

EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA  
Y CALCIO FOLIAR EN EL ALMACENAMIENTO  
DE MANZANAS

LUIS EDUARDO GARZA DAVILA

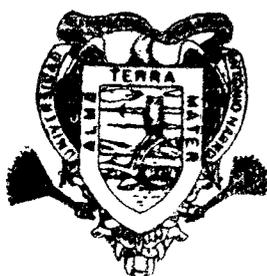
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN HORTICULTURA

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista. Saltillo, Coah.

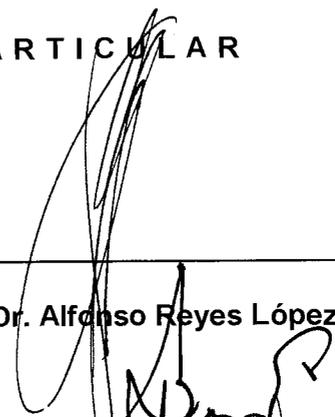
DICIEMBRE DE 1997

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar  
al grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN HORTICULTURA**

**COMITÉ PARTICULAR**

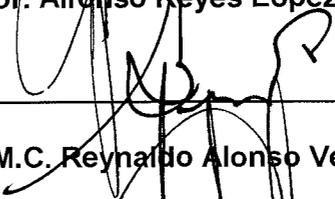
Asesor principal:



---

Dr. Alfonso Reyes López

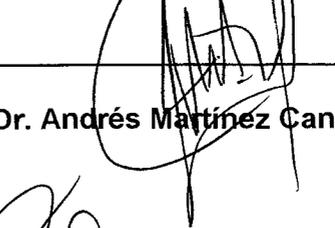
Asesor:



---

M.C. Reynaldo Alonso Velasco

Asesor:



---

Dr. Andrés Martínez Cano



---

Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre, 1997

## **AGRADECIMIENTOS**

**El más sincero agradecimiento a mis asesores: Dr. Alfonso Reyes López, Dr. Andrés Martínez Cano y al M.C. Reynaldo Alonso Velasco, quienes con su amplia experiencia y disposición permanente hicieron posible la planeación, realización y culminación del presente trabajo.**

**Al Ing. Antonio Rumayor, por su apoyo, ya que tuvo la cortesía de facilitar las instalaciones de su cuarto frío para el almacenamiento de los frutos cosechados durante este trabajo de tesis, así como por la aportación de los productos evaluados en el mismo.**

**A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por haberme permitido la culminación académica y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo.**

## DEDICATORIA

***A mi esposa:***

**Sindy Nohemí Nava de Garza**

Por su amor, paciencia, cariño y apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida.

***A mis padres:***

**Gilberto Garza Valdés  
y  
María del Refugio Dávila de Garza**

Quienes con su ejemplo han llevado mi vida por el buen camino y por impulsar mi superación en todo momento.

***A mis hermanos:***

**Gilberto  
Gisela  
Enrique**

Por el apoyo y cariño que siempre me han brindado y por estar presentes en mi vida.

***A mis compañeros:***

Con quienes tuve la oportunidad de compartir momentos muy valiosos a través del tiempo transcurrido en esta Universidad.

# COMPENDIO

**Efecto de la Fertilización Nitrogenada y Calcio Foliar  
en el Almacenamiento de Manzanas**

**POR**

**LUIS EDUARDO GARZA DÁVILA**

**MAESTRÍA**

**HORTICULTURA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1997.**

**Dr. Alfonso Reyes López - Asesor -**

**Palabras clave:** Fertilización nitrogenada, Calcio foliar, Crecimiento vegetativo, Firmeza, Rendimiento.

El objetivo de este estudio fue mejorar la calidad de las manzanas mediante aplicaciones foliares de calcio durante el período de crecimiento del fruto, encontrar la interacción del efecto del nitrógeno en la concentración de calcio en los frutos y determinar la influencia del calcio en la capacidad de la conservación de la fruta durante períodos de refrigeración mayores a los convencionales. Se estableció el presente trabajo en el Rancho El Segurito en la Sierra de Arteaga, Coahuila durante el

ciclo 1995 bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con 12 tratamientos y 15 repeticiones.

El factor A fue nitrógeno al suelo y el factor B fueron las diferentes fuentes de calcio. Además se agregó un tratamiento que consistió en 70 unidades de nitrógeno al suelo, cuatro aplicaciones del producto Carboxy-Ca y las últimas dos aplicaciones de Packard.

Las variables evaluadas fueron: crecimiento vegetativo, rendimiento, firmeza, sólidos solubles totales y por ciento de pérdida de peso. Los resultados muestran diferencias altamente significativas para crecimiento vegetativo en los dos factores, mientras que para la interacción dosis de nitrógeno x fuente de calcio no hubo significancia. La mejor dosis de nitrógeno fue 70 unidades de nitrógeno (UN) con 33.96 cm, en tanto que para fuente de calcio el mayor crecimiento se presentó con la aplicación de Carboxy-Ca con 36.08 cm, alcanzando el testigo un crecimiento de sólo 26.86 cm.

El mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de 70 UN y aplicación de Packard registrando 16.04 ton/ha, en tanto que los menores rendimientos se registraron en los tratamientos testigos (T4, T8 y T12), con 14.73 ton/ha.

En cuanto a firmeza, el mayor valor se registró con la dosis de 140 UN durante el primer muestreo (el día de la cosecha) con un valor de 18.67 lb/pulg<sup>2</sup>, misma que fue decreciendo con el paso del tiempo hasta alcanzar en el cuarto muestreo, a los 118 días después de la cosecha, registrando el menor valor con la misma dosis,

siendo éste de 13.74 lb/pulg<sup>2</sup>. Para el factor fuentes de calcio, se observó la misma tendencia, los mayores valores se registraron en el primer muestreo con la aplicación de Carboxy-Ca (18.81 lb/pulg<sup>2</sup>), mientras que la menor firmeza fue en el cuarto muestreo con la misma aplicación (14.57 lb/pulg<sup>2</sup>), mientras que los testigos registraron la menor firmeza en el cuarto muestreo con 11.83 lb/pulg<sup>2</sup>.

Para sólidos solubles totales, el mayor valor registrado para dosis de nitrógeno fue en el segundo muestreo con 18.44 °Brix en la dosis de 70 UN, mientras que para el factor fuentes de calcio, el mayor valor registrado fue también en el segundo muestreo y con la aplicación de Carboxy-Ca, alcanzando un valor de 18.30 °Brix.

En cuanto al porcentaje de pérdida de peso, para el factor dosis de nitrógeno, el mejor tratamiento fue 70 UN con un valor de 90.08 por ciento, mientras que para el factor fuentes de calcio el mejor tratamiento fue el Packard con 89.80 por ciento.

**Effect of Nitrogenus Fertilizer and Foliar Calcium  
in Apples Storage**

**FOR**

**LUIS EDUARDO GARZA DAVILA**

**MASTER OF SCIENCE**

**HORTICULTURE**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 1997.**

**Dr. Alfonso Reyes López - Advisor -**

**Key words:** Nitrogenus fertilizer, Foliar calcium, Vegetative growth, Firmness, Yield.

The objective of this study was to improve the apples quality with foliar calcium spays during fruit growth, to find the interaction of the nitrogenus effect in calcium concentration in fruits, and to determine the influence of calcium in prolonging storage life of fruits during air-coolong. The present study was carried in the Segurito Ranch in Arteaga Mountain during 1995 using a randomized block with divided plots with 12 treatments and 15 repetitions.

The factor A was soil nitrogen, and the factor B were the different calcium sources. Also incorporated a treatment with 70 nitrogen units to soil, four Carboxy-Ca applications and the last two applications of Packard.

The evaluated variables were: vegetative growth, yield, firmness, total soluble solids and weight loss per cent. The results show higher significant differences for vegetative growth in two factors, while for the interaction nitrogen doses x sources of calcium were no significant. The best dose was 70 nitrogen units (NU) with 33.96 cm, and the higher growth for calcium source was Carboxy-Ca application with 36.08 cm, the control only registered 26.86 cm.

The best yield was with treatment 70 NU plus Packard application with a yield of 16.04 ton/ha, while the smaller yield was with the control, (T4, T8 y T12), that registered 14.73 ton/ha.

As for firmness, the best value was registered with 140 NU during the first sampling (harvest day) with 18.67 lb/pulg<sup>2</sup>, it was decreasing with the time, and in the fourth sampling, 118 días after the harvest, registered the smaller value with the same dose, 13.74 lb/pulg<sup>2</sup>. For calcium sources, the highest values were in the first sampling with Carboxy-Ca applications (18.81 lb/pulg<sup>2</sup>), and the firmness smaller was in the fourth sampling with the same application (14.57 lb/pulg<sup>2</sup>), the control registered in the fourth sampling only 11.83 lb/pulg<sup>2</sup>.

For total soluble solids, the highest value for nitrogenus was in the second sampling with 18.44 °Brix with treatment 70 NU, while for calcium sources, the highest value was also in the second sampling plus Carboxy-Ca application, with 18.30 °Brix.

Weight loss per cent for the nitrogenus doses factor, the best treatment was 70 NU with a value of 90.08 per cent, for the calcium sources factor, the best treatment was Packard application with 89.80 per cent of weight loss.

Firmeza.....	35
Sólidos Solubles Totales.....	35
Vida de Anaquel del Fruto.....	35
RESULTADOS.....	36
Crecimiento Vegetativo.....	36
Rendimiento.....	37
Firmeza.....	39
Primer Muestreo (8 de Septiembre de 1995).....	39
Segundo Muestreo (21 de Diciembre de 1995).....	40
Tercer Muestreo (28 de Diciembre de 1995).....	42
Cuarto Muestreo (4 de Enero de 1996).....	44
Sólidos Solubles Totales.....	46
Primer Muestreo (8 de Septiembre de 1995).....	46
Segundo Muestreo (21 de Diciembre de 1995).....	48
Tercer Muestreo (28 de Diciembre de 1995).....	50
Cuarto Muestreo (4 de Enero de 1996).....	53
Por Ciento de Pérdida de Peso.....	53
DISCUSIÓN.....	58
Crecimiento Vegetativo.....	58
Rendimiento.....	59
Firmeza del Fruto.....	59
Sólidos Solubles Totales.....	64
Por Ciento de Pérdida de Peso.....	65
CONCLUSIONES.....	67
RESUMEN.....	69
LITERATURA CITADA.....	72

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades.....	4
Efecto de la Fertilización Nitrogenada en la Disponibilidad de Calcio.....	6
Deficiencia de Calcio en Manzano.....	9
Desórdenes Fisiológicos del Fruto Relacionados con la Deficiencia de Calcio.....	13
Distribución del Calcio en el Fruto.....	21
Participación del Calcio en la Estructura Celular.....	22
Efecto del Calcio en Postcosecha.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Localización del Sitio Experimental.....	30
Material Vegetativo.....	31
Material Químico Experimental.....	31
Diseño Experimental .....	32
Tratamientos.....	32
Establecimiento del Experimento.....	33
Variables Evaluadas.....	34
Crecimiento Vegetativo.....	34
Rendimiento.....	35

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
4.1 Representación de las medias de crecimiento vegetativo de los factores y la interacción .....	37
4.2 Representación de las medias de rendimiento de los factores y la interacción .....	38
4.3 Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el primer muestreo .....	40
4.4 Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el segundo muestreo .....	41
4.5 Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el tercer muestreo .....	42
4.6 Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el cuarto muestreo .....	44
4.7 Representación de las medias de sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el primer muestreo .....	46
4.8 Representación de las medias de sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el segundo muestreo .....	48
4.9 Representación de las medias de sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el tercer muestreo .....	51
4.10 Representación de las medias de sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el cuarto muestreo .....	53
4.11 Representación de las medias de por ciento de pérdida de peso de los factores y de la interacción .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
4.1 Medias de crecimiento vegetativo para el factor dosis de nitrógeno.....	37
4.2 Medias de crecimiento vegetativo para el factor fuente de calcio.....	37
4.3 Representación de las medias de rendimiento de los tratamientos, agregando el tratamiento 13.....	38
4.4 Medias de firmeza del primer muestreo para el factor dosis de nitrógeno.....	40
4.5 Medias de firmeza del primer muestreo para el factor fuentes de calcio.....	40
4.6 Representación de las medias de firmeza de los tratamientos en el segundo muestreo, agregando la media del tratamiento 13.....	41
4.7 Medias de firmeza del factor fuente de calcio para el tercer muestreo.....	43
4.8 Representación de las medias de firmeza de los tratamientos en el tercer muestreo, agregando el tratamiento 13.....	43
4.9 Medias de firmeza del factor fuentes de calcio para el cuarto muestreo.....	45
4.10 Relación Ca/N en la firmeza de los frutos evaluados en cada uno de los muestreos realizados en las diferentes dosis de nitrógeno.....	45
4.11 Representación de las medias de los sólidos solubles totales de los tratamientos en el primer muestreo, agregando el tratamiento 13.....	47
4.12 Medias de sólidos solubles totales del segundo muestreo para el factor dosis de nitrógeno.....	49

4.13	Representación de las medias de sólidos solubles totales de los tratamientos en el segundo muestreo, agregando el tratamiento 13.....	50
4.14	Representación de las medias de sólidos solubles totales de los tratamientos en el tercer muestreo, agregando el tratamiento 13.....	52
4.15	Medias de sólidos solubles totales del factor fuente de calcio para el cuarto muestreo.....	54
4.16	Medias de pérdidas de peso para el factor dosis de nitrógeno.....	56
4.17	Medias de pérdidas de peso para el factor fuente de calcio.	56
4.18	Representación de las medias de pérdida de peso de los tratamientos, agregando el tratamiento 13.....	57
4.19	Firmeza del fruto en los diferentes tratamientos. Se omiten los tratamientos 4 y 8 por ser iguales al tratamiento 12.....	63
4.20	Contenido de Sólidos Solubles Totales (°Brix) en los tratamientos evaluados. Se omiten los tratamientos 4 y 8 por ser iguales al tratamiento 12.....	65

# INTRODUCCIÓN

México es un país que cuenta con grandes recursos geográficos y climáticos, los cuales permiten desarrollar exitosamente un gran número de especies frutales de clima templado, siendo a su vez, la explotación de estas especies una actividad altamente redituable.

El cultivo del manzano en México ocupa un lugar preponderante, ya que actualmente existen 66,000 ha plantadas, con un potencial que rebasa las 450,000 toneladas de manzana (Confederación Nacional de Fruticultores, 1990).

La demanda actual no es satisfecha por la producción nacional en el mercado fresco y esta situación ha propiciado un descuido en la calidad del producto, por lo que es necesario que en las zonas manzaneras de México se ponga énfasis en mejorar la calidad de la fruta obtenida y adecuar la producción, selección y empaque a las normas internacionales; por esta razón es importante que el manejo de los huertos se mejore de manera sustancial haciendo uso adecuado de los nutrimentos que incrementan la calidad de los frutos, entre los que, el calcio y el nitrógeno juegan un papel importante en ese aspecto, ya que sus deficiencias y excesos provocan que la manzana madure temprano, afectan la coloración del fruto, y pueden ocasionar que la manzana se deteriore más rápido en postcosecha, así como una serie de desórdenes fisiológicos en el fruto.

El almacenamiento de manzana ha llegado a ser cada vez más caro al aumentar los costos de construcción y electricidad, por lo que es importante que durante la conservación del fruto las pérdidas sean minimizadas para que el fruto emerja en buenas condiciones y mantenga una razonable vida de anaquel.

Lo anterior adquiere relevancia si se considera que el grueso de la producción del país se comercializa de septiembre a abril con un porcentaje muy bajo durante los últimos meses, por lo que posteriormente se recurre a la importación de manzana, a lo que se añade el hecho de que el 32 por ciento de la producción es para uso industrial, es decir aquella fruta que no reúne las características para su comercialización en fresco y/o refrigeración.

Se estima que pueden existir pérdidas durante el período de almacenamiento hasta de un 25 por ciento, siendo una de las causas el estado de madurez irregular del fruto, puesto que en la mayoría de los casos no se sigue un criterio para almacenar la manzana, el cual es fuertemente condicionado por la oportunidad de comercialización (Gardea, 1980).

Por lo consiguiente, existe la necesidad de producir fruta de excelente calidad con capacidad de conservación más allá de los períodos convencionales de refrigeración (que va de cuatro a seis meses en la Sierra de Arteaga), aspecto en el que están involucrados factores nutricionales, así como los procesos de maduración en pre y postcosecha, eventos en los que intervienen indistintamente el calcio y el nitrógeno como nutrientes estrechamente relacionados con la calidad y componentes específicos de la maduración del fruto.

Debido a lo anterior se plantea el presente trabajo, con el fin de evaluar la interacción del nitrógeno con el calcio en el cultivo del manzano, para mejorar la calidad de la fruta y mantenerla durante el almacenamiento. Por lo que el estudio contempla tratamientos de calcio a la parte aérea durante el desarrollo del fruto y fertilización al suelo de nitrógeno a intervalos definidos para evaluar la pérdida de atributos de calidad en los frutos.

### **Objetivos**

- ◆ Mejorar la calidad de la manzana mediante aplicaciones foliares de calcio durante el período de crecimiento del fruto.
- ◆ Encontrar la interacción del efecto del nitrógeno en la concentración de calcio en los frutos.
- ◆ Determinar la influencia del calcio en la capacidad de conservación de la fruta más allá de los períodos convencionales de refrigeración.

### **Hipótesis**

Las aplicaciones al suelo de nitrógeno y foliares de calcio durante el crecimiento de la manzana, influyen en la firmeza del fruto para prolongar su período de almacenamiento bajo sistemas convencionales de refrigeración en cuarto frío.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Generalidades

El manzano, es una planta de la familia de las Rosáceas, ha sido clasificado junto con el peral, membrillo y otras especies menos conocidas dentro de la subfamilia Pomoideae.

La nomenclatura del manzano ha sufrido varios cambios desde que Lineo la clasificó como *Pyrus malus*. Los taxónomos han cambiado el nombre a *Malus sylvestris* Mill, *Malus pumila* Mill y *Malus domestica* Bork en el pasado. En la actualidad, es generalmente clasificado como *Malus domestica* Bork aún cuando muchos cultivares comunes aparentemente se originaron como híbridos interespecíficos involucrando *M. pumila* nativa del suroeste de Asia, *M. sylvestris* nativo de Europa y así como otras especies (Ryugo, 1988).

El árbol de manzano (*Malus domestica* Borkh) es un perenne deciduo longevo adaptado a las zonas templadas, éste es sólo moderadamente vegetativo con la extensión del meristemo terminal ocurriendo durante la primera parte de la estación de crecimiento. Los árboles maduros en producción renuevan su madera durante un período de seis a ocho semanas después de que las yemas terminales han

comenzado a crecer. Las terminales de los árboles jóvenes es un estado de alto vigor pueden continuar el crecimiento por 10 a 12 semanas (Boynton y Oberly, 1966).

Los manzanos, son árboles de no mucho porte, con raíces superficiales y muy extendidas; tronco de altura variable, que soporta una capa globosa. Ramas de corteza gris oscura, lisa, con numerosas escamas, que con el tiempo se arrugan sin hundirse. Las hojas son caducas, sencillas, alternas, enteras y dentadas, vellosas al principio de la brotación, con peciolo corto, provisto de estípulas. Flores en corimbo terminal acompañado de hojas, con cáliz y corola de cinco elementos, ésta última de color blanco-rosado, algo olorosas, provistas de 15 a 20 estambres y cinco estilos soldados en su base (Soroa y Pineda, 1968).

Las manzanas son frutos cuya porción principal está formada por tejidos diferentes al ovario; el fruto verdadero son las paredes y lóculos del corazón y la porción carnosa es un receptáculo y el cáliz engrosados que rodean al corazón (Fuller y Ritchie, 1982). El tamaño del fruto está influenciado por el número de semillas que este contenga, (Dennis, 1986), y para que alcance un tamaño máximo en algunas variedades como Red Delicious, se requieren ocho semillas (Williams, 1977).

El manzano Delicious, se originó de un vástago de un árbol de semilla de la variedad Bellflower, cuyo fruto es atractivo, de buena calidad, de una longitud peculiar que terminaba en cinco puntas (Eaton, 1990). De ahí a la fecha, se han obtenido un gran número de variedades mediante el mejoramiento genético y la obtención de mutaciones en poblaciones de árboles Delicious, con frutos de características que varían en intensidad de color, tamaño y forma.

## Efecto de la Fertilización Nitrogenada en la Disponibilidad de Calcio

Olsen et. al. (1967) señalan que el nivel de fertilización nitrogenada afecta el color y la calidad del fruto en muchos cultivares de manzano.

Westwood (1982), encontró que la fertilización nitrogenada exclusivamente resultó en frutos de manzano con pocas y grandes células los cuales estuvieron predispuestos a desórdenes de almacenamiento. Shear (1971), señala que la fertilización nitrogenada exclusiva a altas concentraciones puede acentuar la deficiencia de calcio en árboles de manzano.

✓ Stiles (1987), indica que un aumento en la concentración de la fertilización nitrogenada resulta en un incremento en el tamaño del fruto, retardo y/o reducción del desarrollo de color y una pérdida asociada de la firmeza de la pulpa.

✓ Lo anterior coincide con Soto (1986), en el sentido de que a mayor crecimiento del fruto, ocurre mayor pérdida de firmeza acumulada y que por medio de ésta se puede predecir el comportamiento del fruto en postcosecha.

En árboles de manzano, los síntomas de deficiencia de calcio bajo condiciones de campo aparecieron en hojas con un nivel bajo y el más alto nivel de nitrógeno como  $\text{NO}_3^-$ , éstos se desarrollaron ligeramente más tarde en árboles que recibieron el más alto nivel de nitrógeno como  $\frac{3}{4} \text{NH}_4^+$  más  $\frac{1}{4} \text{NO}_3^-$  (Shear, 1971).

Shear (1972) encontró que con nitrógeno como  $\text{NO}_3^-$  el calcio del fruto se incrementó más rápidamente en proporción al calcio foliar que con  $\frac{3}{4}$  del nitrógeno proporcionado como  $\text{NH}_4^+$ , resumiendo que para asegurar el control comercial de la mancha corchosa en manzana "York Imperial", el calcio de la pulpa debe estar arriba de 200 ppm de peso seco por lo que el calcio foliar a fines de agosto debe estar por encima de 1.9 por ciento de peso seco para alcanzar aquel nivel en el fruto.

Altos niveles de nitrógeno incrementan la respiración (Faust y Shear, 1972), aunque alto calcio contrarresta ese efecto del nitrógeno y conserva la respiración a un nivel bajo. Reportaron además que el fruto de los árboles con alto nitrógeno tuvieron una respiración más alta a través de toda la estación de crecimiento y maduraron varios días antes que el fruto de otros tratamientos, además, encontró que el fósforo puede contrarrestar el incremento en la respiración causada por el nitrógeno, ya que los fosfolípidos son una parte integral de la membrana celular, en tanto que el calcio interactúa con ellos.

Cuando el nitrógeno se abasteció como amonio, la respiración fue más alta que cuando se utilizó nitrógeno como nitrato, el calcio contrarrestó el incremento de la respiración inducida por el N-amonio, la concentración<sup>i</sup> de calcio del fruto de los árboles tratados con  $\text{NH}_4^+$  fue más baja que aquel de los árboles que recibieron el mismo nivel de N como  $\text{NO}_3^-$ .

Shear y Faust (1970) recomiendan el uso de urea si el N es aplicado previo a floración hasta la caída de junio a causa de que no se reduce la absorción de calcio.

Faust y Shear (1972) indican que si el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  es usado deberá ser aplicado lo suficientemente temprano para la conversión de amonio a nitrato antes de floración.

Lord et. al. (1981), observaron que las aplicaciones de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  incrementaron la acidez del suelo en comparación con las aplicaciones de  $\text{KNO}_3$  o  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , disminuyendo los niveles de calcio del suelo pero no se incrementaron por  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , los árboles fueron fertilizados un mes antes de floración o en floración. El tiempo de aplicación o fuente de N no tuvo influencia en el crecimiento del árbol, nutrición foliar, rendimiento, niveles de calcio del fruto y desórdenes fisiológicos después de almacenamiento.

Los desórdenes de manzanas y peras están asociados con bajas concentraciones de calcio en el fruto y altas proporciones de nitrógeno-calcio, influyendo también el vigor del árbol con la presencia de estos desórdenes, ya que éste incrementa la relación hoja-fruto, lo que ocasiona bajo contenido de calcio en el fruto puesto que las hojas y los nuevos crecimientos son más competitivos para el calcio disponible que el fruto en desarrollo (Rease, 1989).

El nitrógeno aplicado a finales de verano o principios de otoño, incrementa el nivel de calcio en los frutos la siguiente estación (Tromp, 1975). Larga vida de almacenamiento, generalmente está asociada con bajos niveles de nitrógeno en el fruto.

## Deficiencia de Calcio en Manzano

La deficiencia de calcio ha sido conocida durante casi un siglo, Soto (1986) considera que las manzanas firmes tenían mayor contenido de calcio lo cual fue comprobado posteriormente por Wilkinson y Fidler en 1973 en el sentido de que las manzanas grandes tuvieron baja concentración de calcio, considerando que el tamaño influye en la firmeza del fruto.

En árboles de manzano los síntomas foliares más tempranos son clorosis y curvado hacia arriba de las hojas más jóvenes seguido por necrosis marginal. Las hojas completamente expandidas pueden desarrollar en sus partes superiores manchas cloróticas y pústulas las cuales más tarde llegan a ser necróticas, bajo condiciones severas cinco ó seis de las hojas más jóvenes llegan a ser completamente cloróticas y el crecimiento se detiene, los márgenes de las hojas más viejas afectadas pueden llegar a ser necróticos y rotos. (Shear, 1971; Shear y Faust, 1980).

El crecimiento radicular puede ser fuertemente inhibido y el crecimiento del brote cesar, las raíces son abultadas en apariencia y de color amarillo pálido, bajo condiciones severas el sistema radicular llega a ser de color café oscuro y muere (Boynton y Oberly, 1966; Soderlund y Hanger, 1980). La pérdida de vigor por los árboles viejos y el fracaso de los árboles jóvenes para vivir y crecer puede algunas veces ser debido a los efectos de la deficiencia de calcio en restringir el crecimiento radicular.

El síntoma más temprano en el fruto es un color amarillo ámbar de la piel difundido en la superficie expuesta, las lenticelas llegan a ser prominentes tornándose café y desarrollan un halo de color café a negro; En frutos de hueso y manzanas ocurre un agrietamiento inmediatamente después de períodos de abundante lluvia y/o alta humedad relativa; las grietas pueden difundirse desde el cáliz y en casos extremos envolver al fruto el cual muy pronto se cae.

El fruto deficiente en calcio también es más susceptible a quemadura de sol, los síntomas del fruto ocurren a niveles de nutrición de calcio arriba de aquellos en los cuales los síntomas foliares ocurren; alto N agrava el desarrollo de los síntomas tanto en hojas como en frutos. (Shear 1971).

Aún cuando el estatus de calcio del frutos no está correlacionado con el estatus de calcio del árbol, éstos son relacionados cuando se estudian bajo condiciones que proporcionan un amplio rango de niveles del nutriente y se considera que el nivel de calcio foliar requerido para minimizar los problemas relacionados con bajo calcio en manzano están en el rango de 1.9 a 2.0 por ciento (Stiles, 1987).

La deficiencia de calcio está asociada con la ocurrencia de algunos de los más serios desórdenes de manzanas en el mundo como es la mancha amarga (Faust y Shear, 1972; Shear, 1972), mancha corchosa (Faust y Shear, 1972; Shear, 1971), colapso interno (Bangerth et. al., 1972; Faust y Shear, 1972; Perring, 1986), colapso de las lenticelas (Shear, 1971), corazón de agua (Bangerth et. al., 1972; Faust y Shear, 1972; Ferguson y Watkins, 1989; Marlow y Loescher, 1984) y mancha Jonathan (Bangerth et. al., 1972), corazón café en McIntosh (Kramer et. al., 1991),

colapso senescente (Bangerth et. al., 1972; Mason, 1971; Mason et al, 1974; Mason y Dougald, 1974), colapso por bajas temperaturas (Shear y Faust, 1980) algunos de los cuales están asociados con alta velocidad de respiración o sobremadurez del fruto; todos son disminuidos en severidad si el calcio está presente en cantidades suficientemente altas.

Los frutos son muy bajos en calcio para mantener alta calidad en períodos largos de almacenamiento, si son producidos en árboles muy jóvenes creciendo sobre patrones enanizantes o con crecimiento vegetativo excesivamente vigoroso, bajo estrés de humedad o si hay frutos grandes con una cosecha ligera (Weis et al , 1980).

Raese (1989) observó que en manzanas Golden Delicious la mancha amarga esta asociada claramente con una deficiencia de calcio y un desbalance de éste con otros elementos principalmente N, P, Mg y B; Lewis y Martin (1973) indican que la mancha amarga puede provenir de una deficiencia localizada de calcio y que las aspersiones de sales de calcio pero no las aplicaciones al suelo proporcionan calcio extra en la parte del fruto donde es requerido para prevenir el desarrollo de la lesión.

La nutrición con calcio es complicada por el hecho de que es más necesario en el fruto. Por consiguiente, el elemento no únicamente necesita ser absorbido por el árbol, sino que también debe ser transportado al fruto. La demanda del fruto por calcio no es reflejada en absorción del elemento por el árbol (Ferguson y Watkins, 1989).

Se considera que los factores que controlan la disponibilidad, asimilación y traslocación del calcio son probablemente los menos entendidos. Por ser una deficiencia fisiológica, su ocurrencia es ampliamente determinada por las condiciones ambientales que se presentan durante el desarrollo del fruto, así como prácticas de manejo (Raese, 1989).

El mismo autor indica que estrés por calor o temperaturas arriba de lo normal durante la estación de desarrollo del fruto pueden influenciar la disponibilidad del elemento por el fruto y la ocurrencia de desórdenes fisiológicos.

Stahly y Benson (1976) trabajando con árboles cubiertos registraron que el calcio en el fruto fue más bajo como consecuencia de las altas temperaturas, que aquellos árboles que crecieron a temperatura ambiente, encontrando que esta pérdida ocurrió a principios de la estación. Tromp (1975) en un experimento en manzano Golden Delicious, cuando la temperatura fue elevada siete semanas después de floración resultó en una caída temporal de calcio; si la misma temperatura se aplicó cuatro semanas más temprano, el calcio continuó su incremento.

El calcio es quizás el elemento más importante en la calidad del fruto, especialmente en manzanas y peras ya que estos frutos son almacenados por largo período de tiempo y el efecto de este elemento en la calidad de conservación no puede ser sustituido por otros factores (Faust, 1989).

Miller (1989), indica que la deficiencia de calcio es un problema mundial, aparte de los desórdenes fisiológicos de la mancha corchosa, mancha amarga y

colapso senescente, también provoca que las manzanas maduren temprano, incrementa la caída de precosecha y puede ocasionar que la manzana se deteriore más rápido en postcosecha, además, se pueden incrementar problemas como la escaldadura y pudrición.

El calcio también es importante en otros frutos porque su efecto en general es el de retrasar su maduración. Frutos con alto nivel de este elemento pueden ser transportados mejor y permanecer en buenas condiciones por mayor tiempo (Faust, 1989).

#### **Desórdenes Fisiológicos del Fruto Relacionados con la Deficiencia de Calcio.**

Algunos desórdenes de manzanas como mancha amarga, están estrechamente asociados con bajas concentraciones de calcio en la corteza del fruto. (Faust et al 1968; Shear y Faust, 1975; Himelrick e Ingle, 1981) y a altos coeficientes de N (Raese, 1989), y a menudo se desarrolla también en la mitad del cáliz de la manzana (Shear y Faust, 1975).

La deficiencia de calcio está asociada con la ocurrencia de la mayoría de los desórdenes fisiológicos en manzanas en todo el mundo (Shear, 1975), por lo que el calcio es importante para controlar desórdenes del fruto en manzanos y perales (Raese, 1989). En manzanas, ayuda a prevenir manchas en lenticelas, mancha amarga y otros desórdenes (Warner, 1991).

La nutrición con nitrógeno y calcio influyen la calidad de las pomáceas en diversas maneras. Muchos desórdenes fisiológicos en manzanas y peras están relacionados al estado nutricional con nitrógeno y calcio.

Las peras con excesivo nitrógeno e insuficiente calcio están propensas a mancha corchosa. En manzanas el alto nivel de nitrógeno está asociado al ataque de patógenos en almacén. (Sugar et al, 1992).

Los desórdenes relacionados con calcio, resultan primeramente de una inadecuada traslocación de éste al fruto debido a la absorción limitada por la raíz (Himerlrick y McDuffie, 1983), así como la descomposición de células debido a su inhabilidad para mantener una adecuada síntesis de proteínas. (Shear y Faust, 1975).

Mancha amarga (bitter pit).- El reconocimiento de la mancha amarga como un desorden fisiológico data de 1890s. Su presencia es determinada principalmente por el estado mineral del fruto, factores de la huerta que influyen en el desarrollo del fruto y su madurez a cosecha y a condiciones en postcosecha. La mayor relación entre los nutrientes y su incidencia, es respecto al contenido de calcio en el fruto o en sus diferentes partes (Ferguson y Watkins, 1989).

La mancha amarga del manzano es un desorden fisiológico atribuido a deficiencias de calcio, que ocasionan un reblandecimiento de la pared celular y la consecuente salida del contenido citoplasmático, que se oxidan y provocan una pudrición seca, en forma de manchas cónicas en el fruto (Drake et al, 1974).

Las causas que originan la mancha amarga en manzanos son complejas y se considera como un desorden nutricional resultante de un desbalance de minerales esenciales. Una hipótesis es que durante el metabolismo normal de la planta, los ácidos orgánicos son formados y éstos son usualmente suministrados a través de las raíces y traslocado a todas las partes de la planta incluyendo los frutos. Eventualmente, las células afectadas se mueren y se tornan de color café. Otra hipótesis sugiere que la redistribución rápida del calcio al tejido del corazón del fruto, resulta en una deficiencia localizada y consecuentemente, muerte de la célula (Snowdon, 1990).

Una tercera hipótesis sugiere que los niveles de calcio apoplástico deben ser críticamente bajos durante el desarrollo de la mancha amarga, lo cual reduce la disposición del calcio para las necesidades intracelulares, así como la disponibilidad para las membranas y paredes celulares (Ferguson y Drobak, 1988).

Factores que influyen el desarrollo de la mancha amarga son: variedad, edad y vigor del árbol, amarre, tamaño y acarreo del fruto. (Moller y Micke, 1975).

Las manzanas afectadas por mancha amarga se desarrollan pequeñas con puntos localizados abajo de la epidermis en el tejido cortical del fruto durante el almacenamiento. (Harker y Venis, 1991).

La evidencia de la relación entre el calcio y la mancha amarga es de dos maneras: a).-La incidencia de los puntos está relacionando a un estado de bajo calcio en el fruto y, b).- Los tratamientos al fruto por medio de aspersiones en precosecha e

semanas durante la estación de crecimiento. Los resultados indican que los tratamientos por inmersión son más efectivos para reducir la mancha externa que la interna y que la efectividad de las aplicaciones de calcio durante la estación de crecimiento es superior a la del tratamiento en postcosecha en la prevención de la mancha amarga (Hewett y Watkins, 1991).

El éxito en el tratamiento de manzanas que presentan mancha amarga a base de sales de calcio, depende de la penetración del  $\text{Ca}^{2+}$  en la epidermis y su traslocación en el fruto. Con adición de armoblen T25 y Tween 20 se incrementó el nivel del transporte. Como la cutícula no contiene ninguna hendidura o lenticelas funcionales; estos resultados sugieren que los surfactantes incrementan el transporte de  $\text{Ca}^{2+}$  por alterar la permeabilidad de la cutícula como un resultado de acceso directo a la matriz polisacárida (Harker y Ferguson, 1991).

Colapso senescente (senescent breakdown).- El colapso senescente de manzanas es un desorden asociado con la sobremaduración, el cual es progresivo y se desarrolla bajo temperaturas altas después que el fruto ha sido removido del almacén. Este desorden ocurre en sitios del fruto donde las concentraciones de calcio son bajas y su daño no es catastrófico ya que solo parte de la cosecha se ve dañado (Wilkinson y Fidler, 1973).

Este desorden ocurre en todas las variedades de manzana, variando entre ellas la susceptibilidad. Eventualmente, ocurre en frutos que son almacenados por períodos largos (Hewett, 1984).

Las manzanas con bajo contenido de calcio están predispuestas a este desorden. Los síntomas se agravan por una humedad relativa de almacenaje arriba de 90 por ciento y su desarrollo se acelera cuando el fruto es removido del almacenaje frío (Snowdon, 1990).

En una población de manzanas McIntosh provenientes de 50 huertos comerciales, el porcentaje de frutos que desarrollaron un colapso senescente, un desorden por deficiencia de calcio decreció linealmente cuando el número de semillas por fruto se incrementó, por lo que es probable que el número de semillas sea un factor que contribuye a la deficiencia de calcio en manzanas (Bramlage et al, 1990).

Corazón de agua (Water core).- Otro desorden nutricional es el corazón de agua, el cual lo origina la inadecuada nutrición de los árboles, especialmente en lo que respecta al calcio y la presencia de días calientes alternados con noches frías (Snowdon, 1990).

El corazón de agua, es un desorden que está generalmente asociado con un abultamiento vascular en frutos de manzana, por lo tanto, la mayor traslocación de carbohidratos no pueden entrar en las células, estos permanecen en los espacios intercelulares donde promueve alta retención de agua (Marlow y Loescher, 1984). Como consecuencia este desorden aparece como una área traslúcida empapada con agua (Wang y Faust, 1992a).

Usualmente ocurre en un estado avanzado de (Wang y Faust, 1992a), encontrando que las manzanas afectadas tienen una alta concentración de etileno interno y alto nivel de evolución de éste en frutos enteros (Wang y Faust, 1992a).

Las manzanas afectadas contienen altas cantidades de glicolípidos, fosfolípidos y esteroides. Los aspectos metabólicos incluyen un elevado contenido de agua, disminución reductora de azúcares y pectina solubles, incrementando productos anaeróbicos y más alto contenido de sorbitol que un tejido normal (Wang y Faust, 1992b).

La composición de lípidos en manzanas fue dominada por galacto y fosfolípido en los tejidos de la cáscara y la pulpa. En la cáscara, el mayor galactolípido encontrado fue el digalactosil digliceraldehído. El tejido con corazón de agua contiene más galacto y fosfolípido que el tejido normal (Wang y Faust, 1992b).

El alto contenido de etileno en frutos afectados por corazón de agua puede ser un resultado del estrés causado por la alta concentración de sorbitol conocido también como sorbosa (Lehninger, 1991; Wang y Faust, 1992b).

Corazón café (brown core).- En manzanas Liberty se observó que el desarrollo de corazón café en el almacenamiento tuvo relación con temperaturas mayores a 3.1°C (Autio y Constante, 1992).

Enfermedades.- La concentración de calcio fue correlacionada negativamente con el daño causado por tres hongos patógenos en tres años de estudio, sin embargo

el calcio redujo con más efectividad el daño en frutos inoculados con *Glomerella cingulata* (70 por ciento), que en frutos inoculados con *Penicillium expansum* (37 por ciento) o *Botritis cinerea* (50 por ciento) (Conway et al, 1991).

La efectividad para reducir el daño por *Penicillium expansum* en manzanas, es mayor cuando se incrementa la concentración de  $\text{CaCl}_2$  en la solución (Conway, 1982).

- La pudrición de peras en almacenamiento se reduce con aplicaciones de calcio, ya que éste ayuda a fortalecer las paredes celulares del fruto, haciéndolo más resistente a la pudrición; mientras que con aplicaciones tempranas de nitrógeno la pudrición se incrementa (Warner, 1992).

Al combinar tratamientos de calcio con infiltraciones del cuatro por ciento de  $\text{CaCl}_2$  y calor a  $38^\circ\text{C}$  por cuatro días después de cinco meses de almacenamiento de manzanas Golden Delicious, resultó en un 60 por ciento menos en daño de *Penicillium expansum* que en frutos testigo (Klein y Lurie, 1992).

La incidencia y severidad de pudriciones de peras Bosc fue reducida en frutos de árboles tratados con tres aplicaciones de  $\text{CaCl}_2$  durante la estación de crecimiento, observándose una interacción significativa entre la cantidad del producto y la concentración de esporas, después de tres meses de almacenamiento a  $0^\circ\text{C}$  (Sugar et. al., 1991).

## Distribución del Calcio en el Fruto

Muchos de los iones inorgánicos que se encuentran en el xilema, también ocurren en el floema pero frecuentemente en concentraciones diferentes. Usualmente el calcio está en menos concentraciones en el floema que en el xilema (Ting, 1982).

La asociación del calcio con desórdenes metabólicos es enfatizado aun más por la relación entre el patrón de distribución en el fruto y el sitio de los desórdenes (Faust y Shear, 1972; Shear y Faust, 1975).

La concentración de calcio en la cáscara y en el corazón del fruto, es de dos a cuatro veces mayor que en la pulpa y en el pedúnculo es considerablemente alto en comparación con el cáliz (Faust et al, 1967).

Al probar tres métodos de muestreo en la pulpa de manzana para analizar en calcio, éstos arrojaron diferentes resultados, debido a la dispersión en la distribución de éste en el fruto, las cuales cambian significativamente después de la cosecha, decreciendo en el centro e incrementándose en los tejidos corticales del exterior (Weis et al, 1980).

En una población de manzanas Delicious, con diferentes número de semillas a la cosecha, se observó que el tamaño y la concentración de calcio en el fruto se incrementaron con el número de semillas (Bramlage et al, 1990).

## Participación del Calcio en la Estructura Celular

El calcio participa en la formación de pectato de calcio y activa la transpiración y capacidad de almacenaje (Kramer et. al, 1991); tiene la función de elemento unión de los pectatos de la lámina media de la pared celular. En dicotiledoneas las cuales poseen una gran capacidad de intercambio de catiónico y particularmente cuando el nivel de suplemento de calcio es bajo, hasta en un 50 por ciento del  $\text{Ca}^{2+}$  total puede ser ligado como pectato (Marshner, 1986). El calcio es necesario para la formación de la lámina media celular por su importante papel en la síntesis de pectatos de calcio.

En los tejidos de almacenamiento de los frutos de manzano la fracción  $\text{Ca}^{2+}$  ligada a la pared celular puede ser tanta como 90 por ciento del total (Marshner, 1986); aún cuando la cantidad en la pared celular es bastante grande, la concentración puede incrementarse grandemente con infiltración artificial (Conway, 1987; Poovaiah, 1986). En contraste, tratamientos con quelatos reducen la concentración de calcio en la pared.

Se ha demostrado que el boro produce un incremento en el transporte de calcio lo que a su vez repercute en una disminución de la mancha corchosa en manzano (Faust y Shear, 1968), aunque aplicaciones excesivas y/o concentradas pueden incrementar el potencial de pérdida de calidad del fruto a través de un incremento a la susceptibilidad a corazón de agua y aceleración de la madurez (Stiles, 1987).

El calcio ha sido conocido por la rigidez que confiere a las paredes celulares, Poovaiah et. al., (1988), estimaron que un mínimo del 60 por ciento del total del elemento en las plantas ésta asociado con la pared celular.

Lewis y Martin (1973), propuso que a niveles normales de calcio en tejidos vegetales el magnesio es incapaz de desplazarlo de los sitios de intercambio, no obstante, donde el nivel de calcio está por abajo de un cierto valor umbral, el magnesio puede sustituir al calcio en la lámina media y membranas celulares con un efecto adverso en su integridad y puede predisponer el tejido al desarrollo de la mancha amarga.

Los ácidos pécticos son los mejores sitios ligados para calcio en el fruto de manzana. Las proteínas de la pared celular y los polisacáridos hemicelulósicos probablemente también son sitios ligados para el calcio.

El calcio ligado puede reforzar el tejido y hacerlo más resistente al ataque de las enzimas hidrolíticas o bien la presencia del elemento puede disminuir la actividad de éstas; en tomate, el calcio inhibe la disminución natural en la resistencia a la actividad de la polygalacturonasa en la pared celular. El calcio ligado también bloquea el acceso de las enzimas degradativas hasta la pared celular, resultando en reducción de la velocidad de ablandamiento durante almacenamiento (Kramer et. al., 1991). Lurie y Klein (1992), señalan que el calor parece inhibir las enzimas degradantes de la pared celular.

Las pectinas están compuestas de residuos de ácido poligalacturónico en una cadena de inserciones rhamnosa en esta cadena (Conway, 1987), la inserción rhamnosa coloca una enroscadura marcada en esta cadena dejando espacios para la inserción de una serie de cationes. La formación de puentes cruzados de cationes entre ácidos pécticos o entre ácidos pécticos y otros polisacáridos con grupos ácidos puede hacer la pared celular menos accesible a las enzimas que ocurren en el fruto (las cuales causan ablandamiento) o enzimas producidas por hongos patógenos (las cuales causan pudrición). Hay una alta afinidad de los grupos carboxílicos para los iones calcio y el efecto resultante en procesos fisiológicos o patológicos es mayor que otros cationes rutinarios encontrados en tejidos vegetales.

El modelo de "caja de huevo" de la cadena poligalacturónica permite la inserción secuencial cooperativa de  $\text{Ca}^{2+}$  dentro de la cadena proporcionando un enlace más fuerte (Ferguson, 1984), una característica de esta vinculación es que para crecimiento celular (extensión de la pared) el enlazamiento permite flexibilidad mediante un reemplazamiento o remoción del  $\text{Ca}^{2+}$

La región de la lámina media es rica en materiales pécticos que contribuyen al cohesividad celular y se considera que constituye un importante sitio de interacción del calcio (Ferguson y Dobak, 1988; Poovaiah et al, 1988); el efecto cementante es debido primeramente al Ca-pectato de la lámina media en la adhesión célula a célula y propiedades de coherencia del tejido en las plantas.

En cosecha los frutos tienen un alto grado de contacto de célula a célula; los frutos tratados con calcio y almacenados por varios meses retuvieron la firmeza y

contacto de célula a célula, mientras que los frutos no tratados se ablandaron durante almacenamiento y un examen al microscopio reveló regiones donde la pared celular pareció abultarse y eventualmente separarse (Poovaiah et al, 1988). Se considera que la lámina media es la región de la pared más afectada durante el ablandamiento de los frutos (Huber, 1983).

La estructura celular de las manzanas bajas en calcio parece ser más rígida, tales manzanas se agrietan profundamente cuando son expuestas a altas presiones de turgor (Shear 1971). El alto contenido de celulosa de estas manzanas puede jugar un papel en la rigidez de las paredes celulares.

Huber (1983), ha enfatizado la importancia del  $\text{Ca}^{2+}$  en regular la cohesión celular en manzanas y sugirió que el incremento en pectinas solubles durante el ablandamiento podría ser explicado en parte por la síntesis de más polygalacturonato altamente metilado. El mismo autor indica que el desplazamiento del  $\text{Ca}^{2+}$  por protones se considera como una importante faceta del ablandamiento del fruto de la manzana.

Se ha encontrado en manzanas Golden Delicious que cuando los frutos maduran hay un intercambio de monocationes por policationes particularmente calcio, por lo que las sustancias pécticas en la pared celular eslabonadas llegan a ser más susceptibles a pudrición (Kramer et. al., 1991).

Las sustancias pécticas forman sales de pectatos con cationes multivalentes particularmente calcio y se vuelven resistentes a la hidrólisis por poligalacturonasa fungosa (Conway, 1987).

La lámina media existe como un gel y el calcio es muy eficiente en promover la gelación en una solución péctica. Cuando el intercambio de iones se realiza en las paredes celulares entre el calcio y cationes monovalentes, o entre el calcio y magnesio, las paredes siempre exhiben mayor preferencia por el calcio.

Marschner (1986) señala que el contenido de calcio en los tejidos vegetales afecta la incidencia de enfermedades parasíticas de dos maneras: a) el calcio es esencial para la estabilidad de las membranas, cuando los niveles de calcio son bajos el flujo de compuestos de bajo peso molecular (como azúcares) desde el citoplasma en el apoplasto es fomentado; b) los poligalacturonatos de calcio son requeridos en la lámina media para la estabilidad de la pared celular, la mayoría de los hongos y bacterias invaden el tejido vegetal produciendo enzimas pectolíticas extracelulares como poligalacturonasas la cual es drásticamente inhibida por el calcio (Marschner, 1986).

Los compuestos pécticos se degradan durante el curso de la maduración o por invasión en los frutos suaves. Puesto que la desorganización celular normalmente acompaña a la maduración del fruto (Faust y Shear, 1972), la inestabilidad de la membrana debido al bajo calcio puede acelerar la deterioración senescente en postcosecha debido a bajo calcio (Bramlage et al, 1974). El calcio puede preservar la

organización celular, no solo preservando las membranas celulares sino también manteniendo la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos (Faust y Shear, 1972).

Estudios elecromicroscópicos han revelado la desintegración extensiva de la mitocondria, retículo endoplasmático y membranas citoplásmicas en varias plantas deficientes de calcio (Faust y Shear, 1972), considerando la posibilidad de que la desorganización celular inducida por la deficiencia de calcio puede estar acompañada por un incremento en la respiración.

El incremento de los niveles de calcio de la pared celular por infiltración preserva la firmeza del mismo (Poovaiah y Reedy, 1987), y lo protege de la degradación por microorganismos que ganan la entrada al fruto por degradación de pectinas. La firmeza del fruto de las manzanas tratadas con calcio poseen permeabilidad de la membrana más baja y contienen más clorofila y ácido ascórbico que aquellas no tratadas (Poovaiah, 1986).

### **Efecto del Calcio en Postcosecha.**

Las prácticas de postcosecha están encaminadas a prolongar el almacenaje del fruto retrasando la fase de senescencia y controlando la madurez de los frutos (Blanke, 1991).

Las condiciones de almacenamiento que retardan la senescencia de los frutos son benéficas; las atmósferas controladas o modificadas tienen efectos inhibitorios

sobre el desarrollo de desórdenes fisiológicos como la mancha amarga y su aparición es retardada. (Snowdon, 1990).

Los cambios en textura, estructura y composición de la pared celular durante el almacenamiento de manzanas Golden Delicious tratadas en inmersión del 4 por ciento de  $\text{CaCl}_2$  y de frutos sin tratar, la región de la pared celular de frutos tratados no presentó hinchamiento durante el almacenamiento y se mantuvo el contacto entre las células, mientras que regiones de la lámina media en tejidos no tratados se mancharon ligeramente.

En frutos testigo, fue pérdida la orientación de las microfibras en las regiones hinchadas de las paredes celulares especialmente en la región adyacente de la lámina media. Estos cambios durante el almacenamiento de frutos testigo fue acompañado por un decremento en arabinosa y galactosa en la pared celular y un incremento en pectina soluble. En los frutos, el tratamiento con calcio inhibió la solubilización de polyuronide y arabinosa y redujo la pérdida en contenido de galactosa durante el almacenamiento (Glenn y Poovaiah, 1990).

En manzanas la cantidad de calcio tomada por el fruto en tratamientos de postcosecha puede variar año con año, debido a factores como madurez y variedad (Conway y Sams, 1985).

Al someter manzanas Anna a tratamientos por inmersión en una solución del tres por ciento de  $\text{CaCl}_2$ , así como a una temperatura de  $38^\circ\text{C}$  por cuatro días o los dos tratamientos combinados antes de ser puestos en almacenamiento a  $0^\circ\text{C}$ , se

encontró que después de remover las manzanas del almacenamiento y manteniéndolas a 20°C, los tratamientos combinados mantuvieron la fruta con mayor calidad (Lurie y Klein, 1992).

Al medir el efecto de la humedad en almacenamiento sobre el rango de penetración de calcio aplicado por inmersión a las manzanas del cultivar Spartan, se vio que con baja humedad relativa (73-80 por ciento) y con humedad del 94 por ciento o mayor, se disminuyó el porcentaje inicial de penetración, mientras que con una humedad relativa moderada (87 por ciento), se tuvo una rápida absorción inicial por los tejidos. El efecto de la humedad en el movimiento del calcio en el tejido del fruto decayó con el tiempo de almacenamiento (Lidster et al, 1977).

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Localización del Sitio Experimental.

El presente trabajo en su fase de campo se realizó en la Sierra de Arteaga, Coahuila, durante el ciclo 1995 en el Rancho El Segurito, ubicado en: carretera 57 desviación Tunal-Lirios km 2. Está situado a 25° 22 minutos latitud norte, a 100° 48 minutos longitud oeste y a 1910 msnm.

La huerta desde que se plantó en 1987 ha contado con agua suficiente y se aplicaba mediante riego por aspersión y la fertilización era manual hasta 1994 que fue cuando se instaló el sistema de riego por goteo y un venturi para la fertirrigación. Año con año se aplican compensadores de frío para obtener buena brotación, se lleva un buen control de plagas y enfermedades, para mantener la huerta libre de malezas, utilizándose la aplicación de herbicidas durante el ciclo productivo, en invierno se hace una limpia manual de malezas para evitar la abundancia de ellas durante el ciclo.

En este huerto se cuenta con infraestructura para el proceso productivo como es pozo para riego, riego por goteo (cuatro litros por hora; tres goteros por árbol), fertigación, maquinaria y equipo.

Para determinar las dosis de nitrógeno se efectuó un análisis del suelo en el cual el nitrógeno total resultó en 68.6 kg de N disponible después se efectuaron los cálculos pertinentes para determinar cuanto nitrógeno hacía falta para completar las dosis establecidas. Para complementar las primeras 70 unidades se requirió de 6.5 gramos por árbol de nitrato de amonio, para las 140 unidades se ocuparon 328.5 gramos por árbol de nitrato de amonio.

En la fase de postcosecha, el fruto se almacenó en el cuarto frío, a 32-35°F y arriba de 96 por ciento de HR, propiedad del Ing. Antonio Rumayor Flores, ubicado en: la carretera a Zacatecas km 25 en el Ejido Agua Nueva, Coahuila.

### **Material Vegetativo.**

Se utilizaron árboles de manzano del cultivar Golden Delicious, de ocho años de edad, sobre portainjertos MM-106, a una distancia de plantación de 3 x 5 m.

### **Material Químico Experimental.**

- ◆ Carboxy-Ca, que contiene ocho por ciento de calcio.
- ◆ Packhard, que tiene ocho por ciento de calcio, seis de ácidos carboxílicos totales, 1.5 por ciento de carbohidratos naturales y 0.05 por ciento de B.
- ◆ Nitrato de Calcio, que contiene 8.5 por ciento de Nitrógeno, 11.5 por ciento de Calcio.
- ◆ Como fuente de nitrógeno al suelo se utilizó Nitrato de Amonio, que contiene 32 por ciento de Nitrógeno.

## Diseño experimental

Durante el ciclo 1995 se efectuaron las aplicaciones de los productos; utilizando tres diferentes fuentes de calcio y tres dosis diferentes de nitrógeno al suelo. Los tratamientos se arreglaron mediante un diseño de bloques al azar con 12 tratamientos y 15 repeticiones por tratamiento con un arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fue la aplicación de nitrógeno y las parcelas chicas fueron las aplicaciones de calcio.

El factor **A** (parcela grande) es el Nitrógeno al suelo y el factor **B** (parcela chica) son las diferentes fuentes de calcio. Además se agregó un tratamiento, en el cual se aplicaron los tres productos evaluados, que consiste en la aplicación de 70 unidades de nitrógeno al suelo, cuatro aplicaciones del producto Carboxy-Ca y las últimas dos aplicaciones de Packhard.

Para analizar las medias se realizaron pruebas según Tukey, con un nivel de significancia al 0.05 de probabilidad.

### Tratamientos.

Los tratamientos utilizados se presentan en la tabla siguiente:

Tratamientos	Nitrógeno	Calcio	Ingrediente activo por tratamiento
T1	0	Carboxy-Ca (4 lt/ha)	320 ml
T2	0	Packhard (5 lt/ha)	400 ml
T3	0	Nitrato de Ca (2 kg/ha)	230 g
T4	0	0	
T5	70	Carboxy-Ca (4 lt/ha)	320 ml
T6	70	Packhard (5 lt/ha)	400 ml
T7	70	Nitrato de Ca (2 kg/ha)	230 g
T8	0	0	
T9	140	Carboxy-Ca (4 lt/ha)	320 ml
T10	140	Packhard (5 lt/ha)	400 ml
T11	140	Nitrato de Ca (2 kg/ha)	230 g
T12	0	0	
T13	70	Carboxy-Ca y Packhard*	320 y 400 ml

\*Tratamiento Agregado cuatro y dos aplicaciones respectivamente.

### Establecimiento del Experimento.

Los árboles fueron seleccionados en el mes de marzo, marcándose una área del tronco con pintura vinílica roja para diferenciarlos de los demás árboles de la huerta.

Para llevar a cabo las aplicaciones se tuvo que evaluar el por ciento de floración; es decir, se contabilizaron las yemas florales antes de que brotaran, después se fueron contando las flores abiertas hasta llegar al 50 por ciento de floración, la cual se alcanzó el día 19 de abril de 1995.

Posteriormente, se contaron 25 días a partir del 50 por ciento de floración para hacer la primera aplicación foliar de los productos (14 de mayo), 45 días a partir del 50 por ciento de floración, la segunda aplicación (3 de junio), 65 días después del 50 por

ciento de floración la tercera aplicación (23 de junio), la cuarta aplicación 85 días después del 50 por ciento de floración (13 de julio), la quinta aplicación 105 días después del 50 por ciento de floración (2 de agosto), y la sexta aplicación un día antes de cosechar; es decir 141 días después del 50 por ciento de floración (7 de septiembre).

Las aplicaciones de nitrógeno al suelo se iniciaron a principios del mes de mayo, mediante el sistema de riego por goteo. A los tratamientos que llevaron cero nitrógeno, se les retiró el gotero para evitar fertilización alguna. Los tratamientos que llevaron 70 unidades de nitrógeno, se les dejó el gotero hasta cubrir las unidades requeridas (utilizándose 6.5 gramos por árbol de nitrato de amonio); para los tratamientos que llevaron 140 unidades de nitrógeno, se les dejó el sistema de riego hasta completar 70 unidades de nitrógeno y para terminar de suministrar las 70 unidades restantes, se hizo manualmente agregando 328.5 gramos por árbol de nitrato de amonio. Las aplicaciones del nitrógeno al suelo culminaron a principios del mes de junio de 1995.

### **Variables Evaluadas.**

#### **Crecimiento Vegetativo.**

Para evaluar el crecimiento vegetativo se utilizó una regla de 50 cm para medir el crecimiento anual de la yema apical de dos ramas por cada árbol (seleccionándose una rama norte y otra rama sur) para después obtener una media por árbol y posteriormente una media por tratamiento. Las unidades están dadas en cm.

### **Rendimiento.**

Para evaluar rendimiento, se pesó al final del ciclo de producción la manzana obtenida de cada uno de los árboles, para que posteriormente se sacara una media por tratamiento.

### **Firmeza.**

Para cada fruto muestreado, se efectuaron dos pruebas de presión con un penetrómetro, una por cada lado, el promedio de las dos lecturas fué la presión que tuvo el fruto. Para esta variable se utilizó un penetrómetro y las unidades están dadas en lbs/pulg<sup>2</sup>.

### **Sólidos Solubles Totales.**

Se extrajo el jugo de los frutos muestreados, depositándose unas gotas en el prisma del refractómetro y las unidades están dadas en Grados Brix.

### **Vida de Anaquel del Fruto.**

Para determinar la vida de anaquel del fruto, se evaluo la perdida de peso de los frutos a partir de la fecha en que se sacaron las frutas del refrigerador.

# RESULTADOS

## Crecimiento Vegetativo

Uno de nuestros aspectos a evaluar fue el crecimiento vegetativo para el cual se realizó un sólo muestreo dos días después de cosechar la fruta; es decir el 10 de septiembre de 1995, midiéndose el crecimiento vegetativo anual de dos ramas por árbol, para después sacar una media por árbol y posteriormente una media por tratamiento.

Los datos se analizaron estadísticamente, encontrándose diferencias altamente significativas para ambos factores: dosis de nitrógeno (A) y fuente de calcio (B), mientras que no hubo significancia para la interacción (dosis de nitrógeno x fuente de calcio). Al realizar la prueba de medias según Tukey a 0.05 en el Cuadro 4.1 se puede observar que las mejores dosis de nitrógeno fueron 70 y 140 unidades de nitrógeno (UN) con 33.96 y 33.19 cm, seguidos de la dosis de 0 UN con 30.72 cm. (Figura 4.1)

Para el factor fuente de calcio el mayor crecimiento se presentó con el Carboxy-Ca con 36.08 cm, seguido del Packhard con 34.56 cm, continuando con el Nitrato de Calcio con 32.98 cm y por último el testigo con 26.86 cm.

Cuadro 4.1.- Representación de las medias de crecimiento vegetativo de los factores y la interacción.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	34.83	30.43	30.76	26.86	30.72b
2	37.33	38.63	33.03	26.86	33.96a
3	36.10	34.63	35.16	26.86	33.19a
<b>MEDIA</b>	<b>36.08a</b>	<b>34.56ab</b>	<b>32.98b</b>	<b>26.86c</b>	<b>32.62</b>

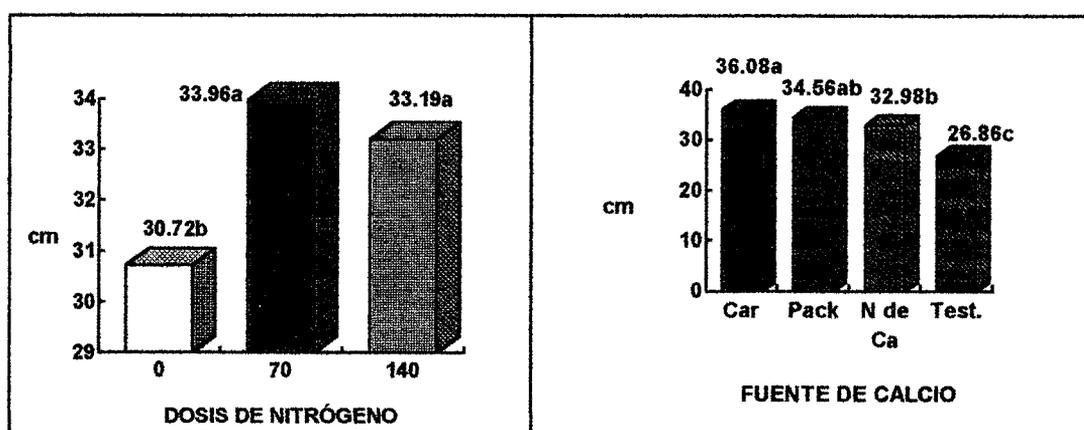


Figura 4.1 Medias de crecimiento vegetativo para el factor dosis de nitrógeno.

Figura 4.2 Medias de crecimiento vegetativo para el factor fuente de calcio.

### Rendimiento

Para evaluar esta variable se pesó al final de la cosecha (8 de septiembre de 1995) la fruta obtenida por cada árbol, y se transformó a toneladas por hectárea, para así obtener una media por tratamiento.

Una vez obtenidos los datos por repetición se procedió a realizar el análisis estadístico correspondiente, en el cual no se encontraron diferencias entre los

factores dosis de nitrógeno y fuente de calcio, así como tampoco para la interacción (dosis de nitrógeno x fuente de calcio). (Cuadro 4.2)

Sin embargo en la figura 4.3 se puede apreciar que no es el mismo rendimiento en todos los tratamientos, ya que tenemos rendimientos que van desde 16.04 ton/ha hasta 14.73 ton/ha.

Cuadro 4.2.- Representación de las medias de rendimiento de los factores y la interacción.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	14.92	14.88	14.81	14.73	14.83
2	14.91	16.04	15.32	14.73	15.25
3	15.04	15.56	15.20	14.73	15.13
<b>MEDIA</b>	14.95	15.49	15.11	14.73	15.07

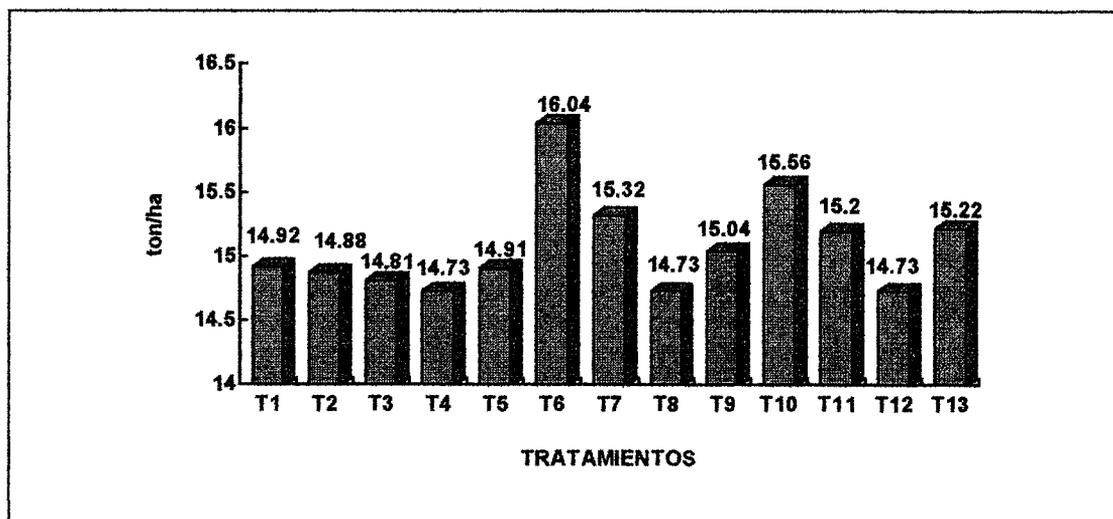


Figura 4.3 Representación de las medias de rendimiento de los tratamientos agregando el tratamiento 13.

## Firmeza

Para la evaluación de esta variable se realizaron cuatro muestreos empezando el día 8 de septiembre de 1995, el segundo a los 104 días después de la cosecha; es decir el día 21 de diciembre, que fue cuando la fruta se retiró del refrigerador, el tercer muestreo fue a los 111 días después de la cosecha y la fruta fue almacenada en una bodega a temperatura ambiente, el cuarto y último muestreo fue a los 118 días después de la cosecha, también almacenada a temperatura ambiente.

### **Primer Muestreo (8 de Septiembre de 1995)**

Se realizó el análisis de varianza para la firmeza de los frutos, obteniéndose diferencias significativas tanto para el factor dosis de nitrógeno como para el factor fuente de calcio, en tanto que no hubo significancia para la interacción dosis de nitrógeno x fuente de calcio; posteriormente se realizó la prueba de medias según Tukey a 0.05 (Cuadro 4.3) donde se muestra la diferencia de los factores.

Para el factor dosis de nitrógeno el mejor valor se presentó en la dosis de 140 unidades de nitrógeno con una firmeza de 18.67 lb/pulg<sup>2</sup>, seguida de las dosis de 0 y 70 unidades de nitrógeno con 17.90 y 17.77 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente (Figura 4.4).

Para el factor fuentes de calcio el mejor tratamiento fue el Carboxy-Ca con una firmeza de 18.81 lb/pulg<sup>2</sup>, seguido Nitrato de Calcio y el Testigo con 18.30 y 17.80 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente y por último el Packhard con 17.55 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.5).

Cuadro 4.3.- Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el primer muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	18.68	17.13	18.01	17.80	17.90b
2	18.03	17.83	17.41	17.80	17.77b
3	19.73	17.70	19.48	17.80	18.67a
<b>MEDIA</b>	<b>18.81a</b>	<b>17.55b</b>	<b>18.30ab</b>	<b>17.80ab</b>	<b>18.11</b>

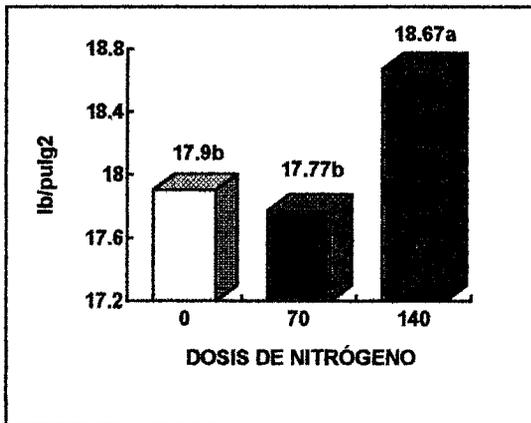


Figura 4.4 Medias de firmeza del primer muestreo para el factor dosis de nitrógeno.

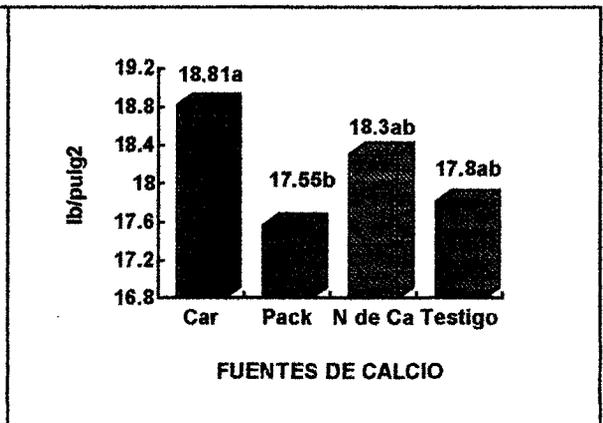


Figura 4.5 Medias de firmeza del primer muestreo para el factor fuentes de calcio.

### Segundo muestreo (21 de Diciembre de 1995)

Para esta segunda evaluación al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los factores estudiados (dosis de nitrógeno, fuente de calcio, ni para la interacción dosis de nitrógeno x fuente de calcio) tal y como se muestra en el Cuadro 4.4.

En la Figura 4.6 se representan las medias de los tratamientos donde se puede observar que aunque no hay diferencia entre ellas; el mayor valor corresponde al tratamiento 5 con una firmeza de 16.25 lb/pulg<sup>2</sup> y la menor firmeza fue de 15.51 lb/pulg<sup>2</sup> para el tratamiento testigo.

Cuadro 4.4.- Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el segundo muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	15.93	15.52	16.20	15.51	15.79
2	16.25	15.73	15.63	15.51	15.78
3	15.71	16.11	15.68	15.51	15.75
MEDIA	15.96	15.79	15.83	15.51	15.77

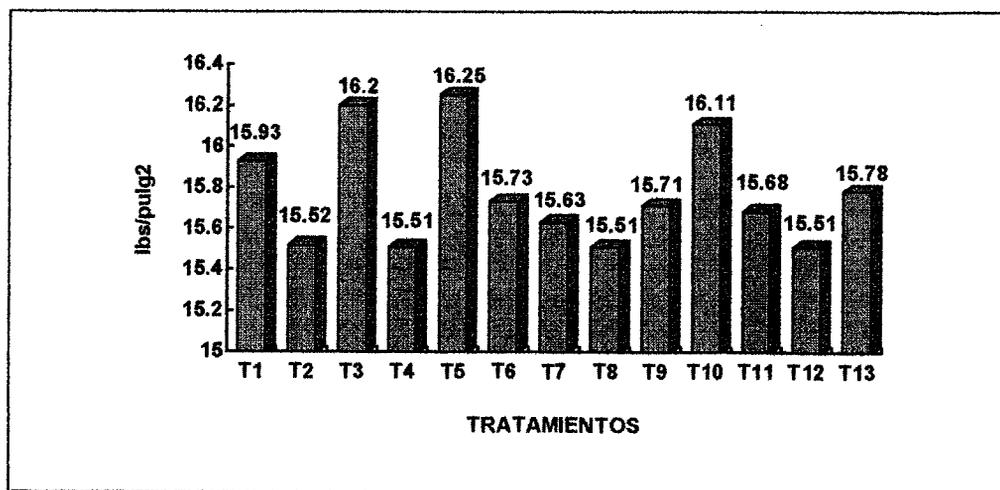


Figura 4.6 Representación de las medias de firmeza los tratamientos en el segundo muestreo, agregando la media del tratamiento 13.

### Tercer muestreo (28 de Diciembre de 1995)

Para este tercer muestreo se encontraron diferencias altamente significativas, siendo para el factor fuente de calcio y para la interacción dosis de nitrógeno x fuente de calcio estadísticamente significativas, en tanto que no mostraron significancia para el factor dosis de nitrógeno.

Posteriormente a esto se realizaron las pruebas de medias según Tukey al 0.05 donde se pueden observar las diferencias de la interacción de dosis de nitrógeno x fuente de calcio y del factor fuente de calcio. (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5.- Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el tercer muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	<b>*a16.30a**</b>	<b>ab15.35a</b>	<b>b15.23ab</b>	<b>b14.91a</b>	15.45
2	<b>a16.40a</b>	<b>bc15.28a</b>	<b>ab16.18a</b>	<b>c14.91a</b>	15.69
3	<b>a16.31a</b>	<b>a16.28a</b>	<b>b14.90b</b>	<b>b14.91a</b>	15.60
<b>MEDIA</b>	<b>16.33a</b>	<b>15.63b</b>	<b>15.43bc</b>	<b>c14.91a</b>	15.58

\*= Factor B dentro de los niveles del factor A

\*\*= Factor A dentro de los niveles del factor B

Para la interacción dosis de nitrógeno x fuente de calcio, tenemos que para el factor fuente de calcio dentro del primer nivel del factor dosis de nitrógeno (0 U. de N), la mejor firmeza fue para el Carboxy-Ca con 16.30 lb/pulg<sup>2</sup>, continuando con el Packhard con 15.35 lb/pulg<sup>2</sup>, seguidos por el Nitrato de Calcio y el Testigo con 15.23 y 14.91 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.8).

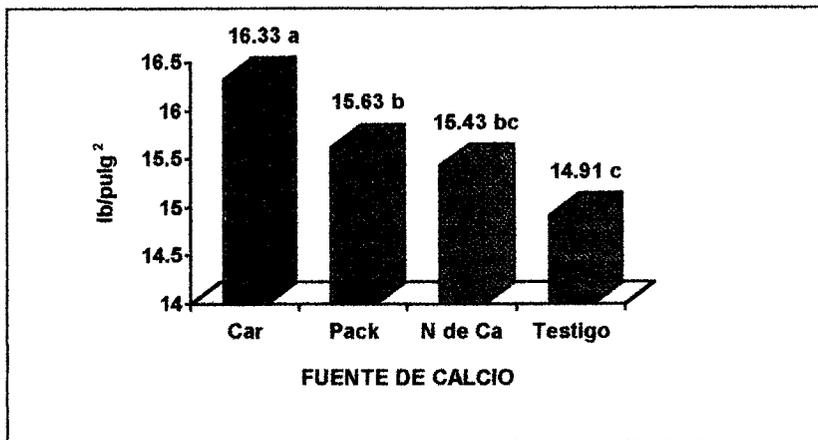


Figura 4.7.- Medias de firmeza del factor fuente de calcio para el tercer muestreo.

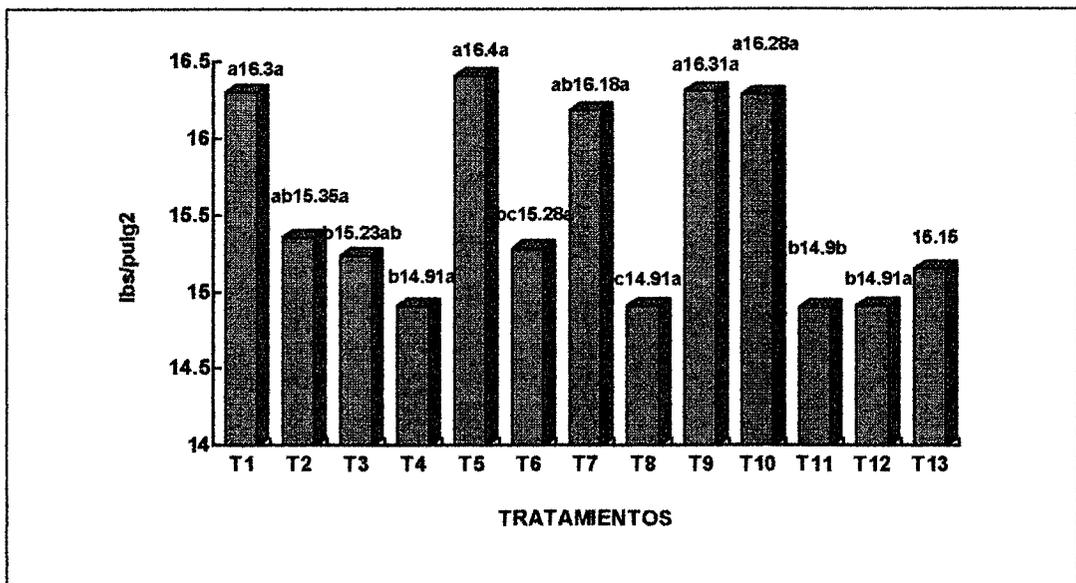


Figura 4.8 Representación de las medias de firmeza de los tratamientos en el tercer muestreo, agregando el tratamiento 13.

Para el factor fuente de calcio dentro del nivel 2 (70 UN.) del factor dosis de nitrógeno tenemos que el mejor tratamiento fue el Carboxy-Ca con 16.40 lb/pulg<sup>2</sup>, seguido de el Nitrato de Calcio con 16.18 lb/pulg<sup>2</sup>, continuando con el Packhard con 15.28 lb/pulg<sup>2</sup> y por último el testigo con 14.91 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.7).

Dentro del nivel 3 (140 U de Nitrógeno) los mejores fueron el Carboxy-Ca y el Packhard con 16.31 y 16.28 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente, seguidos del Testigo y de el Nitrato de Calcio con 14.91 y 14.90 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.8).

El factor dosis de nitrógeno dentro de el nivel 1 (Carboxy-Ca), nivel 2 (Packhard) y del nivel 4 (Testigo) todos son estadísticamente iguales. En el nivel 3 (Nitrato de Calcio) la mejor dosis de nitrógeno fue la de 70 U con una firmeza de 16.18 lb/pulg<sup>2</sup>, seguido de la dosis de 0 U con 15.23 lb/pulg<sup>2</sup> y por último la dosis de 140 U con 14.90 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.8).

#### Cuarto muestreo (4 de Enero de 1996)

En el análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa para el factor fuente de calcio y no significativa para el factor dosis de nitrógeno, así como tampoco para la interacción dosis de nitrógeno x fuente de calcio. Posteriormente se procedió a realizar la prueba de medias según Tukey al 0.05 (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6.- Representación de las medias de firmeza de los factores y de la interacción en el cuarto muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	15.13	16.13	15.35	11.83	14.61
2	14.41	13.40	15.98	11.83	13.90
3	14.16	14.56	14.41	11.83	13.74
<b>MEDIA</b>	14.57a	14.70a	15.25a	11.83b	14.08

Para el factor fuente de calcio los mejores fueron el Nitrato de Calcio, el Packhard y el Carboxy-Ca con 15.25 lb/pulg<sup>2</sup>, 14.70 lb/pulg<sup>2</sup> y 14.57 lb/pulg<sup>2</sup> y por último el Testigo con 11.83 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.9).

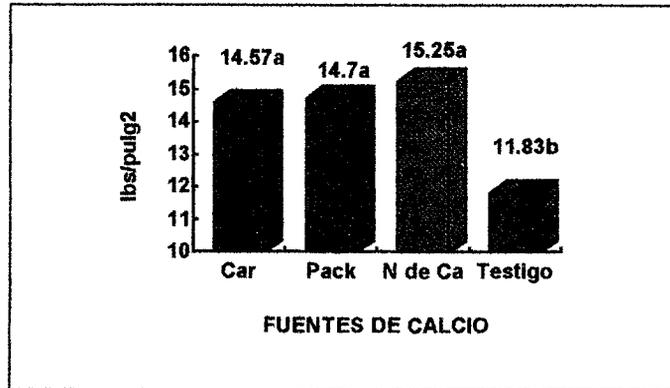


Figura 4.9.- Medias de firmeza del factor fuentes de calcio para el cuarto muestreo

En la Figura 4.10 podemos observar la relación Ca/N en cada uno de los muestreos realizados para firmeza de los frutos.

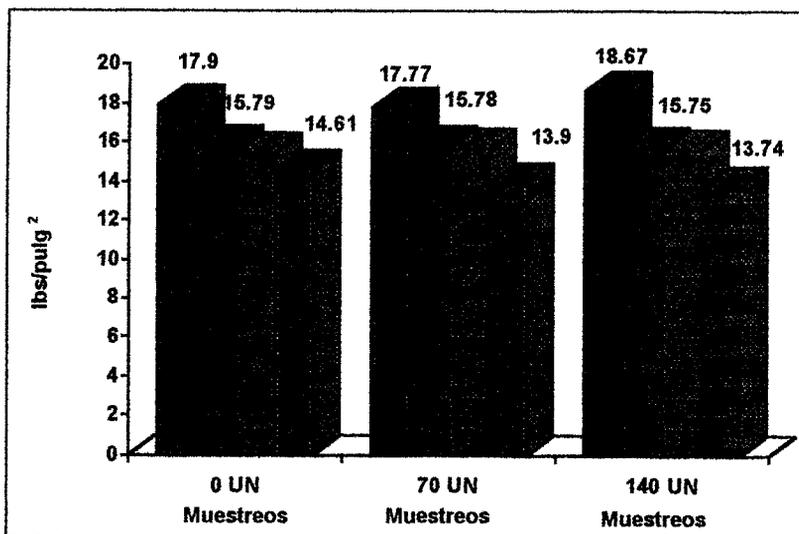


Figura 4.10 Relación Ca/N en la firmeza de los frutos evaluados en cada uno de los muestreos realizados en las diferentes dosis de nitrógeno.

## Sólidos Solubles Totales

Para evaluar este parámetro se realizaron cuatro muestreos, el primero el 8 de septiembre de 1995, el segundo a los 104 días después de la cosecha (21 de diciembre de 1995), los cuales la fruta estuvo en refrigeración, el tercer muestreo fue a los 111 días después de cosecha (28 de diciembre de 1995), y la fruta fue almacenada en una bodega a temperatura ambiente, y el cuarto muestreo fue a los 118 días después de cosecha (4 de enero de 1996), también almacenada a temperatura ambiente.

### Primer muestreo (8 de Septiembre de 1995)

En el análisis de varianza se encontró que para los factores dosis de nitrógeno y fuente de calcio fueron no significativos, pero para la interacción dosis de nitrógeno X fuente de calcio si hay diferencias altamente significativas, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias según Tukey al 0.05 (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7.- Representación de las medias de sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el primer muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	*b17.47a**	ab17.92a	a18.76a	b17.64a	17.95
2	a18.06a	a17.41a	a17.64b	a17.64a	17.69
3	a18.49a	ab17.50a	b17.15b	ab17.64a	17.69
MEDIA	18.00	17.61	17.85	17.64	17.77

\*= Factor B dentro de los niveles del factor A

\*\*= Factor A dentro de los niveles del factor B

Para la interacción dosis de nitrógeno X fuente de calcio tenemos lo siguiente: Factor fuente de calcio dentro del primer nivel del factor dosis de nitrógeno (0 UN) el mejor fue el Nitrato de Calcio con 18.76 °Brix, seguido del Packhard con 17.92 °Brix, continuando con el Testigo y el Carboxy-Ca con 17.64 y 17.47 °Brix respectivamente (Figura 4.11).

Dentro del segundo nivel (70 UN) del factor dosis de nitrógeno todos fueron estadísticamente iguales. Dentro del nivel tercer nivel (140 UN) del factor dosis de nitrógeno el mejor fue el Carboxy-Ca con 18.49 °Brix, seguido de el Testigo y de el Packhard con 17.64 y 17.50 °Brix respectivamente y por último el Nitrato de Calcio con 17.15 °Brix (Figura 4.11).

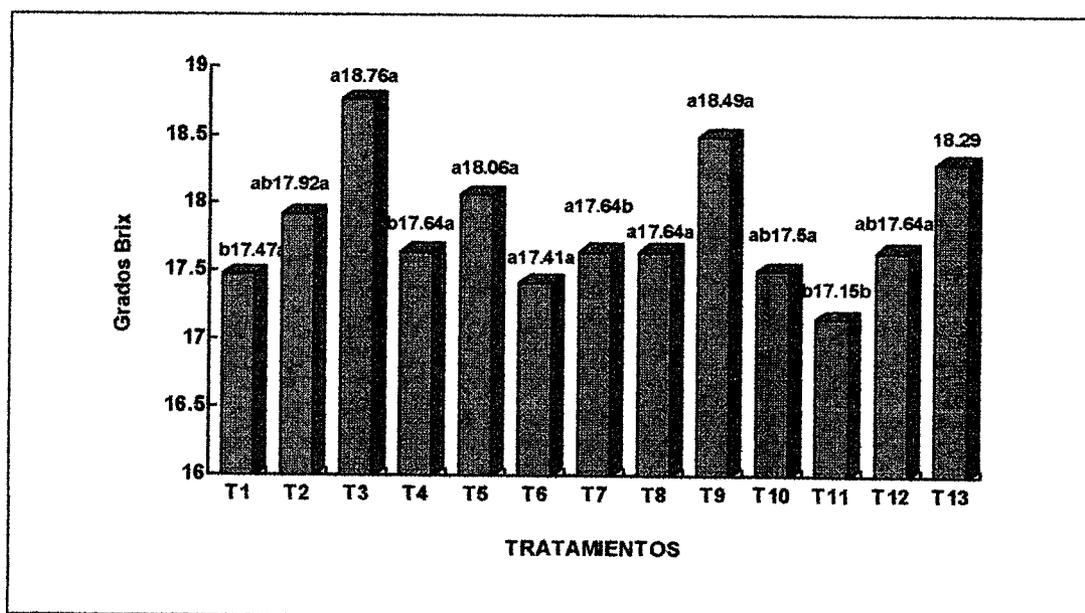


Figura 4.11 Representación de las medias de los sólidos solubles totales de los tratamientos en el primer muestreo, agregando el tratamiento 13.

El factor dosis de nitrógeno dentro del 1er (Carboxy-Ca), 2o (Packhard), y del 4o (Testigo) nivel del factor fuente de calcio, todos son estadísticamente iguales.

Dentro del 3er nivel (Nitrato de Calcio) la mejor dosis de nitrógeno fue la de 0 U de N con 18.78 °Brix, seguida de 70 y 140 U de N con 17.64 y 17.15 °Brix. (Figura 4.11).

### Segundo muestreo (21 de Diciembre de 1995)

Al realizar el análisis de varianza para este muestreo se encontraron diferencias altamente significativas para el factor dosis de nitrógeno y para la interacción, en tanto que no hubo significancia para el factor fuente de calcio, por lo que se realizó la prueba de medias según Tukey a 0.05 para el factor dosis de nitrógeno y para la interacción solamente (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8.- Representación de las medias de los sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el segundo muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	*a17.33b**	a17.83a	a18.12a	a18.31a	17.90b
2	a18.44a	a18.22a	a18.80a	a18.31a	18.44a
3	a19.13a	ab18.19a	b17.86a	ab18.31a	18.37a
MEDIA	18.30	18.08	18.26	18.31	18.24

\*= Factor B dentro de los niveles del factor A

\*\*= Factor A dentro de los niveles del factor B

Para el Factor A, los mejores tratamientos fueron las dosis de 70 y 140 U de N bajo los cuales se obtuvieron valores de 18.44 y 18.37 °Brix, seguidos de la dosis 0 U de N bajo la cual se obtuvo un valor de 17.90 °Brix (Figura 4.12).

Para la interacción dosis de nitrógeno por fuente de calcio tenemos lo siguiente: El Factor B (dosis de calcio) dentro del primer nivel (0 UN) del factor dosis de nitrógeno, dentro del segundo nivel (70 UN) todos son estadísticamente iguales. Dentro del tercer nivel (140 UN) el mejor fue el Carboxy-Ca con 19.13 °Brix seguido del Testigo y el Packhard con 18.31 y 18.19 °Brix y por último el Nitrato de Calcio con 17.86 °Brix (Figura 4.13).

Factor fuente de calcio dentro del primer nivel (0 UN) del factor dosis de nitrógeno, dentro del segundo nivel (70 UN) todos son estadísticamente iguales. Dentro del tercer nivel (140 UN) el mejor fue el Carboxy-Ca con 19.13 °Brix seguido del Testigo y el Packhard con 18.31 y 18.19 °Brix y por último el Nitrato de Calcio con 17.86 °Brix (Figura 4.13).

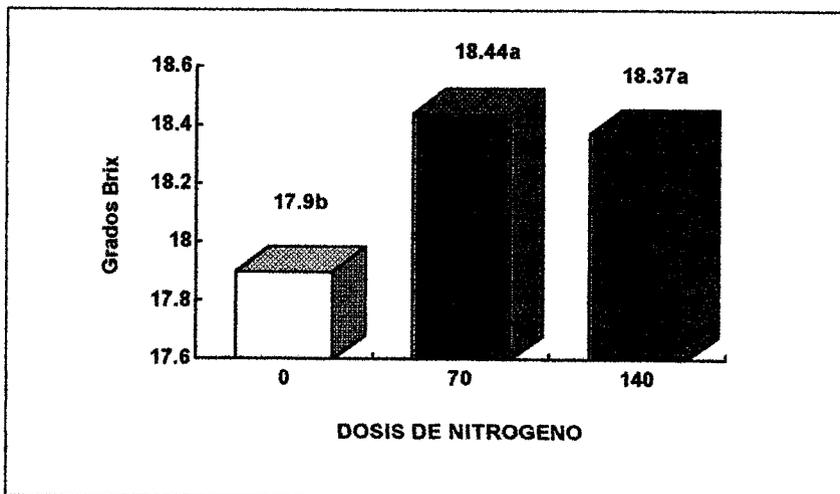


Figura 4.12.- Medias de sólidos solubles totales del segundo muestreo para el factor dosis de nitrógeno.

Factor dosis de nitrógeno dentro del primer nivel (Carboxy-Ca) del factor fuente de calcio las mejores dosis fueron las de 140 y 70 UN con 19.13 y 18.44 °Brix respectivamente y al último la de 0 UN con 17.33 °Brix (Figura 4.13).

Factor dosis de nitrógeno dentro del segundo (Packhard) tercer (Nitrato de Calcio) y cuarto (Testigo) nivel del factor fuente de calcio, todos son estadísticamente iguales. (Figura 4.13).

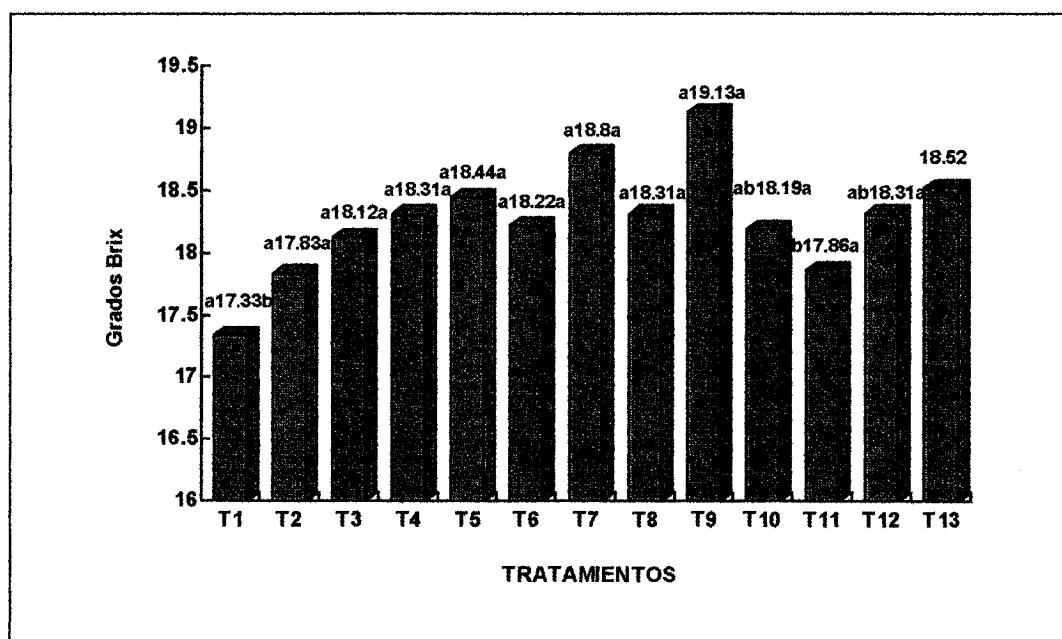


Figura 4.13 Representación de las medias de sólidos solubles totales de los tratamientos en el segundo muestreo agregando el tratamiento 13

### Tercer muestreo (28 de Diciembre de 1995)

En el análisis de varianza se presentaron diferencias altamente significativas para la interacción dosis de nitrógeno por fuente de calcio, y no significativas para los

factores dosis de nitrógeno y fuente de calcio, por lo que se realizó la prueba de medias según Tukey al 0.05 (Cuadro 4.9).

Factor fuente de calcio dentro del primer nivel (0 UN) del factor dosis de nitrógeno, el mejor fue el Testigo con 18.46 °Brix, seguido de el Nitrato de Calcio y del Packhard con 18.02 y 17.64 °Brix respectivamente y por último el Carboxy-Ca con 16.96 °Brix (Figura 4.14).

Cuadro 4.9.- Representación de las medias de sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el tercer muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	*b16.96b**	ab17.64a	ab18.02a	a18.46a	17.77
2	a18.04ab	a17.48a	a17.79a	a18.46a	17.94
3	a19.08a	ab18.36a	b17.52a	ab18.46a	18.35
MEDIA	18.02	17.83	17.77	18.46	18.02

\*= Factor B dentro de los niveles del factor A

\*\*= Factor A dentro de los niveles del factor B

Factor fuente de calcio dentro del primer nivel (0 UN) del factor dosis de nitrógeno, el mejor fue el Testigo con 18.46 °Brix, seguido de el Nitrato de Calcio y del Packhard con 18.02 y 17.64 °Brix respectivamente y por último el Carboxy-Ca con 16.96 °Brix (Figura 4.14).

Factor fuente de calcio dentro del segundo nivel (70 UN) del factor dosis de nitrógeno todos son estadísticamente iguales. Dentro del tercer nivel (140 UN) del factor dosis de nitrógeno el mejor fue el Carboxy-Ca con 19.08 °Brix, seguido de el

Testigo y del Packhard con 18.46 y 18.36 °Brix respectivamente y por último tenemos al Nitrato de Calcio con 17.52 °Brix (Figura 4.14).

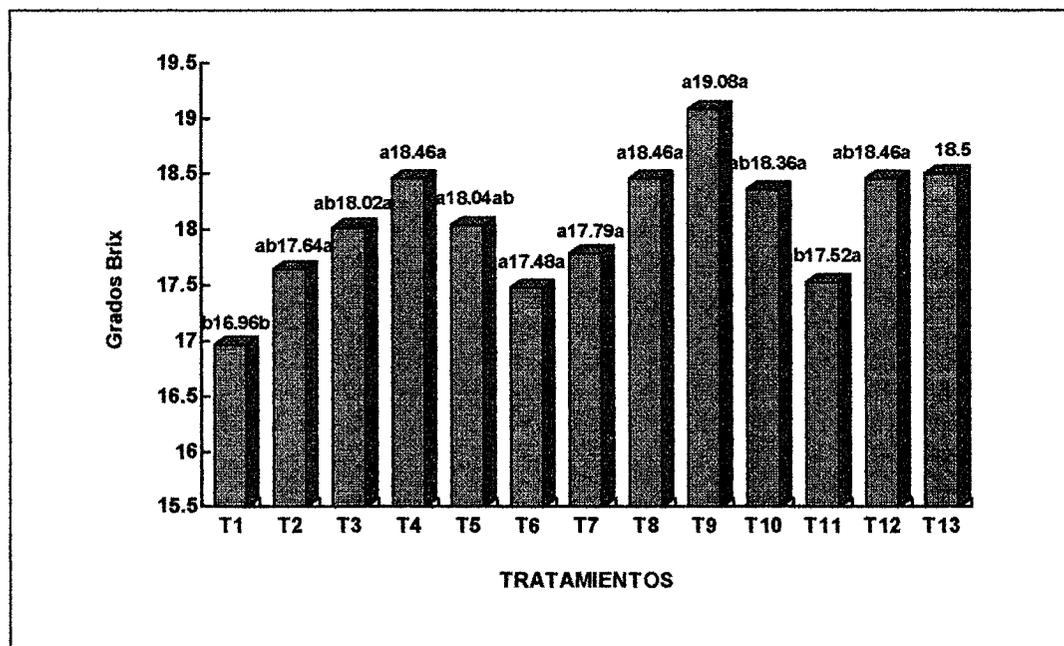


Figura 4.14 Representación de las medias de sólidos solubles totales de los tratamientos en el tercer muestreo, agregando el tratamiento 13

Factor dosis de nitrógeno dentro del primer nivel (Carboxy-Ca) del factor fuente de calcio, la mejor dosis fue la de 140 UN con 19.08 °Brix, seguida de 70 UN con 18.04 °Brix y por último la dosis de 0 U de N con 16.96 °Brix.

Factor dosis de nitrógeno dentro del segundo (Packhard), tercer (Nitrato de calcio) y cuarto (Testigo) niveles del factor fuente de calcio todos son estadísticamente iguales. (Figura 4.14).

#### Cuarto muestreo (4 de Enero de 1996)

En el análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa para el factor fuente de calcio, para la interacción dosis de nitrógeno por fuente de calcio y para el factor dosis de nitrógeno resultó en no significativa, por lo que se realizó la prueba de medias según Tukey al 0.05 (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10.- Representación de las medias de sólidos solubles totales de los factores y de la interacción en el cuarto muestreo.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	16.85	17.40	17.84	13.50	16.40
2	16.76	16.06	18.28	13.50	16.15
3	16.75	16.66	15.62	13.50	15.63
<b>MEDIA</b>	<b>16.78a</b>	<b>16.71a</b>	<b>17.25a</b>	<b>13.50b</b>	<b>16.06</b>

Para el factor fuente de calcio los mejores fueron el Nitrato de Calcio, Carboxy-Ca y el Packhard con 17.25, 16.78 y 16.71 °Brix respectivamente, y por último el Testigo con 13.50 °Brix (Figura 4.15).

#### Porcentaje de Pérdida de Peso

Para evaluar este parámetro se realizaron varios muestreos empezando a los 104 días después de cosecha (21 de diciembre de 1995); es decir cuando la fruta salió del refrigerador, el segundo fue a los 111 días después de la cosecha (28 de

diciembre de 1995), el tercero y último muestreo fue a los 129 días después de la cosecha (15 de enero de 1996), toda la fruta estuvo almacenada en una bodega a temperatura ambiente.

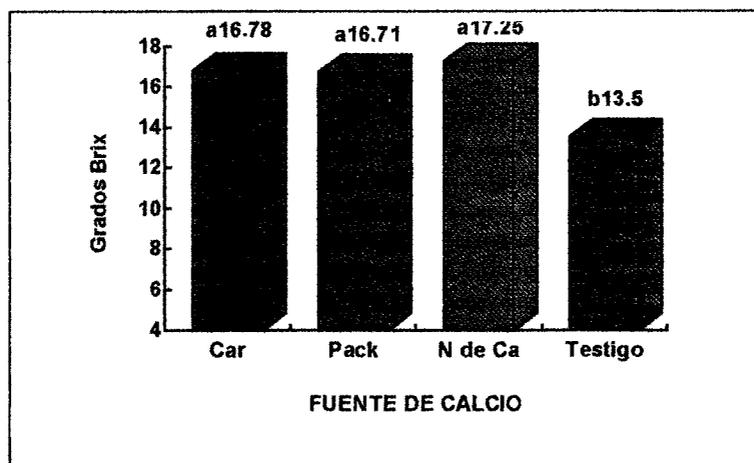


Figura 4.15.- Medias de sólidos solubles totales del factor fuente de calcio para el cuarto muestreo.

Con los datos obtenidos del peso de los frutos se determinó el por ciento de peso de la siguiente manera:

$$\% \text{ DE PESO} = \frac{\text{PESO FINAL}}{\text{PESO INICIAL}} \times 100$$

Posteriormente a ésto y para analizarlos estadísticamente se hizo la transformación de arcoseno, una vez hecha la transformación se realizó el análisis de varianza donde se obtuvo diferencias altamente significativas para el factor dosis de nitrógeno y para la interacción dosis de nitrógeno por fuente de calcio, y diferencias significativas para el factor fuente de calcio, por lo cual se realizaron las pruebas de medias según Tukey al 0.05 (Cuadro 4.11).

Para el factor dosis de nitrógeno las mejores fueron las de 70 y 0 UN con 90.08 y 89.44 por ciento, seguidos de la dosis de 140 UN con 86.89 por ciento (Figura 4.16).

Para el factor fuente de calcio el mejor fue el Packhard con 89.80 por ciento, seguido del Carboxy-Ca y el Nitrato de Calcio con 89.17 y 88.95 por ciento respectivamente, por último el testigo con 87.42 por ciento (Figura 4.17).

Para la interacción dosis de nitrógeno por fuente de calcio resultó en lo siguiente: Factor fuente de calcio dentro del primer nivel (0 UN) del factor dosis de nitrógeno, el mejor fue el Nitrato de Calcio con 91.84 por ciento, seguido del Packhard y el Carboxy-Ca con 89.93 y 88.58 por ciento respectivamente, y por último el Testigo con 87.42 por ciento (Figura 4.18).

Cuadro 4.11.- Representación de las medias de los factores y de la interacción.

DOSIS DE NITRÓGENO	FUENTE DE CALCIO				MEDIA
	1	2	3	4	
1	<b>*ab88.58ab**</b>	<b>ab89.93a</b>	<b>a91.84a</b>	<b>b87.42a</b>	89.44a
2	<b>a92.14a</b>	<b>ab90.36a</b>	<b>ab90.40a</b>	<b>b87.42a</b>	90.08a
3	<b>ab86.40b</b>	<b>a89.13a</b>	<b>b84.61b</b>	<b>ab87.42a</b>	86.89b
<b>MEDIA</b>	<b>89.17ab</b>	<b>89.80a</b>	<b>88.95ab</b>	<b>87.42b</b>	88.80

\*= Factor B dentro de los niveles del factor A

\*\*= Factor A dentro de los niveles del factor B

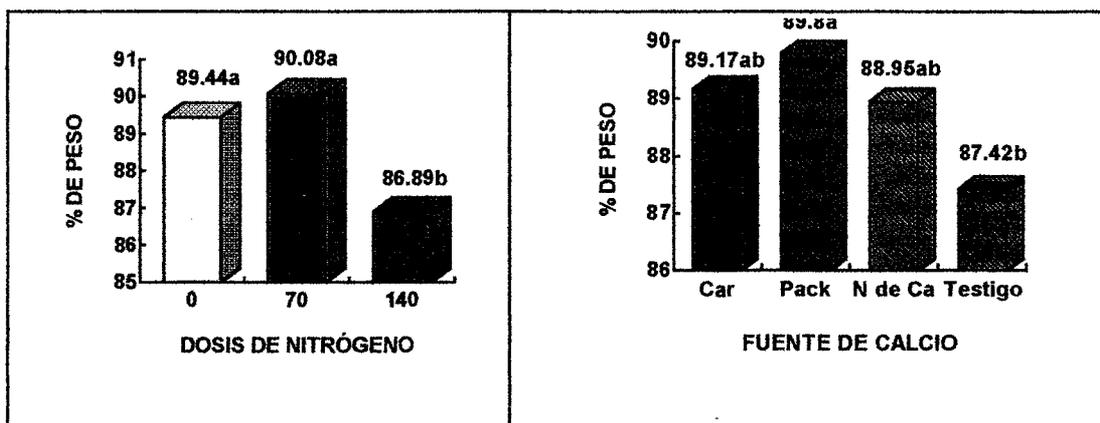


Figura 4.16 Medias de pérdida de peso para el factor dosis de nitrógeno

Figura 4.17 Medias de pérdida de peso para el factor fuente de calcio

Dentro del segundo nivel (70 UN) del factor dosis de nitrógeno, el mejor fue el Carboxy-Ca con 92.14 por ciento, seguido de el Nitrato de Calcio y el Packhard con 90.40 y 90.36 respectivamente, continuando con el Testigo con 87.42 por ciento (Figura 4.18).

Dentro del tercer nivel (140 UN) del factor dosis de nitrógeno, el Packhard resultó ser el mejor con 89.19 por ciento, continuando con el Testigo y el Carboxy-Ca con 87.42 y 86.40 respectivamente, por último el Nitrato de calcio con 84.61 por ciento (Figura 4.18).

Factor dosis de nitrógeno dentro de el primer nivel (Carboxy-Ca) del factor fuente de calcio, la mejor dosis fue la de 70 UN con 92.14 por ciento, seguida de la dosis de 0 UN con 88.58 por ciento y al último la de 140 UN con 86.40 (Figura 4.18).

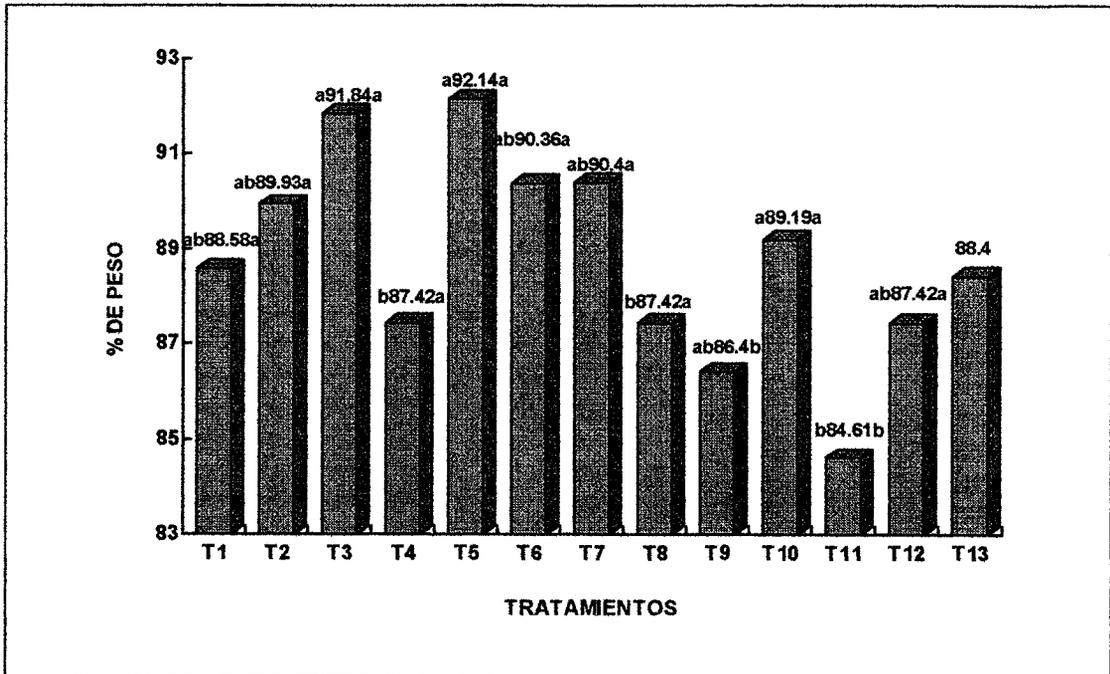


Figura 4.18 Representación de las medias de pérdida de peso de los tratamientos agregando el tratamiento 13.

Factor dosis de nitrógeno dentro del segundo nivel (Packhard) del factor fuente de calcio y en el cuarto nivel (Testigo) del factor fuente de calcio, todos son estadísticamente iguales (Figura 4.18).

Factor dosis de nitrógeno dentro del tercer nivel (Nitrato de Calcio) del factor fuente de calcio, las mejores dosis fueron 0 y 70 UN con 91.84 y 90.40 por ciento respectivamente, después la de 140 UN con 87.42 por ciento (Figura 4.18).

# DISCUSIÓN

## Crecimiento Vegetativo

Para esta variable se presentaron diferencias significativas para los dos factores; Dosis de Nitrógeno y Fuente de Calcio. (Cuadro 4.1).

Para Dosis de Nitrógeno se encontró que el mejor crecimiento se tuvo con 70 unidades de nitrógeno, después con 140 unidades de nitrógeno y por último con cero unidades de nitrógeno (Figura 4.1).

Para Fuente de Calcio se encontró que el mejor crecimiento vegetativo se tuvo con el Carboxy-Ca seguido del Packhard, el Nitrato de Calcio y al último el testigo (Figura 4.2).

En el factor Dosis de Nitrógeno se da el mayor crecimiento vegetativo con 70 unidades (33.96 cm) y no hay diferencias significativas con 140 unidades (Figura 4.1), esto quiere decir que 70 unidades de nitrógeno es una fertilización normal y que 140 unidades es un consumo de lujo en lo que respecta al nitrógeno; pero en el factor Fuente de Calcio, al hacer aplicaciones foliares de este elemento lo que se esperaría es que el crecimiento no fuera mayor al testigo; más sin embargo los resultados obtenidos demuestran lo contrario (Figura 4.2) debido a que el testigo que no se le aplicó nada de calcio tuvo el menor crecimiento vegetativo de este trabajo, contradiciendo lo que encontró Soto en (1992), que dice que el testigo superó a los tratamientos de calcio en lo que respecta a crecimiento vegetativo.

## **Rendimiento**

En la variable rendimiento no se encontró diferencia significativa alguna entre tratamientos y tampoco en los factores (Cuadro 4.2), más sin embargo se puede apreciar que sí hay una diferencia numérica muy marcada que va desde 16.04 ton/ha (tratamiento 6) hasta 14.73 ton/ha (testigo o tratamiento 4,8,12), (Figura 4.3). Nuestro tratamiento 6 dice que aplicar 70 unidades de nitrógeno más 5 lts/ha de Packhard nos da más fruta que cualquier otro tratamiento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Soto (1992) dice que el tratamiento con el producto Packhard obtuvo mayor rendimiento.

El rendimiento no se debe únicamente a las aplicaciones de nitrógeno y calcio, sino también influyen en demasía otros factores como los climáticos, fisiológicos y el manejo que se le dio a cada árbol en particular durante todo su desarrollo; hay estudios muy importantes del calcio y la cosecha entre los que podemos citar aquel de Drake et. al. (1974) y Lord et. al. (1981) quienes indican que el contenido de calcio estuvo relacionado con el tamaño de la cosecha y que éste pareció ser el factor determinante.

## **Firmeza del Fruto**

La firmeza del fruto es una de las variables más importantes para determinar el efecto del calcio. En la primera evaluación que se llevó a cabo el día de la cosecha (8 de septiembre de 1995), se obtuvieron diferencias significativas para los factores Dosis de Nitrógeno y Fuente de Calcio, y no significativa para la interacción.

Para el factor Dosis de Nitrógeno, la mejor firmeza fue para 140 unidades de nitrógeno con una firmeza de 18.67 lb/pulg<sup>2</sup>, seguida de las dosis de 0 y 70 unidades con 17.90 y 17.77 lb/pulg<sup>2</sup> respectivamente (Figura 4.4).

Para el factor Fuente de Calcio el mejor fue el Carboxy-Ca con una firmeza de 18.81 lb/pulg<sup>2</sup>, seguido del Nitrato de Calcio y el testigo con 18.30 y 17.80 lb/pulg<sup>2</sup>, y por último el Packhard con 17.55 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.5).

En el segundo muestreo (21 de diciembre de 1995) a los 104 ddc que fue cuando se sacó la fruta del refrigerador no se encontraron diferencias significativas, pero haciendo una representación gráfica de todos los tratamientos hay una diferencia numérica, y tenemos al tratamiento 5 (70 unidades de nitrógeno más Carboxy-Ca) con una media de 16.25 lb/pulg<sup>2</sup> contra el testigo que fue el valor más bajo con 15.51 lb/pulg<sup>2</sup>.

Comparando el primer muestreo con el segundo, se ve un decremento en la firmeza de 1.78 lb/pulg<sup>2</sup> para el tratamiento 5 que fue el más alto en la segunda evaluación y para el testigo fue una reducción de 2.29 lb/pulg<sup>2</sup>.

En el tercer muestreo (28 de diciembre de 1995), a los 111 ddc se encontraron diferencias altamente significativas para el factor Fuente de Calcio y para la Interacción Dosis de Nitrógeno por Fuente de Calcio y no significativas para el factor Dosis de Nitrógeno.

La mejor firmeza del factor Fuente de Calcio se dio con el Carboxy-Ca y fue de 16.33 lb/pulg<sup>2</sup>, seguido del Packhard con 15.63 lb/pulg<sup>2</sup>, Nitrato de Calcio con 15.43 lb/pulg<sup>2</sup> y por último el testigo con 14.91 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.7).

El mejor tratamiento para la mejor firmeza nos la da la combinación de 70 unidades de nitrógeno y el Carboxy-Ca, seguida de 140 unidades con Carboxy-Ca, después 0 unidades de nitrógeno con Carboxy-Ca.

En el cuarto muestreo (4 de enero 1995) a los 118 ddc se encontró diferencia altamente significativa para el factor Fuente de Calcio y no significativa para el factor Dosis de Nitrógeno así como también para la interacción.

En este muestreo y para el factor Fuente de Calcio predomina el Nitrato de Calcio con 15.25, seguido del Packhard con 14.70 y el Carboxy-Ca con 14.57 lb/pulg<sup>2</sup> (Figura 4.9).

En la Figura 5.1 podemos apreciar el comportamiento de todos los tratamientos desde cosecha hasta el final del estudio y se muestra que todos mantienen la misma secuencia.

Durante la realización de las evaluaciones, se pudo observar la influencia que tiene el calcio en la firmeza de la fruta y también la del nitrógeno para acortar la vida de anaquel de los frutos, como lo mencionan Olsen et. al. (1967) que dicen que el nivel de fertilización nitrogenada afectan el color y la calidad del fruto en cultivares de manzano, así lo podemos ver en el cuadro 4.6 con 140 unidades de nitrógeno que queda abajo de nuestro testigo y esto también es debido a que la fertilización nitrogenada resulta en frutos de manzano con pocas y grandes células las cuales están predispuestas a desórdenes de almacenamiento (Westwood, 1982).

La deficiencia de calcio ha sido ligada con la mayoría de los desórdenes de almacenamiento como la mancha amarga, mancha corchosa, colapso interno,

corazón de agua, corazón café, colapso senescente, los cuales están asociados con alta velocidad de respiración.

Altos niveles de nitrógeno incrementan la respiración (Faust y Shear 1972) y alto calcio contrarresta ese efecto del nitrógeno y conserva la respiración a un nivel bajo.

Los desórdenes relacionados con calcio resultan primeramente de una inadecuada traslocación de éste al fruto debido a la absorción limitada por la raíz (Himerlrick y McDuffie, 1983) y a que el calcio es considerado un elemento inmóvil que al ser absorbido por la planta, éste tiende a quedarse almacenado en tejidos lignificados y es mínima la cantidad que llega al fruto.

La mancha amarga es un desorden fisiológico atribuido a deficiencias de calcio, que coaccionan un reblandecimiento de la pared celular y la consecuente salida del contenido citoplasmático, que se oxidan y provocan una pudrición seca (Drake et al, 1974); se considera que la lámina media es la región de la pared más afectada durante el ablandecimiento de los frutos (Huber, 1983).

La región de la lámina media es rica en materiales pécticos que contribuyen la cohesividad celular y se considera que constituye un importante sitio de interacción del calcio (Ferguson y Dobak, 1988); el efecto cementante, es debido primeramente al Ca-pectato de la lámina media en la adhesión célula a célula y propiedades de coherencia del tejido en las plantas (Poovaiah et al, 1988).

En cosecha los frutos tienen un alto grado de contacto de célula a célula; los frutos tratados con calcio y almacenados por varios meses retuvieron la firmeza y

contacto de célula a célula, mientras que los frutos no tratados se ablandaron durante el almacenamiento (Poovaiah et al, 1988); lo mismo podemos ver en los resultados obtenidos que nos indican que hacer cualquier aplicación de calcio nos ayuda a mantener más alta la firmeza de los frutos, que cuando no se aplica; y respecto a la fertilización nitrogenada por lo general podemos decir que aplicar 70 unidades fue la mejor dosis en compañía de cualquier fuente de calcio para mantener la firmeza, porque 140 ya es una dosis alta y nos puede dar como resultado fruta más susceptible a desórdenes fisiológicos de almacenamiento.

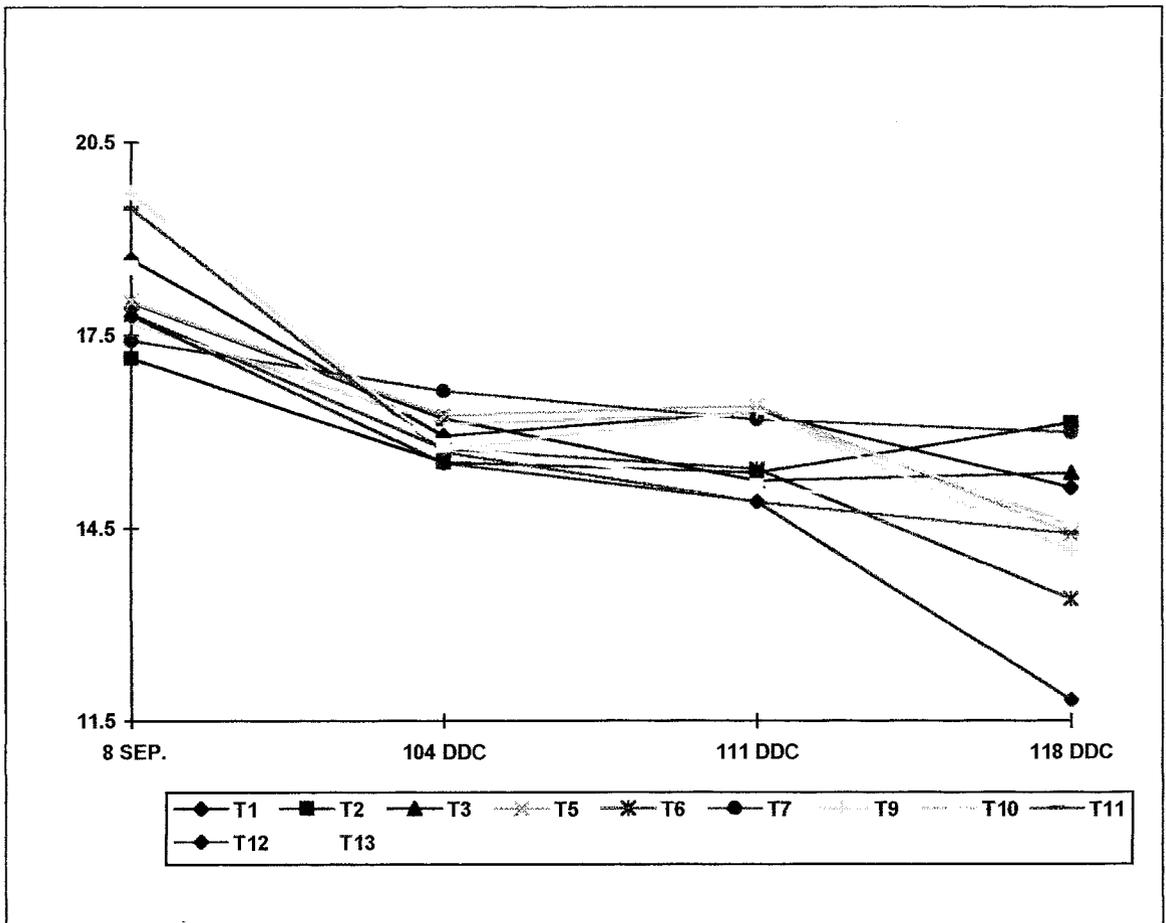


Figura 5.3.1 Firmeza del fruto en los diferentes tratamientos. Se omiten los tratamientos 4 y 8 por ser iguales al tratamiento 12.

El 8 de septiembre fue el día de la cosecha y se toma como día 1, los siguientes son a partir de esta fecha.

### **Sólidos Solubles Totales**

En los análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas (Cuadros 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10) y en algunos casos diferencias altamente significativas para los factores Dosis de Nitrógeno y Fuente de Calcio o bien para la interacción Dosis de Nitrógeno por Fuente de Calcio.

Una de las cosas que se pueden apreciar es que los sólidos solubles totales van a la inversa de la firmeza y eso quizá se deba a que los sólidos solubles aumentan después de la cosecha debido a la conversión de la reserva de almidón a azúcar (Olsen et. al., 1967).

En este estudio, se observó un aumento en el contenido de sólidos solubles, pero éste aumento sólo se registra en la segunda evaluación y después tiende a ser casi constante y al final decae. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Soto (1992) quien dice que en el primer mes de almacenamiento se incrementan los sólidos solubles, después se mantienen en línea y al final disminuyen.

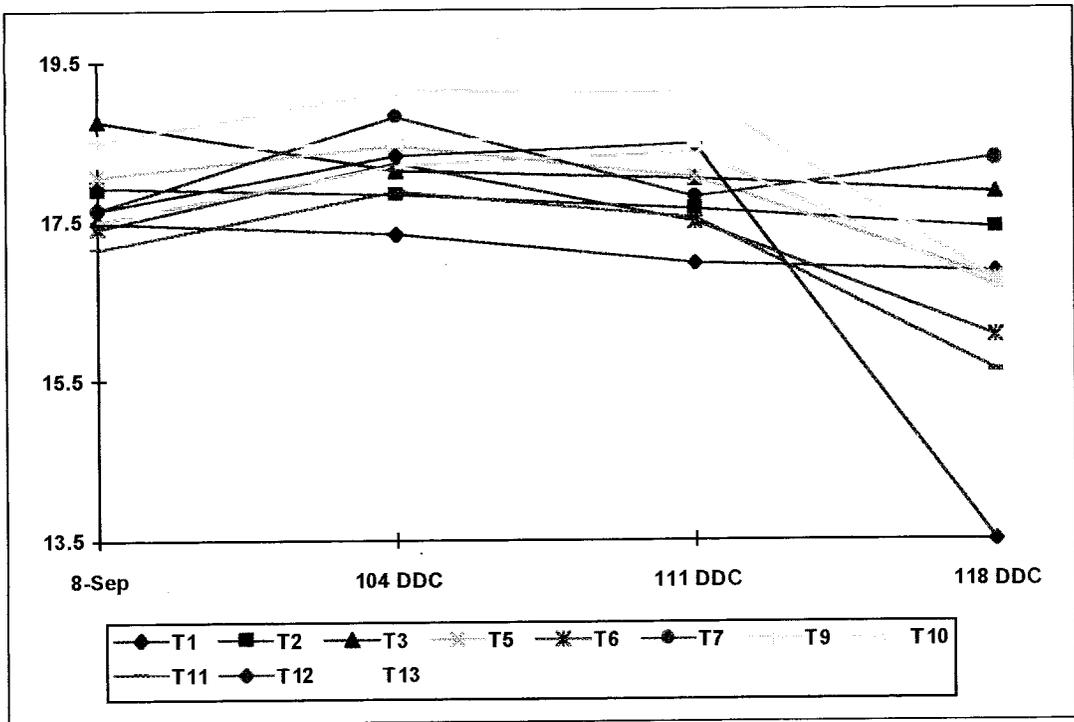


Figura 5.4.1 Contenido de Sólidos Solubles Totales (°Brix) en los tratamientos evaluados. Se omiten los tratamientos 4 y 8 por ser iguales al tratamiento 12.

El 8 de septiembre fue el día de la cosecha y se toma como día 1, los siguientes son a partir de esta fecha.

### 5.5 Porcentaje de Pérdida de Peso

En el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas para el factor Dosis de Nitrógeno y para la interacción Dosis de Nitrógeno X Fuente de Calcio y diferencias significativas para el factor Fuente de Calcio (Cuadro 4.5.1).

En el factor Dosis de Nitrógeno la menor pérdida de peso se registró para 70 unidades de nitrógeno con un 90.08 por ciento de su peso, es decir, perdió 9.92 por

ciento. La mayor pérdida la obtuvo con 140 Unidades de Nitrógeno con 86.89 por ciento es decir, perdió el 13.11 por ciento de su peso.

Para la interacción la menor pérdida se dio para el tratamiento 5 (70 Unidades de Nitrógeno más Carboxy-Ca) con 92.14 por ciento es decir, perdió un 7.86 por ciento, seguido del tratamiento 3 (0 unidades de nitrógeno más nitrato de calcio) con 91.84 por ciento, es decir, 8.16 por ciento de pérdida, el testigo con 87.42 por ciento, es decir, 12.58 por ciento y el de mayor pérdida fue el tratamiento 11 (140 unidades de nitrógeno más nitrato de calcio) con 84.61 por ciento es decir, 15.39 por ciento de su peso.

Para el factor Fuente de Calcio la menor pérdida de peso fue para el Packhard con 89.80 por ciento es decir, 10.20 por ciento de su peso, seguido del Carboxy-Ca con 89.17 por ciento es decir, 10.83 por ciento, después el nitrato de calcio con 88.95 por ciento es decir, 11.05 por ciento y el testigo fue el de mayor pérdida con 87.42 por ciento es decir, 12.58 por ciento de su peso.

Si es bien dicho que el nitrógeno en exceso provoca frutos con pocas y grandes células (Westwood, 1982), lo podemos relacionar con la pérdida de peso de los frutos ya que al haber pocas células se incrementa el volumen de espacios intercelulares y si a esto le agregamos que la fertilización nitrogenada aumenta la respiración de los frutos (Faust y Shear, 1972) y también que una falta del elemento calcio nos conduce a un degradamiento más rápido de la pared celular; por eso los resultados obtenidos corroboran lo anteriormente dicho, porque la mayor pérdida de peso se dio con 140 unidades de nitrógeno independientemente la fuente de calcio que se le haya suministrado.

## CONCLUSIONES

- ⇒ La aplicación de una dosis moderada de nitrógeno nos ayuda en la conservación de la fruta en refrigeración y después de ésta.
- ⇒ Las aplicaciones foliares de calcio durante el crecimiento del fruto ayudan a mantener su calidad durante el período de refrigeración y después de éste.
- ⇒ El efecto que tiene el nitrógeno en el deterioro de los frutos es en parte contrarrestado por las aplicaciones de calcio durante el desarrollo y crecimiento de la fruta.
- ⇒ Las aplicaciones foliares de calcio durante el crecimiento de las manzanas influye favorablemente en la firmeza del fruto para alargar su período de almacenamiento bajo sistemas convencionales de refrigeración en cuarto frío.
- ⇒ Los resultados muestran que la mejor fuente de calcio para mantener la firmeza fué el Nitrato de Calcio, seguidos del Packhard y el Carboxy-Ca.
- ⇒ La mejor dosis de nitrógeno para firmeza resultó con Cero unidades de N, seguida de 70 unidades de nitrógeno y al final 140 unidades de nitrógeno.

⇒ El mejor tratamiento para mantener la firmeza de la fruta y los sólidos solubles totales fué el tratamiento compuesto por 70 unidades de nitrógeno y 2 kg/ha de nitrato de calcio.

## RESUMEN

Para estudiar el efecto del nitrógeno en la concentración de calcio en los frutos del manzano y determinar la influencia del calcio en la capacidad de conservación de la fruta más allá de los períodos convencionales de refrigeración, se estableció el presente trabajo en el Rancho el Segurito, en la Sierra de Arteaga durante el ciclo 1995, utilizándose como material vegetativo árboles de manzana del cultivar Golden Delicious, de ocho años de edad sobre un portainjertos MM-106, a una distancia de plantación de 3 x 5 m. Los tratamientos fueron sorteados en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con quince repeticiones, los tratamientos fueron: T1 (cero unidades de nitrógeno, UN, más 4 l/ha de Carboxy-Ca), T2 (cero UN más 5 l/ha de Packhard), T3 (cero UN más 2 kg/ha Nitrato de Calcio), T4 (testigo, sin aplicación), T5 (70 UN más 4 l/ha Carboxy-Ca), T6 (70 UN más 5 l/ha Packhard), T7 (70 UN más 2 kg/ha de Nitrato de Calcio), T8 (testigo, sin aplicación), T9 (140 UN más 4 l/ha de Carboxy-Ca), T10 (140 UN más 5 l/ha de Packhard), T11 (140 UN más 2 kg/ha de Nitrato de Calcio), T12 (testigo, sin aplicación), T13 (70 UN más Carboxy-Ca y Packhard).

Los árboles se seleccionaron en marzo y se contaron las yemas florales antes de que abrieran, 25 días a partir de que se cumplió el 50 por ciento de floración se hizo la primer aplicación foliar de los productos (14 de mayo), la segunda se realizó el

sexta un día antes de la cosecha, el 7 de septiembre. Las aplicaciones de nitrógeno al suelo se hicieron a principios de mayo mediante el sistema de riego por goteo.

Para crecimiento vegetativo se realizó un sólo muestreo, a los dos días de haber cosechado, midiéndose el crecimiento vegetativo anual de dos ramas por árbol. Los resultados muestran que la mejor dosis de nitrógeno fue 70 UN con 33.96 cm, seguida de 140 UN y cero UN con crecimientos vegetativos de 33.19 y 30.72 cm respectivamente. En cuanto a fuentes de calcio, el mayor crecimiento se presentó con el Carboxy-Ca con 36.08 cm, seguido del Packhard con 34.56, Nitrato de Calcio con 32.98 y por último el testigo con 26.86 cm.

Para evaluar el rendimiento se pesó al final de la cosecha la fruta obtenida por cada tratamiento, encontrándose que no hubo diferencias entre ambos factores, ni en la interacción, sin embargo se puede apreciar que los rendimientos van desde 14.73 ton/ha para los tratamientos testigos hasta la mayor producción que fue de 16.04 ton/ha para el tratamiento de 70 UN más aplicación de Packhard.

Para la evaluación de la firmeza y los sólidos solubles totales se realizaron 4 muestreos (ocho de septiembre, 21 de diciembre, estando la fruta en refrigeración, para posteriormente almacenar la fruta a temperatura ambiente, 28 de diciembre de 1985, y 4 de enero de 1986). La mayor firmeza se registró en el primer muestreo, para el factor dosis de nitrógeno el mayor valor correspondió a 140 UN con una firmeza de 18.67 lb/pulg<sup>2</sup>, mientras que para fuentes de calcio, el mejor tratamiento resultó ser el Carboxy-Ca con una firmeza de 18.81 lb/pulg<sup>2</sup>. La firmeza de los frutos fue decreciendo a medida que transcurría el tiempo.

En cuanto a sólidos solubles totales, se encontró la mayor concentración durante el segundo muestreo, encontrándose que dentro del factor A el mejor tratamiento resultó ser la dosis de 70 UN, con un valor de 18.44 °Brix, mientras que para el factor B, el mejor tratamiento fue Carboxy-Ca con un valor promedio de 18.30 °Brix. En cuanto al testigo, la mayor concentración de grados Brix se encontró en el tercer muestreo, registrando un valor de 18.46 °Brix.

Para evaluar el por ciento de pérdida de peso se realizaron 3 muestreos (21 y 28 de diciembre, 1995 y 15 de enero. 1996) durante los cuales toda la fruta estuvo almacenada a temperatura ambiente. Los resultados muestran que para el factor dosis de nitrógeno el mejor tratamiento fue 70 UN con 90.08 por ciento, en tanto que para el factor fuente de calcio, el mejor tratamiento fue el Packhard con un valor de 89.80 por ciento. En cuanto a la interacción dosis de nitrógeno x fuente de calcio encontramos que para fuente de calcio dentro del primer nivel (0 UN) el mejor tratamiento estuvo representado por el Nitrato de Calcio con 91.84 por ciento, dentro del segundo nivel (70 UN) el Carboxy-Ca fue el mejor tratamiento con 92.14 por ciento y para el tercer nivel (140 UN) el Packhard obtuvo el valor más alto con 89.19 por ciento.

Para el factor dosis de nitrógeno dentro del primer nivel (Carboxy-Ca) la mejor dosis fue 70 UN registrando un valor de 92.14 por ciento, dentro del segundo nivel (Packhard) los tratamientos resultaron ser estadísticamente iguales y para el tercer nivel (Nitrato de Calcio), el mayor valor de pérdida de peso se registró cuando no hubo aplicación de nitrógeno (0 UN).

## LITERATURA CITADA

- Autio, W. R. And Constante, J. F. 1992. Ripening and Storage of "Liberty" apple. *Fruit Varieties Journal*. 46 (4): 235-244.
- Bangerth F., Dilley D.R., and Dewey D.H. 1972. Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(5): 679-692.
- Blanke, M. M. 1991. Respiration of apple and avocado fruits. *Postharvest news and information*. Vol. 2. No. 6: 429-436.
- Boynton D.G. and Oberly G.H. 1966. Apple nutrition In: N.F. Childers Ed. "Fruit Nutrition". New Brunswick. New Jersey, Rutgers State University. 1-37.
- Bramlage W.J., Drake M. and Baker J.H. 1974. Relationship of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(4): 376-378.
- Bramlage, W. J., Weis, S. A. and Greene, D. W. 1990. Observations on the relationships among seed number, fruit calcium and senescent breakdown in apples. *HortScience* 25 (3): 351-353.

- Burmeister, D. M. and Dilley, D. R. 1991. Induction of bitter pit-like symptoms on apples by infiltration with  $Mg^{+2}$  is attenuated by  $Ca^{+2}$ . HortScience 26 (6): 157.
- Confederación Nacional de Fruticultores. 1990. Situación actual y perspectivas de la Fruticultura Nacional. (Manzana y Durazno).
- Conway, W. A. 1982. Effect of Postharves Calcium Tratment on Decay of Delicious Apples. Plant Dis. 66(5): 402-403.
- Conway, W.S. and Sams, C.E. 1985. Influence of fruit maturity on the effect of postharvest calcium treatment on decay of Golden Delicious apple. Plant Dis. 69: 42-44.
- Conway, W.S. 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(2): 300-303.
- Conway, W. S. Sams. C. E., Abbott J. A., Bruton, B. D. 1991. Postharvest calcium tratment of apple fruit to provide broad-spectrum protection against postharves pathogens. Plant Disease 75 (6): 620-622.
- Dennis, F. G. 1986. Apple. Handbook of Fruit Set and Development. C.R.C. Press, Inc. Boca Ratón, Florida.
- Drake, M., Bramlage, W.J. and Baker, J.A. 1974. Correlation of calcium content of "Baldwin" apples with leaf calcium, tree yield and occurrences of physiological desorders and decay. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 99 (4): 379-380

Eaton, G.W. 1990. *Fruit Varieties Journal*. 44 (2): 98-99.

Faust, M., Shear, C.B. and Smith, C.B. 1967. Investigations of corking disorders of apples I. Mineral element gradients in "York-Imperial" apples. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 91: 69-72.

Faust, M., Shear, C.B. and Smith, C.B. 1968. Investigations of corking disorders of apples II. Chemical composition of affected tissues. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 92: 82-88.

Faust, M., and Shear, C.B. 1972. The effect of calcium on respiration of apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 97(4): 437-439.

Faust, M. 1989. *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*. Ed. New York Willey. pp.338.

Ferguson, I.B. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell and Environment*. 7, 477-489.

Ferguson, I.B. and Drobak, B.K. 1988. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortScience* 23 (2): 262-266.

Ferguson, I.B. and Watkins, C.B. 1989. Bitter pit in apple fruit. *Horticultural Reviews*. Vol. 11. pp 470.

- Ferguson, I.B. and Watkins, C.B. 1992. Croap Load Affect Mineral Concentrations and Incidence of Bitter pit in "Cox's" Orange Pippin Apple Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 (3): 373-376.
- Fidler, J.C., Wilkinson, B.G., Edney, K.L.. and Sharpies, R.O. 1973. The Biology of Apple and Pear Storage. Research Review No.3 of the Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops. C.A.B. England. p. 235
- Fuller, H.J. y Ritchie, D.D. 1982. *Botánica General*. De. CECOSA, México pp 272.
- Gardea, B.A.A. 1980. La maduración del cultivar Golden Delicious en la Sierra de Chihuahua. Trabajo de Marco de Referencia del cultivo de manzano. Campo Agrícola Experimental "Sierra de Chihuahua". CIAN-INIA-SARH. 5 p.
- Glenn, G.M. and Poovaiah, B.W. 1990. Calcium - mediated Postharvest Changes in textura and cell wall structure and composition in Golden Delicious apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 115 (6): 962-968.
- Harker, F.R., Ferguson, I.B. 1991. Effect of surfactants on calcium penetration of cuticles insolated from apple fruit. *Scientia Horticulturae.* 46: 225-233.
- Harker, F.R. and Venis, M.A. 1991. Measurement of intracellular and extracellular free calcium in apple fruti cells using calcium-selective microelectrodes. *Plans, cell and enviroment.* 14: 525-530.
- Hewett, E.W. 1984. Bitter pit reduction in Cox's Orange Pippin apples by controlled and modified atmosphere storage. *Scientia Horticulturae.* 23: 59-66.

- Hewett, E.W. and Watkins, C.B. 1991. Bitter pit control by sprays and vacuum infiltration of calcium in Cox's Orange Pippin apples. *HortScience* 26 (3): 284-286.
- Hilmelrick, D.G. and Ingle, M. 1981. Effects of calcium, EDTA and Oxalic Acid on Respiration of Apple Slices. *HortScience* 16 (2): 165-167.
- Hilmelrick, D.G. and MsDuffie, R.F. 1983. The calcium cycle: Uptake and distribution in apple trees. *HortScience* 118: 147-150.
- Huber D.H. 1983. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Horticultural Reviews*. Edited by Jules Janick, Purdue University. Volume 5, 169-210.
- Klein, J.D. and Lurie S. 1992. Heat treatments for improved Postharvest Quality of Horticultural Crops. *HortTechnology*. 2(3): 316-320.
- Klein J.D. and Lurie S. 1992. Poststorage heating of apple fruit for enhancement postharvest quality: interaction of time and temperature. *HortScience* 27(4): 326-328.
- Kramer G.F., Yi Wang Ch., and Conway W.S. 1991. Inhibition of softening by polyamine application in "Golden Delicious" and "Mc Intosh" apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(5): 813-817.
- Lehninger, A.L. 1991. *Bioquímica*. Traducción al español por los Dres. Fernando Calvet Prats y Jorge Bozal Fees. De. OMEGA S.A. p. 1117.

- Lewis T.L. and Martin D. 1973. Longitudinal distribution of applied calcium, and of naturally occurring calcium, magnesium, and potassium, in Merton apple fruits. *Aust. J. Agric. Res.* 24: 363-371.
- Lidster, P.D., Porrit, S.W. and Eaton, G.W. 1977. The Effect of Storage Relative Humidity on Calcium Uptake by "Spartan" Apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102 (4): 394-396.
- Lord W.J., Baker J.H., and Damon Jr. R.A. 1981. Soil, tree, and fruit responses to lime and to type and timing of nitrogenous fertilizer applications under "Sturdespur Delicious" apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(5): 616-619.
- Lurie, S. and Klein, J.D. 1992. Calcium and heat Treatments to improve storability of "Anna" Apples. *HortScience* 27 (1):36-39.
- Marlow G.C. and Wayne H. Loescher. 1984. Watercore. *Horticultural Reviews*. Edited by Jules Janick. Purdue University. Volume 6, 189-251.
- Marschner H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press: Harcourt Brace Jovanovich, Publisher. 243-254; 378-385.
- Mason J.L. 1971. Calcium and Spartan breakdown. British Columbia Fruit Growers Association. *Apple Forum*. 9 p.

- Mason J.L., and Mc Dougald J.M. 1974. Influence of calcium concentration in nutrient solutions of breakdown and nutrient uptake in "Spartan" apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(4): 318-321.
- Mason J.L., Drought B.G., and Mc Dougald J.M. 1974. Calcium concentration of "Spartan" apple in relation to amount of senescent breakdown in individual fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(4): 413-415.
- Miller H. 1989. Fruit calcium essential for postharvest apple quality. Good Fruit Grower. Vol. 40, No. 6. 9-10.
- Moller, W.J. and Micke, W.C. 1975. Bitter pit of Apples, Division of Agricultural Sciences. University of California.
- Olsen K., Schomer H.A. And Bartram R.D. 1967. Segregation of "Golden Delicious" apples for quality by light transmission. American Society for Horticultural Science. Vol. 91: 821-828.
- 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 Foods and Agriculture. 37: 591-606.
- Poovaliah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technol 58: 86-89.
- Poovaliah B.W., and Reddy, A.S.N. 1987. Calcium messenger system in plants. C.R.C. Critical Reviews in Plant Sciences. 6: 47-103.

- Poovaiah B.W., Glenn G.M., and Reddy A.S.N. 1988. Calcium and fruit softening: Physiological and biochemistry. Horticultural Reviews. Edited by Jules Janick, Purdue University. Volume 10: 107-152.
- Raese, T. 1989. Important considerations about calcium on apples and pears. Good Fruit Grower. Vol. 40, No. 7
- Ryugo K. 1988. Fruit culture its science and art. Ed. John Wiley & Sons. USA. p. 247.
- Shear C.B., and Faust M. 1970. Calcium transport in apple trees. Plant Physiol. 45: 670-674.
- Shear, C.B. 1971. Symptoms of calcium deficiency on leaves and fruits and of "York Imperial" apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(4): 415-417.
- Shear, C.B. 1972. Incidence of cork spots as related to calcium in the leaves and fruits of "York Imperial" apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(1): 61-64
- Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. HortScience 10: 361-365.
- Shear, C.B. and Faust, M. 1975. Postharvest biology and handling of fruits and vegetables. AVI Publishing Company, Inc.

- Shear, C.B., and Faust M. 1980. Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts. Horticultural Reviews. Edited by Jules Janick. Purdue University. Volume 1980: 142-163.
- Snowdon, A.L. 1990. A color Atlas of Postharvest Diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol. 1: General Introduction and Fruits. C.R.C. Press. Florida, U.S.A.
- Soderlund R.O. and Hanger B.C. 1980. Effects of calcium-free nutrient solution and demineralized water on the movement of previously deposited calcium in the roots of apple seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(6): 769-773.
- Soroa y Pineda, J.M. 1968. Diccionario de Agricultura. De. Labor, S.A. Madrid. pp 1006.
- Soto P.J.M. 1986. Dinámica de maduración de manzana *Malus silvestris* Mill. Golden Delicious en la Sierra de Chihuahua. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Fruticultura. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Soto P.J.M. 1992. Abastecimiento convencional e integral de calcio en manzano *Malus domestica* Borkh. Red Delicious. Tesis de Maestría. Facultad de Fruticultura. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Stahly E.A. and Benson N.R. 1976. Calcium levels of "Golden Delicious" apples as influenced by calcium sprays, 2, 3, 5-triiodobenzoic acid, and other plant growth regulators sprays. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101(2): 120-122.

- Stiles W.C. 1987. Tree nutrition: a key to good fruit quality. In Compact fruit tree. Vol. 20. Department of Pomology, Cornell University. 107-111.
- Suggar, D. Powers, K.A., Hilton, R.J. 1991. Enhanced resistance to side root in pears treated with calcium Chloride during the growing season. *Plant Disease*. 77 (2): 212-214.
- Sugar, D., Righetti, T.L., Sanchez, E.E. and Khemira, H. 1992. Management of nitrogen and calcium in pear trees for Enhancement of fruit resistance to postharvest decay. *HortTechnology*. 2 (3): 382-386.
- Ting, I.P. 1982. *Plant Physiology*. Addison Wesley. Publishing Company. U.S.A. pp 462.
- Tromp J. 1975. The effect temperature on growth and mineral nutrition of fruits of apple, with special reference to calcium. *Physiol. Plant*. 33: 87-93.
- Wang, S.W. and Faust, M. 1992a. Ethylene Biosynthesis and Polyamine accumulation in apples whit watercore. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 117 (1): 133-138.
- Wang S.W. and Faust, M. 1992b. Variation in Lipid Composition of Apples in Relation to Watercore. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 117 (5): 829-833.
- Warner, G. 1991. Apply calcium to preserve fruit quality. *Good Fruit Grower*. Vol. 42 No. 9.
- Warner G. 1992. Pear storage decay control should begin in the orchard. *Good Fruit Grower*. Vol. 43, No. 2.

- Weis, S.A., Drake, M., Bramlage, W.J. and Baker, J.H. 1980. A sensitive method for measuring changes in calcium concentration in McIntosh apples demonstrated indeterming effects of foliar calcium sprays. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 (3): 346-349.
- Westwood M.N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Versión española de Luis Rallo Romero, Fernando Pérez Camacho, Juan M. Caballero Reigh, Ricardo Fernández Escobar y Diego Barranco Navarro. Ediciones Mundi-Prensa. 241-267.
- Wilkinson, B.G. and Fidler, J.C. 1973. The Biology of Apple and Pear Storage. Research Review, No.3 of the commonwealth Burean of Horticulture and Plantation Cropps. C.A.B. England. pp 235.
- Williams, M.W. 1977. Adverse Weahter and fruit thinnig chemicals can affect seed content and size of Red Delicious Apples-What can growers do about it?. Proc. Wash. State Hortic. Assoc. 73: 157-161.
- Willis R.B.H., Lee, T.H., Graham, D.G., Mc Glasson, W.B. and Hall E.H. 1982. AN introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. pp. 161.