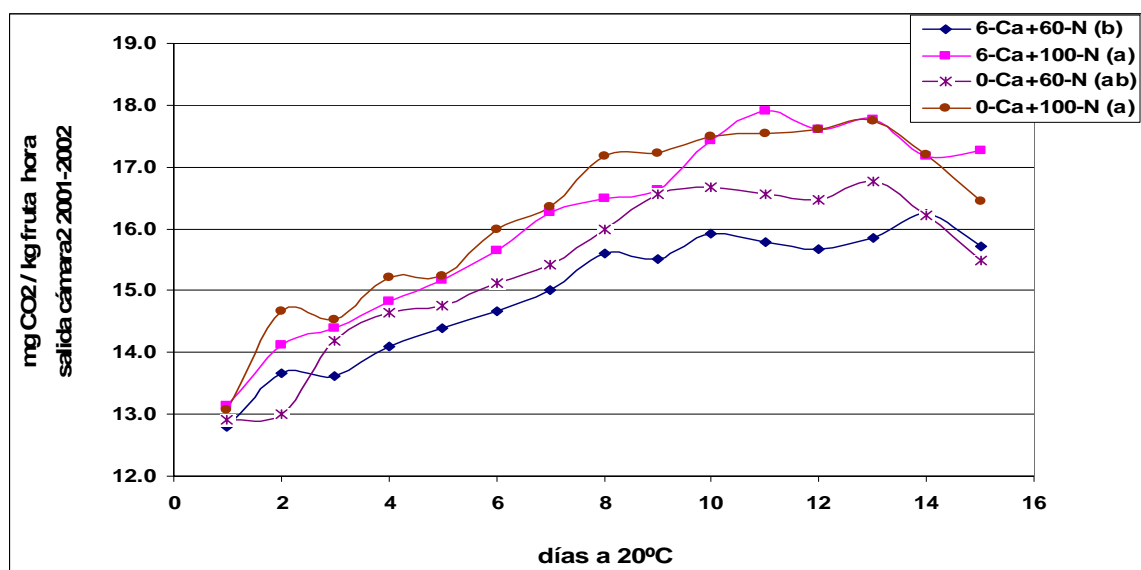


Figura 3.3.11.- Respiración de los frutos, en mg CO₂ / kg fruta y hora, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

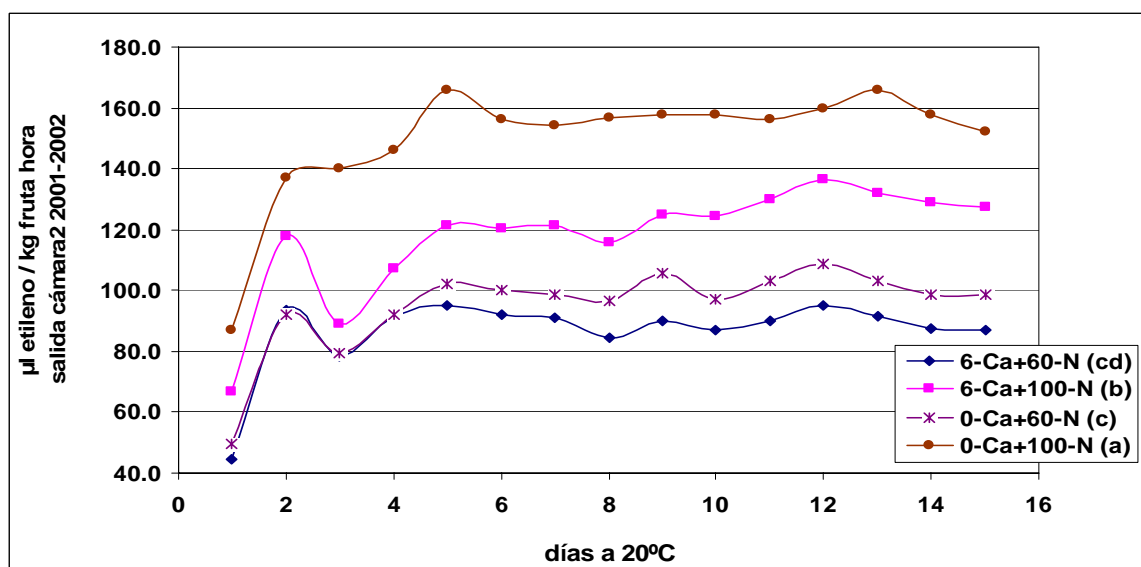


Figura 3.3.12.- Producción de etileno de los frutos, en µl / kg fruta y hora, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

La producción de etileno empezó al mismo día de la salida de cámara, al igual como sucedió también con la respiración, superándose los valores obtenidos en la primera salida, con un pico máximo cercano a los 160 μl de etileno/kg fruta y hora a 20 °C, que se consigue a los 12 días después de la salida, representando que los frutos han madurado durante el almacenamiento sufriendo una disminución de la firmeza, siendo las manzanas no suplementadas con calcio y con dosis elevadas de nitrógeno las que tienen una mayor tasa de emisión de etileno (figura 3.3.12).

3.3.7.- Cosecha del tercer año de ensayo (2002-2003).

En este tercer año de ensayo solamente se ha analizado la producción de etileno, como factor más indicativo del grado de evolución de la maduración de las manzanas de las dos fincas, de Gimennells (Lleida) y Pina de Ebro (Zaragoza).

Los frutos recolectados en la segunda fecha de Gimennells (13 de septiembre de 2002), justo después de la cosecha han empezado antes a producir etileno, expresado un mayor valor, al estar las manzanas un poco maduras debido a que fueron cosechadas más tarde, en comparación con la primera cosecha de Gimennells (4 de septiembre de 2002) y las de Pina de Ebro (10 de septiembre de 2002), las cuales han obtenido unos niveles similares y más bajos de emisión de este gas (figura 3.3.13). Se ha iniciado la generación de etileno entre 6 y 8 días después de la cosecha, alcanzando el pico máximo a los 14 días, con un valor de 130 μl de etileno/kg fruta y hora, mantenidos a 20 °C. El contenido de calcio acumulado en los frutos, resultó ser de 4'0 y de 3'0 mg de calcio por 100 g de materia fresca en la finca de Gimennells y Pina de Ebro, respectivamente.

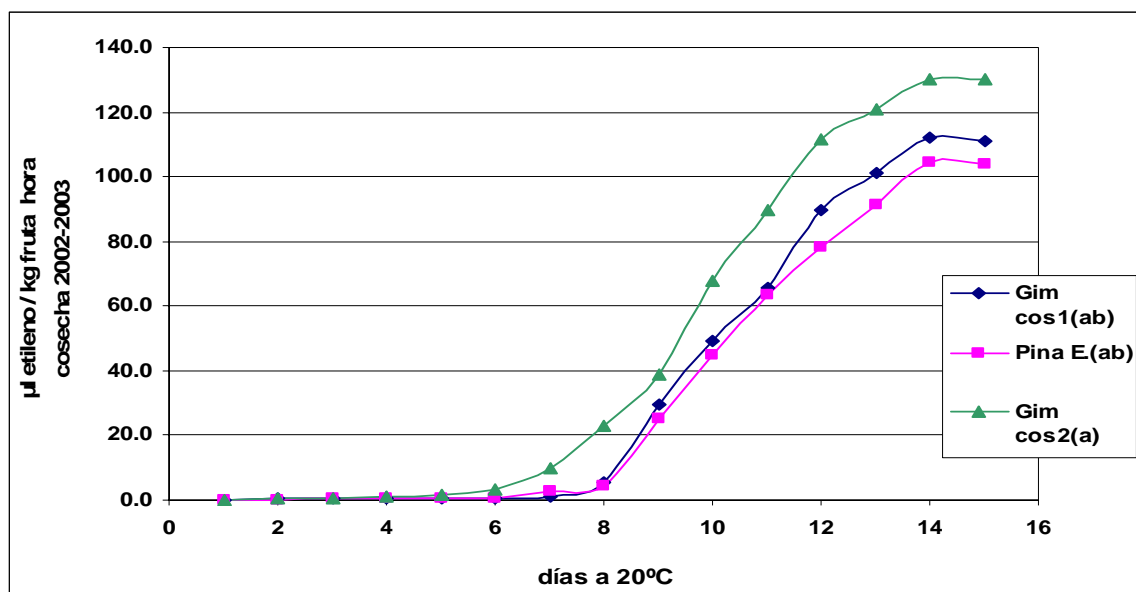


Figura 3.3.13.- Producción de etileno de los frutos, en μl / kg fruta y hora, en cosecha 2002.

3.3.8.- Primera salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

Los frutos de la finca de Gimenells destinados a la conservación, pertenecen únicamente a muestras tomadas de la primera cosecha del 4 de septiembre de 2002. En la primera salida de cámara (6 de noviembre de 2002) no han existido diferencias significativas en la producción de etileno en los frutos de las dos fincas (figura 3.3.14), alcanzando el pico máximo entre el 6 y 7 día después de la salida de cámara a 20 °C, con un valor cercano a los 195 μl de etileno/kg fruta y hora, siendo notablemente superior en comparación al obtenido en cosecha. Además, el inicio de las emisiones de etileno se produce a partir del primer día de la salida después de un almacenamiento de 2 meses, lo que representa un estado iniciado de maduración de las manzanas, contrastado con una pérdida de firmeza que ha sido más acentuada en las de la finca de Pina de Ebro (figura 3.2.52).

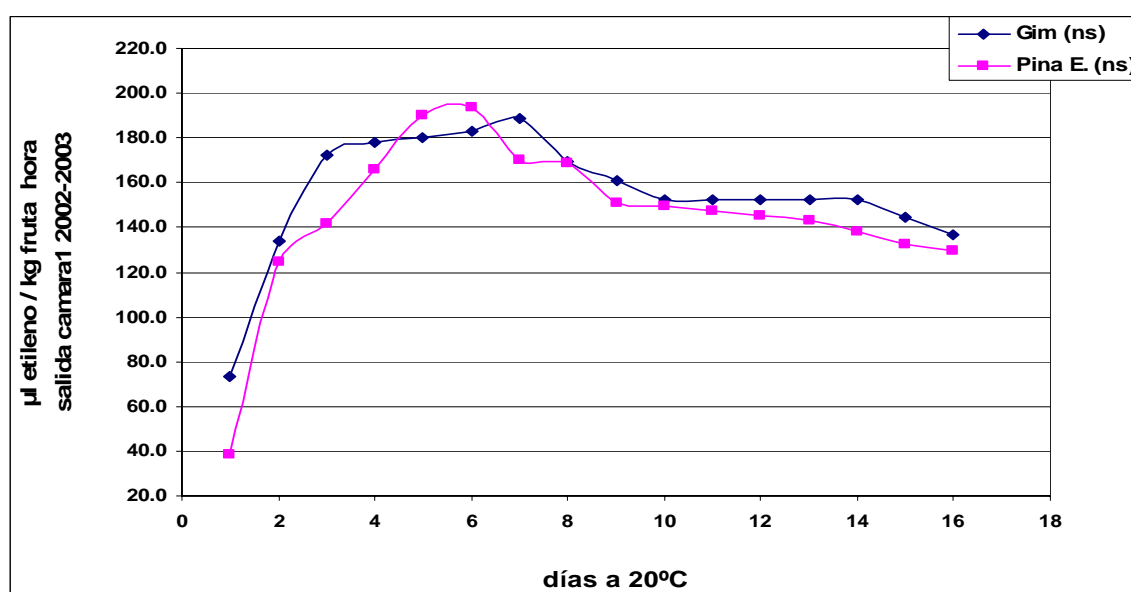


Figura 3.3.14.- Producción de etileno de los frutos, en μl / kg fruta y hora, en salida de cámara 1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

3.3.9.- Segunda salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

A los 4 meses de conservación frigorífica (13 de enero de 2003), las emisiones de etileno continúan aumentando progresivamente respecto a la anterior salida de cámara, alcanzando valores pico de 202 μl de etileno/kg fruta y hora, al día 7 después de sacarlos de la conservación, permaneciendo a 20 °C, siendo las manzanas de la finca de Gimenells las que producen más cantidad de etileno, al encontrarse más maduras, coincidiendo con una pérdida de firmeza más acusada que los frutos de Pina de Ebro (figura 3.3.15). El inicio de las emisiones se produce también a partir del primer día de la salida.

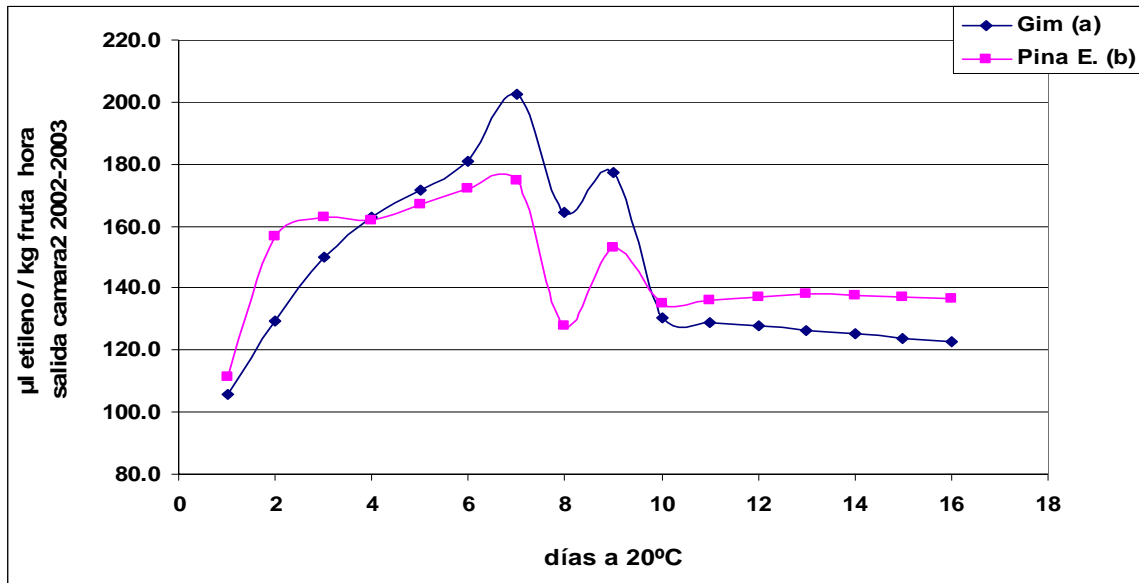


Figura 3.3.15.- Producción de etileno de los frutos, en $\mu\text{l} / \text{kg}$ fruta y hora, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

3.3.10.- Tercera salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

En la tercera y última salida de cámara a los 6 meses de almacenamiento (19 de marzo de 2003), no se producen diferencias estadísticas entre las dos fincas, viéndose incrementados muy poco los niveles de producción de etileno respecto a la segunda salida de cámara, con valores pico máximo de 206 μl de etileno/kg fruta y hora, que se consiguen entre los 6 y 7 días después de la salida de cámara, mantenidos a 20 °C, unido a una disminución de la firmeza por igual en las dos fincas, encontrándose las manzanas en un estado más avanzado de maduración, debido a que el inicio de las emisiones se produce a partir del primer día de la salida de cámara (figura 3.3.16).

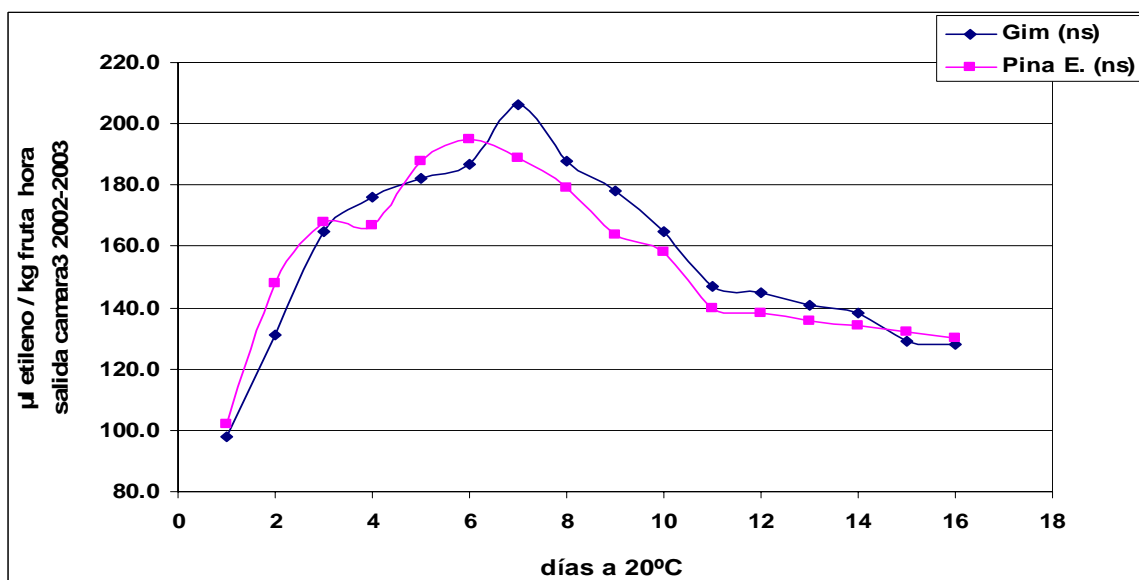


Figura 3.3.16.- Producción de etileno de los frutos, en $\mu\text{l} / \text{kg}$ fruta y hora, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

3. 4.- RESPUESTA DE LOS TRATAMIENTOS CALCIO-NITRÓGENO COMBINADOS CON LA APLICACIÓN DEL PRODUCTO 1-METILCICLOPROPENO EN MANZANAS GOLDEN SMOOTHIE. (Capítulo 4)

3.4.- Respuesta de los tratamientos Calcio-Nitrógeno combinados con la aplicación del producto 1-Metilciclopropeno en manzanas Golden Smoothee.

A lo largo del segundo y tercer año de ensayo se realizó la aplicación del producto 1-Metilciclopropeno (1-MCP) en los frutos recolectados, con la finalidad de comprobar sus efectos inhibidores de la síntesis de etileno en los frutos durante su conservación frigorífica. En el segundo año de ensayo, solamente fueron tratados con dicho producto los frutos de las parcelas experimentales de Gimennells (Lleida) fertilizadas con la dosis de 60 unidades fertilizantes de nitrógeno por hectárea. Al tercer año se comparó los efectos de la aplicación del 1-MCP en frutos de la finca de Gimennells respecto a los de Pina de Ebro (Zaragoza).

3.4.1.- Primera salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

Un vez transcurridos los 4 meses de conservación frigorífica en atmósfera modificada con bajo nivel de oxígeno, se procede a la primera salida de cámara el 15 de enero de 2002, obteniéndose los mayores niveles de calcio en los frutos que fueron suplementados con 6 pulverizaciones cálcicas, sin interferir la aplicación del producto 1-MCP (figura 3.4.1). Los frutos que recibieron los 6 tratamientos de calcio quincenales desde junio hasta finales de agosto, con independencia de aplicar el producto 1-MCP, acumularon cerca de los 4'0 mg/100 g de materia fresca, notándose un ligero descenso en el contenido de dicho nutriente, en comparación con los valores de la cosecha, debido a una posible dilución del calcio de la pulpa de las manzanas.

Los niveles de nitrógeno en las manzanas no cambian a lo largo de la conservación frigorífica, permaneciendo estables, siendo las cantidades acumuladas mayores en los frutos no suplementados con calcio, con unos valores superiores a los 55 mg de N/100 g de materia fresca, no diferenciándose de los obtenidos en cosecha y no apareciendo diferencias en el contenido de este nutriente al aplicar el producto 1-MCP (figura 3.4.2).

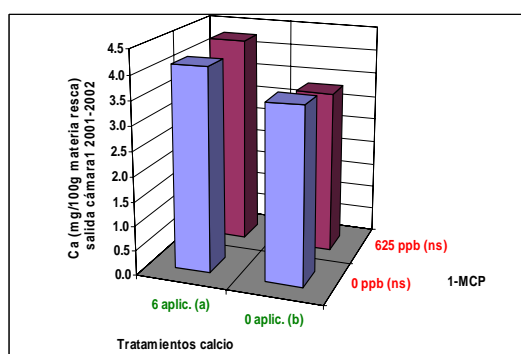


Figura 3.4.1.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2001-2002. Entre paréntesis se indican las diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

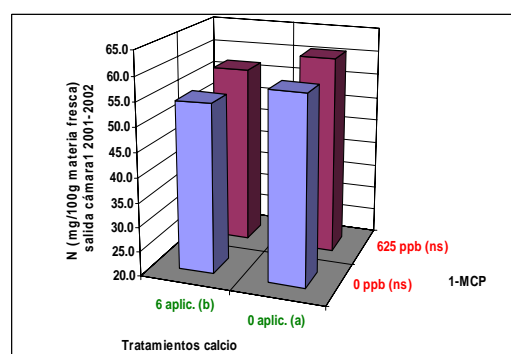


Figura 3.4.2.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara a los 4 meses de conservación 2001-2002.

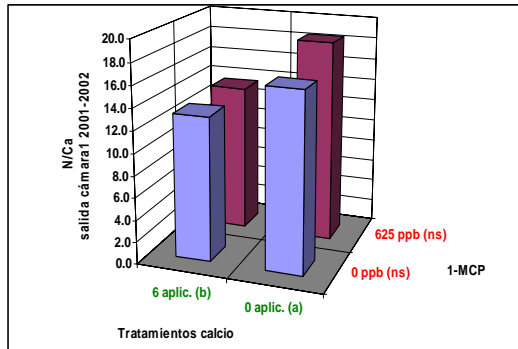


Figura 3.4.3.- Relación N/Ca de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación2001-2002.

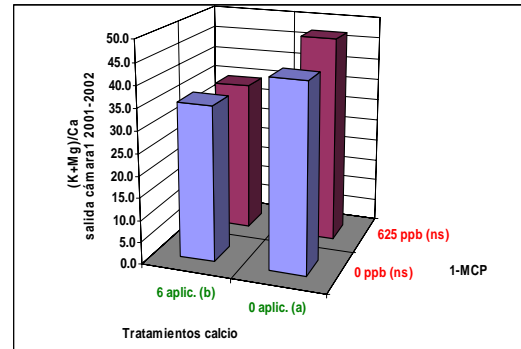


Figura 3.4.4.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

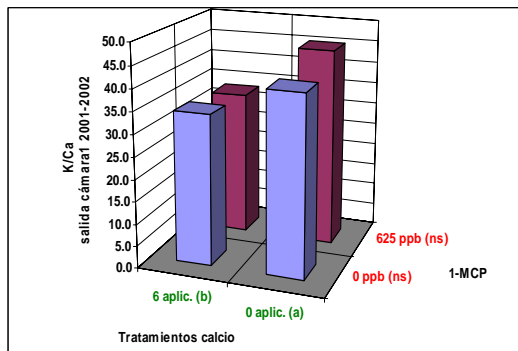


Figura 3.4.5.- Relación K/Ca de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación2001-2002.

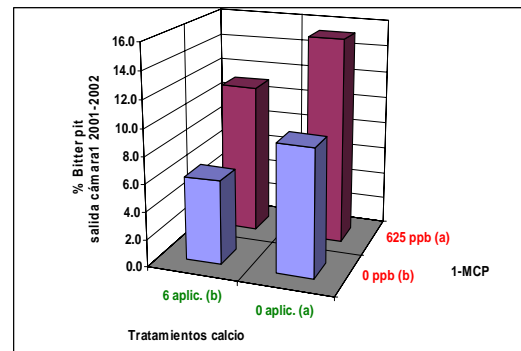


Figura 3.4.6.- % afección por bitter pit en los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

Las relaciones entre nutrientes N/Ca (figura 3.4.3), (K+Mg)/Ca (figura 3.4.4) y K/Ca (figura 3.4.5), se mantienen mejor equilibradas en los frutos que han recibido aplicaciones de calcio, acercándose a unos valores de 15, 30 y 30 respectivamente en dichas relaciones, según las recomendaciones de Casero et al. (1989), Fallahi et al. (1997), Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991) y Wolf et al. (1998), para reducirse el porcentaje de frutos afectados por fisiopatías. El producto 1-MCP no ha interferido en la composición mineral de los frutos, obteniéndose unas relaciones nutricionales desfavorables en el caso de no aplicarse calcio.

Las manzanas a las que se les aplicó el producto 1-MCP sufrieron unos severos ataques por bitter pit (figura 3.4.6) y plara (figura 3.4.7), enmascarando las aplicaciones beneficiosas de calcio, incrementándose sustancialmente el porcentaje de afectación, básicamente en los frutos no suplementados con calcio.

Hay una clara evidencia que los frutos tratados con el producto 1-MCP, expresan unos mayores valores de firmeza, después de una conservación de 4 meses, al igual que los ensayos de Watkins et al. (2000) y Calvo (2002), siendo muy similares a los que se obtuvieron en el momento de la recolección, del orden de 65 Newton, sin existir diferencias entre aplicaciones de calcio (figura 3.4.8).

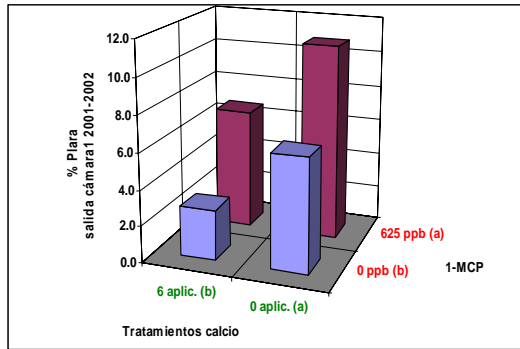


Figura 3.4.7.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

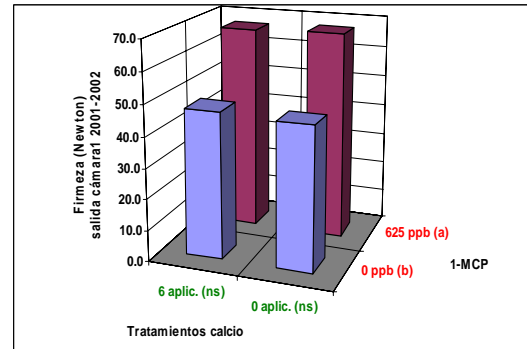


Figura 3.4.8.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

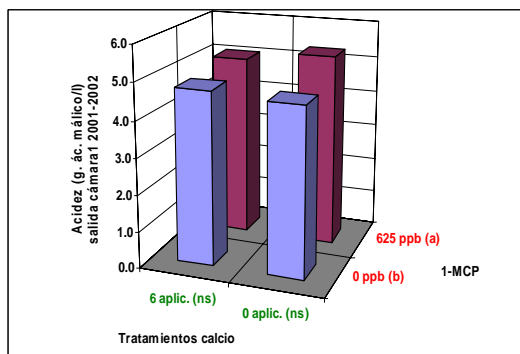


Figura 3.4.9.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

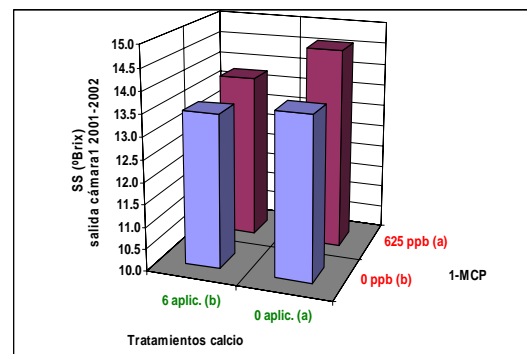


Figura 3.4.10.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

Los frutos tratados con 1-MCP fueron más ácidos, con independencia de la cantidad de calcio recibida en precosecha (figura 3.4.9), tal como experimentaron Fan y Mattheis (2001), acusando menos la disminución de los valores de este parámetro respecto a la cosecha. En relación a los sólidos solubles (figura 3.4.10), los mayores valores se manifestaron en las manzanas que fueron tratadas con el producto 1-MCP y no suplementadas con calcio, observándose en general un ligero incremento de este parámetro en todas las estrategias, después de este periodo de conservación frigorífica.

En la tonalidad (a+b) de los frutos, no han existido diferencias estadísticas entre las aplicaciones de calcio y 1-MCP (figura 3.4.11), produciéndose un incremento generalizado respecto a los resultados obtenidos en la recolección. La luminosidad en cambio, ha sido considerablemente menor en los frutos tratados con 1-MCP (figura 3.4.12), sobre todo los que recibieron calcio suplementario, representando unas manzanas de coloración más oscura que las demás estrategias, siendo un efecto secundario indeseado de la aplicación de dicho producto, llamado DSB (Diffuse Skin Browning) según Larrigaudiere et al. (2010), al igual que el aumento considerable del porcentaje de afectación por bitter pit y plara.

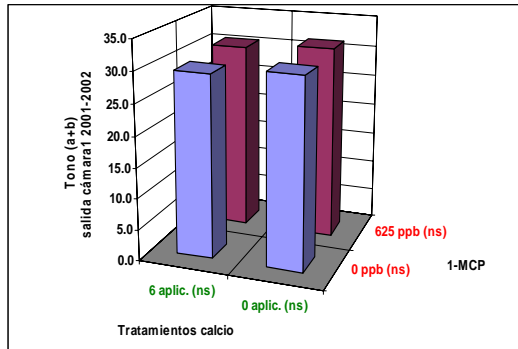


Figura 3.4.11.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

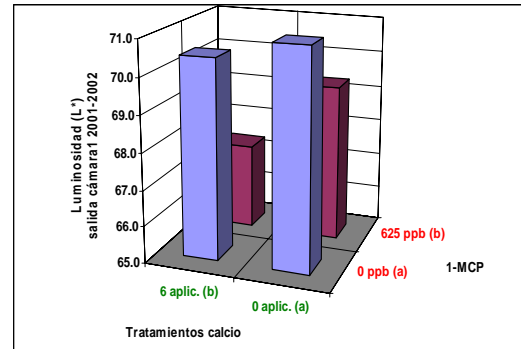


Figura 3.4.12.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

La respiración de los frutos (figura 3.4.13) es claramente menor en los tratados con 1-MCP y sobre todo los que recibieron suplementos de calcio, con valores de 12 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, mantenidos a 20 °C durante los primeros 30 días, llegando alcanzar el pico máximo de respiración a los 40 días después de la salida de cámara. Las restantes estrategias no tratadas con 1-MCP, empiezan a emitir dióxido de carbono a partir del primer día de la salida, con unas tasas entre los 15 y 18 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, llegando a su nivel máximo entre los 8 y 12 días.

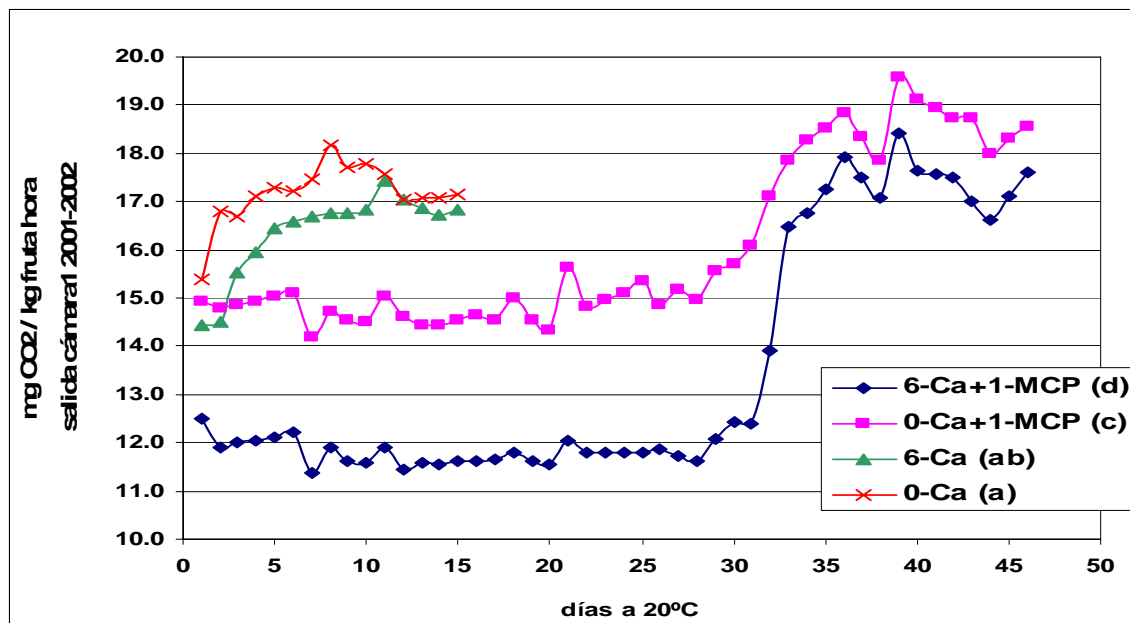


Figura 3.4.13.- Respiración de los frutos, en mg CO₂ / kg fruta y hora, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

En la producción de etileno de los frutos conservados durante 4 meses (figura 3.4.14), se comprueba que existe una diferencia muy evidente respecto a los tratados con el producto 1-MCP, al empezar éstos a emitir etileno al cabo de los 20 días después de la salida de cámara, mantenidos a 20 °C, consiguiendo un pico máximo de este gas cercano a los 110 µl de etileno/kg fruta y hora, a los 40 días, efectos que se contrastan con los obtenidos por Jiang y Joice (2002). Los frutos no tratados con 1-MCP,

empezaron rápidamente a emitir etileno una vez sacadas de la cámara, alcanzando unos valores máximos cercanos a los 130 μl de etileno/kg fruta y hora a los 12 días, no existiendo diferencias estadísticas de producción entre ellos.

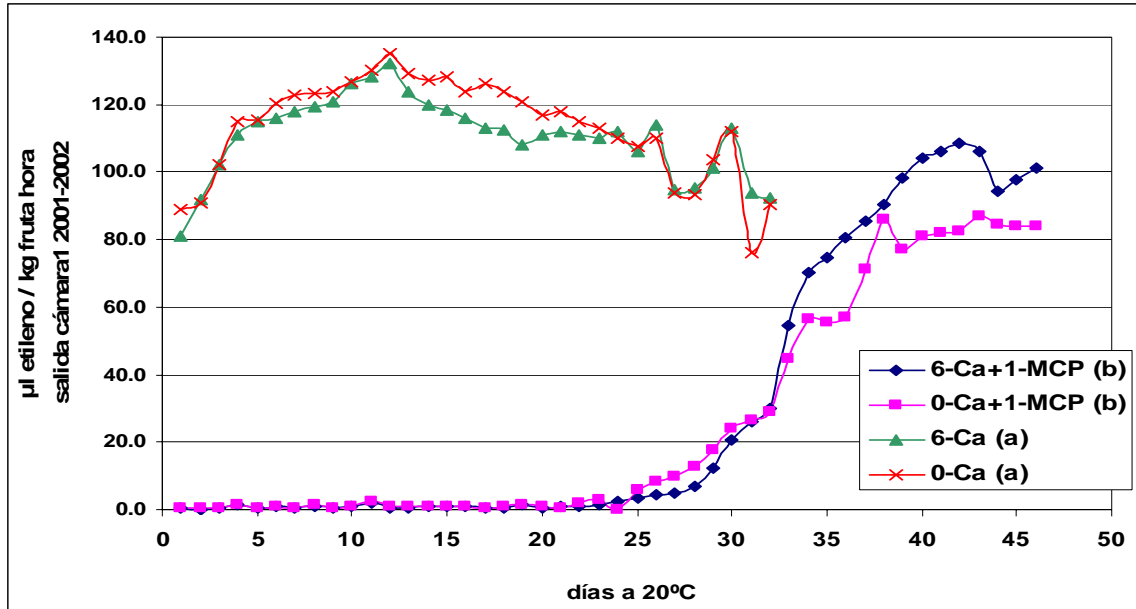


Figura 3.4.14.- Producción de etileno de los frutos, en μl / kg fruta y hora, en salida de cámara1 a los 4 meses de conservación 2001-2002.

3.4.2.- Segunda salida de cámara del segundo año de ensayo (2001-2002).

La segunda salida de cámara a los 6 meses de la conservación frigorífica tuvo lugar el 11 de marzo de 2002, manteniéndose el contenido de calcio de los frutos a unos niveles similares a los obtenidos en la primera salida de cámara de 4 meses de almacenamiento, siendo la estrategia con 6 aplicaciones de calcio, con independencia de haberles aplicado el producto 1-MCP, la que tiene los mayores contenidos de este nutriente, con valores cercanos a 4'0 mg por 100 g materia fresca (figura 3.4.15).

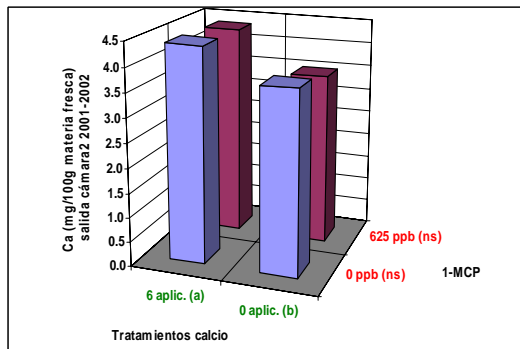


Figura 3.4.15.- Contenido en calcio (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

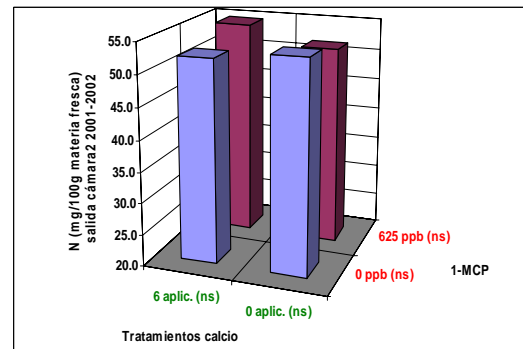


Figura 3.4.16.- Contenido en nitrógeno (mg/100g materia fresca) de los frutos en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Al igual que se observó en la primera salida de cámara, el contenido en nitrógeno de los frutos a los 6 meses de conservación (figura 3.4.16), permaneció en unos valores similares a los obtenidos en cosecha en el orden de los 50 mg de N por 100 g de materia fresca, concluyendo que los niveles de este nutriente permanecen estables a lo largo del almacenamiento.

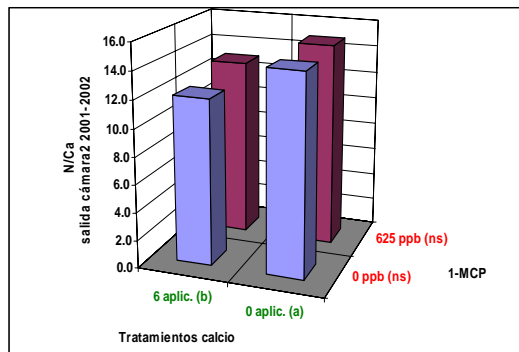


Figura 3.4.17.- Relación N/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

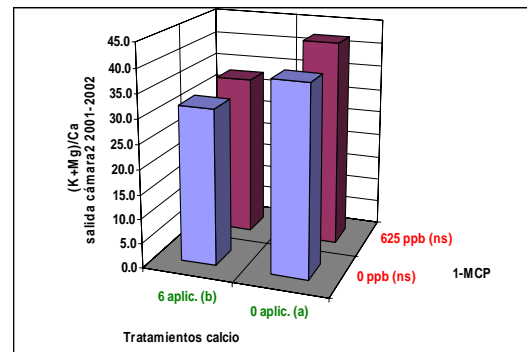


Figura 3.4.18.- Relación (K+Mg)/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Las relaciones entre nutrientes N/Ca (figura 3.4.17), (K+Mg)/Ca (figura 3.4.18) y K/Ca (figura 3.4.19) continúan siendo desequilibradas en los frutos que no han recibido aplicaciones cálcicas, ocasionando la aparición de un mayor porcentaje de bitter pit (figura 3.4.20) y plara (figura 3.4.21). Los mejores equilibrios se obtienen con los suplementos cálcicos sobre los frutos con independencia de la aplicación del producto 1-MCP. A lo largo de la conservación se ha incrementado de forma progresiva el porcentaje de afectación por dichas fisiopatías en todas las estrategias.

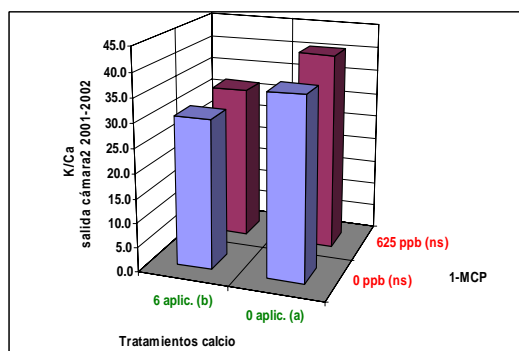


Figura 3.4.19.- Relación K/Ca de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

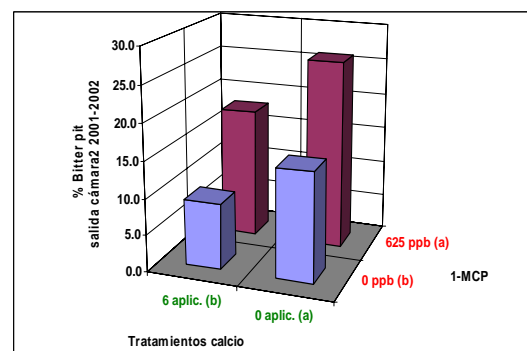


Figura 3.4.20.- % afectación por bitter pit en los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Las manzanas tratadas con 1-MCP, continúan padeciendo al igual que en la primera salida de cámara una gran afectación por bitter pit, sobretudo en las no suplementadas con calcio, con valores muy superiores al resto de estrategias. La afectación por plara es mayor en las manzanas no suplementadas con calcio.

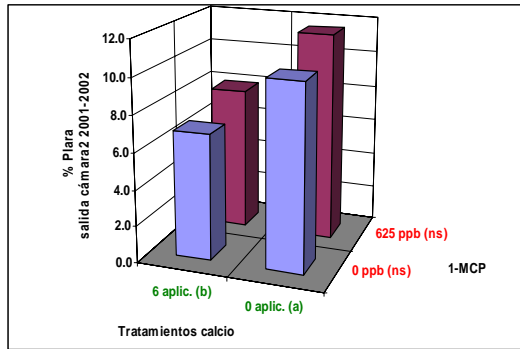


Figura 3.4.21.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

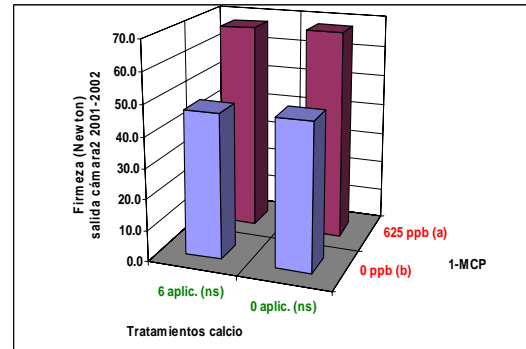


Figura 3.4.22.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

La firmeza de los frutos después de una conservación de 6 meses, es mayor en los tratados con 1-MCP, al igual que sucedió en la primera salida de cámara, con valores cercanos a 65 Newton, siendo similares a los obtenidos en cosecha, pudiéndose decir en vista de estos resultados, que este producto consigue mantener bien la firmeza de las manzanas a lo largo del almacenamiento frigorífico de forma muy significativa, al igual que los resultados del experimento de Watkins et al. (2000) y Calvo (2002).

La acidez resultó ser mayor en las manzanas suplementadas con calcio y tratadas con 1-MCP (figura 3.4.23), notándose una ligera disminución progresiva de los valores de este parámetro a medida que se alarga el periodo de conservación. Los sólidos solubles (figura 3.4.24), se mantienen en unos rangos similares a los de la anterior salida de cámara, siendo mayor su valor en los frutos tratados con el producto 1-MCP sin suplemento de calcio.

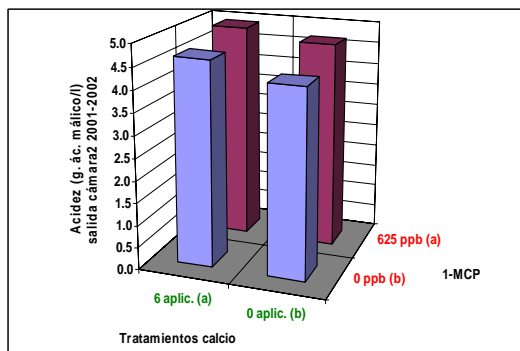


Figura 3.4.23.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

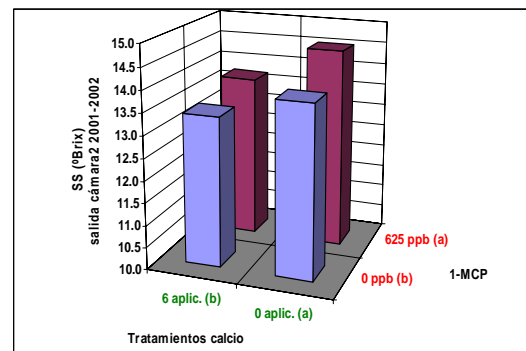


Figura 3.4.24.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

La tonalidad (a+b) (figura 3.4.25) y luminosidad (figura 3.4.26) del color de los frutos expresan unos resultados similares a los obtenidos en la anterior salida de cámara, notándose una cierta estabilización. Las manzanas tratadas con el producto 1-MCP, siguen mostrando unos niveles bajos de luminosidad, debido a la aparición indeseada de una coloración más oscura de la epidermis, llamada DSB (Diffuse Skin Browning)

según Larrigaudiere et al. (2010), que asociado al mayor porcentaje de bitter pit que sufren, causa una depreciación comercial.

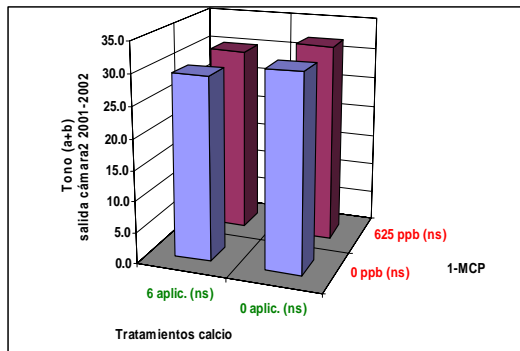


Figura 3.4.25.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

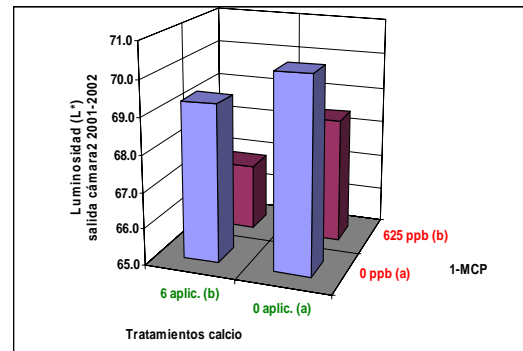


Figura 3.4.26.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

La respiración de los frutos (figura 3.4.27) es menor en los tratados con 1-MCP, y en especial los que recibieron calcio suplementario, al igual que sucedía en la primera salida de cámara con valores mínimos cercanos a 10 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, alcanzando su pico máximo de respiración a los 35 días después de la salida de cámara, a 20 °C. Las manzanas en las que no se aplicó el producto 1-MCP, empezaron a emitir dióxido de carbono a partir del primer día de la salida, con unas tasas entre los 13 y 17 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, llegando a su nivel máximo a los 12-14 días.

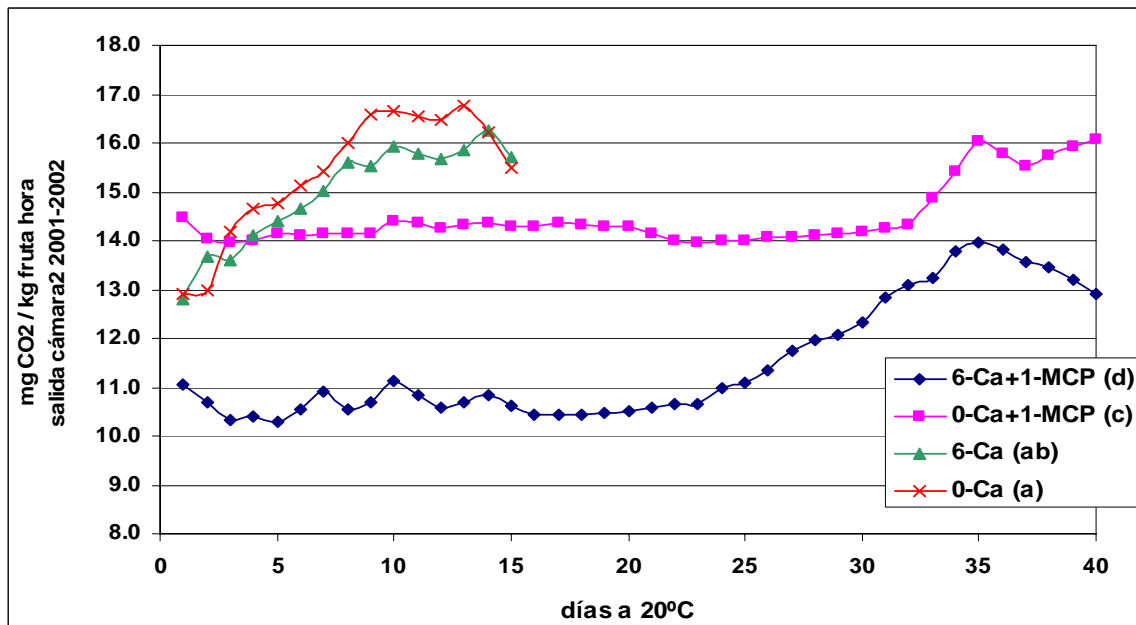


Figura 3.4.27.- Respiración de los frutos, en mg CO₂ / kg fruta y hora, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

Los frutos tratados con 1-MCP comenzaron a emitir etileno al cabo de 20 días después de salir de la conservación (figura 3.4.28), mantenidos a 20 °C, mostrando un pico climatérico máximo de 80 μl de etileno/kg fruta y hora, a los 35 días, siendo inferior a los no tratados, los cuales empezaron su producción al primer día, alcanzando unos valores máximos cercanos a los 110 μl de etileno/kg fruta y hora, a los 12 días a 20 °C, siendo las manzanas no suplementadas con calcio las que tuvieron una mayor tasa de emisión de etileno. Se constata que dicho producto inhibe la producción de etileno tal como experimentaron Jiang y Joise (2002), incluso después de una conservación prolongada de 6 meses de duración.

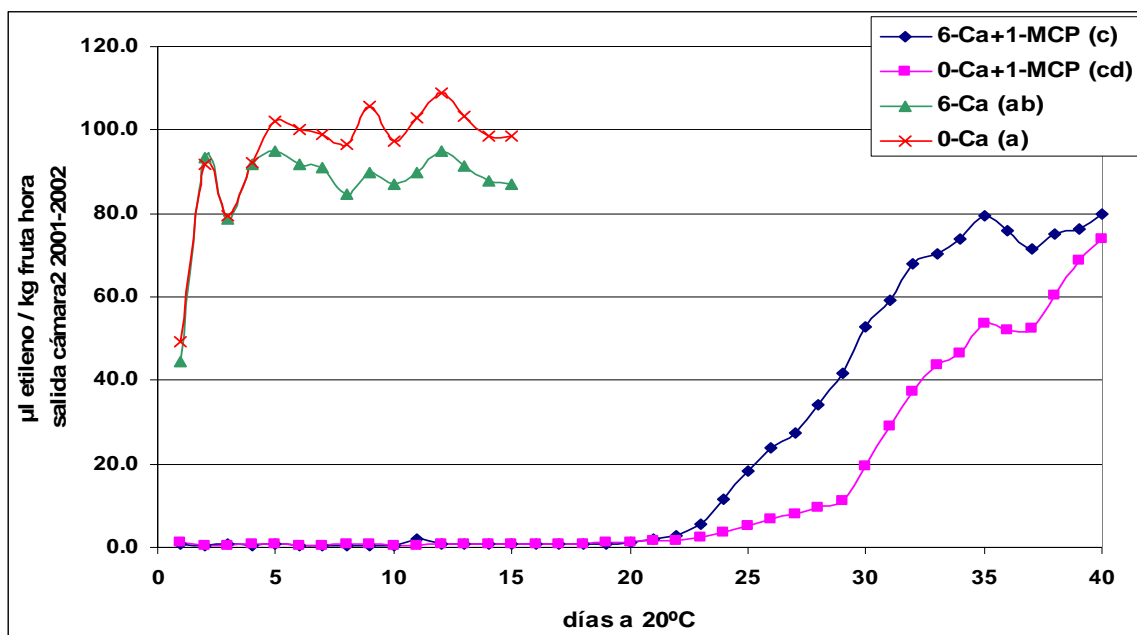


Figura 3.4.28.- Producción de etileno de los frutos, en μl / kg fruta y hora, en salida de cámara2 a los 6 meses de conservación 2001-2002.

3.4.3.- Primera salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

La firmeza de los frutos (figura 3.4.29) de las dos fincas, de Gimennells (Lleida) y Pina de Ebro (Zaragoza), a los 2 meses de conservación (6 de noviembre de 2002) ha sido notablemente superior en aquellos a los que se les aplicó el producto 1-MCP a una dosis de 625 ppb, manteniendo unos valores cercanos a los 65 Newton, sin existir diferencia estadísticas entre fincas, siendo similares a los obtenidos en el momento de la cosecha, al igual que sucedió en el anterior año de ensayo, coincidiendo con los resultados obtenidos por Watkins et al. (2000) y Calvo (2002). Las manzanas de Gimennells, que recibieron suplementos foliares de calcio, obtienen un poco más de firmeza respecto a las de Pina de Ebro, en el caso de no haberles aplicado 1-MCP.

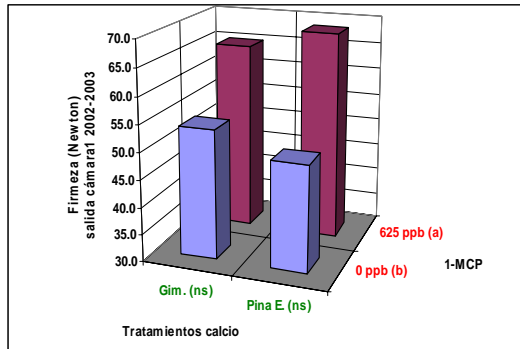


Figura 3.4.29.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

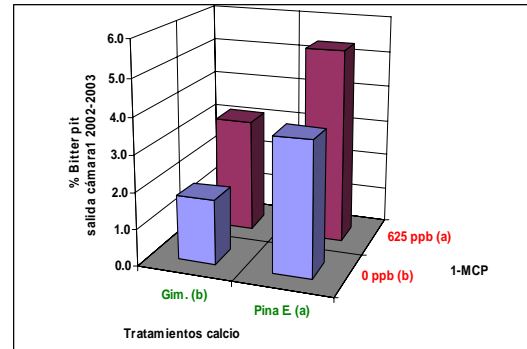


Figura 3.4.30.- % afección por bitter pit en los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

El porcentaje de afección de los frutos por bitter pit (figura 3.4.30) y plara (figura 3.4.31), han resultado ser estadísticamente mayor en los procedentes de la finca de Pina de Ebro. Las manzanas tratadas con el producto 1-MCP, al igual que en el anterior año de ensayo, expresan un mayor grado de afectación por bitter pit y plara. Al aplicar calcio en la finca de Gimennells, se ha visto reducido el porcentaje de afección por bitter pit y plara de los frutos a lo largo de su conservación, al igual que los estudios realizados por Bramlage et al. (1985) y Raese et al. (1990).

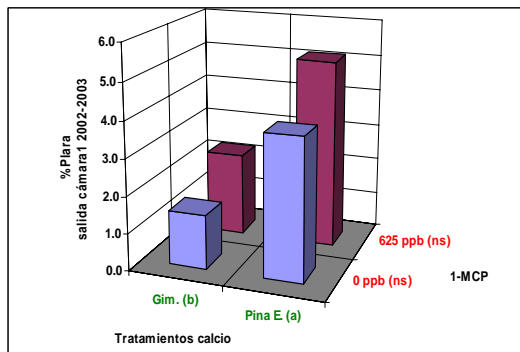


Figura 3.4.31.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

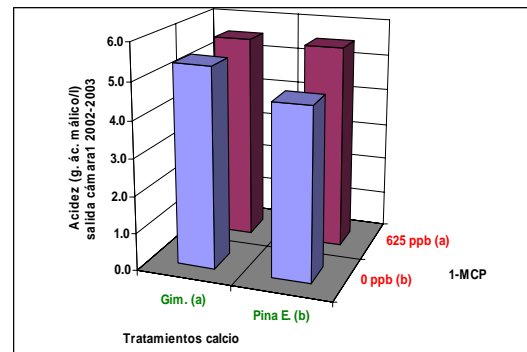


Figura 3.4.32.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

En relación a la acidez (figura 3.4.32), los frutos procedentes de la finca de Gimennells han sido los que han expresado un mayor valor, al igual que en cosecha, siendo a la vez los que han obtenido menor nivel de sólidos solubles (figura 3.4.33) y también una menor tonalidad (a+b) (figura 3.4.34) del color de la epidermis, representando unas manzanas más verdes, al igual que indica Marcelle (1990a y 1995), en que conseguía mantener un color más verde con unos niveles más elevados de calcio. En este caso los frutos tratados con 1-MCP han resultado ser más ácidos, contrastándolo con los estudios de Fan y Mattheis (2001), pero sin ser estadísticamente diferentes respecto al contenido en sólidos solubles y en la tonalidad (a+b). Durante estos dos meses de almacenamiento la acidez se ha reducido, aumentando los valores de los sólidos solubles y de la tonalidad del color, respecto a cosecha.

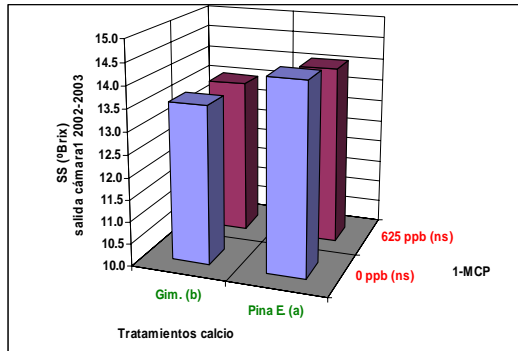


Figura 3.4.33.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

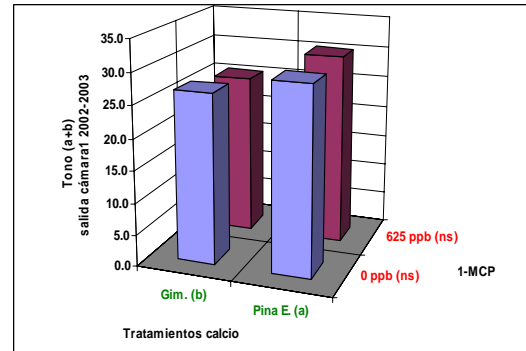


Figura 3.4.34.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

Las manzanas tratadas con 1-MCP tienen una menor luminosidad (figura 3.4.35), siendo más oscuras al igual que sucedía en el anterior año de ensayo, causado por el efecto DSB. En este caso los frutos de Gimennells muestran un valor más bajo de este parámetro. La producción de etileno de los frutos (figura 3.4.36), ha sido significativamente menor en aquellos en los que se les aplicó el producto 1-MCP, además transcurridos los primeros 15 días a 20 °C, después de ser sacados de la conservación aun no habían empezado a producir etileno, tal como ocurría en el ensayo del año anterior, coincidiendo con los resultados de Jiang y Joice (2002) en que conseguían una inhibición de la emisión de etileno en manzanas Golden, contrariamente a lo que les sucede a los frutos no tratados con 1-MCP, los cuales empiezan desde el primer día a emitir etileno y a unas dosis elevadas alrededor de 195 µl de etileno/kg fruta y hora, que se consiguen entre los 6 y 7 días después de la salida de cámara y que son notablemente superiores a los obtenidos en el momento de la cosecha, sin existir diferencias entre las dos fincas estudiadas.

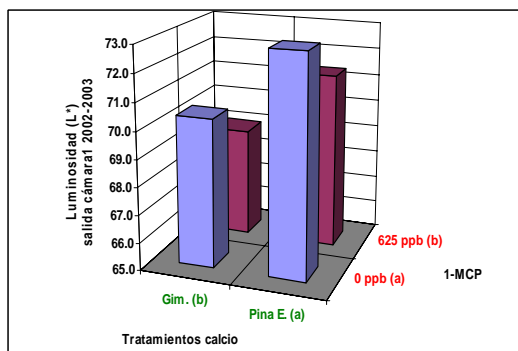


Figura 3.4.35.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

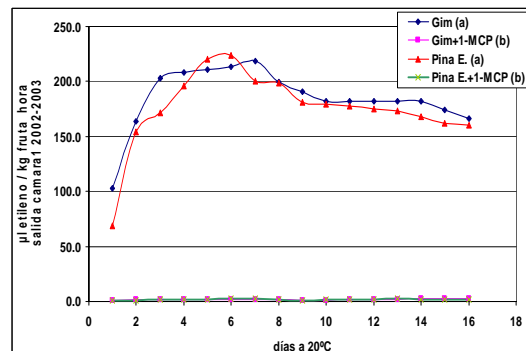


Figura 3.4.36.- Producción de etileno de los frutos, en µl / kg fruta y hora, salida de cámara1 a los 2 meses de conservación 2002-2003.

3.4.4.- Segunda salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

A los 4 meses de conservación (13 enero de 2003) la firmeza de los frutos (figura 3.4.37), al igual que sucedía en la primera salida de cámara, ha sido significativamente

superior en aquellos en los que se les aplicó el producto 1-MCP, con valores cercanos a los 54 Newton, produciéndose en todas las estrategias una disminución generalizada, tras los 4 meses de almacenamiento. En este caso no aparecen diferencias de firmeza entre las manzanas de las dos fincas.

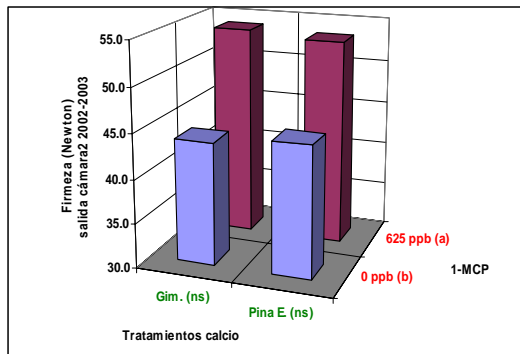


Figura 3.4.37.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara2 a los 4 meses conservación 2002-2003.

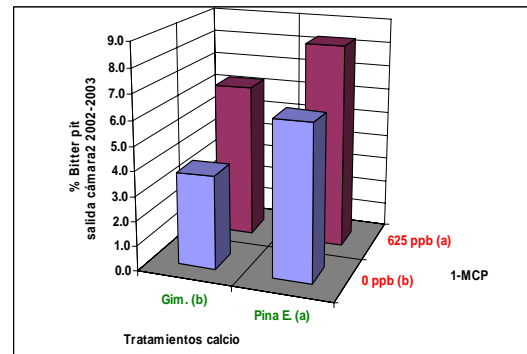


Figura 3.4.38.- % afección por bitter pit en los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

El porcentaje de frutos con bitter pit (figura 3.4.38) y plara (figura 3.4.39), procedentes de la segunda salida de cámara con 4 meses de conservación, ha resultado ser mayor en aquellos que se les aplicó el producto 1-MCP, siendo menos afectada la finca de Gimenells, al recibir suplementos cálcicos. Se ha producido un incremento de manzanas afectadas por estas dos fisiopatías desde la primera salida de cámara.

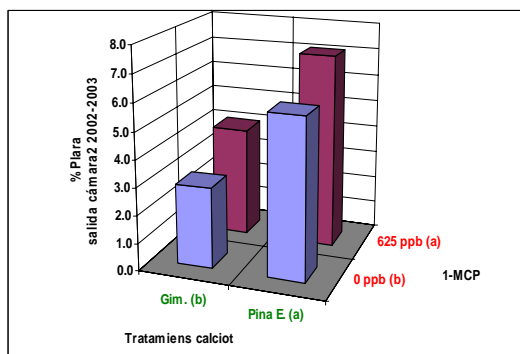


Figura 3.4.39.- % afección por plara en los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

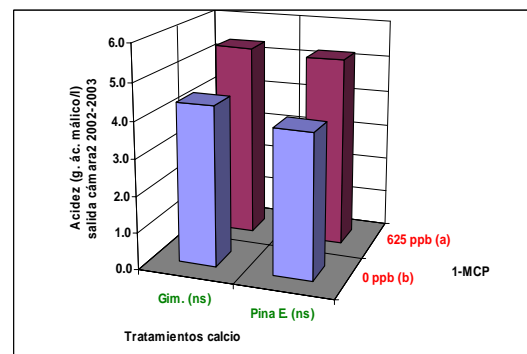


Figura 3.4.40.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

Las manzanas a las que se les aplicó 1-MCP han sido más ácidas (figura 3.4.40) y no han padecido tanto una disminución de este valor, respecto a los resultados de la anterior salida de cámara, no apareciendo diferencias en los sólidos solubles (figura 3.4.41). La finca de Pina de Ebro mantiene los valores más altos en sólidos solubles respecto a la de Gimenells, no existiendo diferencias entre ellas respecto a la acidez de sus frutos.

No han existido diferencias estadísticas en relación a la tonalidad (a+b) (figura 3.4.42) y luminosidad (figura 3.4.43) de los frutos en esta segunda salida de cámara,

produciéndose un incremento de sus valores en relación a la anterior salida. En cuanto a la producción de etileno (figura 3.4.44), las manzanas tratadas con 1-MCP vuelven a registrar una mínima emisión de este gas, que no empieza hasta pasados los 12 días, mantenidas a 20 °C, en comparación a los frutos no tratados con dicho producto, destacándose como más productores los de la finca de Gimennells, llegándose a alcanzar un pico máximo de 202 µl de etileno/kg fruta y hora, a los 7 días después de la salida, situándose en segundo lugar los de Pina de Ebro, comenzando la emisión de etileno en ambas fincas el primer día de la salida, al igual que sucedía en la anterior salida de cámara.

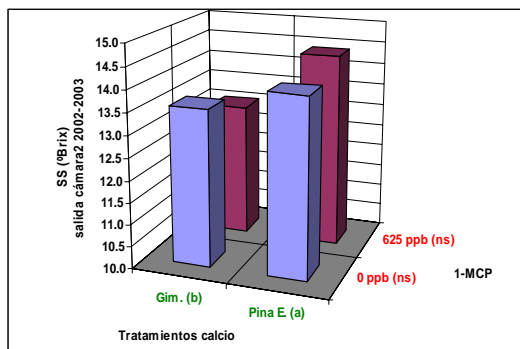


Figura 3.4.41.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

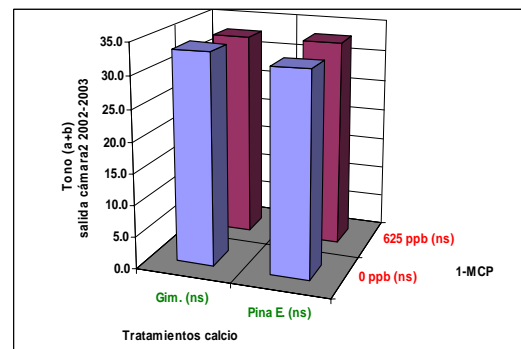


Figura 3.4.42.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

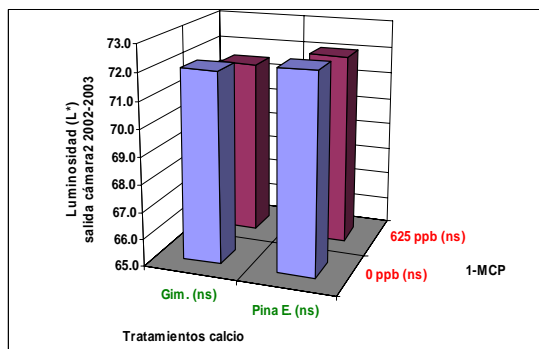


Figura 3.4.43.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

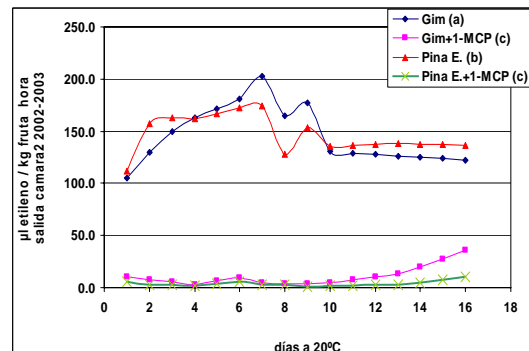


Figura 3.4.44.- Producción de etileno de los frutos, en µl / kg fruta y hora, salida de cámara2 a los 4 meses de conservación 2002-2003.

3.4.5.- Tercera salida de cámara del tercer año de ensayo (2002-2003).

La firmeza de las manzanas en la tercera salida de cámara a los 6 meses de conservación (19 de marzo de 2003), continúa siendo mayor de forma evidente en aquellas que fueron tratadas con 1-MCP (figura 3.4.45), alcanzando valores cercanos a los 50 Newton, tendencia que se ha manifestado durante todas las salidas de cámara en este año de ensayo, sin existir diferencias entre las dos fincas de Gimennells y de Pina de Ebro.

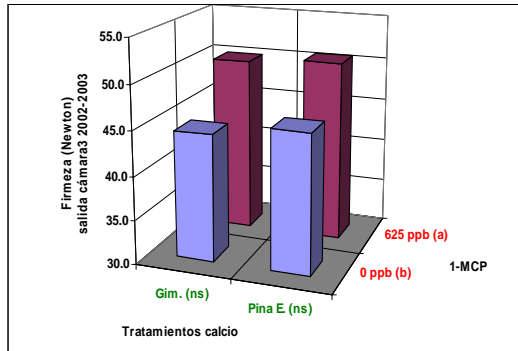


Figura 3.4.45.- Firmeza de los frutos en Newton, en salida de cámara3 a los 6 meses conservación 2002-2003.

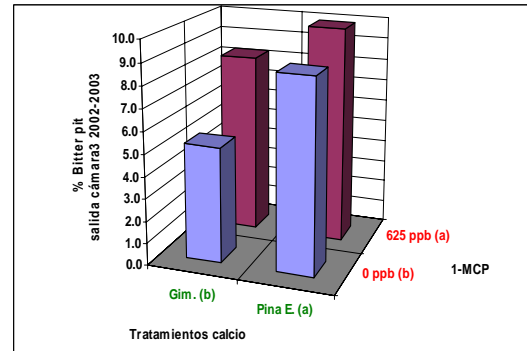


Figura 3.4.46.- % afectación por bitter pit en los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

Existe un aumento de la afectación por bitter pit (figura 3.4.46) y plara (figura 3.4.47) a medida que se alarga el periodo de almacenamiento. Aparece una mayor incidencia de bitter pit en las manzanas no suplementadas con calcio y tratadas con 1-MCP. En cambio los ataques más elevados de plara se producen básicamente en los frutos que no recibieron tratamientos de calcio, siendo la finca de Pina de Ebro la más afectada por ambas fisiopatías.

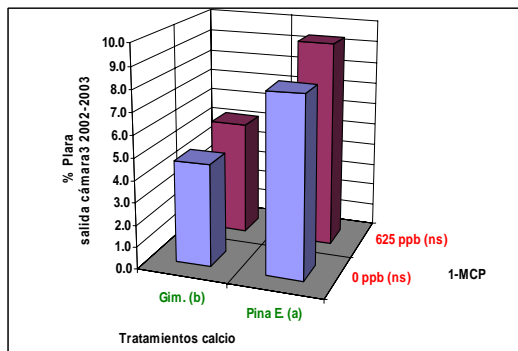


Figura 3.4.47.- % afectación por plara en los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

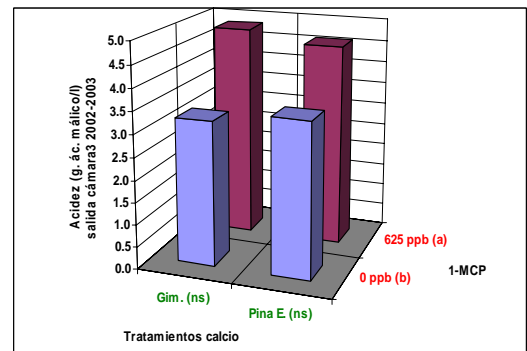


Figura 3.4.48.- Acidez de los frutos (g. ácido málico/l), en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

La acidez de los frutos ha sido mayor en los tratados con 1-MCP, al igual que ha sucedido durante las anteriores salidas de cámara, coincidiendo con los ensayos de Fan y Mattheis (2001), sin existir diferencias significativas entre las manzanas de las dos fincas (figura 3.4.48), pero produciéndose una disminución generalizada de sus valores tras la conservación frigorífica. Los sólidos solubles tampoco han sido diferentes entre manzanas tratadas con 1-MCP, al igual que los estudios realizados por Fan et al. (1999), Rupasinghe et al. (2000) y DeEll et al. (2002), pero sí entre fincas, siendo los de Pina de Ebro los que expresan un mayor resultado (figura 3.4.49), permaneciendo en unas magnitudes similares a las de la anterior salida de cámara.

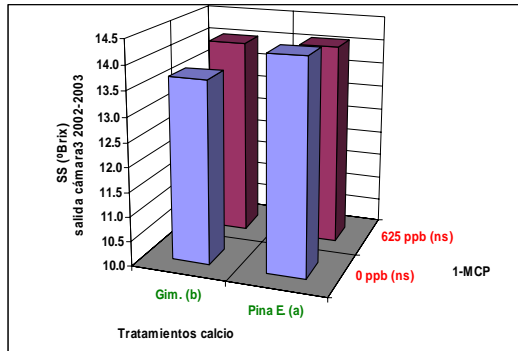


Figura 3.4.49.- Sólidos solubles, en grados Brix de los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

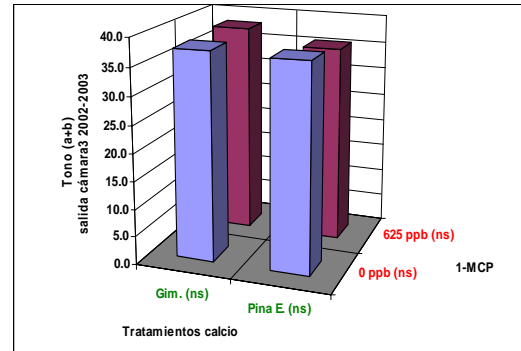


Figura 3.4.50.- Tono (a+b) de los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

En la tonalidad (a+b) de los frutos (figura 3.4.50) no han aparecido diferencias estadísticas entre fincas y aplicaciones del producto 1-MCP, produciéndose un aumento generalizado de su valor, al incrementarse la duración del almacenamiento. La luminosidad de las manzanas permanece en unos niveles similares a la anterior salida de cámara, no apareciendo diferencias significativas entre fincas y dosis de 1-MCP (figura 3.4.51).

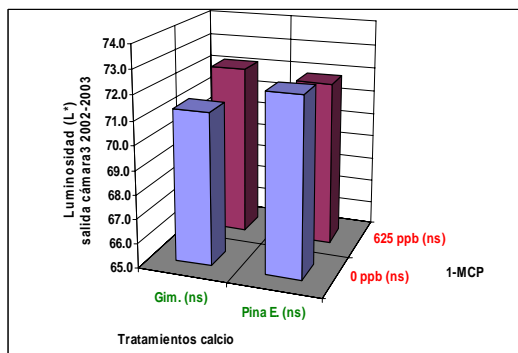


Figura 3.4.51.- Luminosidad (L*) de los frutos, en salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

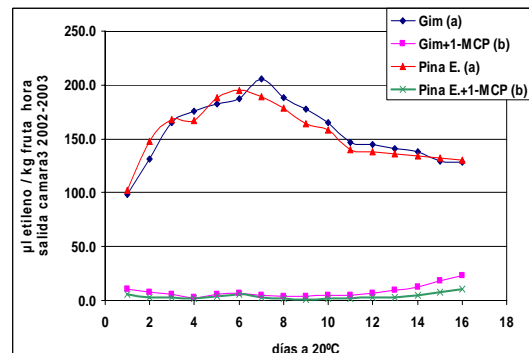


Figura 3.4.52.- Producción de etileno de los frutos, en µl / kg fruta y hora, salida de cámara3 a los 6 meses de conservación 2002-2003.

En referencia a la producción de etileno (figura 3.4.52), se debe destacar que las manzanas que continúan emitiendo la menor cantidad de este gas son las tratadas con el producto 1-MCP, empezando su producción a los 13 días después de la salida de cámara a 20 °C, hecho que no ocurre con los frutos no tratados con este producto, que producen más cantidad y lo hacen desde el primer día, alcanzando unos picos máximos de 206 µl de etileno/kg fruta y hora, al día 7, coincidiendo con los resultados de Jiang y Joice (2002).

4.- DISCUSIÓN GENERAL

4.- DISCUSIÓN GENERAL.

4.1.- Interacción entre Calcio-Nitrógeno y otros minerales en manzanas Golden Smothee.

Los efectos de la interacción entre el calcio y el nitrógeno son evidentes, repercutiendo sobre los equilibrios nutricionales y la calidad de las manzanas, pero no poniéndose de manifiesto hasta el segundo año de experimentación, debido a que los árboles y frutos no reaccionan brusca y rápidamente a la aplicación de dosis en exceso de elementos nutritivos, a causa de la acumulación de reservas, necesitando un periodo de redistribución y de respuesta para que se expresen sus acciones sinérgicas o antagónicas entre ellos.

En la cosecha del primer año, los frutos que recibieron un suplemento vía foliar de calcio, desde principios de junio hasta cosecha, alcanzaron unos niveles mayores de este nutriente respecto a los no tratados que se quedaron con niveles más bajos, una tendencia similar se observa en los niveles foliares de calcio. Los frutos tratados con 8 aplicaciones de calcio, acumularon la máxima cantidad de este elemento, con unos niveles superiores a los 5'0 mg de calcio por 100 g de materia fresca, siendo significativamente superior respecto a los frutos que recibieron 6 aplicaciones de calcio, que se encuentran a 4'3 mg de calcio por 100 g materia fresca y a los frutos que no recibieron calcio vía foliar, que solamente mostraron unos niveles de 3'31 mg de calcio por 100 g de materia fresca, debido a que en el periodo de crecimiento del fruto, en el cual se realizaron las aplicaciones, la absorción de calcio vía radicular es menor, a lo que se une la escasa movilidad y difícil translocación de este nutriente hacia los frutos, como indica Casero et al. (1999), representando las aportaciones cálcicas sobre los frutos un suplemento, que ayuda a incrementar los niveles de este nutriente en las manzanas, al igual que en los resultados experimentados por Raese et al. (1990).

Una aplicación más elevada de nitrógeno (100 UF/ha) ha causado un incremento de los niveles de este nutriente en los frutos y en las hojas, al ser más móvil y precisarse en cantidades importantes, no interfiriendo este primer año de ensayo en la acumulación de calcio, debido a que el cultivo no se encontraba fertilizado con un exceso de nitrógeno durante los años anteriores. Aparece una correlación positiva entre el contenido de nitrógeno de los frutos y las hojas. El calcio es un nutriente de comportamiento más lento, que no ha intervenido en la acumulación de nitrógeno en frutos y hojas.

Las relaciones entre nutrientes N/Ca, (K+Mg)/Ca y K/Ca alcanzaron en cosecha valores excesivamente altos en las manzanas no tratadas con calcio, superándose los niveles límite de 15, 30 y 30 respectivamente, recomendados por Casero et al. (1989), Johnson (1989), Pavicic y Miljovic (1991) y Wolf et al. (1998). Hay una mejora de las citadas

relaciones a medida que aumentan los niveles de calcio en los frutos, no viéndose afectadas por el exceso de abonado nitrogenado.

Después de la conservación frigorífica de este primer año de ensayo, se produce una pérdida generalizada del contenido de calcio de los frutos en todas las estrategias, que es mayor cuanto más largo es el periodo de almacenamiento. Los niveles de calcio a los 6 meses de conservación continúan siendo más elevados en los frutos que recibieron aportaciones de este nutriente, sobretodo en la estrategia de 8 aplicaciones con 4'5 mg de calcio por 100 g de materia fresca, a continuación, se sitúa la de 6 aplicaciones, con valores de 4'0 mg de calcio por 100 g de materia fresca y los frutos que no recibieron calcio se sitúan en valores muy bajos del orden de 3'0 mg de calcio por 100 g materia fresca, sin influir las dosis de abonado nitrogenado. Los niveles de nitrógeno en los frutos se mantienen en unos valores similares a los expresados en cosecha, siendo mayores en aquellos que recibieron la dosis más alta de 100 UF/ha, no existiendo diferencias significativas entre las aplicaciones de calcio, lo que indica que el nitrógeno es un elemento nutritivo, que mantiene persistente su contenido en la pulpa del fruto incluso después de la conservación frigorífica, no viéndose afectado por el calcio.

Las relaciones entre nutrientes después de la conservación del primer año, consiguen ser más equilibradas en los frutos que recibieron aportaciones de calcio, al igual que en cosecha, con independencia de la cantidad de nitrógeno aportado. En general después de la conservación, según indican Sack et al (1990) y Siddiqui y Bangerth (1996), se reduce la solubilidad y el contenido de calcio en la pulpa de los frutos al migrar hacia el corazón, no siendo uniforme su concentración, ocasionando que los valores de las relaciones entre nutrientes aumenten, respecto al momento de la cosecha.

Los contenidos de fósforo, potasio, magnesio, hierro, boro, azufre, manganeso y zinc de los frutos, no han sido significativamente diferentes estadísticamente entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de abonado nitrogenado tras la conservación del primer año, produciéndose una estabilización de sus contenidos a nivel de la pulpa, respecto a los valores de cosecha.

En vista de los resultados del primer año de experimentación, para el siguiente se desestimó la estrategia de 8 aplicaciones de calcio, al obtenerse unos mejores resultados de calidad en las manzanas con la estrategia de 6 tratamientos de calcio. En el momento de la cosecha del segundo año de ensayo, el contenido mineral en calcio de los frutos y hojas volvió a ser mayor en la estrategia que recibió calcio vía foliar mediante 6 aplicaciones, cada 15 días, desde principios de junio hasta cosecha, combinado con una dosis de 60 UF de N/ha, consiguiendo alrededor de 4'5 mg de calcio por 100 g de materia fresca (valor similar al del primer año de ensayo), respecto a los no suplementados, que se quedan con valores inferiores.

Los frutos que recibieron una mayor dosis de abonado nitrogenado (100 UF de N/ha) presentaron menores concentraciones de calcio, que aquellos que recibieron la menor dosis (60 UF N/ha), apareciendo una correlación negativa que muestra que a mayores dosis de abonado nitrogenado se provoca una notable dilución del calcio, produciéndose una disminución de la concentración de este nutriente en los frutos, al igual que los resultados obtenidos por Raese (1989) y Takac (1994). En este segundo año de ensayo se empiezan a observar los efectos acumulados de aplicar exceso de nitrógeno desde el primer año de ensayo, debido a que los árboles y frutos no reaccionan brusca y rápidamente a la aplicación de dosis en exceso de elementos nutritivos, al disponer de una acumulación de reservas. En hojas, los contenidos de nitrógeno y calcio se mantienen en unos valores similares al primer año de ensayo.

La relación N/Ca tiene unas diferencias claras entre las dosis de 60 y 100 UF de N/ha, ya que casi se duplica su valor con la dosis más elevada de abonado nitrogenado, existiendo un notable desequilibrio entre el nitrógeno y el calcio, que no se consigue eliminarlo incluso con las aplicaciones de calcio. Solamente se aprecia el efecto de las aplicaciones de calcio, en los frutos que poseen una nutrición equilibrada, ya que un elevado suministro nitrogenado interfiere en la consecución de los niveles adecuados de calcio en las manzanas. La estrategia que consigue unos valores más bajos y equilibrados en las relaciones entre nutrientes, es la que recibe 6 aplicaciones de calcio y una dosis de 60 UF de N/ha, siendo la más idónea para mantener la calidad de los frutos.

Se produce una mayor acumulación de fósforo, potasio y azufre en los frutos fertilizados con dosis altas de nitrógeno, con independencia de las aplicaciones de calcio recibidas, al igual que en el ensayo de Raese (1984) y Takac (1994). En los niveles de magnesio, hierro, boro, zinc y manganeso de los frutos, no existieron diferencias significativas entre tratamientos de calcio y dosis de nitrógeno.

Tras la conservación frigorífica del segundo año de ensayo, también existe una disminución del contenido de calcio, debido a su dilución en la pulpa y migración hacia el corazón de los frutos, al igual que en el primer año de ensayo. La estrategia con 6 aplicaciones de calcio, con la dosis baja de nitrógeno (60 UF de N/ha) continúa teniendo los mayores contenidos de calcio en los frutos, con valores también cercanos a 4'0 mg de calcio por 100 g materia fresca, a los 6 meses de conservación, como el primer año.

El contenido en nitrógeno de los frutos después de la conservación, se mantiene en unos valores similares a los obtenidos en la cosecha, con lo que se desprende que los niveles de este nutriente permanecen casi estables a lo largo de la conservación. Los frutos fertilizados con la dosis de 100 UF de N/ha, son los que presentan un contenido en nitrógeno más elevado, siendo superior al obtenido en el primer año, considerándose valores excesivos, siendo más difícil conseguir un equilibrio apropiado entre nutrientes

después de la conservación, incluso realizando aplicaciones foliares de calcio, manifestándose nuevamente que el exceso de abonado nitrogenado perturba la nutrición cálcica de los frutos, como indican Raese (1989) y Takac (1994).

Las relaciones entre nutrientes N/Ca, (K+Mg)/Ca y K/Ca siguen siendo desequilibradas después de la conservación, en los frutos que han sido abonados con la dosis más alta de 100 UF de N/ha y no han recibido aplicaciones cálcicas. Los mejores equilibrios se continúan mostrando en aquellos frutos que recibieron suplemento de calcio y con la dosis baja de abonado nitrogenado.

Al igual que en cosecha, después de la conservación, continúa existiendo una mayor acumulación de fósforo, potasio y azufre en los frutos abonados con dosis altas de nitrógeno, con independencia de las aplicaciones de calcio. Tampoco han existido diferencias significativas entre los niveles de magnesio, hierro, boro, zinc y manganeso de los frutos, notándose una estabilización de sus valores, siendo similares a los del primer año de ensayo.

4.2.- Influencia de los tratamientos Calcio-Nitrógeno en la calidad de las manzanas Golden Smoothie.

La firmeza en la cosecha del primer año de ensayo, del 1 de septiembre de 2000, fue superior en las manzanas que recibieron las 6 aplicaciones suplementarias de calcio, con valores cercanos a 60 Newton. En este caso, el conseguir un mayor contenido acumulado de calcio en los frutos con la estrategia de 8 aplicaciones, no ha sido determinante para obtener una mayor firmeza, ni para reducir el porcentaje de bitter pit en el momento de la recolección. Según las recomendaciones de Johnson (1989) y Carvalhão (1997), es necesario alcanzar unos niveles mínimos de calcio en los frutos, pero en este caso un mayor contenido de este elemento no ha implicado una mejora sustancial de la firmeza y otros parámetros de calidad, efecto contrastado por Benavides et al. (2002 y 2004). No obstante, los equilibrios nutricionales mejoran con las aportaciones de calcio sobre los frutos, siendo la estrategia de 8 aplicaciones la que obtiene los mejores equilibrios.

Las dosis de abonado nitrogenado no han influido en la firmeza de los frutos, ni en los equilibrios nutricionales, ni en el porcentaje de bitter pit, debido a que el cultivo no se había fertilizado con un exceso de nitrógeno durante los años anteriores al ensayo y por tanto, no han aparecido posibles efectos de interacción con el calcio, que hayan podido repercutir sobre la calidad de las manzanas en el momento de la cosecha.

Los frutos más ácidos han sido los tratados con 6 aplicaciones de calcio, las dos estrategias restantes no han mostrado diferencias significativas entre sí. En cuanto a los

azúcares (sólidos solubles), no se encuentran diferencias estadísticas entre aplicaciones de calcio. La tonalidad (a+b) de los frutos en cosecha, ha sido menor en los frutos que han recibido 6 aplicaciones de calcio, presentando una tonalidad más verde y una luminosidad mayor, no existiendo diferencias estadísticas entre los frutos tratados con 8 aplicaciones de calcio y los no tratados. Las dosis de nitrógeno en este caso tampoco han influido significativamente respecto a los parámetros de acidez, sólidos solubles y color que han adquirido los frutos en la cosecha.

Después de una conservación frigorífica del primer año de aproximadamente 4 meses de duración, la firmeza obtuvo unos valores de 40 Newton, padeciendo una disminución considerable respecto a la cosecha y a los 6 meses de almacenamiento se estabilizó alrededor de los 35 Newton, manifestándose unos mejores resultados de este parámetro en la estrategia de 6 aplicaciones de calcio, al igual que sucedía en cosecha. Los frutos no tratados con calcio son los que han tenido la menor firmeza, aunque sin ser significativamente diferentes a los de la estrategia de 8 aplicaciones. Las dosis de abonado nitrogenado, no han influido en los valores de firmeza obtenidos.

Los frutos que no fueron tratados con calcio, son claramente los que siguen acusando el mayor índice de alteraciones por bitter pit, produciéndose un aumento generalizado en todas las estrategias durante el almacenamiento, siendo la de 8 aplicaciones de calcio la menos afectada por esta fisiopatía, seguida en segundo lugar de menor incidencia la de 6 aplicaciones de calcio, lo que indica que tener unos buenos contenidos de calcio en los frutos, se traduce en un menor porcentaje de bitter pit tras su conservación, aunque no se consigue eliminar totalmente su afectación, siendo las manzanas no suplementadas con calcio las que padecen los mayores porcentajes de afectación, debido a su situación desfavorable por su bajo contenido de calcio y sus mayores desequilibrios nutricionales, coincidiendo con los resultados expuestos por Johnson et al. (1987). Al verse reducidos los contenidos de calcio en la pulpa los frutos durante su conservación, permaneciendo casi invariables los de nitrógeno, se produce un empeoramiento de las relaciones nutricionales respecto a los valores presentados en el momento de la cosecha, agravándose a medida que se alarga el periodo de conservación de los frutos, comportando un incremento de la afectación por bitter pit. Las dosis de nitrógeno aplicadas, no han influido, sobre los equilibrios entre nutrientes, ni en el porcentaje de bitter pit, al igual que sucedía en cosecha. A las mismas conclusiones se puede llegar respecto al porcentaje de plara que aparece después de la conservación, dónde se observa que las manzanas que no reciben calcio suplementario son notablemente las más afectadas, no existiendo diferencias entre las estrategias de 6 y 8 aplicaciones de calcio, no influyendo las dosis de abonado nitrogenado.

Durante la conservación se produce una disminución generalizada de la acidez en todas las estrategias, en cambio los sólidos solubles permanecen en unos valores similares a los de cosecha, sin existir diferencias significativas entre aplicaciones de calcio y dosis

de nitrógeno. En general, todas las estrategias a lo largo de la conservación han acusado un aumento de la tonalidad y una reducción de la luminosidad del color, resultando unas manzanas menos verdes que en el momento de la recolección. Las dosis elevadas de nitrógeno han repercutido en unos valores más altos de tonalidad (a+b) y más bajos de luminosidad del color, representando que los frutos sean de una coloración menos verde.

En el segundo año de ensayo se desestima la estrategia de 8 aplicaciones de calcio, en vista de la valoración de los resultados del primer año. Las manzanas en el momento de la recolección, 3 de septiembre de 2001, obtuvieron unos resultados de firmeza cercanos a 65 Newton, siendo de magnitud un poco superior a los del año anterior, no existiendo diferencias estadísticas entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de abonado nitrogenado, pero siendo los valores un poco mayores en aquellos frutos que fueron tratados con 6 aplicaciones de calcio, sin verse interferencia del nitrógeno. Las dosis altas de 100 UF/ha de nitrógeno, conllevan un notable desequilibrio entre el calcio y el nitrógeno, incluso con aplicaciones de calcio sobre los frutos, repercutiendo en una tendencia de mayor porcentaje de frutos afectados por bitter pit, aunque sin ser valores estadísticamente diferentes en este caso. Los valores más bajos y equilibrados de las relaciones nutricionales se consiguen con la estrategia de 6 aplicaciones de calcio y una dosis de 60 UF de N/ha.

Los frutos fertilizados con más nitrógeno (100 UF/ha) han sido más ácidos, sin intervenir los aportes de calcio, no existiendo diferencias significativas en los contenidos de azúcares (sólidos solubles). La tonalidad (a+b) del color, resultó ser menor en aquellos frutos que se aplicó calcio, al igual que en el experimento de Marcelle (1990a y 1995), y menor dosis de abonado nitrogenado, tal como indica Meheriuk et al. (1992), lo que equivale a tener un color más verde de la epidermis. Las manzanas que presentaron una menor luminosidad fueron las que recibieron calcio sin influir el nitrógeno.

Las manzanas de la primera salida de cámara del segundo año, después de una conservación de 4 meses, mostraron una disminución de la firmeza, obteniéndose unos valores cercanos a los 46 Newton y a los 6 meses de almacenamiento la firmeza se mantuvo estable alrededor de los 45 Newton, sin existir en ambos casos diferencias significativas entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de abonado nitrogenado, aunque la tendencia sea la de obtener unos valores un poco mayores en aquellos frutos que recibieron la menor dosis de abono nitrogenado de 60 UF de N/ha.

Los contenidos de calcio sufrieron una ligera disminución durante la conservación, en cambio los niveles de nitrógeno no se vieron reducidos, implicando que las relaciones entre nutrientes empeoran a lo largo de la conservación, repercutiendo en un mayor índice de afectación por bitter pit y plara en los frutos, que se agrava cuanto más se

prolonga la conservación, siendo mayor el incremento de estas fisiopatías en los frutos no suplementados con calcio y fertilizados con dosis elevadas de nitrógeno de 100 UF/ha, al igual que sucedía el primer año. Se comprueba que el aumento de los contenidos de calcio en las manzanas, repercute en una reducción del porcentaje de fisiopatías, mejorándose esta relación cuando se aplican dosis bajas de nitrógeno. También existen una serie de factores ambientales y de estado productivo de los árboles frutales indicados por Monge et al. (1995), Llop et al. (1998), y Lotze y Theron (2003), que según los años pueden interferir sobre la firmeza de las manzanas, enmascarando los efectos estructurales beneficiosos que tiene el calcio sobre la dureza de la pulpa de los frutos.

Durante los 4 primeros meses de conservación frigorífica (primera salida de cámara) se produce un descenso generalizado de la acidez de los frutos en todas la estrategias, así como un incremento de la tonalidad (a+b). La cantidad de sólidos solubles también puede experimentar un ligero incremento a medida que avanza el tiempo de almacenamiento, implicando que al aumentar el periodo de conservación, las manzanas van madurando lentamente, perdiendo progresivamente su coloración verde. A los 6 meses de conservación (segunda salida de cámara) los parámetros de acidez, sólidos solubles, tonalidad (a+b) y luminosidad del color se mantienen relativamente estables, no variando mucho sus valores en relación a los obtenidos en la primera salida de cámara, no existiendo diferencias significativas entre estrategias de aplicación de calcio y dosis de nitrógeno cuando analizamos la acidez y los azúcares de las manzanas.

En el tercer año de ensayo, se han comparado los resultados obtenidos de calidad y contenido mineral de las manzanas recolectadas y conservadas de dos fincas, con características diferentes, al ser una de Gimennells (Lleida) y la otra de Pina de Ebro (Zaragoza). En la finca de Gimennells se realizó la cosecha de las manzanas en dos fechas diferentes, la primera el 4 de septiembre de 2002 y la segunda el 13 del mismo mes, para estudiar cual era el momento más apropiado para proceder a la cosecha, en función de los parámetros de calidad. En la finca de Pina de Ebro, se recolectaron las manzanas el 10 de septiembre de 2002. Los frutos de la finca de Gimennells han obtenido una firmeza similar, cercana a los 65 Newton, siendo un resultado en la línea del anterior año, sin existir diferencias significativas entre las dos fechas de recolección. Tampoco se confirman diferencias de firmeza entre las manzanas de la finca de Gimennells con las de Pina de Ebro.

Las manzanas de Gimennells, tratadas con 6 aplicaciones foliares de calcio de forma quincenal desde junio hasta cosecha, ha expresado unos niveles mayores de este nutriente del orden de 4'0 mg de calcio por 100 g de materia fresca, superando a las de Pina de Ebro, con valores inferiores a los 3'0 mg/100 g de materia fresca, al no recibir ninguna dosis suplementaria de calcio. El acumular un mayor contenido de calcio en los frutos de Gimennells, no ha supuesto tener una mayor firmeza en cosecha, porque según

Ferguson y Watkins (1989), existen además otros factores a parte del estado mineral de las manzanas, como son las velocidades de crecimiento del fruto en el árbol y los crecimientos vigorosos de las brotaciones, que son variables cada año en función de las condiciones climatológicas de la zona, riego, abonados, carga de frutos y altitud de la finca, tal como indica Monge et al. (1995), Llop et al. (1998), y Lotze y Theron (2003).

Los menores contenidos de calcio acumulado en las manzanas de Pina de Ebro, han provocado que tengan unos mayores desequilibrios nutricionales, en cambio la finca de Gimennells tiene unas relaciones entre nutrientes más óptimas, notándose una menor afectación por alteraciones de bitter pit en los frutos, aunque estadísticamente no aparezcan diferencias significativas entre las dos fincas.

En cosecha, la finca de Pina de Ebro ha mostrado una menor acidez en los frutos, no existiendo diferencias significativas entre las 2 fechas de recogida de las manzanas de Gimennells, aunque los de la primera fecha resultan ser un poco más ácidos. Las manzanas de la segunda fecha de recolección en Gimennells y las de Pina de Ebro han tenido un mayor contenido en sólidos solubles, respecto a la primera fecha de recolección de Gimennells. La tonalidad (a+b) de los frutos de la primera fecha de cosecha de Gimennells es menor, así las manzanas son más verdes y los de la segunda fecha tienen una tonalidad mayor al recolectarse unos días más tarde. La luminosidad de las manzanas de Gimennells es menor que la presentada por las de Pina de Ebro.

Después de conservar los frutos en este tercer año, su firmeza a los 2 meses de almacenamiento, ha sido mejor en los de la finca de Gimennells, con unos valores cercanos a los 55 Newton, sufriendo una disminución tras la conservación frigorífica, tal como se experimentó en los dos años anteriores. Las manzanas de Pina de Ebro que en cosecha tenían un mejor resultado de firmeza, han padecido un descenso más importante, al no disponer de unos niveles mínimos de calcio acumulado en los frutos, situándose con valores alrededor de los 50 Newton.

A los 4 meses de conservación la firmeza ha sufrido una disminución importante, en comparación a los datos de la primera salida, situándose en unos valores cercanos a 44 Newton en ambas fincas, no existiendo diferencias significativas, siguiendo la tendencia descendente experimentada a lo largo del período de conservación, de los dos años anteriores. En la tercera y última salida, la firmeza permanece en unos valores similares a los de la segunda salida de cámara, sin existir diferencias entre fincas.

El porcentaje de afección de los frutos por bitter pit y plara después de la conservación, ha resultado ser estadísticamente mayor en los procedentes de la finca de Pina de Ebro, coincidiendo con los informes de los agricultores, en que manifestaban un descenso de la calidad de las manzanas causado por la afectación de estas fisiopatías, a la salida de cámara. Durante el almacenamiento, se continúa produciendo un aumento del

porcentaje de bitter pit y plara en las dos fincas, a medida que se prolonga el período de conservación frigorífica, coincidiendo con los resultados de los dos años anteriores. Si se aplican suplementos de calcio sobre los frutos en precosecha, se genera un menor porcentaje de afección por estas fisiopatías en las manzanas a lo largo de su conservación, al igual que en los estudios realizados por Bramlage et al. (1985), Casero et al. (1989) y Raese et al. (1990).

La acidez después de la conservación ha disminuido de forma importante, sin existir diferencias significativas entre las dos fincas. En cambio los sólidos solubles tienen un ligero aumento respecto a la cosecha, indicando que los frutos van madurando, siendo los de Pina de Ebro los que tienen un valor más alto. La tonalidad (a+b) de las manzanas ha aumentado en las dos fincas, repercutiendo en una coloración menos verde y la luminosidad en cambio, permanece en unos valores similares durante la conservación, no apareciendo diferencias entre fincas en estos dos parámetros del color.

4.3.- Papel de los tratamientos Calcio-Nitrógeno en la producción de etileno y respiración de las manzanas Golden Smoothee.

La respiración y la producción de etileno en la cosecha del primer año de ensayo (1 septiembre 2000) iniciaron su actividad al mismo día de la recolección, debido a que las manzanas se encontraban en un estado iniciado de maduración. La estrategia de 6 aplicaciones de calcio con baja dosis de abonado nitrogenado (60 UF/ha), ha sido la menos productora de etileno, en cambio la respiración es menor en los frutos tratados con 8 aplicaciones de calcio, situándose en una zona intermedia las estrategias de 6 aplicaciones.

Los frutos no tratados con calcio, son los que tienen la tasa de respiración más elevada, del orden de 18 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, tendencia que experimentaron Bramlage et al. (1973) y Poovaiah (1993), en que relacionaban los niveles bajos de calcio con una alta actividad respiratoria, expresando su pico máximo entre los 6 y 8 días después de la cosecha, mantenidos a 20 °C, coincidiendo con la fecha de mayor emisión de etileno. Las manzanas no suplementadas con calcio son también las que generan una mayor cantidad de etileno, con valores cercanos a 120 µl de etileno/kg fruta y hora, al igual como les sucedió a Sams y Conway (1984), y a Lara y Vendrell (1998).

En la conservación del primer año, a medida que se alarga el tiempo de almacenamiento, las manzanas van disminuyendo su tasa de respiración respecto a la cosecha, hasta los 10 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, debido a que según Wills et al. (1984) el tejido viejo de los frutos tiene menor actividad respiratoria que el joven, produciéndose el pico de respiración al 2-3 día después de la salida de cámara, a

20 °C. En cambio la producción de etileno aumenta hasta los 4 meses de conservación, con valores pico cercanos a 160 μl de etileno/kg fruta y hora, que se reducen a los 6 meses a los 140 μl de etileno/kg fruta y hora, unido a una progresiva disminución de la firmeza durante el almacenamiento.

En las dos salidas de cámara del primer año de ensayo, la actividad respiratoria y de producción de etileno se inicia al mismo día de la salida, indicando que los frutos se encuentran más maduros respecto al momento de la recolección. Tras la conservación frigorífica las manzanas que recibieron 6 aplicaciones de calcio con dosis baja de abonado nitrogenado, son las que muestran menores valores de respiración y producción de etileno. En este caso se constata que obtener un elevado contenido de calcio en los frutos con la estrategia de 8 aplicaciones, no es determinante para conseguir reducir la actividad respiratoria y la producción de etileno, en este primer año de ensayo, siendo más efectiva la estrategia de 6 aplicaciones, tanto en cosecha como después de su conservación.

En la cosecha del segundo año de ensayo (3 de septiembre 2001), los frutos tuvieron su máxima tasa respiratoria a los 3-4 días después de su recolección, a 20 °C, no coincidiendo con el pico de producción de etileno, que empezó su emisión entre los 6 y 10 días, no existiendo diferencias estadísticas entre estrategias, que después de alcanzar su pico máximo, se mantienen en unos valores entre 10 y 20 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, no siendo determinantes las aportaciones de calcio en los resultados obtenidos en la cosecha.

La producción de etileno ha sido menor en las manzanas que recibieron calcio suplementario y sobre todo en aquellas que fueron fertilizadas con la dosis más baja de nitrógeno, empezando su emisión de etileno unos días más tarde que las no tratadas con calcio, coincidiendo con los resultados del ensayo de Sams y Conway (1984), y Lara y Vendrell (1998). En este segundo año de experimentación la cantidad de etileno generada a 20 °C después de la cosecha, ha sido menor que la del primer año, alcanzando valores máximos entre 60 y 70 μl de etileno/kg fruta y hora, casi a los 20 días de la cosecha, encontrándose los frutos menos maduros que en el primer año de ensayo y con una mejor firmeza.

Después de la conservación del segundo año, también se produce una progresiva disminución de la tasa respiratoria a medida que se alarga el período de conservación, situándose entre valores de 16 a 18 mg de dióxido de carbono/kg fruta y hora, a 20 °C. La producción de etileno se ha incrementado progresivamente al aumentar el tiempo de almacenamiento, llegando a valores pico de 160 μl de etileno/kg fruta y hora, que se consigue a los 12 días a 20 °C, tras los 6 meses de conservación.

La estrategia de 6 aplicaciones de calcio con dosis baja de nitrógeno (60 UF/ha), es la que tiene la menor tasa de respiración y de producción de etileno, tras el período de conservación, iniciándose su actividad al mismo día de la salida de cámara.

En el tercer año de ensayo solamente se ha analizado la producción de etileno, como factor más indicativo del grado de evolución de la maduración de las manzanas de las dos fincas, de Gimennells (Lleida) y Pina de Ebro (Zaragoza). Los frutos recolectados en la segunda fecha de Gimennells (13 de septiembre 2002), han expresado una mayor producción de etileno y a su vez han empezado unos días antes, al estar las manzanas un poco maduras debido a que fueron cosechadas más tarde, en comparación con la primera cosecha de Gimennells (4 septiembre 2002) y los de Pina de Ebro (10 septiembre 2002), las cuales han obtenido unos niveles similares y más bajos de emisión de este gas. La generación de etileno se ha iniciado entre el 6 y 8 día después de la cosecha, alcanzando el pico máximo a los 14 días, con un valor de 130 μl de etileno/kg fruta y hora, mantenidos a 20 °C.

Durante la conservación del tercer año, se produce un aumento progresivo de la producción de etileno, pasando de unos valores pico de 195 μl de etileno/kg fruta y hora a los 2 meses de conservación, hasta los 206 μl de etileno/kg fruta y hora, tras los 6 meses de conservación, produciéndose la mayor emisión de este gas a los 6-7 días después de la salida de cámara, mantenidos a 20 °C, no existiendo diferencias estadísticas entre las dos fincas, asociado a una disminución de la firmeza de las manzanas por igual, encontrándose en un estado más avanzado de maduración respecto al momento de la recolección, iniciándose las emisiones de etileno al mismo día de salida de cámara.

4.4.- Respuesta de los tratamientos Calcio-Nitrógeno combinados con la aplicación del producto 1-Metilciclopropeno en manzanas Golden Smoothee.

Tras la conservación de los frutos de Gimennells en el segundo año de ensayo, una vez transcurridos los 4 meses (primera salida de cámara), los mayores niveles de calcio en los frutos se obtienen en los suplementados con 6 pulverizaciones cálcicas, acumulando cerca de 4'0 mg de calcio por 100 g de materia fresca, sin interferir la aplicación del producto 1-MCP, notándose un ligero descenso en el contenido de dicho nutriente, en comparación con los valores de la cosecha, debido a una posible dilución del calcio de la pulpa hacia el corazón de las manzanas. Los niveles de nitrógeno en las manzanas no cambian a lo largo de la conservación frigorífica, permaneciendo estables, siendo las cantidades acumuladas mayores en los frutos no suplementados con calcio, no apareciendo diferencias en el contenido de este nutriente al aplicar el producto 1-MCP. Las relaciones nutricionales se mantienen mejor equilibradas en los frutos que han

recibido aplicaciones de calcio, sin influir el producto 1-MCP en la composición mineral.

Hay una clara evidencia que los frutos tratados con el producto 1-MCP, expresan unos mayores valores de firmeza, después de una conservación de 4 meses, al igual que en los ensayos de Watkins et al. (2000) y Calvo (2002), siendo muy similares a los que se obtuvieron en el momento de la recolección, del orden de 65 Newton, sin existir diferencias entre aplicaciones de calcio. Por el contrario las manzanas que fueron tratadas con el producto 1-MCP sufren una severa afectación por bitter pit y plara, viéndose enmascarados los efectos beneficiosos del calcio.

Los frutos tratados con 1-MCP, fueron más ácidos, con independencia de la cantidad de calcio recibida en precosecha, tal como experimentaron Fan y Mattheis (2001), acusando menos la disminución de los valores de este parámetro respecto a la cosecha. En cambio, en los sólidos solubles se produce un ligero incremento de su valor en todas las estrategias, después de este periodo de conservación, siendo las manzanas tratadas con el producto 1-MCP y no suplementadas con calcio, las que tienen una mayor cantidad de azúcares.

En la tonalidad (a+b) de los frutos, no han existido diferencias estadísticas entre las aplicaciones de calcio y 1-MCP, produciéndose un incremento generalizado en todas las estrategias, respecto a los resultados obtenidos en la recolección. La luminosidad en cambio, ha sido menor en los frutos tratados con 1-MCP, repercutiendo en unas manzanas de coloración más oscura, siendo un efecto secundario indeseado de la aplicación de dicho producto, llamado DSB (Diffuse Skin Browning) según Larrigaudiere et al. (2010), al igual que el aumento considerable del porcentaje de afectación por manchas corchosas y plara.

La respiración de los frutos y la producción de etileno, es claramente menor en los tratados con 1-MCP, no alcanzándose el pico de máxima emisión de ambos parámetros hasta los 40 días después de la salida de cámara, mantenidos a 20 °C. Las restantes estrategias no tratadas con 1-MCP, empiezan a emitir dióxido de carbono y etileno a partir del primer día de la salida, con unas tasas mayores, que se alcanzan entre los 8 y 12 días a 20 °C.

En la segunda salida de cámara a los 6 meses de la conservación de este segundo año, se mantiene el contenido de calcio de los frutos en unos niveles similares a los obtenidos en la primera salida de cámara a los 4 meses. El contenido en nitrógeno de los frutos permanece estable a lo largo del almacenamiento. Las relaciones entre nutrientes continúan siendo desequilibradas en los frutos que no han recibido aplicaciones cálcicas. Los mejores equilibrios se obtienen realizando suplementos cálcicos sobre los frutos con independencia de la aplicación del producto 1-MCP. A lo largo de la

conservación se ha incrementado de forma progresiva el porcentaje de afectación por bitter pit y plara en todas las estrategias.

Las manzanas tratadas con 1-MCP, continúan padeciendo al igual que en la primera salida de cámara una gran afectación por bitter pit, sobretodo en las no suplementadas con calcio. La afección por plara es mayor y más evidente en las manzanas no suplementadas con calcio, sin influir en este caso el producto 1-MCP.

La firmeza de los frutos después de 6 meses de conservación, vuelve a ser mayor en los tratados con 1-MCP, manteniéndose con valores cercanos a 65 Newton, siendo similares a los obtenidos en cosecha, pudiéndose decir en vista de estos resultados, que este producto consigue mantener bien la firmeza de las manzanas a lo largo del almacenamiento frigorífico de forma muy significativa, al igual que los resultados del experimento de Watkins et al. (2000) y Calvo (2002).

En esta segunda salida de cámara la acidez resultó ser mayor en las manzanas suplementadas con calcio y tratadas con 1-MCP, notándose una ligera disminución progresiva de los valores de este parámetro a medida que se alarga el periodo de conservación. Los sólidos solubles, se mantienen en unos rangos similares a los de la anterior salida de cámara, siendo mayores sus contenidos en los frutos tratados con el producto 1-MCP sin suplemento de calcio. La tonalidad (a+b) del color de los frutos, expresa unos resultados similares a los obtenidos en la anterior salida de cámara, notándose una cierta estabilización, pero en este caso, las manzanas suplementadas con calcio sin estar tratadas con 1-MCP, tienen estadísticamente un valor inferior de este parámetro, resultando ser unos frutos de coloración más verde. La luminosidad también se mantiene en unos valores muy parecidos, destacándose que las manzanas tratadas con el producto 1-MCP, siguen mostrando unos niveles bajos de este parámetro, debido a la aparición indeseada de una coloración más oscura de la epidermis, conocida por DSB, que asociada al mayor porcentaje de bitter pit que sufren, causa una depreciación comercial.

La respiración de los frutos y su producción de etileno a los 6 meses de conservación, es menor en los tratados con 1-MCP, alcanzando su pico máximo a los 35 días después de la salida de cámara, mantenidos a 20 °C. Las manzanas no tratadas con el producto 1-MCP, empiezan a emitir dióxido de carbono y etileno a partir del primer día de la salida, con unas tasas mayores, llegando a su nivel máximo a los 12-14 días. Se constata que el producto 1-MCP inhibe la producción de etileno tal como experimentaron Jiang y Joise (2002), incluso después de una conservación prolongada de 6 meses de duración.

Al tercer año de ensayo se compararon los resultados de la aplicación del producto 1-MCP en manzanas de la finca de Gimènells (Lleida) y de Pina de Ebro (Zaragoza). La firmeza de los frutos en la primera salida de cámara a los 2 meses, ha sido notablemente

superior en aquellos que se les aplicó el producto 1-MCP, con unos valores cercanos a los 65 Newton, sin existir diferencias significativas entre fincas, siendo similares a los obtenidos en el momento de la cosecha, al igual que sucedió en el anterior año de ensayo, coincidiendo con los resultados obtenidos por Watkins et al. (2000) y Calvo (2002). Los porcentajes de afectación por bitter pit y plara, han resultado ser estadísticamente mayores en los frutos procedentes de la finca de Pina de Ebro. Las manzanas tratadas con el producto 1-MCP, al igual que en el anterior año, expresan un mayor grado de afectación por bitter pit. En cambio la plara presenta una mayor incidencia en caso de los frutos no suplementados con calcio.

Los frutos de la finca de Gimeneells han expresado un mayor valor de acidez, siendo a la vez los que han obtenido menor nivel de sólidos solubles y también una menor tonalidad (a+b) del color de la epidermis, al igual que en cosecha. Las manzanas tratadas con 1-MCP han resultado ser más ácidas, contrastando con los estudios de Fan y Mattheis (2001), pero sin ser estadísticamente diferentes respecto al contenido en sólidos solubles y en la tonalidad (a+b). Durante estos dos meses de almacenamiento la acidez se ha reducido, aumentando los valores de los sólidos solubles y de la tonalidad del color, respecto a cosecha. Los frutos tratados con 1-MCP tienen una menor luminosidad, siendo más oscuras al igual que sucedía en el anterior año de ensayo, causado por el efecto DSB.

La producción de etileno de los frutos en la primera salida de cámara, ha sido significativamente menor en aquellos en los que se les aplicó el producto 1-MCP, además transcurridos los primeros 15 días a 20 °C, después de ser sacados de la conservación aun no habían empezado a producir etileno, tal como ocurría en el ensayo del año anterior, coincidiendo con los resultados de Jiang y Joice (2002) en que conseguían una inhibición de la emisión de etileno en manzanas Golden, contrariamente a lo que les sucede a los frutos no tratados con 1-MCP, los cuales empiezan desde el primer día a emitir etileno y a unas dosis elevadas alrededor de 195 µl de etileno/kg fruta y hora, que se consiguen entre los 6 y 7 días después de la salida de cámara y que son notablemente superiores a los obtenidos en el momento de la cosecha, sin existir diferencias entre las dos fincas estudiadas.

Después de los meses de conservación en cámara, la firmeza de las manzanas continúa siendo mayor de forma evidente en aquellas que fueron tratadas con 1-MCP, alcanzando valores cercanos a los 50 Newton, tendencia que se ha manifestado durante todas las salidas de cámara en este año de ensayo, sin existir diferencias entre las dos fincas, produciéndose una disminución de este parámetro a lo largo de la conservación en todas las estrategias. Existe un aumento de la afectación por bitter pit y plara a medida que se aumenta el periodo de almacenamiento. Aparece una mayor incidencia de bitter pit en las manzanas no suplementadas con calcio y tratadas con 1-MCP. En cambio los frutos con más incidencia de plara son básicamente los que no recibieron tratamientos de

calcio, siendo la finca de Pina de Ebro la que presenta mayor incidencia por ambas fisiopatías.

La acidez de los frutos tras la conservación se ha mantenido con un mejor valor en los tratados con 1-MCP, coincidiendo con los ensayos de Fan y Mattheis (2001), sin existir diferencias significativas entre las manzanas de las dos fincas, pero produciéndose una disminución generalizada a medida que se alarga el almacenamiento. Los sólidos solubles tampoco han sido diferentes entre manzanas tratadas con 1-MCP, al igual que los estudios realizados por Fan et al. (1999), Rupasinghe et al. (2000) y DeEll et al. (2002), pero sí entre fincas, siendo los de Pina de Ebro los que expresan un mayor resultado, permaneciendo en unas magnitudes similares durante la conservación.

En la tonalidad (a+b) de los frutos, se ha producido un aumento generalizado de su valor, al incrementarse la duración de conservación, no existiendo diferencias estadísticas entre fincas y aplicaciones del producto 1-MCP. La luminosidad al final del período de conservación de 6 meses no ha mostrado diferencias significativas entre fincas y dosis de 1-MCP, no presentando en este caso la coloración más oscura de la epidermis, llamada DSB, como se venía produciendo durante estos 2 años de aplicación de este producto.

En referencia a la producción de etileno, tras los 6 meses de conservación, cabe destacar que las manzanas tratadas con 1-MCP continúan emitiendo la menor cantidad de este gas, empezando su producción a los 13 días después de la salida de cámara a 20 °C, hecho que no ocurre con los frutos no tratados con este producto, los cuales producen más cantidad y lo hacen desde el primer día, alcanzando unos picos máximos de 206 μ l de etileno/kg fruta y hora, al día 7, coincidiendo con los resultados de Jiang y Joice (2002).

5.- CONCLUSIONES GENERALES

5.- CONCLUSIONES GENERALES

Realizando aplicaciones foliares de calcio a los frutos en precosecha, desde principios de junio hasta cosecha, coincidiendo con el segundo periodo de crecimiento del fruto, cuando la absorción de calcio vía radicular es más reducida, unido a una escasa movilidad y difícil translocación, se consigue incrementar los niveles de este nutriente en las manzanas.

Es necesario alcanzar unos contenidos mínimos de calcio en los frutos para obtener una buena firmeza de los mismos y un menor porcentaje de afección por alteraciones fisiológicas como el bitter pit y la plara.

No siempre alcanzar unos contenidos elevados de calcio en los frutos es sinónimo de obtener una mayor firmeza y menor índice de fisiopatías, debido a que en este caso realizando 6 aplicaciones quincenales de este nutriente, se han conseguido acumular unos niveles superiores a los 4'0 mg por 100 g de materia fresca en cosecha, obteniendo unos mejores resultados respecto a los parámetros de calidad.

Una aplicación elevada de nitrógeno provoca un incremento de los contenidos de este nutriente en los frutos, no interfiriendo durante el primer año de ensayo en la acumulación del calcio, ni sobre los parámetros de calidad. En el segundo año, las manzanas fertilizadas con dosis altas de nitrógeno de 100 UF/ha presentan una menor acumulación de calcio, apareciendo una correlación negativa, produciéndose una interacción entre ambos elementos que repercute en un empeoramiento de los equilibrios nutricionales y de la calidad.

Los efectos de la interacción entre el calcio y el nitrógeno, no se ponen de manifiesto hasta el segundo año de experimentación. Las aplicaciones de calcio sobre los frutos no han influido en los contenidos de nitrógeno acumulados. Pero sí el abonado nitrogenado sobre el contenido de calcio.

Las relaciones nutricionales N/Ca, (K+Mg)/Ca y K/Ca se muestran desequilibradas en los frutos no suplementados con calcio y sometidos a dosis altas de nitrógeno de 100 UF/ha, provocando unos mayores porcentajes de afectación por bitter pit y plara.

Existe una mejora de los equilibrios nutricionales a medida que aumentan los niveles de calcio en los frutos, que es más efectiva cuando se fertiliza con dosis bajas de nitrógeno de 60 UF/ha, debido a que un elevado suministro nitrogenado interfiere en la consecución de unos niveles adecuados de calcio.

Con 6 aplicaciones de calcio se consiguen unos mejores resultados en los parámetros de calidad. No obstante, los equilibrios nutricionales son más óptimos con la estrategia de 8 aplicaciones, al acumularse una mayor cantidad de este nutriente en los frutos.

Se produce una mayor acumulación de fósforo, potasio y azufre en los frutos fertilizados con dosis altas de nitrógeno, a partir del segundo año de ensayo.

Los contenidos de magnesio, hierro, boro, zinc y manganeso de los frutos, permanecen estables siendo similares durante los dos años de experimentación.

El calcio durante la conservación de los frutos en cámara frigorífica, experimenta una disminución de su contenido en la zona de la pulpa de los frutos, existiendo una migración o dilución hacia otros tejidos, en cambio el nitrógeno permanece en unos niveles similares a lo largo del almacenamiento, repercutiendo en un empeoramiento de los equilibrios nutricionales, lo que se traduce en una disminución de los valores de firmeza y en una mayor afectación por bitter pit y plara, que se agrava cuanto más largo es el periodo de conservación.

Se pueden conseguir unos buenos valores de firmeza en cosecha con aplicaciones de calcio sobre los frutos, pero después de su conservación frigorífica ésta sufre una disminución importante sobre todo a los 4 meses de conservación.

Con aplicaciones suplementarias de calcio en precosecha se consigue reducir el porcentaje de incidencias por bitter pit y plara después de la conservación frigorífica, aunque no se llegan a eliminar totalmente.

Después de la conservación frigorífica se produce un descenso generalizado de la acidez y la luminosidad del color, así como un incremento de la tonalidad (a+b). La cantidad de sólidos solubles puede experimentar una ligera subida a medida que se alarga el período de almacenamiento.

Conseguir un elevado contenido de calcio en los frutos con la estrategia de 8 aplicaciones de calcio, no es determinante para reducir la actividad respiratoria ni la producción de etileno, siendo más efectiva la de 6 aplicaciones tanto en cosecha como después de la conservación.

Se produce una disminución progresiva de la tasa de respiración de los frutos a medida que se alarga el tiempo de conservación frigorífica. En cambio, la producción de etileno se incrementa al aumentar el período de almacenamiento.

Existe una clara evidencia, durante los dos últimos años de ensayo, de que los frutos tratados con el producto 1-MCP, consiguen mantener mejor la firmeza durante su conservación frigorífica, con valores cercanos a los obtenidos en el momento de la cosecha. También expresan una acidez mayor.

La respiración y producción de etileno es claramente menor en los frutos tratados con 1-MCP, empezando sus emisiones a partir de los 20 días después de la salida de cámara. Los frutos no tratados con este producto empiezan el mismo día de la salida y en cantidades mayores.

Las manzanas tratadas con 1-MCP sufren unas severas afectaciones por bitter pit y plara, que se incrementan a lo largo de la conservación, enmascarando los efectos beneficiosos del calcio.

La luminosidad de la epidermis puede reducirse en los frutos tratados con 1-MCP, repercutiendo en una coloración más oscura, siendo un efecto indeseado conocido como DSB, que produce una disminución de su valor comercial.

Los frutos de la finca de Pina de Ebro, que no recibieron suplementos de calcio en precosecha han manifestado un mayor porcentaje de afectación por bitter pit y plara, que los de Gimennells dónde se realizaron tratamientos con este nutriente.

6.- BIBLIOGRAFÍA

6.- BIBLIOGRAFÍA

AIT-OUBAHOU, A., M. EL-OTMANI, Y. CHARHABAILI, J. FETHI, M. BENDADA, 1995. Effect of harvesting date and calcium treatment on stored apple quality. Postharvest physiology, pathology and technologies for horticultural commodities: recent advances. Agadir, Morocco, 57-64.

ANDRIS, H., B. MITCHAM, C. CRISOSTO, 2000. Fruit physiological disorders. Apples: Bitter pit. Ed. University of California 3pp.

ARGENTA, L. C., A. BRACKMANN, 1996. Ideal conditions for conservation of Golden Delicious apples in storage. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 31:387-392.

ARGENTA, L. C., J. MATTHEIS, X. FAN, 2001. Delaying 'Fuji' apple ripening by 1-MCP treatment and management of storage temperature. Revista Brasileira de Fruticultura, 23: 2, 270-273.

ATKINSON, D., J. E. JACKSON, R. O. SHARPLES, W. M. WALLER, 1980. Mineral nutrition of fruit trees. Ed. Butterwoths, 29-37.

AWASTHI, R. P., H. S. VERMA, B. K. KARKARA, 1985. Effect of phosphorus on nutrient uptake in Starking Delicious MM-106 apple. Journal of Progressive Horticulture, 17(3): 165-167.

AWASTHI, R. P., N. J. KAITH, G. DEU, 1995. Influence of rate and method of potassium application on growth, yield, fruit quality and leaf nutrient status of apple. Journal of Potassium Research, 11(3-4): 356-364.

BADSHAH, N., H. RASHID, S. SAFI, 1994. Role of calcium in prolonging the shelf life of apples. Sardhah Journal of Agriculture, 10(6): 639-645.

BALTER, A. M., G. M. SEMENYUK, A. I. TIKHONYAK, 1987. Effect of microelements and the preparation TUR on zinc, boron and manganese contents of apple leaves and fruits. Regulir Adapt Reaktsii. Produktiv Rast. Elementami Mineral Pitaniya: 16-24.

BENAVIDES, A., I. RECASENS, T. CASERO, J. PUY, 2001. Chemometric analyses of 'Golden Smoothee' apples treated with two preharvest calcium spray strategies in the growing season. Journal of the Science of Food & Agriculture, 81(9):943-952.

BENAVIDES, A., I. RECASENS, T. CASERO, Y. SORIA, J. PUY, 2002. Multivariate analysis of quality and mineral parameters on "Golden Smoothie" apples treated before harvest with calcium and stored in controlled atmosphere. *Food Science and Technology International*, 8(3): 139-146.

BANGERTH, F., 1974. Antagonism between calcium and other elements in apple fruits. *Acta Horticulturae*, 45: 43-52.

BANGERTH, F., 1976. A role for auxin and auxin transport inhibitors on the calcium content of artificially induced parthenocarpic fruits. *Physiologia Plantarum*, 37: 191-194.

BANGERTH, F., 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annual Review of Phytopathology*, 17:97-122.

BANGERTH, F., 1983. Hormonal and chemical preharvest treatments which influence postharvest quality, maturity and storeability of fruit. *Postharvest physiology and crop preservation*. Ed. Plenum Corp., New York pp 331-354.

BANGERTH, F., 1984. Changes in sensitivity for ethylene during storage of apple and banana fruits under hypobaric conditions. *Scientia Horticulturae*, 24: 151- 163.

BARBER, S. A., 1964. *Hunger signs in crops*. Ed. Davis McKay co, Nueva York, 217 pp.

BARRIT, B. H., C. R. ROM, K. R. GUELICH, S. R. DRAKE, M. A. DILLEY, 1987. Canopy position and light effects on spur, leaf, and fruit characteristics of 'Delicious' apple. *HortScience*, 22(3): 402-405.

BEAVERS, W. B., C. E. SAMS, W. S. CONWAY, G. A. BROWN, 1994. Calcium source affects calcium content, firmness, and degree of injury of apples during storage. *HortScience*, 29(12): 1520-1523.

BELL, C.W., O. BIDDULPH, 1963. Translocation of calcium. Exchange versus mass flow. *Plant Physiology*, 38: 610-14.

BEN, J., 1986. The effect of calcium compounds on storability of Jonathan apples. Part I. Effect of spraying the trees with calcium chloride and calcium chelate on the occurrence of physiological disorders and other fruit characteristics. *Acta Agraria et Silvestria*, 25: 119-129.

BEN, J.M., H. JACUBCZYK, B. LATA, A. SADOWSKI, P. WHITEHEAD, 1997. Estimation of apple storage quality based on fruit analysis. pp. 7-8. In: H. Jacubczyk, International seminar on ecological aspects of nutrition and alternatives for herbicides in horticulture, Warszawa, Poland.

BENDER, R. J., C. BASSO, J. BLEICHER, O. BERTON, 1990. Lenticel spot in apples of the 1989 crop. *Agropecuaria Catarinense*, 3(2): 13-15.

BONDOUX, P., 1994. Enfermedades de conservación de frutos de pepita, manzanas y peras. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 172 pp.

BLANKE, M. M., F. LENZ, 1985. Spaltöffnungen, Fruchtoberfläche und Transpiration wachsender Apfelfrüchte der Sorte 'Golden Delicious'. *Erwerbsobstbau*, 27: 139-143.

BLASZCZYK, J., J. BEN, 1996. Response of Jonagold apples to various doses of nitrogen fertilizers in the orchard. I. Effect of increasing N doses on the concentration of mineral constituents and the susceptibility of apples to some physiological disorders. *Folia Horticulturae*, 8(2): 21-30.

BRADFIELD, E. G., 1975. Calcium complexes in the xylem sap of apple shoots. *Plant Soil*, 44: 495-99.

BRAMLAGE, W.J., M. DRAKE, J.H. BARKER, 1973. Influence of calcium content on the post-harvest behavior of Baldwin apples. *HortScience*, 8:255.

BRAMLAGE, W. J., M. DRAKE, J. BAKER, 1974. Relationships of calcium content to respiration and postharvest conditions of apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99: 376-378.

BRAMLAGE, W. J., M. DRAKE, S. A. WEIS, 1985. Comparisons of calcium chloride, calcium phosphate, and a calcium chelate as foliar sprays for 'McIntosh' apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110(6): 786-789.

BRAMLAGE, W. J., 1989. The calcium problem: is there a simple answer?. *Annual Report of Michigan State Horticultural Society, East Lansing*, 119: 190-196.

BRAMLAGE, W. J., 1993. Interactions of orchard factors and minerals nutrition on quality of pome fruit. *Acta Horticulturae*, 326: 15-28.

BRENNAN, J.G. 1984. Texture perception and measurement. pp. 59-91. *Sensory analysis of foods*. Eisevier Applied Science Publishers, NewYork, USA.

BURMEISTER, D., D. DILLEY, 1993. Characterization of Mg⁺⁺ induced bitter pit-like symptoms on apples: A model system to study bitter pit initiation and development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41: 1203-1207.

BUSH, D.S., 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 46:95-122.

CALVO, G., 2002. Nueva tecnología para prolongar la conservación de peras y manzanas. INTA INFORMA n° 173 marzo 2002. www.inta.gov.ar/noveda/comunica/173.htm

CARAFOLI, E., J.T. PENNISTON, 1986. La señal del calcio. *Investigación y Ciencia*, 112: 28-41.

CARNE, W. M., H. A. PITTMAN, H. G. ELLIOT, 1929. Bitter pit of apple in Australia. *Bul. CSIRO*, 4:1-23.

CARVALHÃO, F., 1997. El bitter pit de las manzanas, desarrollo y control. *Fruticultura Profesional*, 86: 11-21.

CASERO, T., J. GRAELL, I. RECASENS, 1989. Relación entre calidad y contenido mineral durante la maduración de manzanas. II. Golden Delicious. *Fruticultura Profesional*, 22: 45-50.

CASERO, T., 1995. La nutrición cálcica en frutales. *Fruticultura Profesional*, 71: 45-55.

CASERO, T., 1996. Aplicaciones de calcio en manzano. *Información Técnica Económica Agraria*, 92 (2): 58-63.

CASERO, T., I. RECASENS, V. CARRASCO, F. XUCLÀ, 1999. Dinámica de acumulación de nutrientes en manzano. *Investigaciones Agrarias: Producción y Protección Vegetal*, 14 (3): 465-473.

CASERO, T., A. BENAVIDES, I. RECASENS, J. RUFAT, 2002. Preharvest calcium sprays and fruit calcium absorption in 'Golden' apples. *Acta Horticulturae*, 594: 467-473

CASERO, T., A. BENAVIDES, J. PUY, I. RECASENS, 2004. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in Golden Smoothie apples using multivariate regression techniques. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 313-324.

CHANEL, A. R., 1989. Permeability characteristics of isolated Golden Delicious apple fruit cuticles with regard to calcium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114: 804- 809.

CHARDONNET, C. O., C. S. CHARRON, C. E. SAMS, W. S. CONWAY, 2003. Chemical changes in the cortical tissue and cell walls of calcium-infiltrated 'Golden Delicious' apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1): 97-111.

CHOI, J. S., J. C. LEE, 1992. Seasonal trends in calcium accumulation in fruit of five apple cultivars (*Malus domestica* Borkh). *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 33(2): 156-160.

CLINE, J. A., E. J. HANSON, W. J. BRAMLAGE, R. A. CLINE, M. KUSHAD, 1991. Calcium accumulation in Delicious apple fruit. *Journal of Plant Nutrition*, 14 (11): 1213-1222.

CLINE, J. A., E. J. HANSON, 1992. Relative humidity around apple fruit influences its accumulation of calcium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(4): 542-546.

CONWAY, W. S., C. E. SAMS, 1985. Influence of fruit maturity on the effect of postharvest calcium treatment on decay of 'Golden Delicious' apples. *Plant Disease*, 69: 42-44.

CONWAY, W. S., C. E. SAMS, 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(2): 300-303.

CONWAY, W. S., C. E. SAMS, C. Y. WANG, J. A. ABBOT, 1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(1): 49-53.

CONWAY, W. S., C. E. SAMS, K. D. HICKEY, A. AIT-OUBAHOU, 1995. Commercial potential for increasing apple tissue calcium sufficiently to maintain fruit quality in storage. *International Symposium, Agadir, Morocco*, 70-74.

COOPER, T., F. BANGERTH, 1976. The effect Ca and Mg treatment on the physiology, chemical composition and bitter pith development of 'Cox's Orange Pippin' apples. *Scientia Horticulturae*, 5: 49-54.

DAILLANT, S. B., H. J. H. MACFIE, P. K. BEYTS, D. HEDDERLEY, 1996. Relationships between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from the southern hemisphere. *Food Quality and Preference*, 7: 113- 126.

- DALMAU, R., I. IGLESIAS, 1999. La fruita dolça a Lleida: evolució històrica i anàlisi de la situació actual. Ed. Institut d'Estudis Ilerdencs, Lleida, Spain. 203 pp.
- DAVENPORT, J. R., F. J. PERYEA, 1990. Whole fruit mineral element composition and quality of harvested Delicious apples. *Journal of Plant Nutrition*, 13:701-711.
- DE-BELLIE, N., S. SCHOTTE, P. COUCKE, J. DE-BAERDEMAEKER, 2000. Development of an automated monitoring device to quantify changes in firmness of apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 18, 1-8.
- DE-ELL, J. R., F. SAAD, S. KHANIZADEH, 1999. Factors influencing apple fruit firmness. *The Compact Fruit Tree*, 32:56-58.
- DE-ELL, J. R., D. P. MURR, M. D. PORTEOUS, H. P. V. RUPASINGHE, 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 3, 349-353.
- DE-JAGER, A., H. DE-PUTTER, 1996. Nitrogen and firmness at harvest play a major role. *Fruittelt Den Haag*, 12-13.
- DE-JAGER, A., H. DE-PUTTER, L. MICHALCZUL, 1999. Pre-harvest factors and post-harvest quality decline of apples. *Acta Horticulturae*, 485: 103-110.
- DE-LONG, W.A. 1936. Variations in the chief ash constituents of apples affected with blotchy cork. *Plant Physiology*, 11:453-457.
- DILLEY, D. R., E. LANGE, K. TOMALA, 1989. Optimising parameters for controlled atmosphere storage of apples. pp. 1-16. *Proceedings of the 5th International CA Research Conference*. Wenatchee, Wash, USA.
- DIRIOC, L., 1996. Uptake of nutrient elements. *Fruittelt Nieuws*, 9(22): 14-15.
- DRAKE, M., W. J. BRAMLAGE, 1983. Suggestions for use of calcium sprays in 1983. *Fruit Notes*. Dept. Plant and Soil Sci., Univ. Mass.
- DRIS, R., R. NISKANEN, E. FALLAHI, 1999. Relationships between leaf and fruit minerals and fruit quality attributes of apples grown under northern conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 22: 1839-1851.
- DU, Z., J. BRAMLAGE, 1994. Roles of ethylene in the development of superficial scald in 'Cortland' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 16-523.

- DUQUE, P., M. G. BARREIRO, J. D. ARRABADA, 1999. Respiratory metabolism during cold storage of apple fruit. I. Sucrose metabolism and glycolysis. *Physiology. Plantarum*, 107: 14-23.
- FALLAHI, E., T. L. RIGHETTI, D. G. RICHARDSON, 1985a. Predictions of quality by pre-harvest fruit and leaf mineral analyses in 'Starkspur Golden Delicious' apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110:524-527.
- FALLAHI, E., T. L. RIGHETTI, J. T. RAESE, 1988. Ranking tissue mineral analyses to identify mineral limitations on quality in fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113(3): 382-389.
- FALLAHI, E., B. R. SIMONS, 1996. Interrelations among leaf and fruit mineral nutrients and fruit quality in Delicious apples. *Journal of Tree Fruit Production*, 1: 15-25.
- FALLAHI, E., W. CONWAY, K. D. HICKEY, C. SAMS, 1997. The role of calcium and nitrogen in post-harvest quality and disease resistance of apples. *HortScience*, 32(5): 831-835.
- FAN, X., S. M. BLANKENSHIP, J. P. MATTHEIS, 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(6): 690-695.
- FAN, X., J. P. MATTHEIS, 1999a. Impact of 1-methylcyclopropene and methyl jasmonate on apple volatile production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 7, 2847-2853.
- FAN, X., J. P. MATTHEIS, 1999b. Methyl jasmonate promotes apple fruit degreening independently of ethylene action. *HortScience*, 34: 2, 310-312.
- FAN, X., J. P. MATTHEIS, 1999c. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush, and greasiness is reduced by MCP. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47: 3063-3068.
- FAN, X., J. P. MATTHEI, 2001. 1-Methylcyclopropene and storage temperature influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. *Postharvest Biology and Technology*, 23: 2, 143-151.
- FAUST, M., C. B. SHEAR, 1972. The effect of calcium on respiration of apples *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 97: 437-439.

FAUST, M., 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. 2. Nutrition of fruit trees. Ed. Willey Interscience Publ. USA, 53-123.

FAUST, M., 1991. La nutrición de los árboles frutales. Hortofruticultura, 10: 39-44.

FERGUSON, I. B., C. B. WATKINS, 1981. Ion relations of apple fruit tissue during fruit development and ripening. I. Cation leakage. Australian Journal of Plant Physiology, 8:155-164.

FERGUSON, I. B., C. B. WATKINS, 1983. Cation distribution and balance in apple fruit in relation to calcium treatments for bitter pit. Scientia Horticulturae, 19:301-310.

FERGUSON, I. B., C. B. WATKINS, 1989. Bitter pit in apple fruit. Horticultural Review, 11: 289-355.

FERGUSON, I. B., C. B. WATKINS, 1992. Crop load affects mineral concentrations and incidence of bitter pit in 'Cox's Orange Pipin' apple fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117 (3): 373-376.

FERGUSON, I. B., C. M. TRIGGS, 1990. Sampling factors affecting the use of mineral analysis of apple fruit for the prediction of bitter pit. New Zeland Journal of Crops and Horticultural Science, 18: 2-3, 147-152.

FERGUSON, I., R. VOLZ, A. WOOLF, 1999. Pre-harvest factors affecting physiological disorders of fruit. Postharvest Biology and Technology, 15:255-262.

FIDLER, J. C., B. G. WILKINSON, K. L. EDNEY, R. O. SHARPLES, 1973. Orchard and climatic factors, in: The biology of apple and pear storage, Rech. Rev. 3, C.A.B., 175-225.

FORTES, G. R. De L., J. P. H. DUCROQUET, P. De A. RIBEIRO, 1984. Postharvest treatment with calcium chloride of apples (*Malus Domestica Bork.*) cv. Golden Delicious. Anais do VII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Volume 3, 938-945. Florianopolis, Brazil; Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuaria S. A.

GARMAN, P., W. J. MATHIS, 1956. Studies of mineral balance as related to occurrence of Baldwin spot in Connecticut. Bull. Connecticut Agricultural Experiment Station, 601 :5-19.

GIACALONE, G., G. BOUNOUS, C. PEANO, 2000. Effect of calcium foliar sprays and soil fertilization on post-harvest fruit quality in peach and nectarine. Abstracts 4th International Conference on Postharvest Science, Jerusalem, Israel, pp 78.

GLENN, G. M., B. W. POOVAIAH, 1985. Cuticular permeability to calcium compounds in Golden Delicious apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110:192-195

GLENN, G. M., A. S. N. REDDY, B. W. POOVAIAH, 1988. Effect of calcium on cell wall structure, protein phosphorylation and protein profile in senescing apples. *Plant and Cell Physiology*, 29:565-572.

GLENN, G. M., B. W. POOVAIAH, 1990. Calcium-mediated postharvest changes in texture and cell wall structure and composition in 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(6): 962-968.

GOFFINGS, G., M. HERREGODS, P. SASS, 1994. The influence of the storage conditions on some quality parameters of Jonagold apples. *Acta Horticulturae*, 368: 37-42.

GRANELLI, G., V. UGHINI, 1989. Harvest and postharvest apple quality influenced by boron application. *Acta Horticulturae*, 258: 405-412.

GRIERSON, G., 1987. Senescence in fruits. *HortScience*, 22: 859-862.

HANDSCHACK, M., A. ALEXANDER, 2002. Effect of nitrogen foliar fertilizers on blossom thinning of apples. *Acta Horticulturae*, 594: 635-640.

HARKER, F. R., I B. FERGUSON, 1988b. Transport of calcium across cuticles isolated from apple fruit. *Scientia Horticulturae*, 36: 3-4.

HAYNES, R. J., 1992. Nutrient status of apple orchards in Canterbury, New Zealand. 2. Specific problems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 23(7-8): 847-860.

HERRERO, A., J. GUARDIA, 1992. Conservación de frutas. Manual técnico. Ediciones Mundi-Prensa, 96-111.

HIMELRICK, D. G., R. F. MCDUFFIE, 1983. The calcium cycle: Uptake and distribution in apple trees. *HortScience*, 118: 147-150.

HISAW, L., 1991. Calcium sprays influence on apple fruit quality and storage-shelf life. *Compact Fruit Tree*, 24, 75-79; 34th, Annual IDFTA Conference, Grand Rapids, Michigan, USA; 24-27 Feb.

HOHN, E., B. GUGGENBUHL, 1999. Market demands on Golden Delicious apples. *Agrarforschung*, 6: 9, 341-344.

INGLE, M., M. C. D'SOUZA, 1989. Storage of 'Nittany' apples. Proceedings of the fifth international controlled atmosphere research conference, Wenatchee, Washington, 1, 237-245.

JANISIEWICZ, W. J., W. S. CONWAY, D. M. GLENN, C. E. SAMS, 1998. Integrating biological control and calcium treatment for controlling postharvest decay of apples. *HortScience*, 33(1): 105-109.

JANSSENS, H., 1991. Los microelementos. *Fruticultura Profesional*, 39:32-46.

JAREN-CEBALLOS, M. del C., I. RECASENS, 1990. Testing the effect of calcium treatment on the physical properties of apples. Workshop on impact damage of fruits and vegetables, 2: 117-122.

JIANG, Y., D. C. JOYCE, A. C. MACNISH, 1999. Responses of banana fruit to treatment with 1- methylcyclopropene. *Plant Growth Regulation*, 28:77-82.

JIANG, Y., D. C. JOYCE, 2002. 1-Methylcyclopropene treatment effects on intact and fresh-cut apple. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77: 1, 19-21.

JOHNSON, D. S., M. J. MARKS, K. PEARSON, 1987. Storage quality of Cox's Orange Pippin apples in relation to fruit mineral composition during development. *Journal of Horticultural Science*, 62(1): 17-25.

JOHNSON, D. S., 1989. Mineral composition in relation to storage quality of UK apples. I. Setting the standards. Proceedings of the fifth international controlled atmosphere conference, Wenatchee, Washington, 1, 34-44.

JONES, H. G., K. H. HIGGS, T. J. SAMUELSON, 1983. Calcium uptake by developing apple fruits. I. Seasonal changes in calcium content of fruits. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 58: 173-182.

JUAN, M., J. ESCUDERO, 1979. Predicción del bitter pit de las manzanas. *Información Técnica Económica Agraria*, 37: 36-40.

KATZLER, H., L. WURM, 1998. Effects of different pruning measures on yield and outer and inner fruit quality with apple cultivars Jonagold and Golden Delicious. *Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Fruchteverwertung*, 48:4, 137-144.

- KIM, W. S., 1997. Calcium remobilization in 'Golden Delicious' apples and seedlings during spring season. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 28(2): 142-146.
- KOBAYASHI, M., H. NAKAGAWA, T. ASAKA, T. MATOH, 1999. Borate-Rhamnogalacturonan II binding reinforced by Ca. Retains pectic polysaccharides in higher-plant cell walls. *Plant Physiology*, 119:199-203.
- KNEE, M., 1980. Physiological responses of apple fruits to oxygen concentrations. *Annals of Applied Biology*, 96:243-253.
- KNEE, M., S. M. SMITH, 1989. Variation in quality of apple fruits stored after harvest on different dates. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 64: 413-419.
- KNEE, M., 1993. Pome fruits. pp. 325-346. Ed, *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman and Hall, London, UK.
- LANG, A., R. K. VOLZ, 1993. Leaf area, xylem cycling and Ca status in apples. *Acta Horticulturae*, 343: 89-91.
- LARA, I., M. VENDRELL, 1998. ACC oxidase activation by cold storage on Passe-Crassane pears:Effect of calcium treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76:421-426.
- LARRIGAUDIÈRE, C., R. VILAPLANA, I. RECASENS, Y. SORIA, E. DUPILLE, 2010. Diffuse skin browning in 1-MCP-treated apples: etiology and systems of control. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90:2379-2385.
- LAU, O. L., W. D. LANE, 1988. Harvest indices, storability, and poststorage refrigeration requirements of Sunrise apples. *HortScience*, 33:302-304.
- LEE, J. J. L., D. H. DEWEY, 1981. Infiltration of calcium solutions into 'Jonathan' apples using temperature differentials and surfactants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106(4): 488-490.
- LEWIS, T. L., 1980. The rate of uptake and longitudinal distribution of potassium, calcium and magnesium in the flesh of developing apple fruits of nine cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 55(1): 57-63.
- LIU, F. W., M. M. KING, 1978. Consumer evaluations of McIntosh apple firmness. *HortScience*, 32:162-163.

LI, B. J., G. R. LIN, F. J. LIU, 1995. Relationship between fruit quality, storability and mineral composition of apples. *International Journal of Fruit Science*, 12:141-145.

LLOP, J. M., J. USALL, J. ROSERA, M. PÉREZ, 1998. Estudio de las características de los suelos y su influencia sobre la calidad y aptitud a la conservación de la manzana Goleen en la zona frutícola de Lleida. (I), relaciones suelo-cultivo. *Fruticultura Profesional*, 93: 28-46.

LONE, I. A., Z. A. BABA, 2007. Leaf nutrient status of high density apple orchards in Kashmir valley. *Asian Journal of Horticulture*, 2(1): 12-14.

LOTZE, E., K. I. THERON, 2003. Bitter pit in Golden Delicious apples: a case among soft fruit producers in the Wes-Kaap. *SA Fruit Journal*, 2 : 15-18.

LUCENA, J., 1992. El calcio en la nutrición de las plantas. *Horticultura*, 10: 76-83.

LUO, Y., H. WAINWRIGHT, K. G. MOORE, 1989. Effects of orchard applications of paclobutrazol on the composition and firmness of apple fruits. *Scientia Horticulturae*, 39 (4): 301-309.

MALAKOUTI, M. J., S. J. TABATABAEI, A. SHAHABIL, E. FALLAHI, 1999. Effects of calcium chloride on apple fruit quality of trees grown in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 22,1451-1456.

MARCELLE, R. D., 1984. Mineral analysis and storage properties of fruit. VI th International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition, Montpellier, France, Proceeding: Vol. 2.

MARCELLE, R. O., 1985. Mineral nutrition and apple fruit quality. Proceedings of the workshop on pome fruit quality. Ed. Honef and F Lenz pp. 131.

MARCELLE, R. D., G. VERLEY, P. SIMON, 1988. Some aspects of physiology and changes in mineral nutrition of fruit trees. *Le Fruit Belge*, 56(423): 179-186.

MARCELLE, R. D., W. PORREYE, T. OECKERS, P. SIMON, G. GOFFINGS, M. HERREGODS, 1989. Relationship betwven fruit mineral composition and storage life of apples cv. Jonagold. *Acta Horticulturae*, 274:315-320.

MARCELLE, R. D., 1990a. Comparison of the mineral composition of leaf and fruit in apple and pear cultivars. *Acta Horticulturae*, 274: 315-320.

MARCELLE, R. D., 1990b. Predicting storage quality from preharvest fruit mineral analyses. A review. *Acta Horticulturae*, 274: 305-313.

MARCELLE, R. D., 1991. Relationships between mineral content, ipoxygenase activity, levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and ethylene emission in apple fruit flesh disks cv. Jonagold during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 1:101-109.

MARCELLE, R. D., 1995. Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 383: 219-226.

MARGITTAY, M., E. VASS, 1984. Calcium fertilization of apples. *Kerteszet es Szoleszet*; 33:19, 9.

MARSCHNER, H., 1990. Mineral nutrition of higher plants. Ed. Academic Press., 674 pp.

MARSH, K. B., M. J. DALY, T. P. McCARTHY, 1996. The effect of understorey management on soil fertility, tree nutrition, fruit production and apple fruit quality. *Biological Agriculture and Horticulture*, 13(2): 161-173.

MATTOO, A. K., M. LIEBERMAN, 1977. Localization of the ethylene synthesizing system in apple tissue. *Plant Physiology*, 60: 794-99.

MEHERIUK, M., 1990. Controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest News and Information*, 1 :51-54.

MEHERIUK, M., G. H. NEILSEN, E. J. HOGUE, 1992. The influence of nitrogen fertilization, season of application, and orchard floor management on fruit quality and leaf mineral content of 'Golden Delicious' apples trees. *Fruit Varieties Journal*, 46:2, 71-75.

MICHOLCZUK, L., M. KUBIK, 1989. Uptake, distribution and fractionation of calcium applied to the apple fruits at different time during the season. *Fruit Science Reports*, 16(4): 197-203.

MILLS, H. A., J. B. JONES, 1996. *Plant analysis handbook II*. Chapter 2: Essential plant nutrients. Ed. Micromacro Publishing Inc., 6-54.

MONGE, E., J. VAL, M. SANZ, A. BLANCO, L. MONTANÉS, 1995. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *Anales Estación Experimentación Aula Dei. (Zaragoza)*, 21(3): 189-201.

MURGA, J., I. PALAZÓN, 1984. *Manual de inspección de peras y manzanas*. S.O.I.V.R.E.-I.N.I.A. Madrid.

NACHTIGALL, G. R., A. R. DECHEN, 2006. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. *Scientia Agricola*, 63: 493-501.

OLIVIER, C. M., J. WOOLDRIDGE, W. A. KOTZE, 1994. Apple quality as related to nitrogen and phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 17(6): 1004-1015.

PALIYATH, G., B. W. POOVAIAH, G. R. MUNSKE, J. A. MAGNUSON, 1984. Membrane fluidity in senescing apples: effects of temperature and calcium. *Plant and Cell Physiology*, 25: 1083-1087.

PARK, S. H., C. U. LEE, 1996. Effect of postharvest calcium infiltration on firmness, pectin content and occurrence of *Botryosphaeria dothidea* in apple. *Journal of Korean Society for Horticultural Science*, 37(1): 81-86.

PAVICIC, N., I. MILJCOVIC, 1991. Ricerche sugli indici di buttermatura amara, sulla relazione K/Ca e sulla concentrazione del calcio nei frutti di melo. *Informatore Agrario*, 47(44): 94-96.

PECH, J. C., J. RAYNAL, A. LATCHE, 1994. Physiologie des fruits à noyau lors du développement et de la maturation sur l'arbre. pp. 17-35. Post-harvest quality and derived products in stone-fruits. Lleida, Spain.

PERRING, M.A., 1979. The effect of environmental and cultural practices on calcium in the apple fruits. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 10:279-293.

PERRING, M.A., 1985. Redistribution of minerals in apple fruit during storage: effects of late summer pruning, calcium sprays and low temperature breakdown. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36: 5, 333-342.

PERRING, M. A., 1986. Incidence of bitter pit in relation to the calcium content of apples: problems and paradoxes, a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37:591-606.

PERRING, M. A., K. PEARSON, 1988. Physical changes in stored apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 44(2): 193-200.

PERYEA, F. J., 1991. Preharvest calcium sprays and apple firmness. *Good Fruit Grower*, 42(13): 12-15.

PERYEA, F. J., G. H. NEILSEN, 2006. Effect of very high calcium sprays just before harvest on apple fruit firmness and calcium concentration. *Acta Horticulturae*, 721: 199-205.

PESLOVA, H., J. TAKAC, 1989. Studies on physiological disorders of apples in relation to soil potassium content and leaf and fruit analyses. *Sbornik-UVTIZ, Zahradnictvi*, 16(4): 245-250.

PIRMORADIAN, M., M. BABALAR, 1995. Effect of rootstock and postharvest application of CaCl₂ during storage of Red Delicious apple on ethylene production and some qualitative factors. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 26: 4, 69-76.

PONCHIA, G., G. FILA, M. GARDIMAN, 1997. Effects of rootstock and interstem on growth, productivity and mineral nutrition of 'Golden Delicious' apple trees. *Acta Horticulturae*, 448: 107-112.

POOVAIAH, B. W., 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, 40(5): 86-89.

POOVAIAH, B.W. A.S.N. REDDY, 1987. Calcium messenger system in plants. *Critical Review in Plant Sciences*, 6:47-104.

POOVAIAH, B. W., G. M. GLENN, A. S. N. REDDY, 1988. Calcium and fruit softening. *Physiology and biochemistry. Horticultural Reviews*, 10: 107-152.

POOVAIAH, B. W., 1993. Biochemical and molecular aspects of calcium action. *Acta Horticulturae*, 326: 139-147.

QUAST, P., 1985. Supply amounts, deficiency situations and fertilizer efficacy of magnesium in apple trees. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes*; 40: 3, 112-123.

RAESE, J. T., 1989. Calcium's effect on bitter pit and fruit quality in Red and Golden Delicious apples. *Good Fruit Grower*, 40(5): 37-41.

RAESE, J. T., P. FLETCHER, D. FREDERICK, S. IVANOV, D. C. STAIFF, A. YAZDANIHA, 1990. Effects of calcium, nitrogen, phosphorus on fruit quality. *Good Fruit Grower*, 41(5): 15-20.

RAESE, J. T., S. R. DRAKE, 1993a. Effects of preharvest calcium sprays on apple and pear quality. *Journal of Plant Nutrition*, 16 (9): 1807-1819.

RAESE, J. T., S. R. DRAKE, 1993b. Maintenance of calcium levels a must for pome fruit quality. *Journal of Plant Nutrition*, 16 (9): 1820-1827.

- RAESE, J. T., 1994. Pre-harvest calcium use and effects on apples and pears. pp.109-122. Tree fruit nutrition Proc. Good Fruit Grower Pub., Yakima, WA.
- RAESE, J. T., 1995. Application timing of fertilizers for apples and pears. Good Fruit Grower, 46(7): 47-53.
- RAESE, J. T., 1996. Calcium nutrition affects cold hardiness, yield, and fruit disorders of apple and pear trees. Journal of Plant Nutrition, 19(7): 1131-1151.
- RAESE, J. T., 1997. Response of apple and pear trees to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. Proceedings Washington State Horticultural Association, 93:179-180.
- RAESE, J. T., S. R. DRAKE, 1997. Nitrogen fertilization and elemental composition affects fruit quality of 'Fuji' apples. Journal of Plant Nutrition, 20(12): 1797-1809.
- RAESE, J. T., S. R. DRAKE, 2000. Effect of calcium spray materials, rate, time of spray application, and rootstocks on fruit quality of Red and Golden Delicious apples. Journal of Plant Nutrition, 23: 1435-1447.
- RAESE, J. T., S. R. DRAKE, 2002. Calcium spray materials and fruit calcium concentrations influence apple quality. Journal of American Pomological Society, 56(3): 136-143.
- RECASENS, I., 1997. Atmósferas controladas-ULO en poscosecha de frutas. Fruticultura Profesional, 90: 41-45.
- RECASENS, I., A. BENAVIDES, J. PUY, T. CASERO, 2004. Pre-harvest calcium treatments in relation to the respiration rate and ethylene production of 'Golden Smoothee' apples. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84: 765-771.
- REYNIER, P., 1993. Le calcium et la pomme. Les pulvérisations foliaires de calcium. Infos CTIFL n° 90.
- RIGNEY, C. J., R. B. WILLS, 1981. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. HortScience, 16: 550-551.
- ROM, C. R., R. C. ROM, 1992. Clonal apple rootstock effects on foliar nutrient content of 'Starkspur Supreme Delicious'. Research Series Arkansas Agricultural Experiment Station, 421: 85-99.
- ROSSIGNOL, M., D. LAMANT, L. SOLSAC, R. HELLER, 1977. Transmembrane ionic exchange in plants. Ed. CNTS, París, 483 pp.

ROY, S., W. S. CONWAY, A. E. WATADA, C. E. SAMS, C. D. POOLEY, W. P. WERGIN, 1994. Distribution of the anionic sites in the cell wall of apple fruit after calcium treatment. Quantitation and visualization by a cationic colloidal gold probe. *Protoplasma*, 178(3-4): 156-167.

ROY, S., W. S. CONWAY, A. E. WATADA, C. E. SAMS, E. F. ERBE, P. WERGIN, 1999. Changes in the ultrastructure of the epicuticular wax and post-harvest calcium uptake in apples. *HortScience*, 34:121-124.

RUIZ, R. 1990. Experiencia de fertilización en frutales, con especial referencia en manzanos. *Frutícola*, 11: 51-54.

RUPASINGHE, H. P. V., D. P. MURR, G. PALIYATH, G. SKOG, 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75: 3, 271-276.

RUPP, D., H. HUBNER, 1995. Influence of nitrogen fertilization on the mineral content of apple leaves. Results of a longterm field experiment. *Erwerbsobstbau*, 37(1): 29-31.

SAFTNER, R. A., W. S. CONWAY, C. E. SAMS, 1998. Effects of postharvest calcium and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit-surface injury in 'Golden Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(2): 294-298.

SAFNER, R. A., W. S. CONWAY, C. E. SAMS, 1999. Post-harvest calcium infiltration alone and combined with surface coating treatments influence volatile levels, respiration, ethylene production, and internal atmospheres of Golden Delicious apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124:553-558.

SAKS, Y., L. SONEGO, R. BEN-ARIE, 1990. Senescent breakdown of 'Jonathan' apples in relation to the water-soluble calcium content of the fruit pulp before and after storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(4): 615-618.

SALADA, L. L., 1996. Instrument and operator effects on apple firmness readings. *HortScience*, 31, 994-997.

SALISBURY, F.B., C.W. ROSS, 1994. Fisiología vegetal. Capítulo 6: Nutrición mineral. Grupo Editorial Iberoamericana, 127-148.

SAMS, C. E., W. S. CONWAY, 1984. Effect of calcium infiltration on ethylene production, respiration rate, soluble polyuronide content, and quality of Golden Delicious apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109:53-57.

SAMS, C. E. 1999. Pre-harvest factors affecting post-harvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, 15:249-254.

SANSAVINI, S., P. MONTEVECCHI, 1987. The effect of potassium and nitrogen fertilization on Imperatore apple. *Plubbicazione Istituto di Coltivazioni Arboree, Universita di Bologna*, 572: 171-180.

SANZ, M., J. MACHIN, 1999. Applying floral analysis for the prognosis and diagnosis of bitter pit. *Investigaciones Agrarias: Producción y Protección Vegetal*, 95: 118-124.

SAURE, M. C. 1996. Reassessment of the role of calcium in development of bitter pit in apple. *Australian Journal Plant of Physiology*, 23:237 -243.

SAYYARI, M., M. RAHEMI, 2003. Role of heat treatment, calcium chloride and potassium permanganate on storage life and fruit firmness of "Golden Delicious" apple (*Malus domestica* Borkh). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 6: 67-77.

SCHLEGEL, T. K., 2003. Fruit nutrition with calcium salts - factors influencing the efficiency of treatment. *Erwerbsobstbau*, 45(1): 1-7.

SEREK, M., E. C. SISLER, M. S. REID, 1995. Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response on cut flowers. *Journal Plant Growth Regulation*, 16:93-97.

SHARMA, D. D., J. S. CHAUHAN, 1991. Effects of different rootstocks and training systems on the mineral composition of 'Delicious' apple leaves. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 66(6): 703-707.

SHARPLES, R. O., D. S. JOHNSON, 1977. The influence of calcium on senescence changes in apple. *Annals of Applied Biology*, 85: 450-453.

SHARPLES, R. O., 1980. The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears growth in the United Kingdom. *Butterworths, London*, 17-28.

SHARPLES, R. O., J. R. STOW, 1986. Recommended conditions for the storage of apples and pears. *Annual Report – East Mailing Research Station*, 165-170.

SHEAR, C. B., M. FAUST, 1980. Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts. pp. 142-163. *Horticultural Reviews*. Wesport, Conn. AVI Publishing Company, Inc.

SHORROCKS, V. M., S. PORTCH, 1992. Boron, recent developments and some views on its role in plants. International symposium on the role of sulphur, magnesium and micronutrient in balanced plant nutrition, 357-368.

SIDDIQUI, S., F. BANGERTH, 1993. Studies on cell wall mediated changes during storage of calcium-infiltrated apples. *Acta Horticulturae*, 326: 105-113.

SIDDIQUI, S., F. BANGERTH, 1996. The effect of calcium infiltration on structural changes in cell walls of stored apples. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 71(5): 703-708.

SIDDIQUI, S., A. BRACKMANN, J. STREIF, F. BANGERTH, 1996. Controlled atmosphere storage of apples: cell wall composition and fruit softening. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 71(4): 613-620.

SILBEREISEN, R., H. LINK, 1985. Breeding and technical management measures for improving apple quality. *Besseres Obst*, 30:12, 337-339.

SILVA, E. H., P. P. LARRAIN, 1997. Efectividad de algunos fertilizantes foliares cálcicos en el control de desórdenes fisiológicos tipo bitter pit. *Revista Frutícola*, 18: 1, 15-18.

SILVA, H., J. RODRÍGUEZ, 1996. Physiological disorders of Pomaceae fruit induced by calcium deficiency. An integrated focus on the problem. *Revista Frutícola*, 17(1): 5-17.

SIMON, E. W., 1978. The symptoms of calcium deficiency in plants. *New Phytologist*, 80: 1-15.

SISLER, E., M. SEREK, E. DUPILLE, E. GOREN, 1999. Inhibition of ethylene responses by 1-methylcyclopropene and 3- methylcyclopropene. *Journal Plant Growth Regulation*, 27:105-111.

SKRZYNSKI, J., P. SASS, 1994. The effect of harvest date on apple quality. *Acta Horticulturae*, 368: 566-569.

SMITH, R.M., 1926. Bitter pit in apples: A review of the problem. *Food Inv. Board Spec. Rept.* 28:23.

SMOCK, R.M., 1941. Studies on bitter pit of the apples. Cornell University. *Agr. Expt. Sta. Memoir* 234 p.

- SONG, J., F. BANGERTH, 1993. The effect of calcium infiltration on respiration, ethylene and aroma production of Golden Delicious apple fruits. *Acta Horticulturae*, 326:131-137.
- SORIA, Y., I. RECASENS, M. VENDRELL, 1993. Influencia de tratamientos post-cosecha con OPA, SEMPERFRESH o CACI2 en la producción de etileno en manzanas Granny Smith. *Actas de Horticultura* 9: 678-683.
- STYLIANIDES, D. K., 1981. Preharvest and postharvest treatments to reduce the physiological disorder bitter pitt in Delicious and Winesap apple cultivars. *Epistemonike Epeteris, Geoponike Kai Dasologike Shole, Aristoteleion Panepistemion Thessalonike*; 24:17, 295-308.
- STOW, J., 1989. The involvement of calcium ions in maintenance of apple fruit tissue structure. *Journal of Experimental Botany*, 40(128): 1053-1057.
- STOW, J., 1993. Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 3(1): 1-9.
- SVAGZDYS, S., 1990. Use of calcium fertilizer in apple orchards grown on neutral and alkaline soils. *International Society for Horticultural Science*, 274: 455-459.
- TAGLIAVINI, M., D. SCUDELLARI, B. MARANGONI, A. BASTIANEL, F. FRANZIN, M. ZAMBORLINI, 1992. Leaf mineral composition of apple tree: sampling date and effects of cultivar and rootstock. *Journal Plant Nutrition*, 15(5): 605-619.
- TAKAC, J., 1994. Study of factors affecting apple quality and storability. *Agrochemia Bratislava*, 34: 11-12, 175-178.
- TAKAC, J., H. PESLOVA, 1994. Effect of potassium fertilization on fruit quality. *Agrochemia Hortislava*, 34: 11-12.
- TERBLANCHE, J. H., L. G. WOOLDRIDGE, I. HESEBECK, M. JOUBERT, 1979. The redistribution and immobilisation of calcium in apple trees with special reference to bitter pit. *Physiologia Plantarum*, In press.
- TERBLANCHE, J. H., K. H. GURGEN, I. HESEBECK, 1980. An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control, pp. 309-315. *Mineral nutrition of fruit trees*. Butterworths, London, England.
- TOMALA, K., D. R. DILLEY, 1990. Some factors influencing the calcium level in apple fruits. *Acta Horticulturae*, 274: 481-487.

TOMALA, K., J. TRZAK, P. KOBYLINSKA, P. SASS, 1994. Prognosing storage ability of Gloster apples. *Acta Horticulturae*, 368: 578-585.

TOMALA, K., 1995. Orchard factors increasing calcium content in apples. *Materialy agrolnopskiej konferencji naukowe Nauka Praktyce Ogrrodniczej okazji XXV-lecia Wydzialu Ogrrodniczego Akademii Rolniczej Lublinie*, 935-938.

TOMALA, K., 1997a. Effects of calcium sprays on storage quality of Sampion apples. *Acta Horticulturae*, 448: 59-65.

TOMALA, K., 1997b. Predicting storage ability of Cortland apples. *Acta Horticulturae*, 448: 67-73.

TOMALA, K., J. VAL, L. MONTANES, E. MONGE, 1997. Effects of calcium sprays on storage quality of "Sampion" apples. *Acta Horticulturae*, 448: 59-65.

TRIPATHI, S. N., J. N. BHARGAVA, 1993. Effect of preharvest treatments of fungicides and chemicals on the post-harvest behaviour of Red Delicious apple in air-cooled storage. *Advances in horticulture and forestry*, 3: 77-79.

TROMP, J., J. OELE, 1972. Shoot growth and mineral composition of leaves and fruits of apple as affected by relative air humidity. *Physiologia Plantarum*, 27: 253-58.

TROMP, J., 1975. The effect of temperature on growth and mineral nutrition of fruits of apple with special reference to calcium. *Physiologia Plantarum*, 33: 87-93.

TROMP, J., 1979. The intake curve for calcium into apple fruits under various environmental conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 10: 325-335.

VAGO, I., A. B. KOVACS, P. T. NAGY, 2007. Effects of boron, calcium and magnesium foliar fertilization on apple (*Malus domestica*) yields. *Research Communications*, 35(2): 1261-1264.

VAL, J., V. AZNAR, E. MONGE, A. BLANCO, 1999. Un nuevo método de detección del bitter pit. *Actas del VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*. pp. 188-191.

VAYSSE, P, 1994. Apple quality improving the first calcium content. *Proceedings of the third congress of the European Society for Agronomy, Padova University, Abano-Padova, Italy, 18-22 September 1994*, 624-625.

- VAYSSE, P., P. REYNIER, C. RAYNAL, E. FREIXINO, P. SOING, 2001. Les équilibres d'alimentation et la consevation. Nutrition du pommier. Infos-Ctifl 170: 30-33.
- VENDRELL, M., 1990. Aspectos básicos relacionados con la biosíntesis y acción del etileno. II Simposio Nacional sobre maduración y post-recolección de frutos y hortalizas. 12 pp. Lleida.
- VOLZ, R. K., I. B. FERGUSON, E. W. HEWETT, D. J. WOOLLEY, 1994. Wood age and leaf area influence fruit size and mineral composition of apple fruit. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 69(2): 385-395.
- WATKINS, C. B., J. F. NOCK, B. D. WHITAKER, 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest appliocation of 1- methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. Postharvest Biology and Thechnology, 19:17-32.
- WEIS, S.A., M. DRAKE, W. J. BRAMLAGE, J. H. BAKER, 1980. A sensitive method for measuring changes in calcium concentration in McIntosh apples demonstrated in determining effects of foliar calcium sprays. Journal of the American Society for Horticultural Science, 105:346-349.
- WIENEKE, J., 1979. Calcium transport and its microautoradiographic localization in the tissue. Communications in Soil Science and Plant Analysis, In press.
- WILLS, R. H. H., T. H. LEE, W. B. McGLASSON, E. G. MAY, D. GRAHAM, 1984. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Ed. Acribia, S.A.. Zaragoza.
- WOJCIK, P., A. MIKA, G. CIESLINSKI, 1997. Effect of boron fertilization of apple trees (*Malus Domestica* Borth.) on yield and fruit quality. Acta Agrobotanica, 50: 1-2, 111-124.
- WOJCIK, P., G. CIESLINSKI, A. MIKA, 1999. Apple yield and fruit quality as influenced by boron applications. Journal of Plant Nutrition, 22:1365-1377.
- WOLK, W. D., O. L. LAN, G. H. NEILSEN, B. G. DROUGHT, 1998. Factors and time of sample collection for correlating storage potential of 'McIntosh', 'Spartan' and 'Golden Delicious' apples. Journal of the American Society for Horticultural Science, 123(1): 104-109.
- WU, S.B., X. M. HAN, H. X. CHEN, 1997. Effect of iron deficiency on anatomical structure of apple leaf. Acta Horticulturae Sinica, 24: 2, 115-119.

YIM, Y. J., J. S. CHOI, S. B. KIM, 1989. The effect of CaCl_2 sprays during the drought period on tree and fruit growth and calcium content of apple cultivar Fuji grown in pots. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 30(2):108-115.

ZAVALLONI, C., B. MARANGONI, M. TAGLIAVINI, D. SCUDELLARI, 2001. Dynamics of uptake of calcium, potassium and magnesium into apple fruit in a high-density planting. *Acta Horticulturae*, 564: 113-121.

ZOFFOLI, J.P., 2002. Una novedosa alternativa para prolongar la conservación de frutas. www.fait.puc.cl/extension/agroforuc/Revista%2016/zofoli.pdf

ZUDE, M., A. ALEXANDER, P. LUDDERS, 1997. Influence of summer boron sprays on storability in apple cultivar 'Elstar'. *Erwerbsobstbau*; 39:3, 62-64.

ZYDLIK, Z., E. PACHOLAK, 2000. Effect of fertigation on the concentration of mineral components in the soil and leaves of two apple cultivars. *Pracez Zakresu Nauk Rolniczych*, 89: 235-243.