

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL AGRONOMÍA



Efecto de la aplicación foliar de calcio, en pre cosecha, en la calidad de fruta del cultivo de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.).

T E S I S

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

RICARDO ARRIBASPLATA CARRASCO

Asesor:

Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta

CAJAMARCA – PERÚ

2013



Universidad Nacional de Cajamarca

Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Agronomía
Telefax 076 - 365846 - Anexos 107 - 108

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

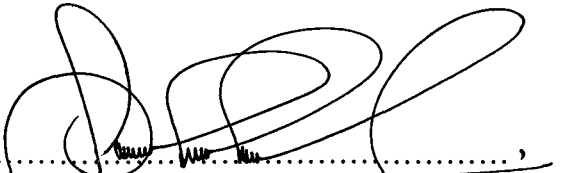
En Cajamarca, a los once días del mes de setiembre del año 2013 se reunieron en el Auditorium de la Facultad de Ciencias Agrarias los integrantes del jurado designado por consejo de Facultad de Ciencias Agrarias según la Resolución N° 136-2013-FCA-UNC con el objeto de evaluar la sustentación de la Tesis Titulada: **“Efecto de la Aplicación Foliar de Calcio, en pre cosecha, en la calidad de fruta del cultivo de Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.)”** a cargo del Bachiller en Agronomía: Ricardo Arribasplata Carrasco, para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las 16 horas y 00 minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del jurado dio por iniciado el acto.

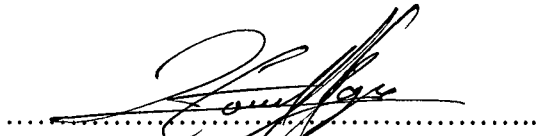
Después de la exposición de la tesis, formulación de preguntas y la deliberación del jurado, el presidente del Jurado anuncio la aprobación por unanimidad con el calificativo de diecisiete (17). Por lo tanto, el graduado queda expedito para que se le expida el título profesional correspondiente.


A las 18 horas y 00 minutos, el Presidente del jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 11 de setiembre del 2013.


.....
Dr. Juan E. Chávez Rabanal
PRESIDENTE


.....
Dr. Juan Seminario Cunya
SECRETARIO


.....
Ing° M. Sc. Victor E. Torrel Pajares
VOCAL


.....
Dr. Segundo B. Escalante Zumaeta
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y una familia que en todo momento me ha brindado su apoyo incondicional.

A mis padres y hermanos por su comprensión, apoyo, sacrificio, estímulos de superación y por la confianza que pusieron en mí.

A Anderson Miguel, por darme alegría y seguridad y sobre todo porque gracias a él, Aprendí que la vida nos pide sacrificio y Responsabilidad para triunfar.

Ricardo Arribasplata C.

AGRADECIMIENTO

A Dios Creador y Dueño de mi triunfo, por guiarme por el camino correcto y permitirme alcanzar mis metas.

A mis padres que en todo momento, a pesar de la distancia, confiaron en mí, y que con entero amor, cariño y sacrificio me dieron lo mejor, mi educación, convirtiéndome hoy en un profesional al servicio de mi familia y mi país.

A mis hermanos un inmenso agradecimiento por su incondicional apoyo, amor, comprensión y confianza, puesto que sin ellos no hubiese alcanzado tan preciada meta.

Al Dr., M. Sc., Ing. Berardo Escalante Zumaeta asesor de la presente tesis, quien con su amplia experiencia profesional ha tenido a bien orientarme con sus conocimientos, transmitiendo a lo largo de mis estudios y durante la conducción y redacción del presente trabajo de investigación.

A todo el personal técnico y profesional de la Universidad Nacional de Cajamarca, gracias por su apoyo con conocimientos y material durante esta investigación.

CONTENIDO

Capitulo		Pagina
i	Dedicatoria	
ii	Agradecimiento	
I	Introducción	1
II	Revisión de literatura	4
III	Materiales y métodos	28
IV	Resultados y Discusiones	43
V	Conclusiones y Recomendaciones	67
iii	Resumen	68
iv	Bibliografía	70
v	Anexos	78

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.

En el Perú, la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) se cultiva desde los años del esplendor de las culturas pre incas Moche y Chimú. Durante el apogeo incaico su sembrío se extendió por todo el territorio y posteriormente, debido a sus características organolépticas y propiedades medicinales, fue introducida en países como España, Argelia y México. Actualmente esta fruta destaca por su potencial de exportación, especialmente al mercado norteamericano y europeo. Sin embargo, su comercialización se ve restringida por su corta vida de post cosecha, reflejada en su elevado grado de sensibilidad al transporte y almacenaje. Siete a ocho días después de la cosecha, los frutos se ablandan como consecuencia de una acelerada tasa de producción de etileno, lo que anticipa la senescencia y deterioro. Estas características, lo califican como una fruta altamente perecedera, pues rápidamente pierde sus atributos físico químicos y con ello las oportunidades de mercado. El deterioro y perecibilidad se acentúan aún más por el mal manejo del producto o causas biológicas adversas, dentro de las cuales destacan la presencia de plagas y enfermedades, factores relevantes en plantaciones naturales y sin ningún manejo técnico, como es el caso de las plantaciones de las partes altas del valle Jequetepeque.

En nuestro país, las investigaciones sobre el manejo de pre y post cosecha de chirimoya son escasas. Los avances científicos más notorios son los relacionados con la selección de cultivares en base a forma y número de semillas de la fruta. En este aspecto, destaca el cultivar *Cumbe* (Tineo 2005). En Chile, las investigaciones fueron orientadas al incremento del número de frutos por planta (cantidad), básicamente a través de la fertilización al suelo, manejo de podas y control fitosanitario; y, en España, la polinización manual (Vilatuña 1998). En éste contexto, la necesidad de mejorar y mantener la calidad de los frutos e incrementar la vida post cosecha se constituye en una prioridad agronómica de la chirimoya, una de las frutas más representativas de los andes peruanos.

En tal sentido, considerando que el calcio es un elemento esencial para el mantenimiento de la calidad post cosecha de los cultivos hortofrutícolas, con marcado efecto estructural en la pared celular al establecer enlaces iónicos con grupos carboxílicos de pectinas, se asume que los frutos con altas concentraciones de este elemento pueden transportarse mejor, tienen mayor y mejor vida pos cosecha, y menor tasa de maduración (Valdez et al. 2007 y Casierra y Salamanca 2008). Investigaciones realizadas por Neilsen y Neilsen, citado por Valdez *et al.* (2007) en manzano (*Malus domestica* Borkh), demuestran que la aplicación foliar de cloruro de calcio (6 semanas post flor y 6 semanas pre cosecha, reduce el problema del Bitter pit y mejora su conservación. Así mismo Ferguson, citado Casierra y Salamanca (2008) encontró, que los altos contenidos de calcio en los frutos de fresa (*Fragaria ananassa*), reducen la tasa de maduración, respiración, producción de etileno y ablandamiento y Casierra y Salamanca (2008) indican que reduce la infección por hongos, al incrementar la firmeza de la pared celular. Asimismo Undurraga *et al.* (2007), determinaron que las aplicaciones de cloruro de calcio al 0,7 y 1% en pre cosecha en palta (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte; incrementan el contenido de calcio en la fruta, reducen el pardeamiento de la pulpa, retardan el ablandamiento de la fruta y el pardeamiento de la epidermis. De modo semejante Saucedo *et al.* (2004), determinaron que las aplicaciones de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) al 0.3 y 0.5 % en pre cosecha y almacenados a temperatura ambiente y a 5 °C por cinco semanas, incrementan el contenido de calcio en cáscara y pulpa; mejoran la firmeza y reducen la pérdida de peso de los frutos y, disminuyen la producción de CO_2 , etileno y daños por frío. En base a estos antecedentes, iniciamos la presente investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Determinar el efecto de la aplicación foliar de cloruro calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, sobre la calidad de fruta del cultivo de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.).

Objetivos específicos:

1. Determinar la variaciones del periodo de madurez de los frutos de chirimoya en función al número de aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %.
2. Demostrar la influencia del número de aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % sobre el porcentaje de pudrición, firmeza de pulpa, acidez titulable total y el contenido de sólidos solubles totales de frutos de chirimoya, conservados a 15 ± 3 °C de temperatura.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos Generales.

La Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) originaria de los Andes, entre Perú y Ecuador, es una especie propia de clima tropical y semi tropical (Rivas 2010). Para obtener óptimos rendimientos y buena calidad, requiere de condiciones con alta humedad relativa y libre de heladas (1400 a 2000 msnm) (Gardiazabal y Rosenberg 1993). En América, se encuentra gran cantidad de material vegetal del cual se han seleccionado líneas promisorias, especialmente en Chile. Mientras en España se ha trabajado en mejoramiento genético, en Australia se ha investigado principalmente en selección de cultivares (Cerdas *et al.* 2007). De modo semejante, en el Perú se ha seleccionado el cultivar *Cumbe* como el fruto con las mejores características de forma y número de pepas; sin embargo, en muchos lugares, aún es posible encontrar plantas de chirimoya en estado silvestre o en los cercos de terrenos, sin ningún manejo técnico (Tineo 2005).

Etimológicamente *Anona* proviene del nombre popular *Anón* (nombre del árbol) y *chirimoya*, del idioma quechua, lengua nativa de los Andes peruanos (Castro 2007). Pertenece a la familia de las anonáceas que comprende 122 géneros (*Annona*) y 2 100 especies, dentro de las cuales se encuentra la *Annona cherimola*, con distribución esencialmente tropical (Rosell *et al.* s. f.).

Gardiazabal y Rosenberg (1993), indican que el botánico Carlos Muñoz lo describe como un árbol de hasta 8 m de altura, con raíces superficiales (98 % se desarrolla en los primeros 40 cm de profundidad), tallo corto y cilíndrico de corteza más o menos gruesa, lisa o ligeramente jaspeada y color verde grisáceo; de entrenudos largos y de copa amplia (abierta), algo redondeada, frondosa, de rápido crecimiento y ramificada. Ibar, citado por Vilatuña (1998) describe a las flores como órganos de tamaño pequeño, poco vistosos, aromáticas, colgantes y hermafroditas.

2.2. Importancia.

2.2.1. Nutricional.

Castro (2007) menciona que la chirimoya presenta atributos de valor nutritivo como bajo nivel de grasa, altos contenidos de sales minerales y carbohidratos. Al promediar el contenido de calcio de las cuatro muestras indicadas en la Tabla 1, se obtiene 28.5 mg/100 g de pulpa, valor superior al de las hortalizas como la lechuga (*Lactuca sativa* L.) y coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) que contienen 24.22 y 20 mg/100 g de parte comestible, respectivamente. Así mismo, es rica en fósforo (35.2 g/100 g de pulpa), contenido que se encuentra en pocas frutas; y en referencia al contenido de vitaminas del complejo B, se afirma que, junto al pepino dulce (*Solanum muricatum* Aiton.) son los que contienen mayor cantidad de Tiamina, y junto a la palta (*Persea americana* Mill.) los que presentan alta concentración de Riboflavina. Además, muestra elevado contenido de niacina, vitamina C y proteína (1 a 2.9 g de proteína/100 g de parte comestible), cantidad superada sólo por el coco (*Cocos nucifera* L.), con 3.6 g/100 g de parte comestible (Díaz y Kairuz, citado por Castro 2007). Tiene un contenido calórico significativo y una concentración de sólidos solubles totales superior a 20 °Brix (Castro 2007).

Tabla 1. Composición nutricional de cuatro frutos diferentes de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.).

Composición	Número de fruto			
	1	2	3	4
g/100 g de porción comestible				
Calorías	73.00	81.00	82.00	56.00
Humedad	77.10	75.10	76.60	83.30
Proteína	1.90	1.00	1.10	2.90
Lípidos	0.10	0.10	0.20	0.50
Fibra cruda	2.00	1.80	1.90	1.00
Cenizas	0.70	1.00	0.80	0.60
mg/100 g de porción comestible				
Calcio	32.00	24.00	34.00	24.00
Fosforo	37.00	47.00	35.00	27.00
Hierro	-	0.40	0.60	0.60
Potasio	-	-	-	206.00
Tiamina	0.10	0.06	0.09	0.09
Riboflavina	0.14	0.14	0.03	0.13
Niacina	0.90	0.75	0.90	0.60
Ac.	5.00	4.30	17.00	5.20
Ascórbico				

Fuente: Díaz, citado por Castro (2007).

➤ **Opciones de consumo.**

La chirimoya se consume como fruta fresca, ensalada de frutas y procesada en forma de yogur, helados y otros tipos de postres. Por las características antes mencionadas y por su pulpa blanca cremosa, blanda y aromática y acidez poco perceptible, la fruta ha sido considerada como *la obra maestra de la naturaleza*, por el naturalista Haenke (Díaz, citado por Castro 2007).

3. Medicinal.

La chirimoya presenta propiedades digestivas, remineralizantes, laxantes, reguladoras del nivel sanguíneo de glucosa y antioxidantes; contribuye a la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes; favorece la absorción de hierro de los alimentos por la presencia de las vitaminas A y C. Es fuente de potasio (necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y actividad muscular normal), interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula (Applus Norcontrol 2007).

Zamora (1993), menciona que en el pasado, en Costa Rica, la decocción de las semillas, especialmente de aquellas que se encuentran a mayor altitud, sirve para combatir piojos (*Pediculos humanos*). Posteriormente, Vargas y colaboradores, citado por Castro (2007), en la Universidad de Costa Rica, lograron la preparación de un champú contra los mencionados ectoparásitos a base de estas semillas. También se indica que, el aceite extraído de las semillas, a pesar de no ser apto para el consumo humano, es utilizado en la fabricación de jabones y lubricantes.

4. Económica.

La chirimoya, a pesar de ser poco conocida, es considerada una de las frutas más finas, alcanzando precios altos a nivel mundial y cuyo consumo se ha incrementado con el pasar los años (Quezada 2005). Sin embargo, su expansión está limitada debido al número reducido de variedades comerciales disponibles y estrictas exigencias edafoclimáticas, concentrándose la producción en determinadas fechas lo cual satura el mercado. Actualmente, es frutal de importancia a nivel mundial, por la calidad y potencial de exportación, principalmente a los mercados de Europa y Norteamérica, existiendo de forma comercial únicamente en Perú, España, Chile, Bolivia, Ecuador, Estados Unidos, Colombia, Sudáfrica e Israel (Castro 2007).

2.3. Reinicio de la actividad fisiológica.

2.3.1. Etapa de floración.

En la sierra peruana, la floración del chirimoyo, se inicia en el mes de setiembre, siendo mayor en diciembre (Tineo 2005). Este proceso ocurre normalmente luego que el árbol se desprende de sus hojas por tener el pedúnculo débil, debido a que las yemas que dan origen a los brotes florales se encuentran impedidas por estar cubiertas por los peciolos, cuya base es hueca. Las hojas, al desprenderse dejan las yemas libres y aptas para su pronta brotación y floración (Gardiazabal y Rosenberg 1993) dando origen a frutos que serán cosechados 6 a 7 meses después (Razeto y Díaz 2000).

La floración requiere de alta humedad ambiental (80 %), especialmente en el momento de la polinización lo cual favorece el cuajado, por lo que se recomienda realizar esta labor en horas tempranas y al caer la tarde, puesto que al medio día la humedad relativa es baja, ocasionando resecamiento de pistilos y polen, dándose menor tiempo en la fase receptiva, siendo limitante para la polinización manual (Vilatuña 1998). Así mismo, esta etapa es determinante en la calidad del fruto, donde las primeras flores presentan bajo porcentaje de cuajado originando frutos deformes por ser la polinización deficiente, agudizándose más cuando la temperatura es superior a 30 °C por afectar la viabilidad del polen acentuándose el fenómeno de dicogamia. En cambio, en flores intermedias (50 - 70 %) la polinización es uniforme dando mayor número de frutos y de mejor calidad. Sin embargo, la nutrición adecuada con calcio (Ca) en la época de floración es fundamental, por estimular el crecimiento del grano de polen y orientación del tubo polínico.

2.3.2. Desarrollo reproductivo.

El fruto del chirimoyo corresponde a un sincarpio procedente de la flor, formado por la fusión de carpelos simples con el receptáculo, constituyendo una masa sólida. Cuando el fruto está maduro, el receptáculo es blando y esponjoso. La mayoría de los carpelos contienen semilla dura. Si el óvulo no es fertilizado, el carpelo correspondiente no se desarrolla y la superficie del fruto presenta depresión, donde el 60 % de óvulos no se desarrollan debido a problemas de

polinización. Esto hace que el fruto sea asimétrico, ya que las paredes carpelares sólo incrementan su espesor cuando el óvulo ha sido fertilizado (Vilatuña 1998).

Existen tres fases de desarrollo del fruto; la primera de crecimiento, con duración de 110 a 140 días después de la antesis; la segunda se prolonga por 30 a 50 días y la tercera de 90 a 100 días. Después de la segunda etapa de crecimiento, se observa un rápido desarrollo de frutos, reflejándose en ambos diámetros (ecuatorial y polar), debido a la expansión celular y aumento en los espacios intercelulares que ocurre en estados avanzados del desarrollo de frutos (Saavedra y Pavez, citados por Jeria 2003).

Tineo (2009), menciona que las fases de desarrollo de la flor y fructificación del chirimoyo, son 4. La primera con duración de 30 a 40 días, iniciándose con la aparición del botón floral y terminando con el inicio del estado de pre hembra. La segunda con 2 días, el cual termina con el estado de macho. La tercera con duración 8 días, lográndose en esta etapa el cuajado del fruto. Y, la cuarta fase dura de 5 a 7 meses, el cual inicia con la formación del fruto, llegando hasta su madurez de cosecha (Fig. 1).

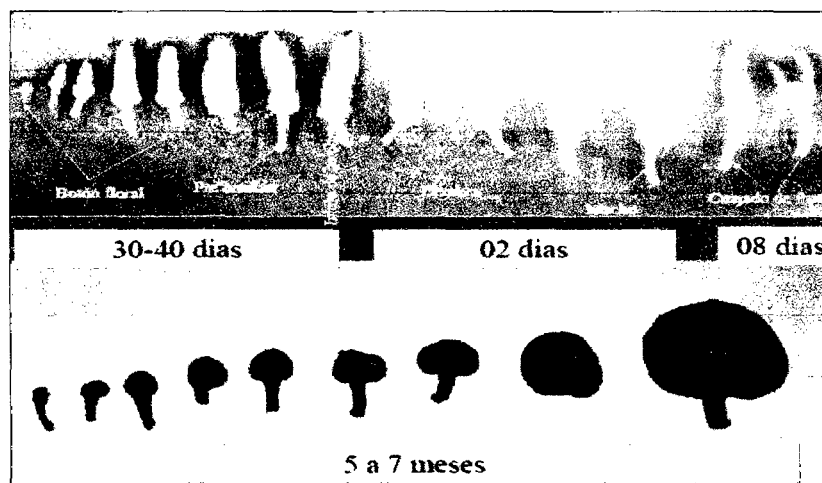


Figura 1. Fases de desarrollo de la flor y fructificación del chirimoyo (Tineo 2009).

2.3.3. Etapa de maduración.

Durante la maduración, la fruta sufre cambios bioquímicos y estructurales que originan modificaciones en los constituyentes, alcanzando sus óptimas características sensoriales para el consumo (Kader, citado por Flores 2009). Estos cambios son de carácter irreversible conduciendo a la senescencia y muerte de la misma. Es decir, es un estado de desarrollo donde culminan procesos que se han gestado desde las primeras etapas de formación del fruto; sin embargo, los frutos son colectados en su madurez fisiológica y no en madurez de consumo (Lizana, citado por Pérez de Castro 1987).

2.3.3.1. Madurez de cosecha.

Es el estado del desarrollo, donde el fruto, una vez desprendido del árbol, puede evolucionar a madurez de consumo. El grado de madurez de la fruta al momento de la cosecha, es un factor determinante en la calidad post cosecha (palatabilidad, tiempo de conservación y aceptación por el consumidor). Así, una recolección temprana permite que el fruto mantenga su textura durante tiempo prolongado, pero, disminuyen los compuestos volátiles responsables del aroma y otros (Baldwin *et al*, citado por Flores 2009).

La recolección, es la etapa donde los frutos son cosechados de forma manual en la madurez adecuada (Thompson, citado por Flores 2009); mientras, más tiempo transcurra entre la cosecha y el consumo, mayor será la pérdida de características organolépticas (Kader, citado por Flores 2009). Así mismo, la chirimoya por ser climatérica, el aumento de la síntesis de etileno inicia la maduración, dotando al fruto de mayor potencial para su regulación y la posibilidad de continuar el proceso en post cosecha.

2.3.3.2. Madurez de consumo.

Es el estado de desarrollo, donde las condiciones organolépticas y atractividad de la fruta tiene su óptima expresión. En estados avanzados de maduración, el color de la hipodermis cambia de blanco brillante a naranja (Pérez de Castro 1987). Tradicionalmente, los métodos para determinar el índice de madurez son el color, forma, tamaño, sabor, peso específico, sólidos solubles totales y acidez (Flores 2009).

2.4. Calidad y deterioro de la fruta.

2.4.1. Calidad.

Es el conjunto de atributos de la fruta, como apariencia, palatabilidad, atractividad (Pérez de Castro 1987) y organoléptica que evalúa directamente el consumidor (color, aroma, sabor, textura, y el valor nutritivo). Estos aspectos sensoriales y nutricionales; son reflejo de la composición química (proteína, hidratos de carbono, vitaminas, minerales, etc.). Por tal motivo, es necesario considerar la calidad del producto; pero, quien tiene la última palabra es el consumidor (Romojaro *et al.* 2003).

2.4.2. Parámetros fisicoquímicos de calidad del fruto.

2.4.2.1. Color.

El color de la piel durante el proceso de maduración cambia paulatinamente de verde a tonalidades más claras; debido a la degradación de clorofilas y la síntesis de pigmentos coloreados, fundamentalmente carotenoides, antocianas (Flores 2009) y compuestos flavónicos que se encuentran disueltos en la savia celular, dependiendo de la especie y variedad (Pérez de Castro 1987).

El color depende de la concentración de CO₂ en la atmosfera de almacenamiento, tal es que al ser alto, disminuye la pérdida de la enzima 1,5 bifosfatocarboxilasa (RuBPCasa), manteniendo el color verde amarillento dado por la clorofila de los tejidos de la piel. Por el contrario bajos niveles de oxígeno molecular protegen la clorofila y permiten la mantención del color verde (Universidad Católica de Valparaíso 1993).

2.4.2.2. Tamaño.

Dado por el diámetro de la zona ecuatorial y polar de la fruta, que determina el calibre, definido como el número de unidades de igual tamaño y peso (Pérez de Castro 1987).

2.4.2.3. Firmeza de la pulpa.

Es la resistencia que presenta la fruta a la penetración de un embolo de diámetro y longitud dada. Este índice determina el ablandamiento que la fruta experimenta durante la maduración (Pérez de Castro 1987).

La enzima poligalacturonasa (PG), altamente correlacionada con la maduración y con el ablandamiento, incrementa sus niveles durante el almacenaje dependiendo de la presión y temperatura a la que el fruto se encuentre. Altas concentraciones de CO₂ retardan la máxima acumulación de la enzima PG y retrasan el ablandamiento que generalmente ocurre en la segunda alza respiratoria mejorando la textura del fruto; pero, finalmente deteriorándola durante la senescencia (Universidad Católica de Valparaíso 1993).

2.4.2.4. Acidez titulable total.

En la chirimoya, a medida que la fruta madura, la concentración de acidez titulable total aumenta, a diferencia de la mayoría de las frutas en que la acidez disminuye porque los ácidos orgánicos son usados como sustrato de respiración o estructura de otras sustancias sintetizadas, desapareciendo el sabor agrio y la astringencia, produciéndose un sabor más suave y un equilibrio entre dulzor/acidez, propio de las frutas maduras (Toro 2009). Este incremento en chirimoya se debe a la acumulación de ácido málico mediante activación de su síntesis durante la maduración (Arze, Molfino y Muñoz *et al.*, citados por Robledo 2007). La reducción del intercambio gaseoso entre la fruta y el ambiente retardaría la pérdida de acidez debido a la baja disponibilidad de oxígeno que limitaría la reducción de los ácidos (Gil 2004).

2.4.2.5. Sólidos solubles totales (°Brix).

Los grados Brix indican el contenido de sólidos solubles totales, principalmente los azúcares. Estos, durante el período de maduración aumentan en forma rápida y constante, debido a su acumulación, siendo de mayor intensidad a medida que la temperatura y período de almacenaje se incrementan. Durante cuatro días de maduración a 22 °C, los grados Brix se incrementan de 8.3° a 22 °Brix (Pérez de Castro 1987). En el Banco Español de Germoplasma de Chirimoyo (BEGCh), el rango de grados Brix varía de 14° a 30°; sin

embargo, los valores entre 20° a 25°, son los más aceptados para consumo (Pérez de Oteyza *et al.*, citado por Quezada 2005).

El sabor característico de la chirimoya es una combinación entre los grados Brix y la acidez. Las frutas con alto °Brix y baja acidez, resultan sosas (desagradables). Al contrario, con alta acidez y bajo °Brix resultan ácidas (Hermoso *et al.*, citado por Quezada 2005).

2.4.2.6. pH.

El pH tiende a disminuir a medida que madura el fruto, mostrando comportamiento inverso a la evolución de la acidez titulable total. El pH de la pulpa declina de 6.2 a 4.3 al madurar a 22° C por cuatros días. El período de cosecha influye, ya que frutos cosechados tempranamente presentan menor disminución de pH durante el almacenamiento, en cambio el nivel de los ácidos orgánicos aumenta en la medida que el fruto permanece más tiempo en el árbol (Universidad Católica De Valparaíso 1993).

Se sabe que la polifenol oxidasa (PPO), enzima responsable del pardeamiento enzimático actúa en pH entre 5 y 7, y más concretamente, entre 6 y 6.5; y se inhibe a valores de pH menores a 3.0 (Dondero *et al.*, Cheftel y Cheftel, citados por Robledo 2007).

2.4.2.7. Concentración de azúcares reductores en frutas.

La cantidad de azúcares reductores como glucosa y fructosa presentes en las frutas, está estrechamente ligado al sabor y aroma los cuales son detectados por el gusto y olfato. Estos, son factores que determinan la calidad de la fruta (Universidad Católica de Valparaíso 1993). Durante el climaterio y maduración, la chirimoya sufre cambios en los componentes responsables de su apariencia externa, aroma y sabor. En este caso, los azúcares reductores como la sacarosa aumenta por degradación del almidón (Toro 2009).

Tabla 2. Propiedades físico – químicas de la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.).

Propiedades	Variedades		
	Impresa	Lisa	Mammillata
Peso fruta (g)	243.19±58.94a	245.33±45.65a	283.27±41.64 ^a
Peso semilla (g) %	22.48±6.62a (11.06)	16.90±5a (7.01)	20.75±6.11a (7.28)
Peso piel (g) %	57.35±18.78b (23.41)	56.73±9.64b (23.57)	72.32±11.68a (26.1)
Peso pulpa (g) %	144.05±33.44b (59.63)	137.34±35.86b (62.47)	177.07±37.96a (62.21)
N° semillas	33.22±8.7a	20.95±7.58b	26.6±8.50b
° Brix	24.58±5.7a	25.83±3.89a	26.25±4.60 ^a
Acidez (Ac. Malico)	0.42±0.11a	0.45±0.13a	0.37±0.22 ^a
pH	4.73±0.11a	4.81±0.09a	4.73±0.08 ^a
Humedad %	73.91±4.96a	70.08±0.02a	70.39±2.96 ^a
Cenizas %	0.84±0.1a	0.87±0.05a	0.79±0.14 ^a
Pectina %	1.69±0.53a	1.94±0.53a	1.56±0.37 ^a
Firmeza (Kg/cm2)	1.64±0.49a	1.5±0.29a	1.4±0.27 ^a
Color	137C verde - 148A Amarillo verde	137A verde - 147B amarillo verde	133A verde - 148A amarillo verde

Fuente: Salazar *et al.* (s.f.).

Salazar, *et al.* (s.f.), en la tabla 2, indican que entre las tres variedades de chirimoya estudiadas (lisa, impresa y mammillata) no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en las características: peso total de la fruta, peso de las semillas, sólidos solubles, acidez, pH, humedad, cenizas, pectina y firmeza; sin embargo, en las características como el peso de piel y peso de pulpa si existen diferencias significativas ($p > 0.05$).

La variedad impresa tiene el mayor número de semillas ($33.22 \pm 8.7a$) en comparación con las variedades lisa y mammillata, esto afecta significativamente la calidad del fruto. Por su alto contenido de azúcares, pectina, minerales y rendimiento en pulpa es fuente ideal para el consumo ya sea como fruta fresca o procesada, a pesar de sus numerosas y grandes semillas que son un inconveniente en su procesamiento.

2.4.3. Deterioro.

Es todo lo que afecta a la calidad (Pérez de Castro 1987); de tal manera que todas las personas involucradas en los diferentes procesos de producción, manejo y comercialización de fruta deben tener claro el concepto de calidad; y, que cada quien contribuya a reducir los factores adversos (Lizana, citado por Pérez de Castro 1987). A partir de la cosecha, la calidad de la fruta no se mejora, solo puede mantenerse, desecharse y en algunas especies se manifiestan ciertos factores, mediante los cambios físicos y químicos propios del proceso de maduración, tales como ablandamiento, coloración, degradación del almidón, etc. Por consiguiente, toda labor que se realice en la plantación, antes y durante la fructificación (formación del fruto), tiene como fin reducir las pérdidas de los frutos y obtener la mejor calidad de estos (Auda, citado por Pérez de Castro 1987 y Cerdas *et al.* 2007).

2.5. Alteración de la calidad del fruto de chirimoya.

Existen factores que alteran la calidad en pre cosecha o postcosecha, los cuales están interrelacionados. Unos dependen intrínsecamente de la propia planta (integración del flujo de energía, agua y nutrientes), otros del material genético, condiciones ambientales, nutrición y sistemas de embalaje (Casierra y Salamanca 2008). De modo semejante, Romojaro *et al.* (2003), afirma que aunque los factores que pueden definir el medio externo son muy diversos, los que han sido más estudiados y sobre los que se tiene una mayor información son ambientales, de cultivo y fisiológicos. El primero de ellos comprende la temperatura, humedad relativa, precipitaciones, viento, naturaleza del suelo, etc. En el segundo hay que considerar el abonado, riego, poda tratamiento, etc., y en el tercero, el estado de madurez en la cosecha. Todos estos factores controlan o determinan no solo la calidad del fruto, sino, también incide sobre su comportamiento post cosecha, en especial cuando debemos someterlos a periodos de conservación más o menos prolongados. Además, hemos de considerar que contribuyen de manera específica sobre cada uno de los parámetros de calidad y que a pesar de múltiples investigaciones, todavía existen lagunas sobre cómo se ven afectados y los mecanismos que los afecta.

2.5.1. Alteraciones fisiológicas.

Al alterarse el metabolismo, se pierden sustancias de reserva, se altera la permeabilidad de la membrana, se produce acumulación de productos tóxicos y se desarrolla o aumenta la actividad enzimática que induce a la destrucción de tejidos y estructura. Además de la pérdida de la apariencia y textura hay una pérdida de peso por consumo de sustratos y pérdida de agua (Pérez de Castro 1987). Estas alteraciones generalmente son inducidas en pre cosecha por situaciones de manejo, clima, susceptibilidad varietal y deficiencias nutricionales (Lizana, citado por Pérez de Castro 1987).

2.5.1.1. Daño por frío.

La susceptibilidad térmica del fruto depende de la variedad, condiciones climáticas en que se ha desarrollado ($T^{\circ} < 1^{\circ} \text{ C}$), manejo agronómico, posición en el árbol, edad fisiológica, momento de recolección (lo cual se debería a la cantidad de calor recibida durante el último mes de desarrollo) y conservación inferior a 10° C . El daño por frío se manifiesta con oscurecimiento, endurecimiento y deshidratación de cascara, depresiones e incapacidad de desarrollar buen sabor, decoloración de la pulpa y esta se vuelve harinosa, proceso de maduración incorrecto, aparición de vesículas rosa pálido alrededor de las semillas y presencia de enfermedades en los tejidos lesionados (Cerdas *et al.* 2007, Sevillano 2007 y Rivas 2010).

El frío, internamente induce alteraciones fisiológicas y bioquímicas; estimulando la tasa respiratoria y la emisión de etileno, reduce la fotosíntesis, altera la producción de energía, aumenta la permeabilidad de la membrana e inactiva enzimas y afecta la estructura celular (Artés *et al.*, citado por Sevillano 2007). El síntoma micro estructural, es general en membranas celulares, incluyendo la de los amiloplastos. A nivel microscópico, es la dilatación de vesículas de membranas y la acumulación de gotículas lipídicas en los cloroplastos y el citosol (Sevillano 2007).

2.5.1.2. Pardeamiento enzimático

Es una reacción de oxidación donde interviene el oxígeno molecular como sustrato. Es atribuida a la actividad de peroxidasas (EC 1.11.1.7), principalmente la polifenol oxidasa (PPO), en respuesta a los ataques abióticos y bióticos, lo cual es una situación indeseada a nivel agroindustrial y sobre todo para los fruticultores (Montes 2007). Fisiológicamente forma parte del desarrollo de etapas como la muerte programada, senescencia y desecación de la semilla (Buchanan *et al.*, Munné *et al.*, citado por Montes 2007). En donde la fruta cambia de color externo e interno por la oxidación de compuestos fenólicos (Pérez De Castro 1987).

2.5.1.3. Partiduras.

En Chirimoya ocurre en estados avanzados de madurez y elevada tasa de producción de etileno. Se ha sugerido que cambios en la turgencia relacionados a la producción de azúcares neutros durante la maduración provoca movimientos de agua desde la cáscara y posiblemente del receptáculo hacia la pulpa. El incremento en el diámetro del receptáculo aumenta el stress en la pulpa y cáscara, lo que produce la partidura del fruto (Kader y Arpaia, citado por Rivas 2010).

2.5.1.4. Respiración y deshidratación.

La respiración es el proceso donde los compuestos orgánicos almacenados (carbohidratos, proteínas, grasas) son desdoblados en productos terminales simples, con liberación de energía. Utiliza oxígeno (O₂), produce dióxido de carbono (CO₂); acelera la senescencia, agota el valor alimenticio, reduce el sabor, específicamente el dulzor y disminuye el peso (Gómez 2007 y Flores 2009).

La respiración en chirimoya se incrementa a medida que avanza la maduración. Por tanto, se debe reducir la temperatura de almacenamiento, siendo la técnica más usada la refrigeración. La respiración se mide en mg CO₂/kg fruta/hora y su intensidad varía en función a la temperatura; por ejemplo, a 10 °C se produce de 47 a 190 mg CO₂/kg fruta/hora, a 15 °C de 84 a 280 mg CO₂/kg fruta/hora; y, a 20 °C de 138 a 460 mg CO₂/kg fruta/hora (Cerdas *et al.* 2007).

La chirimoya presenta alta composición de agua y carbohidratos, lo que unido a la presencia de lenticelas y estomas en su epidermis y a su elevado metabolismo, hacen que esta fruta esté sujeta a un elevado deterioro una vez cosechada; es decir, incrementa la pérdida de peso (Gardiazábal y Rosenberg 1993). Esto, depende de la consistencia de cutícula (permeable o impermeable); la cual, cuando está bien estructurada, con placas ordenadas y superpuestas cubriendo las lenticelas presenta mayor dificultad al escape del vapor (Gil 2004). En cambio cuando las células oclusivas de estomas se muestran turgentes, manteniendo el estoma abierto y generando un fluido intercambio gaseoso, existe una mayor pérdida de humedad (Gardiazábal y Rosenberg 1993).

2.5.1.5. Producción de etileno.

El etileno es una sustancia gaseosa producida en el metabolismo de la planta como regulador del crecimiento y el desarrollo. Su formación sigue estrechamente el curso de la respiración, siendo mayor después del inicio de la respiración climatérica. No hay relación consistente entre la capacidad de producción de etileno de un producto y su perecibilidad. Sin embargo, la mayoría de productos cuando están expuestos al etileno, aceleran su senescencia (Montes 2007).

El etileno es considerado como la hormona de maduración y a pesar de que en la fruta es producida en cantidades mínimas, aumenta su concentración en los espacios intercelulares. Este incremento está estrechamente asociado a los cambios bioquímicos relacionados a la madurez y temperatura ambiente (Pérez De Castro 1987).

La Chirimoya es alta productora de etileno (100 a 300 microlitros/kg/h a 20 °C). Forma dos veces más etileno que el mango (*Mangifera indica* L.) y la palta (*Persea americana* Mill.) y cuatro veces más que la pera (*Pyrus communis* L.), manzana (*Malus domestica* Borkh) y plátano (*Musa acuminata* L.) (Toro 2009). Además, es una fruta sensible al etileno producido por otras frutas u otras chirimoyas más maduras. Por tanto, no se debe almacenar con otras o con chirimoyas más maduras (Cerdas *et al.* 2007).

La respiración y producción de etileno, junto a los cambios de composición, transpiración y pérdida de agua son los principales factores biológicos responsables de la pérdida de calidad post cosecha de frutas (Flores 2009).

2.6. Nutrición de la chirimoya.

La nutrición de frutales durante el desarrollo del fruto es esencial para su calidad pos cosecha (Hernandez *et al.* s.f. y Casierra y Salamanca 2008). Sin embargo, los nutrientes varían significativamente entre los diferentes órganos (raíces, tallos, hojas, pecíolos y frutos) y en función a la edad del tejido y la planta, razón por la cual es indispensable realizar análisis de tejidos indicadores para luego aplicar nutrientes según el órgano deficiente, teniendo en cuenta que los vegetales necesitan mayor cantidad de nutrientes cuando se encuentran en plena floración y formación de frutos (Torrez y Chinchilla 2006).

La nutrición debe considerar el aporte de elementos a órganos específicos, antes que a toda la planta; puesto que, ciertos niveles de minerales en los frutos influyen en la calidad y vida post cosecha, siendo diferentes de aquellos destinados a partes vegetativas. Es así que al aplicar B y N al árbol estos se translocan hacia los frutos pequeños lo cual incrementa el amarre o cuajado, mientras que para lograr calidad, a través del desarrollo del fruto deberán alcanzarse altos contenidos de calcio a través de aplicaciones al fruto (Valdez *et al.* 2007).

2.6.1. Nutrición con calcio (Ca).

Valdez *et al.* (2007), indican que la nutrición con calcio en frutales debe ser integral a través de un conjunto de prácticas, para evitar la concentración de éste elemento en brotes en crecimiento (meristemas apicales y nuevas hojas); e incrementar en tejidos reproductivos y evitar la preponderancia de desórdenes fisiológicos en los frutos.

Estas prácticas consisten en: (1) aumentar la absorción de Ca por la planta, fomentando la formación de nuevas raíces, un adecuado nivel hídrico en el suelo, evitando altas concentraciones de amonio, potasio y magnesio y los elementos que compiten con el calcio por su absorción por las raíces; (2) incrementar dentro de la planta, el aporte proporcional de

Ca hacia el fruto, impidiendo el crecimiento excesivo de brotes, evitando podas severas y efectuando podas suaves. (3) evitar la dilución del calcio acumulado, a través de una polinización manual (cantidad adecuada de frutos/rama y número de semillas/fruto, mayor nivel de auxinas y atracción de calcio hacia el fruto); y, (4) incrementar el contenido de calcio a través de aplicaciones dirigidas directamente al fruto (Valdez *et al.* 2007).

Las concentraciones adecuadas de calcio en los tejidos para obtener beneficios (frutos de calidad) son mayores a las que se pueden alcanzar naturalmente. Por tal motivo, producir frutos con alto calcio es complicado, pues este elemento, no sólo debe absorberse por la raíz, sino también debe translocarse hacia el fruto (Valdez *et al.* 2007).

2.6.2. Aplicación foliar en pre cosecha

La aplicación de calcio al suelo, puede aumentar los niveles foliares, pero no del fruto; razón por la cual debe aplicarse vía foliar y aun directamente a este, para que la planta tenga una respuesta rápida. La efectividad de la aplicación de nutrientes, depende de la cantidad que llega a cada órgano. Es necesario considerar esta variable, cuando se trata de mejorar niveles de nutrientes poco móviles como es el caso del calcio, en donde menos del 2 % de lo que se aplica llega al fruto por su inmovilidad, existiendo escasa o nula retraslocación desde otros órganos de la planta, aun cuando se encuentren a corta distancia del mismo (Valdez *et al.* 2007).

La nutrición mineral afecta a cada atributo de calidad del fruto, tanto directa (fisiológicos) e indirecta (excesivo crecimiento vegetativo). El calcio llega a la fruta fundamentalmente en las 6 a 7 primeras semanas después del cuajado. Por lo tanto, un manejo integral de la planta (riego y manejo del follaje) es necesario para garantizar un flujo xilemático óptimo hacia todos los frutos y especialmente a aquellos más alejados (periféricos), siendo importante estimular la transpiración (agua y luz), reducir la competencia de los brotes activos en crecimiento y equilibrar la relación hoja/fruto (Valenzuela 2009).

Neilsen y Neilsen, citado por Valdez *et al.* (2007), en un análisis realizado en manzano (*Malus domestica* Borkh) de 500 plantas/ha y rendimiento de 90 tn/ha, encontraron que la distribución de nutrientes (kg/ha) en las diferentes partes del árbol, la mayor parte de nitrógeno, fosforo, magnesio, azufre y en especial el calcio se ubica en ramas, hojas y raíces respectivamente, y en mínima cantidad se lo encuentra en los frutos; indicando con esto, que dichos nutrientes son tomados con facilidad por las parte más viejas, ocurriendo lo contrario por las parte tiernas y frutos. En cambio, el potasio y cloro muestra mayor presencia en los frutos y de manera equilibrada en las otras partes, siendo mínimo en raíces y un poco mayor en ramas.

Tabla 3. Distribución de los principales nutrientes (kg/ha) en un huerto de manzano (*Malus domestica* Borkh) cv. Golden Delicious con 500 plantas/ha y rendimiento de 90 tn/ha.

Nutriente	Ramas	Hojas	Raíces	Frutos	Total
Nitrógeno	39.70	32.60	27.60	21.30	121.20
Fosforo	6.00	3.90	5.60	4.00	19.50
Potasio	33.90	25.70	16.80	120.00	196.40
Calcio	83.50	53.50	21.00	4.40	162.40
Magnesio	8.00	6.70	3.50	3.70	21.90
Azufre	8.50	2.80	3.90	0.20	15.40
Cloro	4.50	24.30	1.90	15.20	45.90

Fuente: Neilsen y Neilsen, citado por Valdez *et al.* 2007.

2.6.3. Problemas del calcio en la planta.

La movilidad del calcio en los tejidos depende del comportamiento interno del agua, temperatura y la transpiración; por tal motivo, cualquier factor que altere dichos procesos puede causar desbalances en el tejido, principalmente en puntos nuevos de crecimiento y de frutos (Yáñez 2002). En condiciones normales, el ingreso de calcio por el pedúnculo es lento en comparación al resto de nutrientes; en cambio, su salida es rápida y abundante agudizándose cuando la transpiración es excesiva, alcanzando pérdidas de hasta 10 mg kg⁻¹ de peso fresco (Valdez *et al.* 2007).

El calcio es poco móvil y tiende a acumularse en los órganos más viejos, mientras que los de mayor actividad metabólica (hojas en crecimiento, flores, frutos y meristemas apicales) son los tejidos que necesitan un mayor aporte; por tanto, la deficiencia de este macro nutriente, donde queda fijado y prácticamente inmóvil es en sus paredes celulares. Debido a esta inmovilidad, las hojas viejas pueden tener concentraciones normales de calcio, mientras que las hojas jóvenes, frutos y otros órganos, pueden presentar niveles por debajo de la normalidad (Chiu y Bould, Citado por Monge *et al.* 1994).

En comparación a los macronutrientes que son tomados en forma continua por parte del fruto, los análisis de calcio en manzanas (*Malus domestica* Borkh), con distinto grado de madurez, muestran que el paso del calcio al fruto, se realiza en dos fases. En la primera, a medida que el elemento llega al fruto (a través del xilema) este se acumula, hasta que se produce un cambio metabólico que coincide con el fin de la división celular y el comienzo de la elongación. Posteriormente, sigue una segunda fase, con entrada y salida de calcio en el fruto, donde su concentración aumenta poco o permanece constante y donde el aporte de agua es a través del floema, siendo baja la concentración de calcio debido a la baja tasa de transpiración (Link, citado por Monge *et al.* 1994).

2.6.3.1. Efecto del calcio en frutales.

El calcio es esencial para la calidad de los frutos. Estos al tener altas concentraciones pueden transportarse mejor, tienen mayor y mejor vida postcosecha, y menor tasa de maduración (Valdez *et al.* 2007).

En manzano (*Malus domestica* Borkh), la aplicación foliar de cloruro de calcio (6 semanas post flor y 6 semanas pre cosecha, en concentraciones de 300 - 500 g/100 l), reduce el problema del Bitter pit y mejora su conservación. El cloruro de calcio, es barato, efectivo y no aumenta el nivel de N en frutos. La cantidad de Calcio absorbido por los frutos está en directa relación con el número de aplicaciones, las que pueden variar entre 4 y 10 (Neilsen y Neilsen, citado por Valdez *et al.* 2007).

Altos contenidos de calcio en los frutos de fresa (*Fragaria ananassa* Weston), reducen la tasa de maduración, respiración, producción de etileno y ablandamiento (Ferguson, citado por Casierra y Salamanca 2008) y reducen la infección por hongos, al incrementar la firmeza de la pared celular (Casierra y Salamanca 2008).

En palta (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte, las aplicaciones de cloruro de calcio al 0,7 y 1% en pre cosecha, con niveles de madurez de 7, 9 y 11% de aceite, y cosechadas con 13% de aceite, incrementan el contenido de calcio en la fruta, retardan el ablandamiento, reducen el pardeamiento de la pulpa, retardan el pardeamiento de la epidermis, medido por croma hasta por 36 días de almacenamiento a $7 \pm 1^\circ \text{C}$, y 90 - 95 % de humedad relativa, más 4 días de período de comercialización a temperatura ambiente manteniéndolos con buena calidad organoléptica a la madurez de consumo (Undurraga *et al.* 2007). En cambio, las aplicaciones de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) al 0.3 y 0.5 % en pre cosecha y almacenados a temperatura ambiente y a 5°C por cinco semanas, incrementan en el contenido de calcio en cáscara y pulpa en los frutos; mejoran la firmeza y reducen la pérdida de peso de los y, disminuyen la producción de CO_2 , etileno y daños por frío (Saucedo *et al.* 2004).

2.6.4. Funciones del calcio

1. El calcio es un elemento esencial para el desarrollo inicial de órganos y tejidos de las plantas, siendo indispensable en la formación y multiplicación de cada una de las células, conformación de paredes celulares y regulación de la integridad de membranas. Estabiliza y mantiene la integridad de la membrana celular dando firmeza a los frutos, al formar parte de una proteína llamada calmodulina contribuyendo a unir las sustancias pépticas en las paredes celulares y regulando las diversas funciones celulares (Valdez *et al.* 2007).
2. Influye en la elongación del tubo polínico y formación de semillas (Pérez 2004). Forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células, regulando la presión osmótica de la misma. Interviene en la formación de la lecitina, que es el fosfolípido importante en la membrana celular, siendo un factor importante en la

permeabilidad de esta. Igualmente, actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemas y absorción de nitratos (Rodríguez, citado por Gutiérrez 2002).

3. Controla la apertura estomática, lo que regula la entrada de CO₂ (fotosíntesis) y la salida de agua (transpiración). Además, tiene importancia en la interpretación de señales desde del ambiente. Muchas de estas, se relacionan con estrés biótico o abiótico (salinidad, bajo oxígeno, shocks térmicos, altas concentraciones de aluminio y perturbaciones mecánicas) (Valdez *et al.* 2007).
4. Mejora la resistencia física y química de las plantas y por ende de los frutos al ataque de organismos Fito patógenos y plagas así como la tolerancia o resistencia a daños por heladas, granizos, altas temperaturas, vientos, sequía y excesos de humedad (Yáñez 2002).

2.6.5. Efectos fisiológicos y bioquímicos del calcio.

El calcio ha sido reportado como un elemento esencial en el mantenimiento de la calidad post cosecha de los cultivos hortofrutícolas, teniendo efecto estructural en la pared celular al establecer enlaces iónicos con grupos carboxílicos de pectinas (Valdez *et al.* 2007).

Es un excelente mejorador de la calidad externa de frutos, favoreciendo su tamaño y textura de piel, participando en la actividad enzimática y en el transporte de metabolitos. Los frutos al tener altos niveles de calcio presentan mejor y mayor capacidad de transporte y vida post cosecha, menor tasa de maduración por ejercer roles fisiológicos y bioquímicos en el apoplasto (afuera de la célula) y en el citoplasma (dentro de la célula) a una concentración de 1 000 a 5 000 μm y 0,1 a 1,0 μm , respectivamente (Valdez *et al.* 2007 y Casierra y Salamanca 2008).

El calcio, al estabilizar las membranas celulares a través de uniones a los grupos fosfato de los fosfolípidos o de las proteínas, provoca interacciones entre ambos tipos de moléculas, especialmente en la superficie de las membranas, alterando el tamaño de poros que atraviesan y también la permeabilidad específica a los electrolitos (Legge, citado por Monge *et al.* 1994). De esta manera, el rol fisiológico del calcio está relacionado con su capacidad de coordinación, que le proporciona la posibilidad de formar uniones intermoleculares reversibles, donde los grupos R-COO- de las pectinas (polímeros del ácido poligalacturónico) se unen al Ca⁺⁺ para formar la sal correspondiente (pectato cálcico). Y, la degradación de estos pectatos se produce por acción de la poligalacturonasa, enzima que es inhibida por altas concentraciones de calcio (Monge *et al.* 1994).

Los tejidos deficientes en calcio, muestran aumento en la actividad de la poligalacturonasa, provocando la degradación de las paredes celulares. Además, el ablandamiento que se produce en los tejidos al madurar, es producto de la rotura enzimática de las protopectinas componentes de la estructura de la pared celular, que al ser degradadas por agentes oxidantes liberan ácido. De esta forma dichas paredes se reticulan, las células pierden compartimentación y el fruto firmeza (Konno et al., Sharples y Johnson, citado por Monge *et al.* 1994).

2.6.6. Deficiencias de calcio.

1. La escasez de calcio en las membranas incrementa su permeabilidad a ácidos y fenoles, los cuales pueden penetrar más fácilmente en el citoplasma y destruir o coagular enzimas de mitocondrias o de otras partículas subcelulares (Ferguson, citado por Monge *et al.* 1994).
2. Una característica de los tejidos deficientes en calcio, es el incremento de su tasa respiratoria, lo que puede deberse al aumento de la permeabilidad de las membranas, liberando fácilmente los principales substratos (ácido málico y azúcares) desde las vacuolas a las enzimas respiratorias del citoplasma y a las mitocondrias (Bangerth, citado por Monge *et al.* 1994).

3. Las carencias de calcio, disminuyen la capacidad de síntesis de proteínas en la planta, provocan menor desarrollo radical, clorosis en hojas principalmente jóvenes, poco crecimiento de tallos y hojas y muerte de los meristemos, dando como resultado plantas pequeñas y susceptibles a pudriciones (Rodríguez, citado por Gutiérrez 2002).
4. Un desequilibrio de calcio, genera fuertes malformaciones como, necrosis de hojas, aborto de flores, muerte de puntos meristemáticos; en apio (*Apium graveolens* L.) el corazón negro, en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), chile (*Capsicum annum* L.) y sandía (*Citrillus vulgaris* L.) la pudrición apical del fruto; en manzano (*Malus domestica* Borkh) el picado amargo (bitter pit), en lechuga (*Lactuca sativa* L.) la punta quemada (tipburn) y en la coliflor (*Brassica oleracea* var. Botritis) las manchas de la inflorescencia (Valdez *et al.* 2007). Así mismo, los lunares corchosos (corkspots) en pera (*Pyrus communis* L.), el manchado de la cavidad y el agrietado en la zanahoria (*Daucus carota* var. sativa), y la vitrescencia en melón (*Cucumis melo* L.). En todos los casos citados, existe una repercusión económica importante, puesto que los productos afectados no son comercializables (Madrid *et al.*, citado por Flores 2009).
5. La deficiencia de calcio en manzano (*Malus domestica* Borkh) no tiene efecto sobre los contenidos de pectina y de hemicelulosa en las paredes celulares de la raíz, pero la concentración de celulosa queda reducida casi en un 20 %. En las partes aéreas; sin embargo, la celulosa se incrementa y lo mismo ocurre en el fruto, donde este aumento provoca el desarrollo de estructuras más rígidas y una mayor susceptibilidad al agrietamiento (Monge *et al.* 1994).
6. Los bajos niveles de calcio en los frutos, se relacionan con efectos negativos en la calidad de la fruta, y post cosecha deficiente, expresado especialmente como ablandamiento (Valenzuela 2010).

7. Un fruto con bajo nivel de calcio, presenta mayor incidencia de desórdenes fisiológicos (Bitter pit, cork spot, internalbreakdown), menor vida postcosecha, maduración más acelerada, caída más brusca de la firmeza en post cosecha y menor resistencia al transporte y manipulación (Yáñez 2002 y Valdez *et al.* 2007).
8. La deficiencia de calcio es común cuando nos excedemos en nitrógeno o cuando existe exceso o falta de humedad, días nublados y con fuertes vientos (Yáñez 2002).
9. La deficiencia de calcio produce quemaduras en el ápice de la hoja y rigidez de las mismas. Se paraliza el crecimiento a lo largo de las hojas y se enrollan en sí mismas. Las raíces se debilitan y mueren (Castro 2007).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación estuvo dividida en dos fases: La primera, denominada fase de campo; y la segunda, fase de Laboratorio, cada una con sus respectivas exigencias de materiales y método, las cuales se describen en los párrafos subsiguientes.

3.1. Ubicación

El campo experimental constó de un huerto de chirimoyos de propiedad de la familia Cholán, localizado en el caserío de Quivinchán “El Tingo”, distrito de San Juan, provincia y departamento de Cajamarca, a 7°17'45.2”S y 78°33'33”O y 1718 msnm.

El lugar presenta una densa vegetación y marcada diversidad de árboles frutales, dentro de los que destacan la chirimoya (*Annona cherimola* Mill), palta (*Persea americana* Mill), cítricos (*Citrus* spp), guabas (*Inga* spp). Otro importante componente de la diversidad vegetal son las especies forestales como taya (*Caesalpinea spinosa* Kuntze), espino (*Acacia macracantha* Mill), molle (*Schinus molle* L.), nogal (*Juglans neotropica* Diels) y pauco (*Escallonia pendula* Ruiz & Pav. Pers.), entre otras. Además, es notoria la presencia de arbustos y pastos naturales.

La zona de estudio tiene una topografía accidentada, clima templado-seco, con temperaturas promedio mensual, mínima y máxima de 17.06; 11.92 y 22.20 °C, respectivamente. El promedio de la precipitación anual es de 77.66 mm, siendo el periodo comprendido entre diciembre y abril el más lluvioso. La humedad relativa promedio anual es de 74.58 % y la velocidad del viento de 4.54 m/s (Tabla 4).

Tabla 4. Medias mensuales de temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento del año 2011, en el caserío de Quivinchán “el Tingo”.

Meses	Temperatura			PP (mm)	HR (%)	Velocidad Viento (m/s)
	Máx. (°C)	Med (°C)	Mín. (°C)			
Enero	19.8	15.85	11.9	136.3	85.9	4.0
Febrero	20.0	15.80	11.6	117.6	84.4	4.7
Marzo	20.3	15.90	11.5	204.7	84.9	5.2
Abril	19.7	16.05	12.4	207.9	95.8	4.2
Mayo	22.7	17.20	11.7	8.3	77.3	5.2
Junio	23.0	17.50	12.0	5.5	70.6	4.0
Julio	23.9	17.85	11.8	9.2	64.0	3.9
Agosto	25.7	19.0	12.3	0.0	55.0	6.2
Setiembre	25.8	19.15	12.5	26.0	62.0	5.1
Octubre	22.6	16.85	11.1	13.7	60.0	5.6
Noviembre	22.8	17.40	12.0	34.0	71.0	4.1
Diciembre	20.1	16.15	12.2	168.7	84.0	2.3
Medias	22.2	17.06	11.92	77.66	74.58	4.54

Fuente: SENAMHI-CAJAMARCA, estación San Juan 2185 msnm, Lat. 07° 17' 27" y Log. 78° 29' 45".

El suelo es de naturaleza arcillosa, ligeramente ácida, nivel bajo de aluminio cambiante y calcáreo total, libre de sales, porcentaje de materia orgánica media, niveles medios de nitrógeno y fósforo, alto en potasio así como en capacidad de cambio catiónico, con saturación de bases medio y bajo en acidez de cambio (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de los análisis físico-químicos de los suelos de la parcela demostrativa, ubicada en el caserío el tingo - San Juan.

Determinaciones.	Resultados.	Clasificación.
Arena (%)	43.00	
Limo (%)	14.00	Ar.
Arcilla (%)	43.00	
Reacción actual (pH)	6.47	Ligeramente Acido.
Reacción potencial (pH)	5.31	-
Al cambiable (me/100g).	0.00	Bajo.
Calcáreo total (%)	0.00	Bajo
C.E. (umohs/cm).	643.50	Libre de sales
C.E. actual (umohs/cm).	546.00	-
M.O. (%).	3.11	Medio
N. Total (%)	0.18	Medio
P. Disponible (ppm)	12.52	Medio
K. Disponible	247.41	Alto.
C.C.C. (r) (me/100g).	27.57	Alto.
Ca cambiable (me/100g).	16.50	-
Mg cambiable (me/100g).	1.63	-
K cambiable (me/100g).	0.82	-
Na cambiable (me/100g).	0.02	-
Saturación de bases (%)	68.88	Medio
Acidez de cambio (me/100g).	8.60	Bajo.

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNC.

El trabajo de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento Académico de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Este laboratorio está localizado en el Km 3 de la carretera Cajamarca - Baños del Inca, Ciudad Universitaria, en las coordenadas 7° 10' 05.43" S, 78° 29' 40.99" W, a 2 536 msnm y con una temperatura interna variable entre 14 y 18 °C (Tabla 6).

Tabla 6. Temperaturas del Laboratorio de Fisiología Vegetal, registradas durante el periodo experimental.

Día	Temperatura (°C) interna del Laboratorio.			Fecha
	Hora			
	8:00 am	1:00 pm	5:00 pm.	
	1	15.5	17.4	
2	15.0	17.5	17.0	C/16/04/12
3	15.5	17.5	17.0	C/17/04/12
4	16.0	17.2	16.5	C/18/04/12
5	15.5	17.6	17.0	C/19/04/12
6	15.0	17.2	16.8	C/20/04/12
7	15.2	17.0	16.5	C/21/04/12
8	14.0	17.0	16.5	C/22/04/12
9	16.0	17.6	17.0	C/23/04/12
10	14.8	17.4	17.0	C/24/04/12
11	15.0	17.8	17.5	C/25/04/12
12	14.5	17.5	17.0	C/26/04/12
13	15.0	17.5	17.0	C/27/04/12
14	15.0	18.0	17.5	C/28/04/12
15	14.8	17.5	17.0	C/29/04/12

Fuente: Elaboración propia.

Material experimental:

1. Plantas seleccionadas de chirimoya, cultivar *Cumbe*: La investigación fue realizada en árboles de chirimoyo, cultivar *Cumbe*, de 4 a 5 años de edad, segunda producción e injertados sobre patrones del cultivar *Chuchona*. En el campo experimental, las plantas estuvieron establecidas bajo un sistema de plantación en cuadrado, con una distancia de 5 x 5 m, sistema de riego por gravedad e iniciando su ciclo productivo.

Las características de la copa de los árboles muestran que esos individuos no recibieron poda de formación. Sin embargo, después de cada campaña, se realizan las podas de sanidad y fructificación, así como también, ciertas labores agronómicas como el deshierbo, riego, fertilización orgánica (1 kg de estiércol/planta/año de edad), control biológico de hongos de suelo a través de *Trichoderma viride* Pers, control etológico de insectos-plaga, a través del uso de trampas caseras y amarillas y el control químico de las mismas.

2. Solución de cloruro de calcio (CaCl₂) al 0.6 %.

Otros materiales, equipos e insumos.

Mochila fumigadora, tijera de podar, cuchilla de injertar, recipientes de cosecha, tinas, baldes, empaques (cajas de cartón), cámara fotográfica, libreta de campo, papel bond A4, grapas, cinta de embalaje, lapiceros, rafia, tinta de impresión, computadora, sobres, lápiz, desinfectante de herramientas (cal viva), pasta bórdales, insecticidas y fungicidas biológicos (GF-120, caldo sulfocalcico), trampas caseras y amarillas para mosca de la fruta, controlador biológico para hongos de suelo (*Trichoderma viridi* Pers).

Material de laboratorio

Soporte Universal, probeta, bureta, pipeta, matraces, bandejas, cuchillo, baldes, penetrómetro con punta de 11 mm de diámetro, refractómetro, estereoscopio, microscopio, balanza analítica, peachimetro, hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, agua potable y destilada, hipoclorito de sodio.

Método

Para el desarrollo del experimento se seleccionaron 32 plantas de chirimoya, cultivar *Cumbe* (Fig. 2.a). Los criterios de selección fueron, la condición sanitaria (plantas sin síntomas de daños por plagas y/o enfermedades), el aspecto externo (morfología), vigor y crecimiento vegetativo y su historial productivo (cantidad de flores polinizadas durante noviembre y enero, frutos cuajados y cantidad de frutos cosechados con vigor y desarrollo similar).

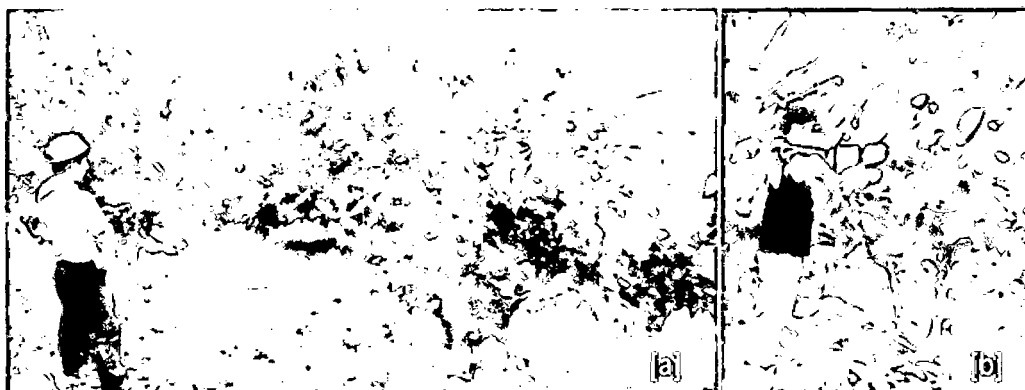


Figura 2. Selección del material experimental [a] y realización de las podas de sanidad y fructificación [b], en el caserío de Quivinchan sector el Tingo.

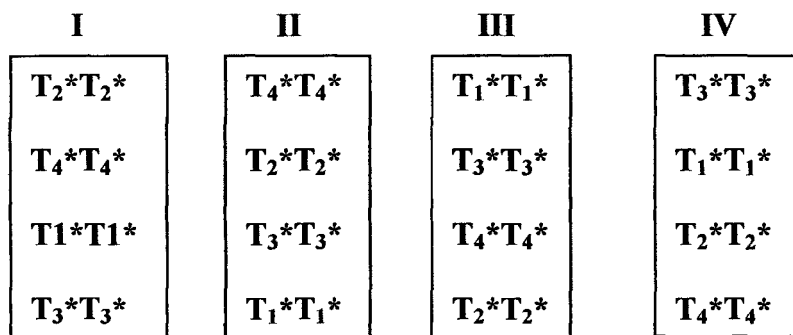
Las plantas seleccionadas fueron sometidas a una poda de sanidad y otra de fructificación con la finalidad de uniformizar la floración y fructificación (Fig. 2.b). Posteriormente, se las agrupó para formar cuatro bloques de ocho plantas cada uno (Fig. 3). Dentro de cada bloque se ubicaron aleatoriamente cuatro tratamientos, cada uno de los cuales estuvo compuesto de dos plantas, debidamente identificadas.

Tabla 7. Tratamientos y niveles en estudio (número de aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %).

Variable	⁺ Tratamientos (T)	⁺⁺ Nivel (C)	Código	Descripción
Cl_2Ca	1	0	T ₁ C ₀	Tratamiento uno y 0 aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %. (Testigo).
	2	1	T ₂ C ₁	Tratamiento dos y 3 aplicaciones quincenales de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %.
	3	2	T ₃ C ₂	Tratamiento tres y 6 aplicaciones quincenales cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %.
	4	3	T ₄ C ₃	Tratamiento cuatro y 9 aplicaciones quincenales cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %.

⁺: Plantas de chirimoya, cultivar *cumbe*.

⁺⁺: Número de aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %.



*: Plantas de chirimoya, cultivar *cumbe*

Figura 3. Distribución de bloques y tratamientos en campo y laboratorio.

Treinta días después de aplicadas las podas, empezaron a aparecer los botones florales; y, 30 días más tarde, se registró la plena floración (70 % de las flores de cada árbol estuvieron plenamente abiertas). Se estima que del total de flores de cada árbol, sólo el 10 a 20 % cuajan. Es probable que este bajo porcentaje de cuajado sea consecuencia del fenómeno de la *dicogamia* que caracteriza a la especie en estudio (Fig. 4).



Figura 4. Inicio de la actividad fisiológica: [a] Botones florales, [b] plena floración y [c] cuajado de frutos.

Registrada la plena floración (actividad fisiológica activa), se inició la aplicación foliar de la solución de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % o simplemente agua, según el tratamiento que corresponda. Las aplicaciones subsiguientes se realizaron con intervalos de 15 días (Tabla 9).

Las primeras aplicaciones de cloruro de calcio, estuvieron dirigidas a las ramas y hojas, tratando de evitar el contacto directo de la solución con las flores y frutos recién cuajados para prevenir su “quemado” y posterior caída. En las etapas posteriores de desarrollo del fruto, las aplicaciones fueron dirigidas a todos los órganos aéreos de la planta (Fig. 5).



Figura 5. Aplicación foliar de la solución de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6% y diferenciación de las etapas de los órganos reproductivos.

Conforme los frutos crecían y desarrollaban y las plantas presentaban síntomas evidentes de plagas y/o enfermedades, se practicaron prevenciones y/o controles fitosanitarios con el propósito de atenuar sus daños e impactos en el rendimiento y calidad de los frutos (Fig. 6). Las principales plagas fueron minador de la hoja (*Phyllocnistis* sp.), araña roja (*Tetranychus* sp) y mosca de la fruta (*Anastrepha fraterculus*) las cuales fueron adecuadamente controladas con 3 aspersiones foliares quincenales de Campal al 25 % de Cipermetrina, GF-120 al 0.02 % de Spinosad y Dethomil al 90% de Methomyl respectivamente. De modo semejante, las principales enfermedades fueron Antracnosis (*Colletotrichum* sp.), Podredumbre gris de hojas, flores y frutos (*Botrytis cinérea*), y Roya (*Phakopsora cherimoliae*), las cuales fueron apropiadamente controladas con 3 aspersiones foliares de Fordazim al 50% de carbendazim y 4 aplicaciones de Caldo sulfocalcico. Y para prevenir la Pudrición del cuello (*Phytophthora cinnamomi*) se realizó el sistema de anillado (riego adecuado) y la aplicación de hongos de suelo (*Trichoderma viridi*) a concentración de 800 g de producto comercial por 100 litros de agua



Figura 6. Evaluación de plagas y enfermedades que afectan al chirimoyo y plantación en estudio con sistema de anillado para un riego adecuado y de prevenir enfermedades radiculares.

Constatado el cambio de color en la piel, de verde mate a verde claro, los frutos de cada tratamiento fueron manualmente cosechados, pre-enfriados en agua potable corriente, desinfectados por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5 %, secados, clasificados, identificados y empacados con papel toalla y colocados a hilera simple dentro de cajas de cartón perforadas en un área equivalente al 10 % de su superficie total (Fig. 7). Posteriormente, el producto empacado fue transportado al Laboratorio de Fisiología Vegetal para iniciar el periodo de almacenamiento a una temperatura ambiente de 15 ± 3 °C (Fig. 8).



Figura 7. Cosecha manual, pre enfriado y empacado.



Figura 8. Empacado y conservación de chirimoya en el laboratorio de fisiología vegetal.

Siete y catorce días después de iniciado el almacenamiento, los frutos de cada uno de los tratamientos fueron sometidos a una evaluación del porcentaje de pudrición, firmeza de pulpa, acidez titulable total, sólidos soluble totales y otros parámetros como las variaciones del peso fresco, pH y cantidad de azúcares reductores.

- a. **Porcentaje de pudrición:** En primer lugar y en base a síntomas visibles, se determinó el número de frutos con pudriciones. Este número, fue luego expresado en porcentaje y transformado con $\text{Arco seno } X/100^{1/2}$. En segundo lugar, se identificó el agente causal de las pudriciones encontradas.

- b. **Firmeza de la pulpa:** Para su determinación se utilizó el penetrómetro con punta de 11 mm de diámetro, la cual ha sido insertada en los lados opuestos de la región ecuatorial de los frutos, donde previamente se ha retirado la piel (epidermis). Complementariamente, se hizo la misma determinación de forma manual, ejerciendo presión con los dedos índice y pulgar colocados en la base y parte apical de la fruta, respectivamente. Para su valoración se hizo uso de una escala previamente establecida con seis grados (Tabla 7).

Tabla 8. Determinación de la firmeza de pulpa de chirimoya.

Grado	Descripción
1	Muy consistente: Fruta, recién cosechada de la planta.
2	Consistente: La fruta inicia su madurez de consumo; lo cual al presionar con las yemas de los dedos (pulgar y medio) en la base y ápice, escasamente se queda las huellas.
3	Semi consistente: Al presionar la fruta con las yemas de los dedos, las huellas son notorias.
4	Blanda: Al presionar con las yemas de los dedos, las huellas son bastante notorias; pero no lastima la fruta.
5	Muy blanda: Al presionar con las yemas de los dedos se exprime por el pedúnculo.
6	Extremadamente blanda: Al presionar, los dedos se introducen rompiendo la epidermis tanto en la base como en el ápice.

Fuente: Elaboración propia.

- c. **Acidez titulable total (m Eq/100 ml):** Se determinó por titulación con NaOH 0.1 N, gradualmente aplicado a una muestra de 10 ml de extracto de fruta (zumo) diluido en 100 ml de agua destilada. La aplicación se realizó hasta alcanzar la neutralización de la muestra (un pH de 8.1), momento en el cual se registró el gasto de NaOH y expresó los resultados en m Eq/100 ml.

Finalmente, para expresar los resultados en términos del ácido orgánico predominante (ácido málico) los datos de m Eq/100 ml fueron multiplicados por 0.067 que es su factor de corrección (Norma Mexicana 1982).

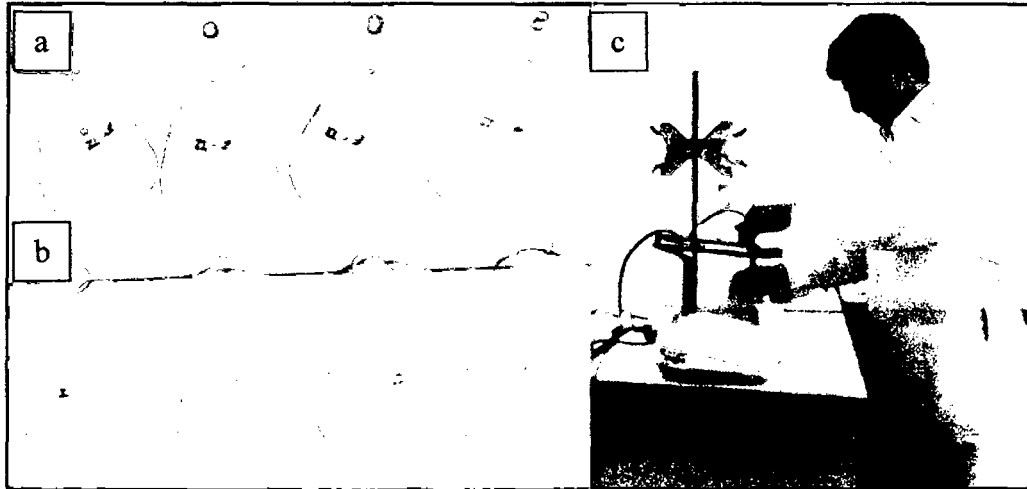


Figura 9. Muestras antes del análisis (a), muestras después del análisis (b) y titulación de la acidez (c)

- d. **Sólidos solubles totales (°Brix):** El análisis de sólidos solubles es un estimador del contenido en azúcares en la muestra. Se evaluó utilizando un refractómetro con escala de 0 a 30 y una muestra (gota) de solución de sumo de fruta preparada mezclando 10 ml de zumo con 100 ml de agua destilada. Los resultados se expresaron en grados Brix (Figura 10).

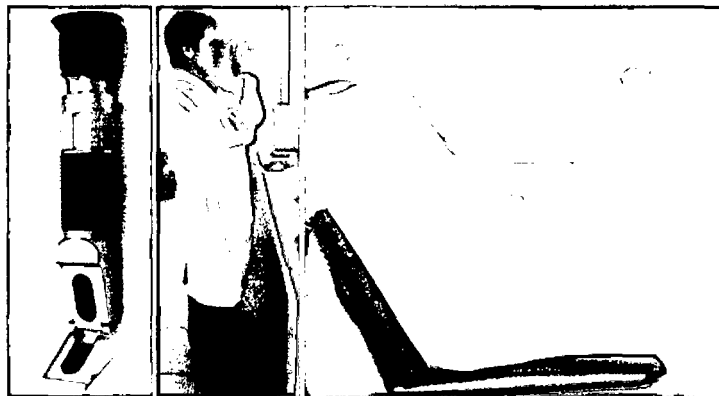


Figura 10. Análisis de sólidos solubles totales (°Brix)

e. **Otras determinaciones:**

- **Concentración de azúcares reductores.** Esta determinación se realizó por el método de Fehling (Anexo 3), en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Dinámicas de la Universidad Nacional de Cajamarca.

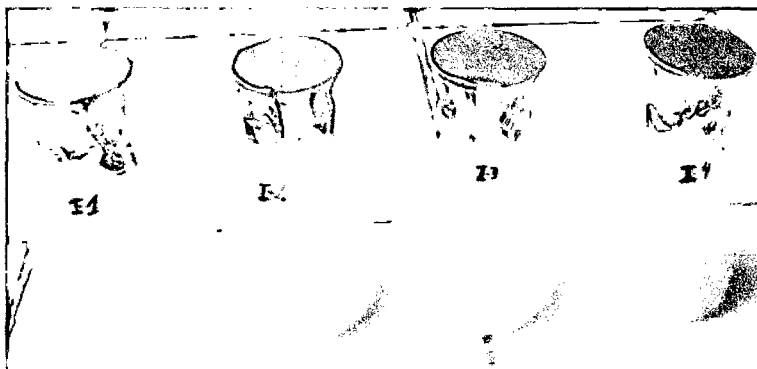


Figura 11. Determinación de azúcares reductores del zumo de fruta de Chirimoya.

- **Deshidratación y pérdida de peso fresco de la fruta.** El 1º, 7º y 14º día de iniciado el almacenamiento, los frutos en estudio fueron pesados en balanza analítica, determinando los pesos de cada fruta según tratamiento expresándose la pérdida de humedad en porcentaje.

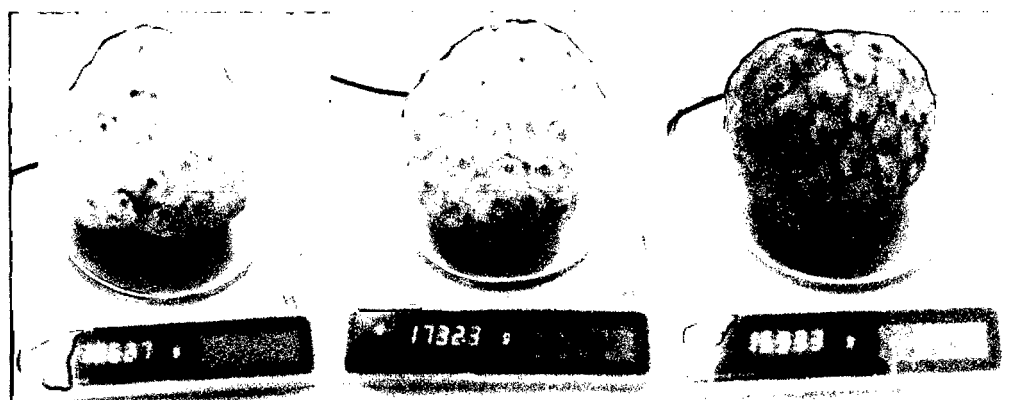


Figura 13. Determinación del peso al 1º, 7º y 14º día de iniciado el almacenamiento.

- **Determinación del pH del zumo de los frutos de Chirimoya.** Se evaluó utilizando un peachimetro digital determinándose el pH de cada tratamiento, las cuales fueron preparadas mezclando 10 ml de zumo de fruta con 100 ml de agua destilada.

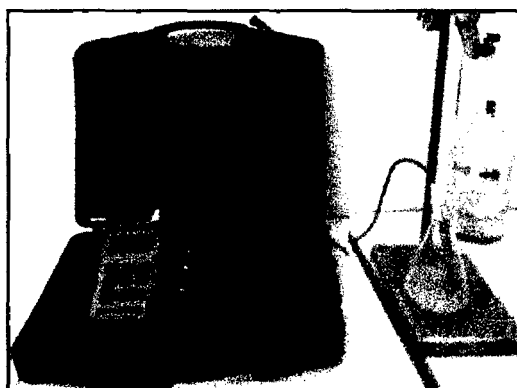


Figura 13. Determinación del pH del zumo de fruta de chirimoya.

- 4.1. Diseño experimental:** Se utilizó el Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada tratamiento ha estado compuesto por 2 muestras experimentales (plantas).

Tratamientos y niveles en estudio.

Tabla 9. Tratamientos en estudio.

Tratamiento		Descripción
Nº.	Clave	
1	T_1C_0	Tratamiento uno + 0 aplicaciones de $CaCl_2$ al 0.6 %.
2	T_2C_1	Tratamiento dos + 3 aplicaciones de $CaCl_2$ al 0.6 %.
3	T_3C_2	Tratamiento tres + 6 aplicaciones de $CaCl_2$ al 0.6 %.
4	T_4C_3	Tratamiento cuatro + 9 aplicaciones de $CaCl_2$ al 0.6 %.

Considerando las muestras experimentales (plantas) se evaluaron cuatro tratamientos (Tabla 9), realizándose un Análisis de Varianza (ANVA) y para las diferencias entre los tratamientos

separándose las medias mediante el Test de Duncan con un nivel de significancia del 5 %. Del análisis se puede concluir; si $H_0: F_c < 0.05$, no existe efecto del cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, con respecto al número de aplicación. Pero si $H_0: F_c > 0.05$ dicha solución interviene en la calidad de fruta del chirimoyo.

Tabla 10. Análisis de Varianza.

FV	GL	SC	CM	Fc	$F_{0.05}$
Bloques	(R-1)	$\frac{\sum_{j=1}^r Y^2 j}{t} - \frac{Y^2..}{rt}$	$\frac{SC_{\text{Bloques}}}{(r-1)}$	$\frac{SC_{\text{Bloques}}}{SC_{\text{Error}}}$	3.86
Tratamientos	(T-1)	$\frac{\sum_{i=1}^t Y^2 i}{r} - \frac{Y^2..}{rt}$	$\frac{SC_{\text{Tratamientos}}}{(t-1)}$	$\frac{SC_{\text{Tratamientos}}}{SC_{\text{Error}}}$	3.86
Error	(R-1)(T-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2$ $- \frac{\sum_{i=1}^t Y^2 i}{r} - \frac{Y^2..}{rt}$ $+ \frac{Y^2..}{rt}$	$\frac{SC_{\text{Error}}}{(r-1)(t-1)}$		
TOTAL	(RT-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 + \frac{Y^2..}{rt}$			

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de cloruro de calcio al 0.6 % a plantas selectas de chirimoya desde el reinicio de su actividad fisiológica hasta 135 días después de la misma, acelera y uniformiza al proceso de maduración y mejora su resistencia a pudriciones, firmeza, acidez titulable total y contenido de sólidos solubles totales de los frutos conforme lo muestran los resultados de las evaluaciones que a continuación se presentan.

4.1. Porcentaje de pudrición de los frutos

4.1.1. Determinación del porcentaje de pudrición de los frutos a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento

El porcentaje de frutos con síntomas de pudrición varía en función al periodo de almacenamiento y tratamiento aplicado. A los siete días de iniciado el almacenamiento, todos los frutos de los tratamientos estudiados no mostraron pudriciones (Fig. 28), en cambio, a los catorce días de almacenados, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio con respecto al porcentaje de pudrición de frutos por ataque de hongos causantes de pudriciones húmedas (Tabla 11, Fig. 14).

Tabla 11. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en el porcentaje de pudrición de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tabular (0.05)
Bloques	3	23.1875	7.7292	0.18	3.86
Tratamientos	3	762.6875	254.2292	5.98 ⁺	3.86
Error	9	382.5625	42.5069		
Total	15	1168.4375			

C.V. = 14.57 %.

⁺ Estadísticamente significativo

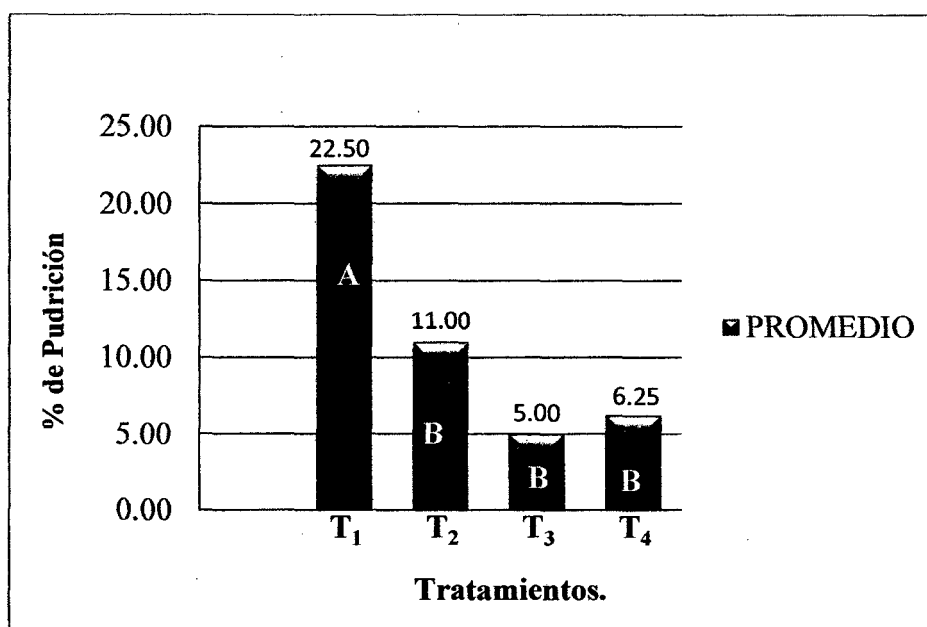


Figura 14. Susceptibilidad a la pudrición de los frutos de chirimoya en función al tratamiento aplicado: 0, 3, 6 y 9 aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, respectivamente. Imagen tomada a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

La Prueba de Duncan al 5% de probabilidades (Tabla 12), señala que los frutos no tratados con cloruro de calcio al 0.6% (testigo), son los más susceptibles al ataque de hongos Fito patógenos que los tratados con tres (T_2), nueve (T_4) o seis (T_3) aplicaciones de cloruro de

calcio al 0.6 %. Mientras la observación microscópica de sus estructuras vegetativas y reproductivas ha permitido identificarlos y clasificarlos como *Botrytis cinerea* y *Penicillium digitatum*, la observación de los síntomas evidencia que las pudriciones húmedas que generan, se inician, en algunos casos, en la zona de inserción del pedúnculo; y en otras, en cualquier parte de la superficie de los frutos atacados.

Tabla 12. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para el efecto de los tratamientos en estudio en el porcentaje de pudrición de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Promedio	Significación
T ₁	22.50	A
T ₂	11.00	B
T ₄	6.25	B
T ₃	5.00	B

Estas observaciones corroboran lo descrito por Montealegre *et al.* (2000), quien sostiene que los síntomas producidos por *Botrytis cinerea* y *Pennicillium digitatum* se caracterizan por una pudrición húmeda de los frutos sobre la cual se puede observar posteriormente el micelio y esporulación gris y verde, respectivamente. Agrios (1995), destaca que la pudrición por *Botrytis* puede iniciarse en el extremo del pedúnculo del fruto o bien en cualquier herida, hendidura o incisión de los tejidos de los órganos almacenados. Dicha pudrición tiene el aspecto de un área bien definida, pardusca y húmeda, la cual penetra profundamente en los tejidos del órgano y avanza con gran rapidez, sobre todo en ambientes húmedos y fríos. El mismo autor indica que, *Pennicillium* penetra en los tejidos de su hospedante a través de aberturas en la cáscara o corteza e incluso a través de lenticelas, pudiendo también propagarse desde frutos infectados a sanos cuando la cáscara intacta de estos últimos entra en contacto con la cáscara infectada de los primeros.

De acuerdo a lo antes descrito, las pudriciones que se iniciaron en la zona de inserción del pedúnculo de los frutos de chirimoya fueron provocadas por *Botrytis cinerea* mientras que las pudriciones presentes en una zona del fruto distinta a la primera, han sido provocadas por *Penicillium digitatum*.

Nuestros resultados señalan que tres aplicaciones quincenales de cloruro de calcio al 0.6 %, a partir de la plena floración, reducen el porcentaje de pudriciones húmedas por afecto de *Botrytis cinerea* y *Penicillium digitatum* de 22.5 % (testigo) a 11 %, lo cual es técnica y económicamente ventajoso. En el primer caso, porque el productor reduciría un 50 % de pérdidas, los cuales permitiría más frutos de buena calidad para comercializarlos; y en el segundo, porque tres aplicaciones de este producto tienen la misma efectividad que seis o nueve aplicaciones, las que únicamente contribuirían a elevar los costos de producción. Resultados similares han sido reportados por Neilsen and Neilsen (2003) en manzano (*Malus domestica* Borkh) con aplicaciones foliares de cloruro de calcio (300 - 500 g/100 L.), seis semanas post flor y seis semanas pre cosecha. Este tratamiento redujo el problema del *Bitter pit* y mejoró su conservación.

De lo expuesto se deduce que la cantidad de Calcio (Ca) absorbido por los frutos está en directa relación con el número de aplicaciones; y que sus efectos, conforme lo afirma Valdez *et al.* (2007), podrían estar relacionados con el control de la apertura estomática; es decir, regulando la entrada de CO₂ para la fotosíntesis y la salida de vapor de agua (transpiración). Otros estudios indican que los altos contenidos de calcio en los frutos de fresa (*Fragaria ananassa*), reducen la infección por hongos al incrementar la firmeza de la pared celular (Casierra y Salamanca 2008), o que el calcio mejora la resistencia física y química de los frutos al ataque de organismos fitopatógenos y a daños medioambientales (Yáñez 2002), lo que en nuestro caso, habría contribuido a alargar la vida de post cosecha y mantener la calidad de los frutos de chirimoya.

4.2. Firmeza de pulpa

4.2.1. Determinación de la firmeza del fruto a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento

A los siete y catorce días de iniciado el almacenamiento, la aplicación de los tratamientos en estudio tiene efectos estadísticamente significativos en la resistencia de los frutos de chirimoya a la aplicación de presión externa (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en la resistencia de frutos de chirimoya a la presión externa ($\text{kg}/11\text{mm}^2$). Datos registrados a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	GL	7 [*] D.I.A.				14 [*] D.I.A.			
		SC.	CM.	Fc	F tabular 0.05	SC.	CM.	Fc	F tabular 0.05
Bloques	3	0.442	0.147	1.2	3.86	1.243	0.414	6.62	3.86
Tratamientos	3	5.875	1.958	16.00 ⁺	3.86	2.272	0.757	12.10 ⁺	3.86
Error	9	1.102	0.1224			0.564	0.063		
Total	15	7.419				4.079			

CV. = 18.21 %.

C.V. = 12.08 %.

*Días de iniciado el almacenamiento.

⁺ Estadísticamente significativo

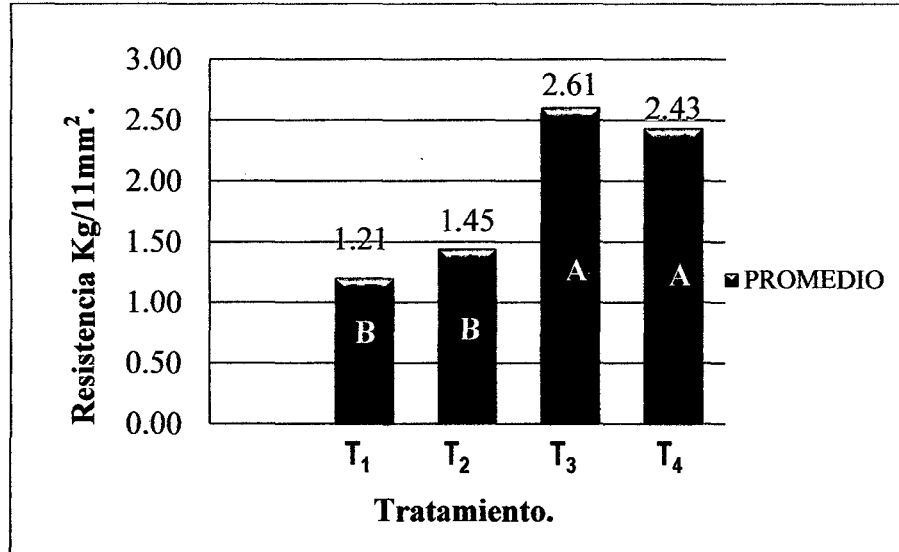


Figura 15. Efecto del cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en la resistencia de frutos de chirimoya a la presión externa ($\text{kg}/11\text{mm}^2$). Datos registrados a los 7 de iniciado el almacenamiento.

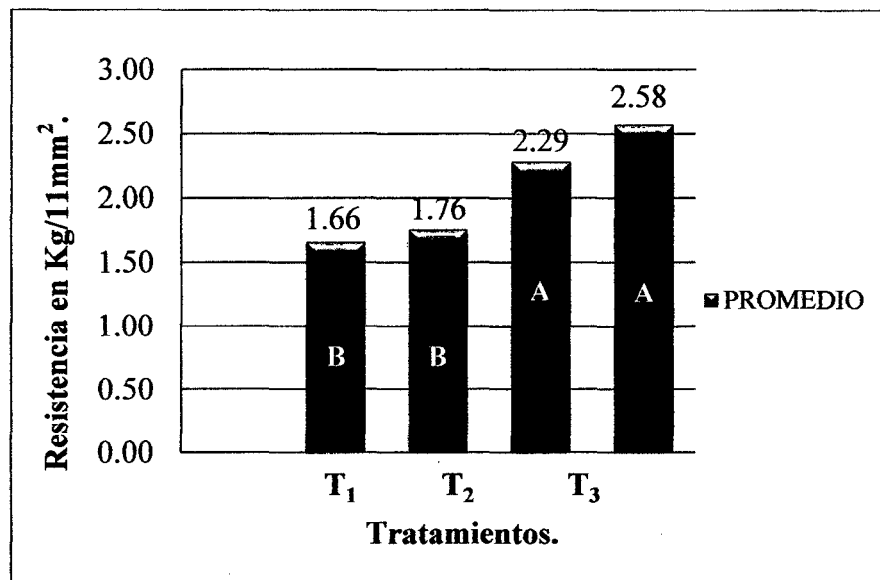


Figura 16. Efecto del cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en la resistencia de frutos de chirimoya a la presión externa ($\text{kg}/11\text{mm}^2$). Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

La prueba de Significación de Duncan al 5 % de probabilidades indica que, a los siete y catorce días de iniciado el almacenamiento, los tratamientos de seis y nueve aplicaciones quincenales de cloruro de calcio al 0.6 %, a partir de la plena floración, inducen la mayor resistencia de los frutos a la presión externa (2.61 y 2.43 kg/11mm², respectivamente). Contrariamente, el tratamiento 2 (tres aplicaciones quincenales de cloruro de calcio al 0.6 %), además de ser estadísticamente semejante al 1 (testigo), no mejora el grado de resistencia del fruto a la presión externa (Tabla 14), datos que son corroborados por la pruebas cualitativas.

Tabla 14. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para el efecto de los tratamientos en estudio en la resistencia de frutos de chirimoya a la presión externa (kg/11mm²). Datos registrados a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

7 *D.I.A.			14 *D.I.A.		
Tratamientos	Promedio	Significación	Tratamientos	Promedio	Significación
T ₃	2.61	A	T ₄	2.58	A
T ₄	2.43	A	T ₃	2.29	A
T ₂	1.45	B	T ₂	1.76	B
T ₁	1.21	B	T ₁	1.66	B

*Días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 15. Efecto de los tratamientos en estudio en el grado de resistencia de frutos de chirimoya a la presión manual. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Trat.	*D.i.a.	Repeticiones				Total	Promedio	Grado de firmeza
		I	II	III	IV			
T ₁	7	4	4	5	5	18	4.5	Muy blando
	14	6	6	5	6	23	5.75	Extremadamente blando
T ₂	7	4	4	4	5	17	4.25	Blando
	14	6	6	6	6	24	6	Extremadamente blando
T ₃	7	3	3	2	3	11	2.75	Semi consistente
	14	5	5	5	6	21	5.25	Muy blando
T ₄	7	3	4	3	3	13	3.25	Semi consistente
	14	5	5	5	6	21	5.25	Muy blando

*Días de iniciado el almacenamiento.

Lo antes descrito evidencia que el calcio al 0.6 % mejora la firmeza del fruto, lo que equivale a una mayor vida útil como consecuencia de la postergación del ablandamiento. Esto es probablemente debido al rol del calcio como constituyente central en la composición de la laminilla media de las células. Al respecto, Cline y Hanson (1992), determinaron que los tratamientos a base de calcio condujeron a una mayor vida útil del fruto lo cual podría ser atribuido a una reducción del metabolismo, como producto de una mayor saturación de enlaces de sustancias pépticas en las membranas y paredes celulares por iones de calcio. Valdez *et al.* (2007), también sostienen que el calcio, al cumplir su rol estructural en la pared celular y mantener la integridad de las membranas, aumenta la firmeza de los frutos; y, adicionalmente, al formar parte de la calmodulina, ejerce un rol regulatorio de las diferentes funciones celulares.

Por su parte, Romojaro *et al.* (2003), afirma que la deficiencia de calcio es responsable de un elevado número de alteraciones fisiológicas o fisiopatías que se pueden manifestar durante el crecimiento del fruto en la planta o posteriormente en la post cosecha, todas con una importante repercusión económica, ya que las producciones afectadas no son

comercializables. En efecto, nuestros resultados nos permiten afirmar que, con el propósito de reducir costos y mejorar la firmeza de los frutos de chirimoya, es recomendable realizar seis aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 % en pre cosecha, pues su eficacia es estadísticamente igual a la alcanzada con nueve aplicaciones y ambas permiten almacenar frutos de chirimoya hasta por 14 días después de cosechadas, momento en el cual adquieren una resistencia a la presión externa de 2.29 a 2.58 kg/11mm², que los califica como frutas muy blandas. Estudios realizados por Neilsen y Neilsen (2003), en manzano (*Malus domestica* Borkh) señalan que la aplicación foliar de cloruro de calcio, (6 semanas post flor y 6 semanas pre cosecha) mejora su conservación y que por lo tanto, la cantidad de Calcio absorbido por los frutos está en directa relación con el número de aplicaciones, las que pueden variar entre 4 y 10.

El mejoramiento de la firmeza de los frutos de chirimoya, guarda relación directa con su resistencia a la manipulación post cosecha, transporte, incidencia de desórdenes fisiológicos y penetración de agentes patogénicos, conforme lo muestran nuestros resultados presentados en el acápite 4.2.1, lo que es concordante con las investigaciones de Cheour *et al.* (1990; 1991), quienes encontraron que las aplicaciones de cloruro de calcio en fresa, redujeron la maduración y el desarrollo de hongos en post cosecha e incrementaron la firmeza de los frutos durante la cosecha y post cosecha. De modo semejante, López y Cajuste (1995), determinaron que las aplicaciones de nitrato de calcio a 30 mg.L⁻¹, aumentaron la firmeza del fruto de palta, Cv. Fuerte y redujeron el porcentaje de pérdidas fisiológicas de peso y los daños por frío, tanto en la piel como en la pulpa del fruto.

4.3. Acidez titulable total (m Eq/100 ml)

4.3.1. Determinación de la acidez titulable total a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento

A los siete días de iniciado su almacenamiento, la aplicación de cloruro de calcio al 0.6 % en pre cosecha, no influencia la acidez titulable total o a su valor equivalente, la acidez expresada en términos de g de ácido málico/100 g de muestra de frutos de chirimoya (Tabla 16). Sin embargo, a los catorce días de almacenamiento, ambas expresiones del grado de acidez del

fruto de chirimoya mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados (Tabla 17).

Tabla 16. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en la acidez titulable total (m Eq/100 ml) y porcentaje de ácido málico del zumo de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	G L	Acidez titulable total (m Eq/100 ml)				% de ácido málico			
		SC	CM	Fc	F tabular 0.05	SC.	CM.	Fc	F tabular 0.05
Bloques	3	0.136	0.068	0.049	3.86	0.0006	0.0002	0.033	3.86
Tratamientos	3	1.214	0.607	0.440 ^{NS}	3.86	0.0054	0.0018	0.293 ^{NS}	3.86
Error	9	1.380	1.380			0.0062	0.0062		
Total	15	2.730				0.0123			

C.V. = 10.88 %.

*Días de iniciado el almacenamiento.

^{NS}: No significativo.

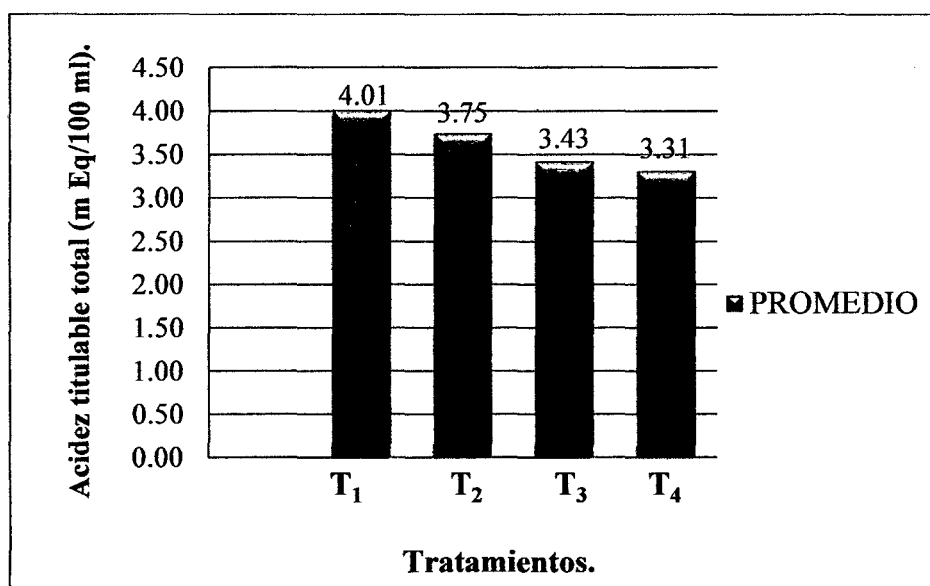


Figura 17. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la acidez titulable total de zumo de fruta de chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

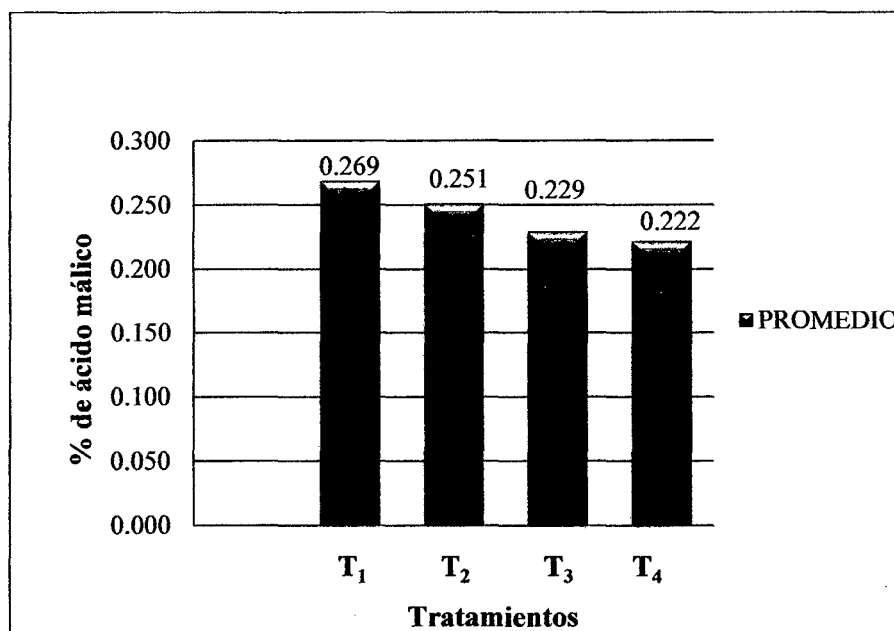


Figura 18. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en el porcentaje de ácido málico del sumo de fruta de chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 17. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en la acidez titulable total (m Eq/100 ml) y porcentaje de ácido málico del zumo de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	G	Acidez titulable total (m Eq/100 ml)				% de ácido málico			
		SC	CM	Fc	F	SC.	CM.	Fc	F
	L				tabular				tabular
					0.05				0.05
Bloques	3	0.045	0.023	0.705	3.86	0.0002	0.0001	0.509	3.86
Tratamientos	3	0.291	0.145	4.517 ⁺	3.86	0.0014	0.0007	4.034 ⁺	3.86
Error	9	0.032	0.032			0.0002	0.0002		
Total	15	0.368				0.0017			

CV. = 4.21 %.

⁺ Estadísticamente significativo

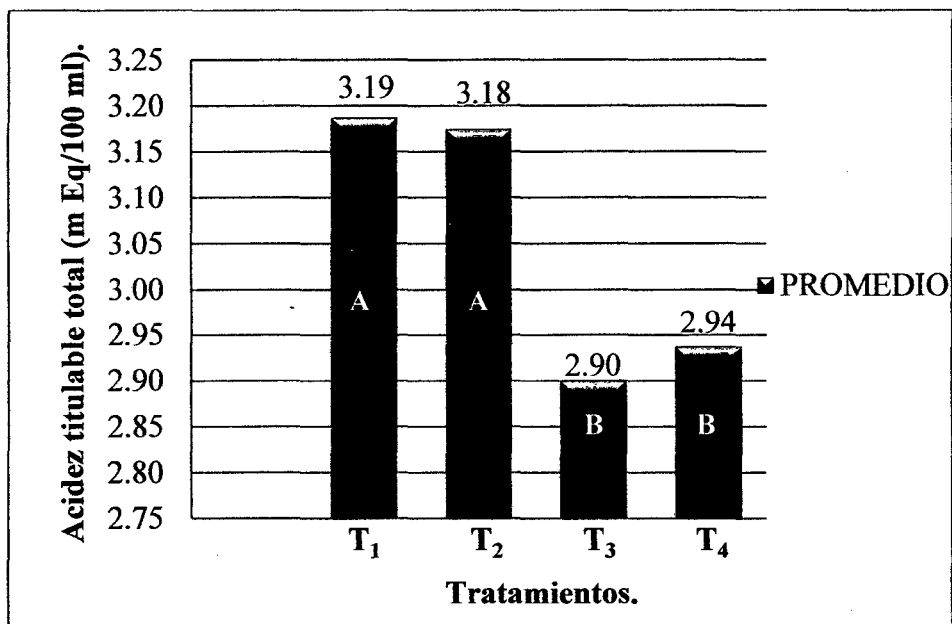


Figura 19. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la acidez titulable total de sumo de fruta de chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

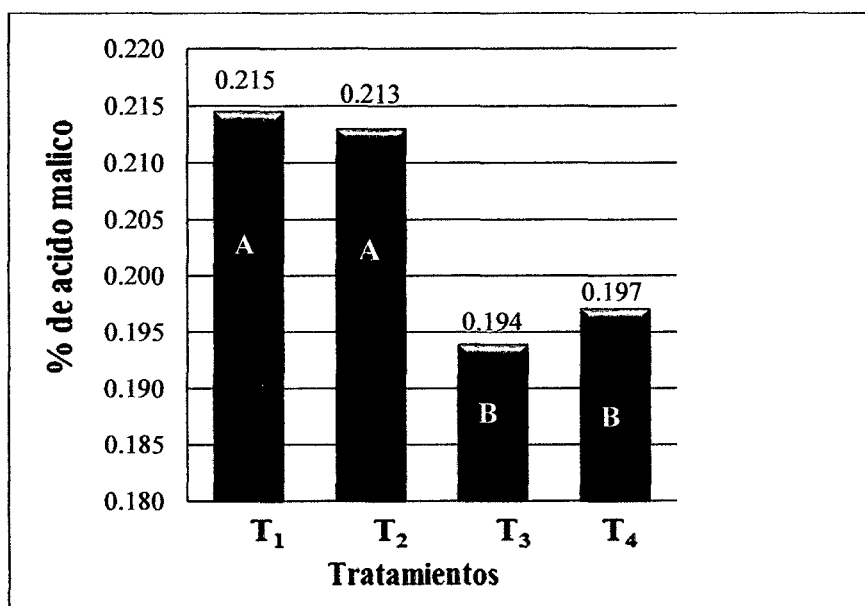


Figura 20. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en el porcentaje de ácido málico del sumo de fruta de chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 18. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para el efecto de los tratamientos en estudio en la acidez titulable total (m Eq/100 ml) y porcentaje de ácido málico del zumo de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Promedio (m Eq/100 ml)	Significación	% de ácido málico	Significación
T ₁	3.19	A	0.215	A
T ₂	3.18	A	0.213	A
T ₄	2.94	B	0.194	B
T ₃	2.90	B	0.197	B

La Prueba de Duncan al 5% de probabilidad (Tabla 18) indica que, a diferencia de los tratamientos T₁ (testigo) y T₂ (tres aplicaciones quincenales de cloruro de calcio al 0.6 %), cuyos efectos en la acidez titulable total de los frutos son estadísticamente semejantes, el zumo de los frutos agrupados dentro de los tratamientos T₄ (nueve aplicaciones quincenales de cloruro de calcio al 0.6 %), y T₃ (seis aplicaciones quincenales de cloruro de calcio al 0.6 %, mostró menor valor de acidez titulable total (2.94 y 2.90 mEq/100 ml de zumo, respectivamente). Si consideramos que la acidez titulable total o acidez libre, representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres en el zumo, entonces se puede afirmar este parámetro de calidad, disminuye, primero, en función al avance del periodo de almacenamiento; y segundo, en respuesta a los niveles crecientes de calcio, producto de la aplicación de los tratamientos, siendo el nivel económicamente más ventajoso el que corresponde a seis aplicaciones quincenales de cloruro de calcio al 0.6 % (T₃) con el cual se obtuvo el menor valor de acidez titulable total (2.90 mEq/100 ml de zumo). Nuestras observaciones son consistentes con las de Núñez *et al* (2012), quienes sostienen que los valores de acidez decrecen progresivamente en función del tiempo de almacenamiento, pues los ácidos orgánicos, como segunda reserva energética de mayor importancia (después de los carbohidratos), son metabólicamente degradados hasta su nivel de azúcares, lo cual indica que un mayor contenido de ácidos en la cosecha garantizaría, no solo una mayor vida útil de la fruta en anaquel (Amézquita 2008), sino también la mayor dulzura de la fruta, pues se tendría

una mayor cantidad de azúcares para abastecer las demandas respiratorias y las exigencias del consumidor, respectivamente.

La disminución de la acidez titulable total de los frutos chirimoya, de 3.19 (Testigo) a 2.90 mEq/100 ml de zumo (6 aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 %), indica que el calcio afecta a los procesos metabólicos que intervienen en la calidad organoléptica de los frutos de chirimoya.

4.4. Sólidos solubles totales (°Brix):

4.4.1. Determinación de sólidos solubles totales a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

Siete días después de iniciado el almacenamiento de frutos de chirimoya, las aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 %, no tienen efectos significativos en la concentración de sólidos solubles totales, en cambio, a los 14 días de iniciado el almacenamiento, los tratamientos en estudio mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí (Tabla 19).

A los 14 días de iniciado su almacenamiento, la Prueba de Duncan al 5 % de probabilidades no muestra con claridad los efectos de los tratamientos con calcio en el contenido de sólidos solubles totales de los frutos de chirimoya (Tabla 20). Sin embargo, existe una ligera tendencia al incremento de los sólidos solubles totales en el zumo de la fruta, conforme se eleva el número de aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 %, pues a diferencia del tratamiento testigo, los frutos cosechados de árboles tratados con nueve y seis aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 % (T₄ y T₃) registraron los mayores valores de sólidos solubles totales (22.250 y 21.625 °Brix, respectivamente) (Tabla 20).

Tabla 19. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en la concentración de Sólidos Solubles Totales (°Brix) en el zumo de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	GL.	7 [*] D.I.A.				14 [*] D.I.A.			
		SC.	CM.	Fc.	F	SC.	CM.	Fc.	F
					tabular 0.05				tabular 0.05
Bloques	3	2.672	0.891	1.05	3.86	14.625	4.875	5.01	3.86
Tratamientos	3	7.422	2.474	2.91 ^{NS}	3.86	15.125	5.042	5.19 ⁺	3.86
Error	9	7.641	0.849			8.75	0.972		
Total	15	17.734				38.5			

C.V. = 4.01 %.

C.V. = 4.70 %.

*Días de iniciado el almacenamiento.

^{NS}: No significativo.

⁺ Estadísticamente significativo

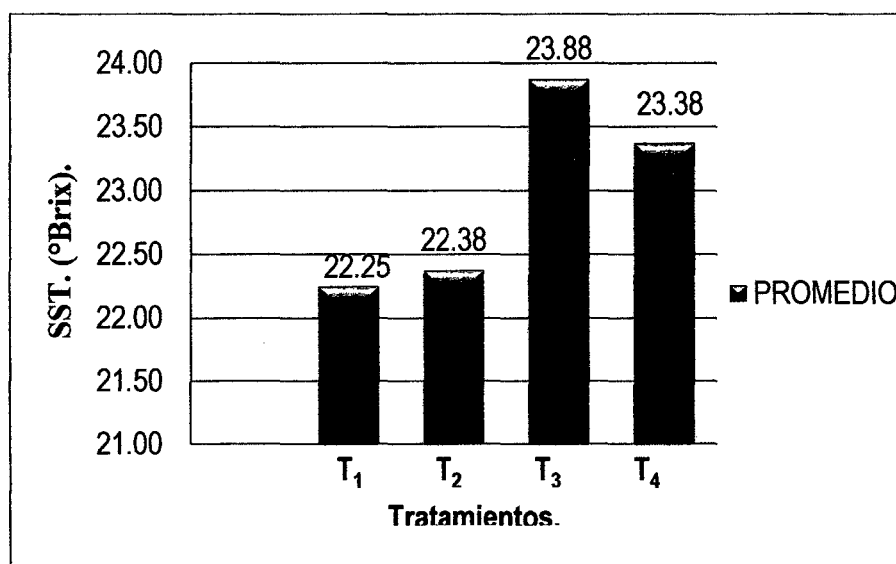


Figura 21. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la concentración de Sólidos Solubles Totales (°Brix) en el sumo de fruta de chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

SST: Sólidos Solubles Totales.

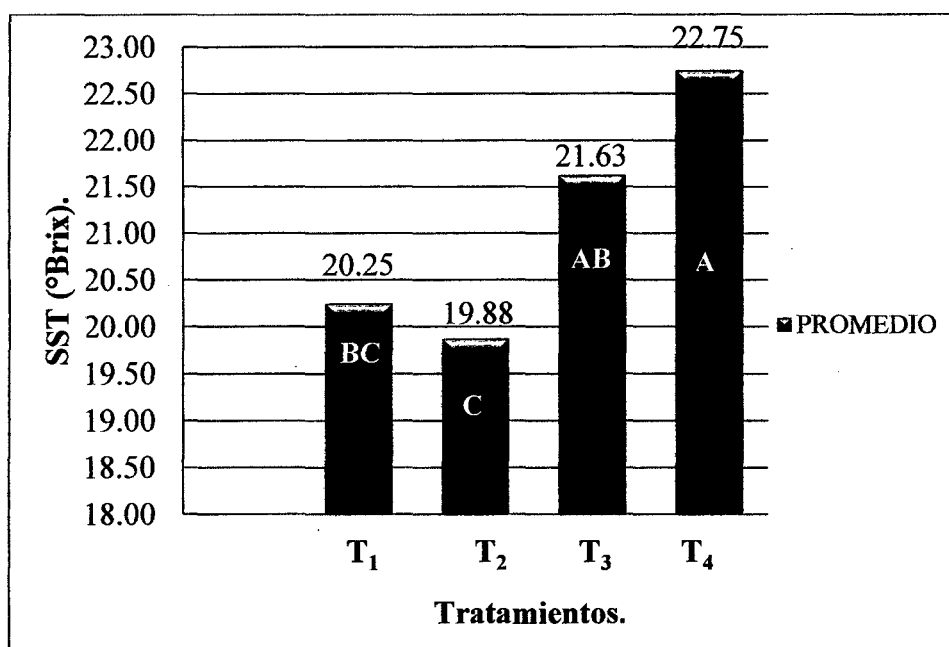


Figura 22. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la concentración de Sólidos Solubles Totales ($^\circ\text{Brix}$) en el sumo de fruta de chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

SST: Sólidos Solubles Totales.

Tabla 20. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para el efecto de los tratamientos en estudio en la concentración de sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$) de zumo de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Promedio	Significación
T ₄	22.250	A
T ₃	21.625	AB
T ₁	20.250	BC
T ₂	19.875	C

Si consideramos que los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa y que los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta, podemos asumir que la ausencia de claras diferencias estadísticas entre los tratamientos utilizados en la presente investigación, evidencian que el

calcio no contribuyen en gran medida al incremento de los sólidos solubles totales en el zumo de la fruta de chirimoya, porque lejos de favorecer al proceso fisiológico que contribuye a la degradación de polímeros y acumulación de azúcares (respiración), mantiene o incrementa la calidad de los frutos (Casierra y salamanca 2008) debido a su función como estabilizador de la membrana celular (Kir-kby y Pilbeam 1984), pues contribuye a unir las sustancias pépticas en las paredes celulares (Demarty *et. al.* 1984), a consecuencia de lo cual se reducen las tasas de maduración, respiración, producción de etileno y ablandamiento de los frutos (Ferguson 1984). Por lo tanto, es de esperar que el calcio aplicado por vía foliar interactúe con las pectinas, fortaleciendo las uniones de las moléculas de ácido galacturónico que las conforman (Raffo *et al.* 2003), otorgando una mayor resistencia a la laminilla media de las células, lo que finalmente contribuye a mantener la estructura de la pared e integridad de las membranas celulares (Valdez *et al.* 2007).

De lo expuesto se deduce que cuando el contenido de calcio en los frutos desciende por debajo de un nivel crítico, se acentúa la respiración y como consecuencia la degradación de polímeros que dan origen a los sólidos solubles (mayormente azúcares), cuya concentración va aumentando conforme avanza la madurez del fruto. Las frutas deficientes en calcio incrementan su tasa respiratoria, debido al aumento de la permeabilidad de las membranas, lo que conduce a una fácil liberación de los principales substratos respiratorios desde las vacuolas y su posterior reacción con sus respectivas, a consecuencia de lo cual se eleva el contenido de sólidos solubles totales en la fruta (Bangerth, citado por Monge *et al.* 1994).

De otro lado, Pérez de Oteyza *et al.*, citados por Quezada (2005), señala que los frutos de chirimoya con un Brix comprendido entre 20 a 25 grados, son los más aceptados para consumo. En base a esta recomendación, se afirma que los frutos de chirimoya, tratados o no con cloruro de calcio al 0.6 %, alcanzan su madurez de consumo a los quince días de iniciado su almacenamiento a 10 °C y plena oscuridad.

4.5. Otras determinaciones

4.5.1. Concentración de azúcares reductores

Los tratamientos en estudio, no tienen efectos estadísticos significativos en la concentración de azúcares reductores presentes en el zumo de frutos de chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento (Tabla 21). Estos resultados confirman que el calcio no tiene efecto directo en la respiración celular como proceso fisiológico que contribuye a la degradación de polímeros como el almidón, cuyos subproductos, conocidos como azúcares reductores (sacarosa, glucosa y fructosa) al mejorar el sabor y aroma de la fruta, son uno de los varios factores que determina la calidad de la misma (Universidad Católica De Valparaíso 2006).

Tabla 21. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en la concentración de Azúcares Reductores en el zumo de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	GL.	SC.	CM.	Fc	F tabular
					0.05
Bloques	3	4.819	1.606	5.798	3.86
Tratamientos	3	0.566	0.189	0.681 ^{NS}	3.86
Error	9	2.493	0.277		
Total	15	7.877			

CV. = 6.33 %.

^{NS}: No significativo.

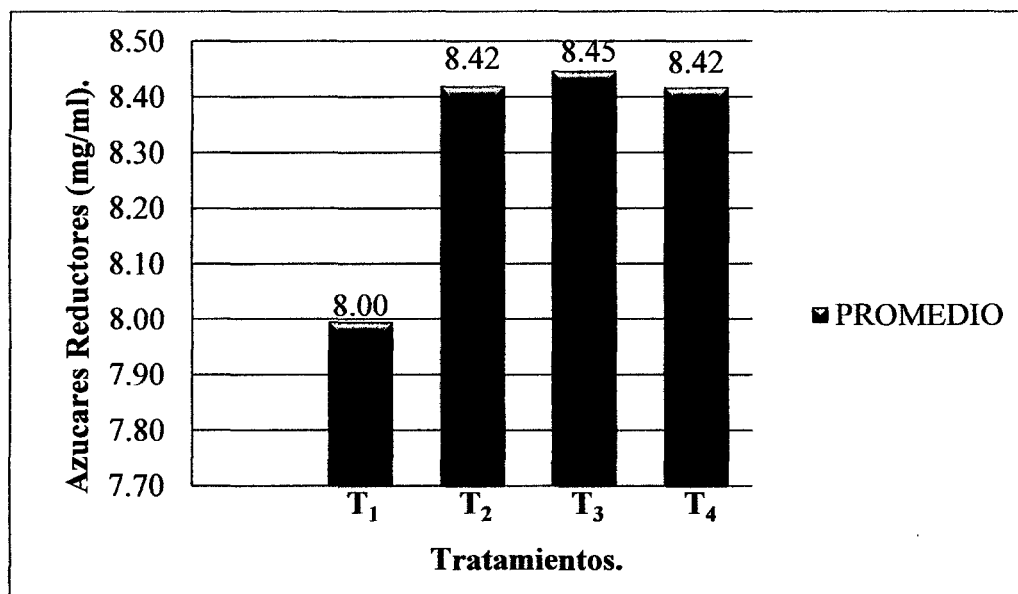


Figura 23. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la concentración de Azúcares Reductores (mg/ml) de zumo de fruta de chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Nuestros resultados evidencian que los árboles de chirimoya tratados o no con cloruro de calcio al 0.6 %, producen fruta que al ser conservada bajo condiciones de oscuridad y 10 °C de temperatura desarrolla un proceso madurativo normal e independiente de la concentración interna de calcio. Al respecto, Toro (2009), afirma que la chirimoya durante el climaterio y maduración, sufre cambios en su sabor como consecuencia de la degradación del almidón y aumento de la cantidad de los azúcares reductores como la sacarosa.

4.5.2. Deshidratación y pérdida de peso de la fruta

Los resultados de la presente investigación mostraron diferencias significativas en la deshidratación y pérdida de peso de los frutos de chirimoya a los 14 días de iniciado el almacenamiento (Tabla 22, Fig. 25). Se evidenció que las aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 %, en pre cosecha, presentan efectos favorables en las reducciones de la deshidratación y pérdida de peso en post cosecha, pues a medida que se incrementa el número de aplicaciones, se reducen estas pérdidas. Así, los frutos cosechados de árboles no tratados con calcio

(testigo) perdieron más peso que los derivados de árboles tratados con cuatro aplicaciones foliares de cloruro de calcio al 0.6 % (Tabla 23).

Tabla 22. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en la pérdida de peso de frutos de chirimoya. Datos registrados a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	G	7 *D.I.A.				14 *D.I.A.			
		SC.	CM.	Fc	F	SC.	CM.	Fc	F
	L				tabular				tabular
					0.05				0.05
Bloques	3	1.46	0.487	1.122	3.86	3.902	1.301	1.407	3.86
Tratamientos	3	3.86	1.287	2.967 ^{NS}	3.86	11.606	3.869	4.184 ⁺	3.86
Error	9	3.903	0.434			8.321	0.925		
Total	15	9.223				23.829			

CV. = 8.51 %.

CV. = 5.89 %.

*Días de iniciado el almacenamiento.

^{NS}: No significativo

⁺: Estadísticamente significativo.

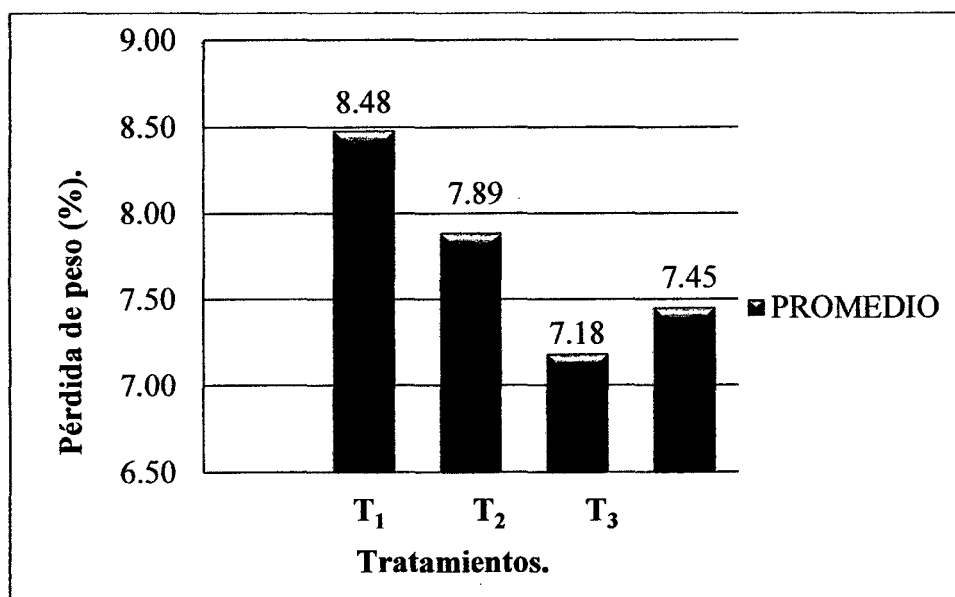


Figura 24. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la deshidratación y pérdida de peso (%) de fruta de chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

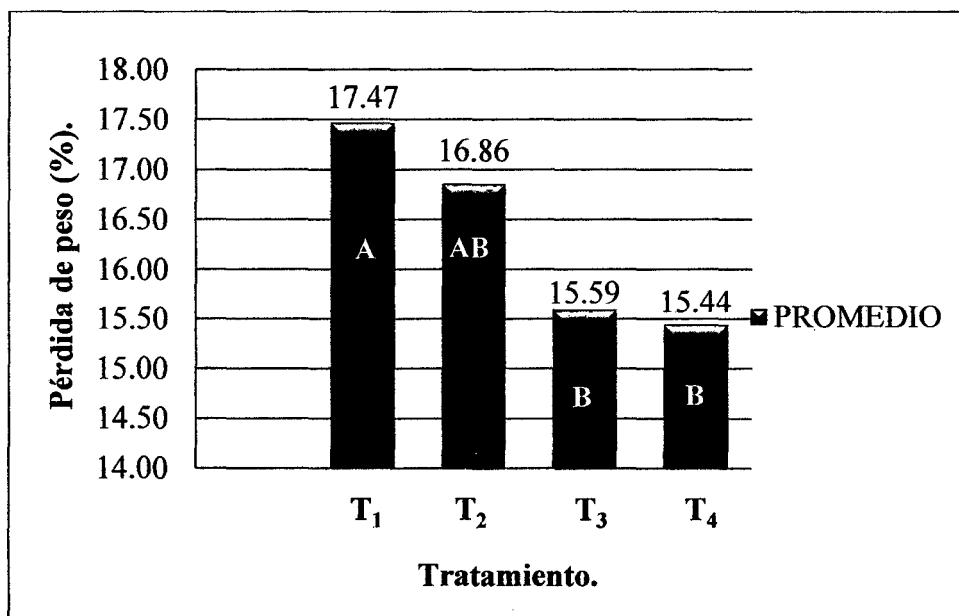


Figura 25. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la deshidratación y pérdida de peso (%) de fruta de chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 23. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para el efecto de los tratamientos en estudio en la pérdida de peso de los frutos de chirimoya. Datos registrados a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Pérdida de peso (%)	Nivel de significación
T ₁	17.47	A
T ₂	16.86	A B
T ₃	15.59	B
T ₄	15.44	B

Si consideramos que las pérdidas de peso de frutos en post cosecha son consecuencia de la respiración (California Strawberry Commission 2007, citado por Casierra y Salamanca 2008) y transpiración (Keutgen y Pawelzik 2008), entonces, se puede asumir que el tratamiento con calcio atenúa las tasas de ambos procesos fisiológicos durante el almacenamiento de los frutos, lo que probablemente esté relacionado con una mejor consistencia y estructura de la cutícula, como uno de los factores limitantes del escape del vapor y pérdida de agua (Gil

2004), o con el control de la apertura estomática, como medio regulador de la entrada de CO₂, para la fotosíntesis, y la salida de agua por transpiración (Valdez *et al.* 2007). Al respecto, investigaciones realizadas en la Universidad Católica De Valparaíso (2006) señalan que, en frutos no tratados con calcio, las células oclusivas se muestran turgentes, manteniendo el estoma abierto y generando un fluido intercambio gaseoso, existiendo mayor pérdida de humedad y por consiguiente disminuye la deshidratación y el peso del fruto.

4.5.3. Determinación del pH del zumo de los frutos de chirimoya

Tanto a los 7 como a los 14 de iniciado el almacenamiento, el pH del zumo de la fruta de chirimoya mostró variaciones estadísticas significativas en función al número de aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 % en pre cosecha (Tabla 24).

Tabla 24. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos en estudio en el pH del zumo de los frutos de chirimoya. Datos registrados a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

F.V	GL.	7 *D.I.A.				14 *D.I.A.			
		SC.	CM.	Fc	F tabular 0.05	SC.	CM.	Fc	F tabular 0.05
Bloques	3	0.020	0.007	1.364	3.86	0.0067	0.0022	1.06	3.86
Tratamientos	3	0.073	0.024	5.013 ⁺	3.86	0.1295	0.0432	20.23 ⁺	3.86
Error	9	0.044	0.005			0.0192	0.0021		
Total	15	0.137				0.156			

CV. = 1.55 %.

CV. = 0.98 %.

*Días de iniciado el almacenamiento.

⁺ Estadísticamente significativo.

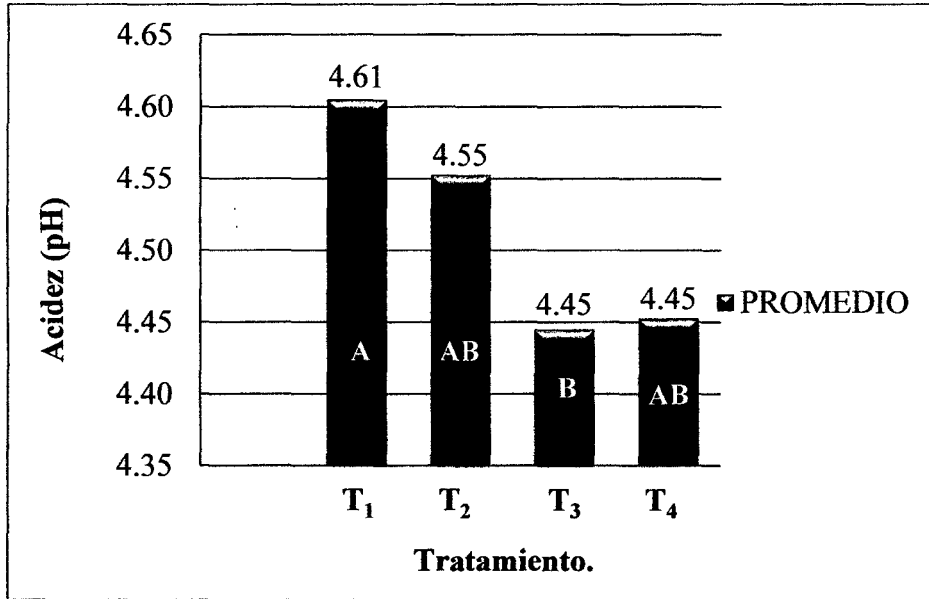


Figura 26. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la Acidez (pH) del zumo de chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

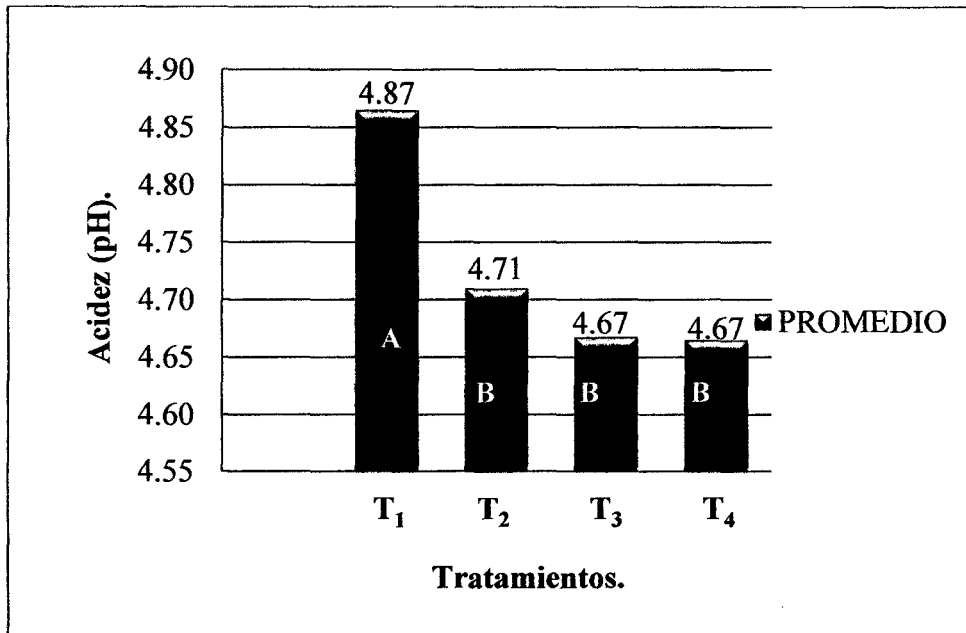


Figura 27. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6%, en la Acidez (pH) del zumo de chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 25. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para el efecto de los tratamientos en estudio en la en el pH del zumo de los frutos de chirimoya. Datos registrados a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

7 *D.I.A.			14 *D.I.A.		
Tratamientos	Promedio	Significación	Tratamientos	Promedio	Significación
T ₁	4.605	A	T ₁	4.8825	A
T ₂	4.552	A B	T ₃	4.7050	B
T ₄	4.452	A B	T ₂	4.6700	B
T ₃	4.445	B	T ₄	4.6600	B

*Días de iniciado el almacenamiento.

Se ha determinado que el valor del pH del zumo de la fruta guarda una relación inversa con el número de aplicaciones del producto en pre cosecha (Tabla 24), evidenciándose así que la presencia de calcio en la fruta, contribuye a la acidificación del zumo y como consecuencia altera su comportamiento fisiológico y bioquímico. En este último aspecto, se conoce, por ejemplo, que la enzima polifenol oxidasa, responsable del pardeamiento enzimático de la fruta, optimiza su actividad en un rango de pH que oscila entre 5 y 7, y más concretamente, entre 6 y 6.5 y se inhibe a valores de pH menores a 3 (Dondero *et al.*, Cheftel y Cheftel, citado por Robledo 2007). Por lo tanto, la aplicación del cloruro de calcio al 0.6 %, en pre cosecha, al acidificar al zumo, mantiene un pH más alejado del punto donde esta enzima actúa. Contrariamente en los frutos cosechados de plantas de chirimoya no tratadas con calcio, el pH está más cercano del óptimo para la actividad fisiológica de esta enzima. Por ende con la aplicación de cloruro de calcio al 0.6 %, la fruta se conserva por más tiempo, manteniendo o reduciendo la pérdida de los parámetros de calidad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La investigación muestra que 3, 6 y 9 aplicaciones foliares de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en pre cosecha, con intervalos de 15 días a partir del reinicio de la actividad fisiológica (plena floración), a plantas seleccionadas de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) cultivar *cumbe*, acelera y uniformiza el proceso de maduración de los frutos.
2. Las aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en Chirimoya con intervalos de 15 días, a partir del reinicio de la actividad fisiológica (plena floración) y conservados a 15 ± 3 °C de temperatura, incrementa la resistencia a pudriciones, firmeza y disminuye la deshidratación y pérdida de peso de los frutos. Así mismo, aumenta la acidez titulable total, contenido de sólidos solubles totales y contribuye a la acidificación del sumo.
3. El cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % no tiene efecto directo en el proceso fisiológico de degradación de polímeros como el almidón, cuyos subproductos son los azúcares reductores (sacarosa, glucosa y fructosa).
4. Para acelerar y uniformizar el proceso de maduración de los frutos de chirimoya, requiere aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % a partir del reinicio de la actividad fisiológica (plena floración) con intervalos de 15 días.
5. La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es una fruta con potencial de mercado; pero altamente perecedera por su acelerada tasa de producción de etileno, lo cual anticipa su senescencia y vida pos cosecha, mostrándose sensible al transporte y almacenaje, y afectándose los atributos físico químicos y con ello las oportunidades de mercado. Razón por la cual, se recomienda realizar aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en pre cosecha, para mantener y aumentar los parámetros de calidad de la fruta.

RESUMEN

En el Perú, la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) se cultiva desde los años del esplendor Moche y Chimú. Sin embargo, las investigaciones sobre el manejo de pre y post cosecha son escasas. Los avances científicos más notorios son los relacionados con la selección de cultivares en base a forma y número de semillas de la fruta, destacando el cultivar Cumbe (Tineo 2005). En consecuencia, iniciamos la presente investigación con los objetivos de determinar las variaciones del periodo de madurez de los frutos en función al número de aplicaciones de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6%; y, demostrar la influencia del número de aplicaciones de CaCl_2 al 0.6% sobre el porcentaje de pudrición, firmeza de pulpa, acidez titulable total y el contenido de sólidos solubles totales de los frutos de chirimoya conservados a 15 ± 3 °C de temperatura. Se determinó que las aplicaciones quincenales de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, a partir del reinicio de la actividad fisiológica de la planta (plena floración), aceleran y uniformizan el proceso de maduración de los frutos, incrementan la resistencia a pudriciones y firmeza, disminuyen la deshidratación y pérdida de peso de los frutos, aumentan la acidez titulable total, contenido de sólidos solubles totales y contribuyen a la acidificación del sumo de los frutos conservados a 15 ± 3 °C de temperatura. Además, se evidenció que el CaCl_2 al 0.6 % no tiene efecto directo en el proceso fisiológico de degradación de polímeros como el almidón, cuyos subproductos son los azúcares reductores (sacarosa, glucosa y fructosa).

Palabras clave: Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.), calidad, calcio, pre cosecha.

ABSTRACT

In Peru, cherimoya (*Annona cherimola* Mill) is grown since the Moche and Chimu splendor. However, research on the management of pre and post harvest is scarce. The most notorious scientific advances are related to cultivar selection based on shape and number of fruit seeds, highlighting the variety Cumbe (Tineo 2005). Accordingly, this research started with the objective of determining the variations in the period of maturity of the fruit according to the number of applications of calcium chloride (CaCl₂) 0.6%, and demonstrate the influence of the number of applications CaCl₂ 0.6% on the percentage of rotting, flesh firmness, total titratable acidity and total soluble solids content of cherimoya fruit stored at 15 ± 3 ° C temperature. It was determined that biweekly applications of 0.6% calcium chloride from the restart of the physiological activity of the plant (full bloom), accelerates and regulates the process of fruit ripening, increases firmness and resistance to decay, reduces dehydration and loss of fruit weight, increases the total titratable acidity, total soluble solids content and contributes to the acidification of sumo of the fruits stored at 15 ± 3 ° C temperature. Furthermore, we found that the 0.6% CaCl₂ has no direct effect on the physiological process of degradation of polymers such as starch, which products are reducing sugars (sucrose, glucose and fructose).

Key words: Cherimoya (*Annona cherimola* Mill), quality, calcium, pre harvest.

BIBLIOGRAFIA

1. Agrios, N. 1995. Fitopatología. 2da Edición. UTEHA. México D. F. – México. 838 p.
2. Amézquita, N; Balaguera, H; Álvarez, J. 2008. Efecto de la aplicación precosecha de giberelinas y calcio en la producción, calidad y rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista colombiana científica de horticultura. Vol. 2. N° 2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. Colombia. 12 p.
3. Applus Norcontrol. 2007. Costa Tropical Granadina: Estudio sobre cultivos tropicales, productos derivados, y su comercialización. Proyecto “INNODEC”. Granada. 2007. 111 p.
4. Casierra, F; Salamanca, R. 2008. Influencia del ácido giberélico y del nitrato de calcio sobre la duración pos cosecha de frutos de fresa (*Fragaria* sp.). Colombia. Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas. V 2. N°. 1. 33-42.
5. Castro, J. 2007. Cultivo de la Anona (*Annona cherimola*, Mill). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en Costa Rica. San José. Costa Rica. 75 p.
6. Cerdas, A; Umaña, G; Castro, J. 2007. Manual de manejo pos cosecha de Anona (*Annona cherimola*, Mill). Laboratorio de Tecnología pos cosecha SUNII. Ministerio de Agricultura y Ganadera. Universidad de Costa Rica. 66 p.
7. Cheour, F.; C. Willemot; J. Arul; Y. Desjardins; J. Makhlout; P.M. Charest; A. Gosselin. 1990. Foliar application of calcium chloride delays post-harvest ripening of strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115. 789 - 792.

8. Cheour, F.; C. Willemot; J. Arul; J. Makhout; Y. Desjardins. 1991. Post-harvest response of two strawberry cultivars to foliar applications of calcium chloride. Hort Science 26. 1186 - 1188.
9. Demarty, M.; C. Morvan y M. Thellier. 1984. Calcium and the cell wall. Plant Cell Environ. 7. 441 - 448.
10. Cline, A; A. Hanson.1992. Relative Humidity around apple fruit influences its acumulation of calcium. J. Amer. Soc. Hort Science. 117: 542 - 546.
11. Ferguson, I. 1984. Calcium in plant senescence and fruit ripening. Plant Cell Environ. 7. 477 - 489.
12. Flores, K. 2009. Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano. Tesis doctoral. Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Córdoba. Córdoba. España. 183 p.
13. Gómez, V. 2007. Multiplicación Asexual Del Chirimoyo (*Annona Cherimola*) Por injertación en la zona agroecológica del Canton Patate. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Escuela de ingeniería agronómica. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda – Ecuador. 141 p.
14. Gardiazábal, F; Rosenberg, G. 1993. El cultivo del chirimoyo. Valparaíso. Chile. Ediciones Universitarias. 145 p.
15. Gil, G. 2004. Madurez de la fruta y manejo pos cosecha. Santiago, Ed. Universidad Católica de Santiago. 413 p.

16. Gutiérrez, M. 2002. Potasio y calcio aplicado al suelo y su influencia en la productividad y calidad en hortalizas. Consultado 10 de marzo del 2011 <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia02.pdf>
17. Hernando, C. 2005. El cultivo de la chirimoya. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. Asociación hortofrutícola de Colombia. Colombia. 19 p.
18. Hernandez, A. Pinedo, J; Colinas, L. s.f. Efecto de aplicaciones foliares precosecha a base de ca, b y zn en la calidad pos cosecha de durazno diamante. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Fitotecnia. Facultad de Agronomía. México.
19. Jeria, G. 2003. Incidencia de la luz en el calibre final en frutos de chirimoyo (*annona cherimola* mill.) cv. Concha lisa, cultivado en alta densidad y bajo diferentes sistemas de conducción. Tesis Lic. Ing. Agr. Valparaíso. Chile. 34 p.
20. Keutgen, A; E. Pawelzik. 2008. Influence of pre-harvest ozone exposure on quality of strawberry fruit under simulated retail conditions. *Postharv. Biol. Technol.* 49. 10 - 18.
21. López, L; Cajuste, J. 1995. Efecto de las aplicaciones de diferentes fuentes de calcio en pre cosecha sobre la calidad de fruto de aguacate 'fuerte'. Programa de Fruticultura, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Montecillos. México. 8P. Consultado 10 de marzo del 2011. Disponible en http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1995/Agroind_1_95.pdf
22. Montealegre, J.; Herrera, R.; Oyarzún, J.; Berger, H; Galletti, L. 2000. Identificación de hongos causantes de pudriciones en Postcosecha de Brevas e Higos. Nota Científica. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 439 - 443.

23. Montes, C. 2007. Estudio de la destinación intracelular de la polifenol oxidasa de chirimoya (*annona cherimola*) mediante la expresión transitoria de construcciones quiméricas con la proteína verde fluorescente. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Tesis para optar el título de bioquímico. Santiago. Chile. 54 p.
24. Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A; Montañés, L. 1994. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. Departamento de Nutrición Vegetal (E.M., J.V., M.S., L.M.) y Departamento de Pomología (A.B.), Estación Experimental de Aula Dei (C.S.I.C.), Apdo 202, 50080 Zaragoza. España. 13 p.
25. Neilsen, G. H. y D. Neilsen. 2003. Nutritional requirements of apple. pp. 267-302. In: Apples: Botany, production and uses. D. C. Ferree and I. J. Warrington (eds.). CABI Publishing, Wallingford, England. 660 p.
26. Norma Mexicana. 1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano – Fruta Fresca – Determinación de Acidez titulable total – Método de Titulación. Secretaria de comercio y fomento industrial. Mexico. 7 p.
27. Núñez, K. Castellano, G. Ramírez, R. Sindoni, M; Marin, C. 2012. Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las Propiedades organolépticas de la fresa (*fragaria x ananassa duch*). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 13. N° 1. 21 - 30.
28. Pérez, V. 2006. Estudio de mercado de los frutos granadilla, palta, lúcuma y chirimoya. Proyecto parques en peligro (PiP). Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional - USAID / PERU. Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza Programa Selva Central. Oxapampa- Perú. 29 p.

29. Pérez De Castro, I. 1987. Descripción de la calidad de chirimoyas (*Annona cherimola*, Mill), Paltas (*Persea americana*, Mill) y Platanos (*Musa* sp.) comercializadas en supermercados de Santiago. Seminario de investigación para optar el título de ingeniero agrónomo. Facultad de agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago-Chile. 117 p.
30. Pérez, G. 2004. Nutrifisiología en Citrus. VIII Simposium Internacional de Citricultura. Fitosanidad y nutrición. Buenos Aires. Argentina. 76 p.
31. Quezada, P. 2005. Calidad de frutos de anona (*Annona cherimola*) Caracterizados En Costa Rica. Nota técnica. Revista De Agricultura Tropical 35: 69-76 (2005). Programa Agribiodiversidad. Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 8 p.
32. Raffo, D.; Candan, A.; Calvo, P; Sánchez, E. 2003. Aplicaciones foliares de calcio y calidad de fruta. Ensayos en cerezas. INTA. Argentina. 6 p.
33. Razeto, B; Díaz, E. 2000. Producción forzada mediante deshoje y recorte de brotes en chirimoyo (*Annona cherimola*, Mill). Nota científica. Agricultura técnica. V 60. N° 2. Santiago. Chile. 173-177.
34. Rivas, C. 2010. Microencapsulación y estabilización enzimática del jugo de chirimoya (*Annona cherimola* Mill). Tesis para obtener el título de maestro en Ciencias en Bioprocesos. Unidad Profesional Interdisciplinaria De Biotecnología. Instituto Politécnico Nacional. Mexico. 82 p.
35. Romojaro, F; Martínez, M; Pretel, M. 2003. Factores pre cosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. Tecnología de Alimentos, CEBAS-CSIC. Escuela Politécnica Superior (UMH). Murcia, Orihuela Alicante. España. 6 p.

36. Robledo, P. 2007. Estudio de la acción de aditivos en chirimoya mínimamente procesada. Tesis optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Agronomía. Universidad De Chile. Santiago. Chile. 61 p.
37. Rosell G, P; Galán S, V; Hernández D, PM. s. f. Cultivo del chirimoyo en Canarias. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA); Consejería de agricultura, ganadería, pesca y alimentación. 15 p.
38. Salazar, R., Piedra, D; Escarabay, P. s.f. Propiedades físico – químicas de cinco frutas de la zona sur del Ecuador para su industrialización. Escuela de ingeniería en industrias agropecuarias de la UTPL. Universidad Técnico Particular de Loja. Ecuador. 4 p.
39. Saucedo, L.; Martínez, M.; Colinas, M.; Barrientos, A; Aguilar, J. 2004. Aplicaciones foliares de nitrato de calcio en la maduración y daños por frío en aguacate ‘fuerte’. Posgrado en Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. 9 p.
40. Sevillano, L. 2007. Expresión de proteínas de estrés de bajo peso molecular (sHSPs) en mesocarpio de Chirimoyo (*Annona Cherimola* Mill). Facultad de farmacia. Granada. 237p.
41. Torrez, G. y Chinchilla, F. 2006. Manual de interpretación de análisis de suelos y foliares para la nutrición de limón, aguacate, cocotero y marañón. Ministerio de agricultura y ganadería. Programa nacional de frutas de el salvador MAG-FRUTAL-ES. Santa Tecla- El Salvador. 71 p.
42. Tineo, J. 2005. Avances En la evaluación y caracterización morfológica del banco nacional de germoplasma de chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). SUDIRGEB del INIA. Ayacucho. Perú. 5 p.

43. Tineo, J. 2009. Manejo del cultivo de chirimoyo frente al cambio climático. Dirección nacional de investigación agraria; Estación Experimental Canaán. Ayacucho. Perú. 27 p.
44. Toro, L. 2009. Estudio de las etapas de cosecha y post-cosecha de la chirimoya para potencializar su aprovechamiento agroindustrial en el departamento del Quindío. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad la Gran Colombia, Seccional Armenia. Quindío. 361 p.
45. Undurraga, P; Olaeta, J; Ramírez, J. 2007. Efecto de tres aplicaciones de calcio en precosecha sobre el comportamiento en almacenamiento refrigerado de palta (*Persea americana* Mill.) CV. FUERTE. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Palma Quillota. Chile. 9 p. Consultado 10 de marzo del 2011. Disponible en <http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/4a-156.pdf>
46. Universidad Católica De Valparaíso, 2006. Índices de madurez e industrialización de la chirimoya. Proyecto de técnicas de conservación de chirimoyas para la exportación. Quillota, UCV-FIA 169 p. Consultado el 25 de enero del 2011. Disponible en http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20061127/asocfile/20061127133924/pentzke_monika.pdf
47. _____ 1993. Índices de madurez e industrialización de la chirimoya. Proyecto de técnicas de conservación de chirimoyas para la exportación. Quillota. Chile. 169 p.
48. Valdez, R; Magallanes, R; Blanco, F; Retamales, J. 2007. Manejo de la nutrición en frutales. La nutrición en frutales templados. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Y Universidad de Talca, Chile. Ed. Buenavista, Saltillo. México. 115 p.

49. Vilatuña, C. 1998. Incremento del cuajado de frutos de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) con polinización manual en Mañana y tarde. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Departamento de horticultura. Honduras. 34 p.
50. Valenzuela, L. 2010. Nutrición y fertilización óptima del kiwi. Copefrut S.A. Colección libros INIA N° 5. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. Consultado el 25 de enero del 2011. Disponible en http://www.subsole.cl/pdf/2010_7.pdf
51. Yáñez, J. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Tecnología, Comercio y Servicios Agrícolas Mundiales. Buenavista Saltillo. México. 22 p.
52. Zamora, N. 1993. Flora arborescente de Costa Rica. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 262 p.

ANEXOS.

Anexo 1. Preparación de soluciones

➤ **Preparación del cloruro de calcio (CaCl₂) al 0.6%.**

Dosificación: 6 g CaCl₂ / Litro de H₂ O.

Primero determinaremos las masas molares (Mm) del reactivo que se tiene CaCl₂ 6H₂ O. Y del cloruro de calcio (CaCl₂).

Determinación de la masa molar del reactivo.

$$Mm = Ca + Cl_2 + 6H_2 + O$$

$$Mm = 40.078 + 2(35.4527) + 6[2(1.00794) + 15.9994]$$

$$Mm = 40.078 + 70.91 + 6(2.02 + 15.9994)$$

$$Mm = 40.078 + 70.91 + 108.09$$

$$Mm \text{ del CaCl}_2 \cdot 6H_2O = 219.08$$

Determinación de la masa molar del cloruro de calcio.

$$Mm = Ca + Cl_2$$

$$Mm \text{ del CaCl}_2 = 40.078 + 70.91$$

$$Mm \text{ del CaCl}_2 = 110.99$$

En segundo lugar determinamos el peso (W) del reactivo.

$$W \text{ reactivo} = \frac{CaCl_2 \cdot 6H_2O}{CaCl_2}$$

$W \text{ reactivo} = \frac{219.08}{110.099} = 1.97$; esto indica, que para tener 1g de CaCl₂, se tiene que pesar 1.97 g. del reactivo (CaCl₂ 6H₂ O).

Si para una solución de un litro de agua a una concentración del 0.6 % de CaCl₂ se necesita 6 g. Entonces se necesitara 11.82 g de reactivo/litro de H₂ O.

- **Preparación del hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N.** Para la determinación de la acides titulable.

El peso atómico del NaOH es: 40g. Indicando que, 40 g. ----- 1L (1000 ml.) ----- -- 1N.

Entonces para obtener la solución al 0.1N dividimos entre 10. Dando como resultado 4 g. de NaOH para 1 litro de agua destilada.

Anexo 2. Características climáticas durante el desarrollo de la investigación.

Tabla 26. Humedad relativa, promedio mensual (%); registrada en el distrito de San Juan – Cajamarca. Periodo 2004 - 2011.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2004	75.1	88.3	85.6	82.9	78.3	63	69	58	69.4	78.5	78.6	84
2005	88.1	90.5	90.6	90.7	66.3	71	70	68.5	67.5	88.6	72.4	
2006	96.3	96.1	93.5	98.3	95.9	97	97	75	72.1	90.5	96.5	87
2007	92.7	88.2	93.6	94.3	79.3	71	65	60.2	71.7	80.8	88.1	93
2008	97.5	90.8	89.3	86.6	79.5	68	64	68.4	67.1	75.5	79.6	71
2009	89.4	91.9	91.3	86.8	79	69	64	63	59.2	73.8	74.2	85
2010	87.5	90.8	90.4	86.4	77	71	69	61.6	70.1	66	68.8	82
2011	85.9	84.4	84.9	95.8	77.3	71						

Fuente: SENAMHI-CAJAMARCA, estación San Juan 2185 msnm, Lat. 07° 17' 27" y Log. 78° 29' 45".

Tabla 27. Precipitación promedio mensual (mm); registrada en el distrito de San Juan – Cajamarca. Periodo 2004 - 2011.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2004	75.1	88.3	85.6	82.9	78.3	63	69	58	69.4	78.5	78.6	84
2005	88.1	90.5	90.6	90.7	66.3	71	70	68.5	67.5	88.6	72.4	
2006	96.3	96.1	93.5	98.3	95.9	97	97	75	72.1	90.5	96.5	87
2007	92.7	88.2	93.6	94.3	79.3	71	65	60.2	71.7	80.8	88.1	93
2008	97.5	90.8	89.3	86.6	79.5	68	64	68.4	67.1	75.5	79.6	71
2009	89.4	91.9	91.3	86.8	79	69	64	63	59.2	73.8	74.2	85
2010	87.5	90.8	90.4	86.4	77	71	69	61.6	70.1	66	68.8	82
2011	85.9	84.4	84.9	95.8	77.3	71						

Fuente: SENAMHI-CAJAMARCA, estación San Juan 2185 msnm, Lat. 07° 17' 27" y Log. 78° 29' 45".

Tabla 28. Temperatura máxima promedio mensual (°C); registrada en el distrito de San Juan – Cajamarca. Periodo 2004 - 2011.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2004	22	20.1	21.4	21	21.9	23	22	24.3	23.6	21.7	21.9	21
2005	20.7	20.6	19.8	21.9	23	23	24	24.3	24	21.6	22.4	21
2006	20.8	19.1	19.4	20	22.2	22	24	24.2	23.7	23.1	22	21
2007	20.4	21	19.9	20.2	21.5	23	23	22.6	24.3	21.7	20.9	21
2008	18.4	18.9	19.3	19.3	20.8	22	22	22.1	24	22.6	21	22
2009	19.1	18.7	19.7	20.5	21.6	24	24	25.6	27.7	23.6	22.2	21
2010	22	22.2	20.9	21.4	22.5	24	23	24.9	24.1	23.8	21.7	21
2011	19.8	20	20.3	19.7	22.7	23						

Fuente: SENAMHI-CAJAMARCA, estación San Juan 2185 msnm, Lat. 07° 17' 27" y Log. 78° 29' 45".

Tabla 29. Temperatura mínima mensual (°C); registrada en el distrito de San Juan – Cajamarca. Periodo 2004 - 2011.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2004	11.8	12.9	13	12.3	12.4	13	12	12.4	12.6	12	12.6	13
2005	12	13.1	13.1	13.2	12.2	12	13	12.7	12.8	12.3	11.3	12
2006	12.3	13.4	12.9	12.4	12.2	13	13	12.9	12.6	12.5	12.6	13
2007	13.6	12.2	13	12.5	12.5	12	12	11.9	12.7	12	12.3	11
2008	12	12.1	12.2	12	11.8	12	12	11.8	12.4	12.4	12.1	11
2009	12.3	12.4	12.7	12.6	12	12	12	12.5	12.9	12.8	12.4	13
2010	12.9	13.4	13.2	13.3	12.7	12	12	11.8	11.8	11.6	11	12
2011	11.9	11.6	11.5	12.4	11.7	12						

Fuente: SENAMHI-CAJAMARCA, estación San Juan 2185 msnm, Lat. 07° 17' 27" y Log. 78° 29' 45".

Tabla 30. Velocidad media mensual del viento registrado en el distrito de San Juan – Cajamarca. Periodo 2004 - 2011.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2004	W-2.2	W-1.5	W-1.8	W-1.7	W-3.1	E-5.9	W-3.2	E-6.7	W-2.7	W-1.5	W-1.6	W-1.4
2005	W-1.5	W-1.5	W-1.3	W-2.1	E-2.7	E-2.0	E-2.8	E-2.3	W-1.8	W-.8	W-.9	W-1.1
2006	W-1.0	W-.9	W-.7	W-1.2	W-2.2	W-3.2	E-3.8	E-3.1	W-2.0	W-1.4	W-1.1	W-1.7
2007	W-1.5	W-2.1	W-1.7	W-1.8	W-2.7	W-3.8	W-3.7	W-2.0	W-3.2	W-1.2	W-1.1	W-1.6
2008	W-1.7	W-1.7	W-2.1	W-1.8	W-2.2	N-3.3	N-3.0	W-2.6	W-4.0	W-4.7	W-4.8	W-7.7
2009	W-5.9	W-6.4	W-5.9	W-6.8	W-7.1	W-6.3	W-6.5	W-6.3	W-6.3	W-5.2	W-4.4	W-3.6
2010	W-3.9	W-5.9	W-4.1	W-4.9	W-5.4	W-6.3	W-7.6	W-7.9	W-7.3	W-6.9	W-6.3	W-5.3
2011	W-4.0	W-4.7	W-5.2	W-4.2	W-5.2	W-4.0						

ANEXO 3: Determinación de azúcares reductores. Método de Fehling

Fundamento: Los azúcares que tienen en su estructura grupos aldehídicos o cetónicos libres reaccionan como agentes reductores libres y se llaman azúcares reductores. Estos incluyen a todos los monosacáridos y los disacáridos como la maltosa, lactosa y celobiosa. Los disacáridos como la sacarosa y la rafinosa, así como otros oligosacáridos están formados por azúcares simples unidos a través de grupos aldehídicos o cetónicos y por tanto son carbohidratos no reductores (hasta que son hidrolizados en los azúcares reductores que los forman). Estas propiedades se usan para cuantificar azúcares por la medición de la reducción del Cu^{+2} (II) al Cu^{+1} (I). El licor Fehling consiste en tartrato de cúprico alcalino y se convierte en óxido cuproso insoluble al calentarse a ebullición con una solución de azúcar reductor. El azul de metileno es un indicador, el cual es decolorado una vez que todo el cobre ha sido reducido, lo que indica el fin de la titulación.

AZÚCARES TOTALES	AZÚCARES REDUCTORES	AZÚCARES NO REDUCTORES
Procedimiento	Procedimiento	Procedimiento
- Se pesa 5g de muestra previamente homogenizada.	- Se pesa 5g de muestra previamente homogenizada.	Se saca por cálculo previa determinación experimental de los azúcares reductores y totales con la siguiente fórmula.
- Colocar en un balón de 250mL y añadir 100mL de agua destilada para arrastrar cuantitativamente la muestra.	- Colocar en un balón de 500mL, adicionar 15mL de Carrez I y 15mL de Carrez II, agitando después de cada adición.	Cálculos
-Adicionar 5mL de HCl concentrado.	- Aforar a 500mL con agua destilada y filtrar por filtro de pliegues.	Porcentaje de Azúcares No Reductores:
- Calentar a reflujo por 20 minutos.	- El filtrado colocar en una bureta de 50mL.	$\%ANR = \%AT - \%AR$
Neutralizar con NaOH al 50% hasta pH 7.	- En un Erlenmeyer de 250mL, colocar 5mL de la solución de fehling A y 5mL de la solución fehling B y añadir 40mL	Donde:
- Aforar a 250mL, con agua destilada.		$\%ANR$: Porcentaje de Azúcares No Reductores.
- El filtrado colocar en una bureta de 50mL.		$\%AT$: Porcentaje de Azúcares Totales.
- En un Erlenmeyer de 250mL, colocar		

5mL de la solución de fehling A y 5mL de la solución fehling B y añadir 40mL de agua destilada, núcleos de ebullición y colocar en una fuente calorífica y colocar hasta ebullición.

- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro empezar añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeñas cantidades de 0.5mL la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.

- Al minuto y 55 segundos de ebullición adicionar 3 gotas de azul de metileno y continuar la titulación a ritmo de 0.1mL por segundo hasta color rojo brillante.

- Repetir la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0.5mL.

- Titular a ritmo de 0.05mL cada 10 segundos.

- El punto final debe alcanzar en un periodo de ebullición de 2 a 3 minutos.

de agua destilada, núcleos de ebullición y colocar en una fuente calorífica y colocar hasta ebullición.

- En este momento y controlando el tiempo con un cronómetro empezar añadir lentamente cada 2 segundos y en pequeñas cantidades de 0.5mL la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.

- Al minuto y 55 segundos de ebullición adicionar 3 gotas de azul de metileno y continuar la titulación a ritmo de 0.1mL por segundo hasta color rojo brillante.

- Repetir la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0.5mL.

- Titular a ritmo de 0.05mL cada 10 segundos.

- El punto final debe alcanzar en un periodo de ebullición de 2 a 3 minutos.

Cálculos

Porcentaje de Azúcares Reductores:

$$\%AR = \frac{V_1 * F * 100}{W_m * G}$$

Donde:

%AT: %Azúcares Totales

V₁: Volumen (50mL)

F: 0.05 (Factor Fehling)

G: Gasto en la titulación.

W_m: Peso de la muestra.

Cálculos

Porcentaje de Azúcares Totales:

$$\%AT = \frac{V_1 * F * 100}{W_m * G}$$

Donde:

%AT: %Azúcares Totales

V₁: Volumen (50mL)

F: 0.05 (Factor Fehling)

G: Gasto en la titulación.

W_m: Peso de la muestra.

Anexo 4. Evaluaciones

1. Determinación del porcentaje de pudrición

Tabla 31. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en el % de pudriciones de pulpa de Chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio %
	I	II	III	IV		
T ₁	0	0	0	0	0	0
T ₂	0	0	0	0	0	0
T ₃	0	0	0	0	0	0
T ₄	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0



Figura 28. Resistencia a la pudrición de los frutos de chirimoya en función al tratamiento aplicado: 0, 3, 6 y 9 aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 %, respectivamente. Imagen tomada a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 32. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en el % de pudriciones de pulpa de Chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio %
	I	II	III	IV		
T ₁	25	30	20	15	90	22.5
T ₂	10	12	10	12	44	11
T ₃	12	8	0	0	20	5
T ₄	0	0	15	10	25	6.25
Total	47	50	45	37	179	44.75

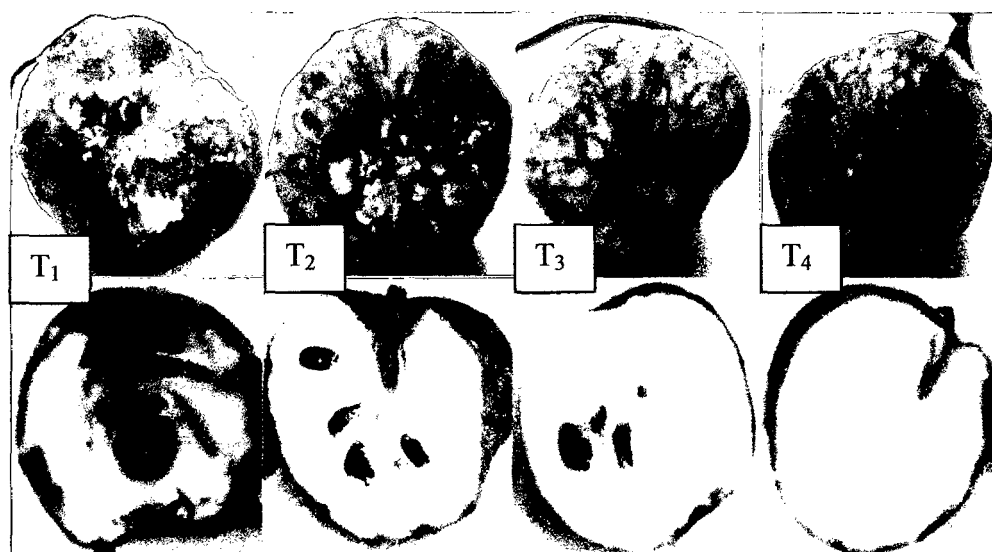


Figura 29. Susceptibilidad a la pudrición de los frutos de chirimoya en función al tratamiento aplicado: 0, 3, 6 y 9 aplicaciones de cloruro de calcio al 0.6 %, respectivamente. Imagen tomada a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

2. Determinación de la firmeza de pulpa

Tabla 33. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la firmeza de fruta de chirimoya a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio Kg/11 mm ²
	I	II	III	IV		
T ₁	1.30	1.52	1.00	1.00	4.82	1.21
T ₂	1.33	1.25	2.90	1.30	5.78	1.45
T ₃	2.43	3.60	3.00	2.39	10.42	2.61
T ₄	2.23	2.78	3.92	3.80	9.73	2.43
Total	7.14	7.12	9.79	7.10	30.75	7.69

Tabla 34. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la firmeza de fruta de Chirimoya, medido a través de la presión manual a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio (grados ⁺)
	I	II	III	IV		
T ₁	4	4	5	5	18	4.5
T ₂	4	4	4	5	17	4.25
T ₃	3	3	2	3	11	2.75
T ₄	3	4	3	3	13	3.25
Total	14	15	14	16	59	14.75

+ (Ver tabla 8).

Tabla 35. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la firmeza de fruta de chirimoya a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio Kg/11 mm ²
	I	II	III	IV		
T ₁	1.41	1.38	2.10	1.75	6.64	1.66
T ₂	1.45	1.43	2.55	1.60	7.03	1.76
T ₃	1.90	2.10	2.65	2.50	9.15	2.29
T ₄	2.75	2.15	2.65	2.75	10.3	2.58
Total	7.51	7.06	9.95	8.60	33.12	8.28

Tabla 36. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la firmeza de fruta de Chirimoya, a través de la presión manual, a los 14 días de conservación.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio (grados ⁺)
	I	II	III	IV		
T ₁	6	6	5	6	23	5.75
T ₂	6	6	6	6	24	6
T ₃	5	6	5	6	22	5.5
T ₄	5	5	5	6	21	5.25
Total	22	23	21	24	90	22.5

+ (Ver tabla 8).

3. Determinación de la acidez titulable total a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 37. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la acidez titulable total (m Eq/100 ml) de sumo de Chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	REPETICIONES				TOTAL	Promedio (m Eq/100 ml)
	I	II	III	IV		
T ₁	3.90	4.35	3.80	4.00	16.05	4.01
T ₂	3.95	3.15	3.50	4.40	15.00	3.75
T ₃	3.55	3.10	3.40	3.65	13.70	3.43
T ₄	3.05	3.50	3.65	3.05	13.25	3.31
TOTAL.	14.45	14.10	14.35	15.10	58.00	14.50

Tabla 38. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la acidez del sumo de Chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento. Datos expresados en porcentaje de ácido málico por 100 gramos de muestra.

Tratamientos	REPETICIONES				TOTAL	Promedio (%)
	I	II	III	IV		
T ₁	0.261	0.291	0.255	0.268	1.075	0.269
T ₂	0.265	0.211	0.235	0.295	1.005	0.251
T ₃	0.238	0.208	0.228	0.245	0.918	0.229
T ₄	0.204	0.235	0.245	0.204	0.888	0.222
TOTAL.	0.97	0.94	0.96	1.01	3.89	0.97

Tabla 39. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la acidez total (m Eq/100 ml) de sumo de Chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	REPETICIONES				TOTAL	Promedio (m Eq/100 ml)
	I	II	III	IV		
T ₁	3.19	3.17	3.18	3.21	12.75	3.19
T ₂	3.18	3.13	3.16	3.18	12.65	3.16
T ₃	3.00	2.75	2.80	3.03	11.58	2.90
T ₄	2.96	2.85	2.98	2.96	11.75	2.94
TOTAL.	12.33	11.90	12.12	12.38	48.73	12.18

Tabla 40. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la acidez del sumo de Chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento. Datos expresados en porcentaje de ácido málico por 100 gramos de muestra.

Tratamientos	REPETICIONES				TOTAL	Promedio (%)
	I	II	III	IV		
T-1	0.214	0.212	0.213	0.215	0.854	0.214
T-2	0.213	0.213	0.212	0.21	0.851	0.213
T-3	0.201	0.184	0.188	0.20	0.776	0.194
T-4	0.198	0.191	0.200	0.20	0.787	0.197
TOTAL.	0.83	0.80	0.81	0.83	3.27	0.82

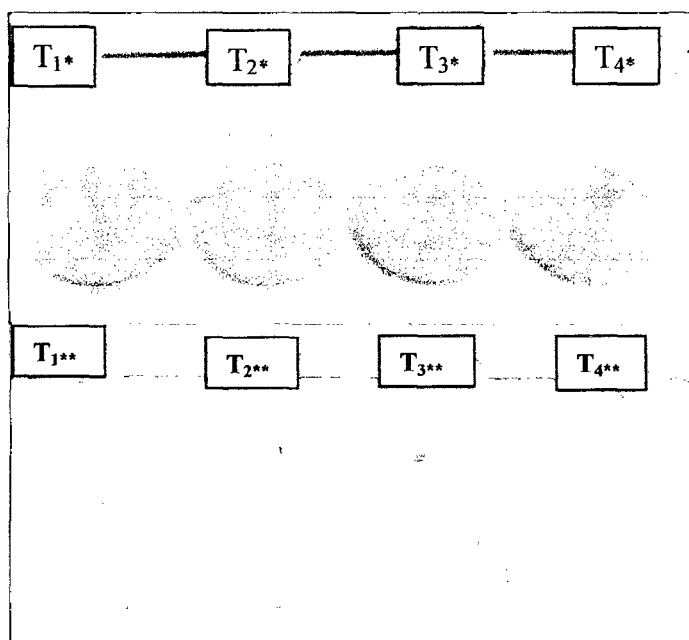


Figura 30. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en la acidez titulable total total de sumo de fruta de chirimoya, a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

* 7 días de iniciado el almacenamiento

**14 días de iniciado el almacenamiento.

4. Determinación de sólidos solubles totales

Tabla 41. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la concentración de sólidos solubles Totales ($^{\circ}\text{Brix}$) de Chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

I	Repeticiones				Total	Promedio ($^{\circ}\text{Brix}$)
	I	II	III	IV		
T ₁	23.00	21.50	22.50	22.00	89.00	22.25
T ₂	22.00	22.50	23.00	22.00	89.50	22.38
T ₃	23.50	23.00	25.50	23.50	95.50	23.88
T ₄	22.00	25.00	23.50	23.00	93.50	23.38
Total	90.50	92.00	94.50	90.50	367.50	91.88

Tabla 42. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 %, en pre cosecha, en la concentración de sólidos solubles Totales ($^\circ\text{Brix}$) de Chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio $^\circ\text{Brix}$.
	I	II	III	IV		
T ₁	21.50	19.50	21.00	19.00	81.00	20.25
T ₂	22.00	20.00	18.00	19.50	79.50	19.88
T ₃	23.00	20.00	21.50	22.00	86.50	21.63
T ₄	24.00	22.00	22.50	22.50	91.00	22.25
Total	90.50	81.50	83.00	83.00	338.00	84.5

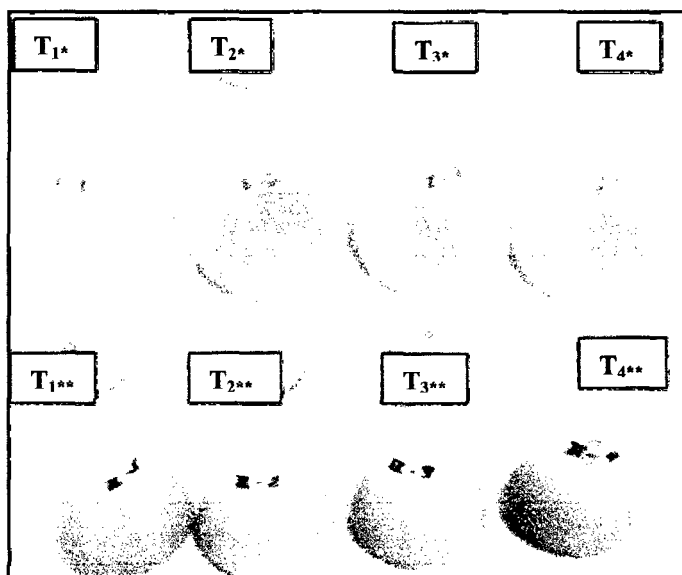


Figura 31. Efecto de la aplicación de cloruro de calcio en la concentración de sólidos solubles totales a los 7 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

* 7 días de iniciado el almacenamiento

**14 días de iniciado el almacenamiento.

5. Determinación de azúcares reductores.

Tabla 43. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en pre cosecha, en la concentración de Azúcares reductores (mg/ml) de Chirimoya, a los 14 días de conservación.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio mg/ml
	I	II	III	IV		
T ₁	7.91	7.91	8.11	8.05	31.98	8
T ₂	7.75	8.15	9.48	8.30	33.68	8.42
T ₃	7.65	7.63	9.01	9.50	33.79	8.45
T ₄	7.22	8.04	9.01	9.40	33.67	8.42
Total	30.53	31.73	35.61	35.25	133.12	33.28

Fuente: Laboratorio de bioquímica – UNC.

6. Determinación de la pérdida de peso

Tabla 44. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en pre cosecha, en la deshidratación y pérdida de peso (%) de fruta de Chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio (%)
	I	II	III	IV		
T ₁	8.83	8.34	8.83	7.94	33.93	8.48
T ₂	8.66	7.12	8.66	7.11	31.54	7.89
T ₃	7.38	7.72	7.38	6.26	28.74	7.18
T ₄	7.35	8.15	6.63	7.68	29.81	7.45
Total	32.21	31.32	31.50	29.00	124.03	31.01

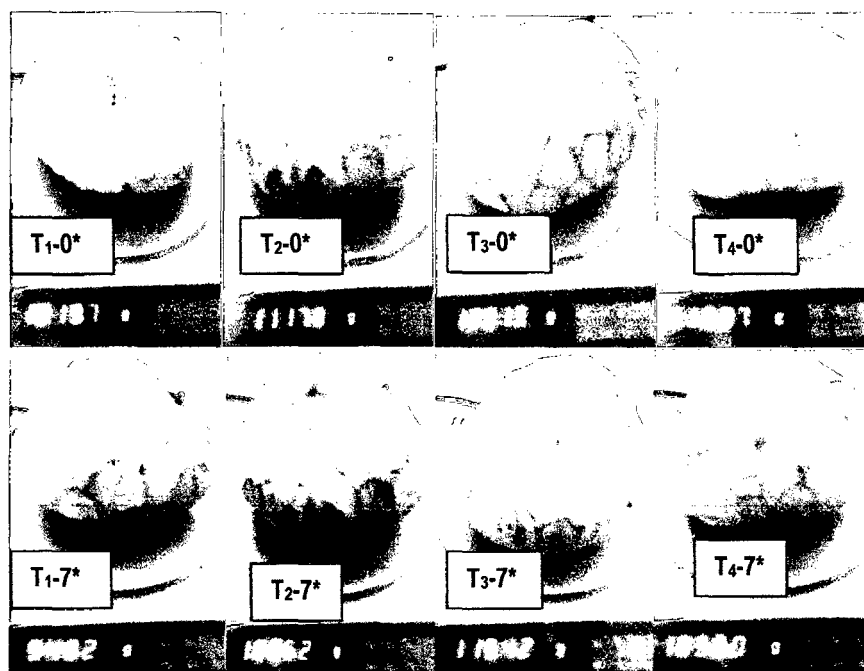


Figura 32. Comparación de tratamientos en estudio en la pérdida de peso (deshidratación), entre los 0 y 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tabla 45. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en pre cosecha, en la deshidratación y pérdida de peso (%) de fruta de Chirimoya, a los 14 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio %
	I	II	III	IV		
T ₁	17.65	16.88	17.65	17.69	69.88	17.47
T ₂	16.99	17.10	16.99	16.36	67.43	16.86
T ₃	15.45	17.33	15.45	14.14	62.37	15.59
T ₄	14.51	17.44	14.26	15.58	61.78	15.44
Total	64.60	68.75	64.35	63.76	261.46	65.37

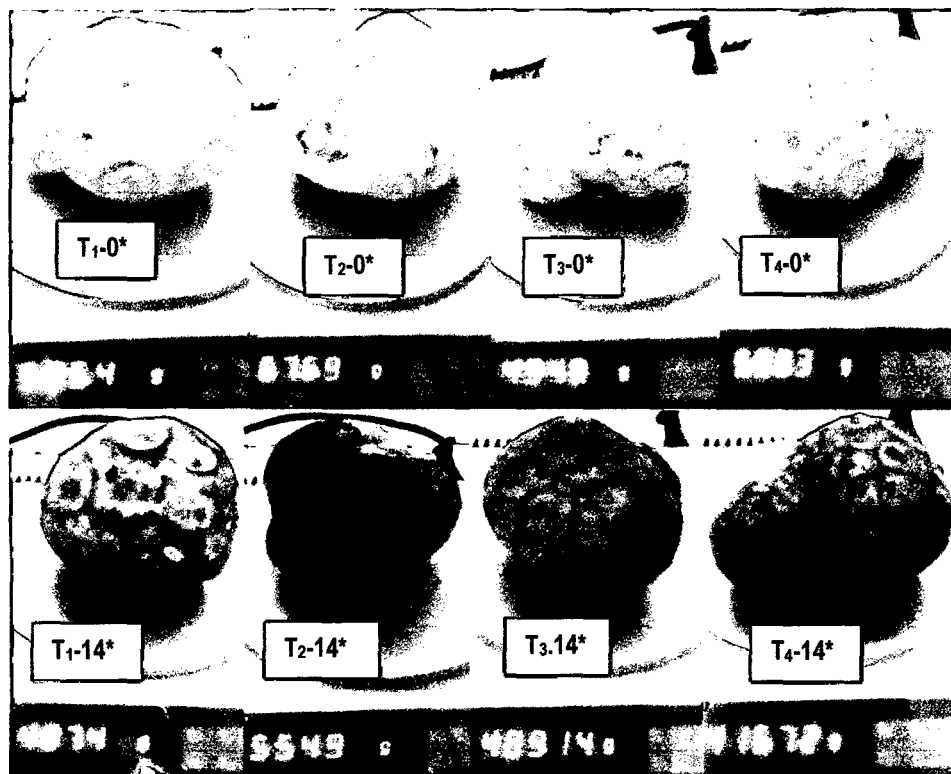


Figura 33. Comparación de tratamientos en estudio en la pérdida de peso (deshidratación), entre los 0 y 14 días de iniciado el almacenamiento.

* Días después de iniciado el almacenamiento.

7. Determinación del pH.

Tabla 46. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en pre cosecha, en la Acidez (pH) del sumo de Chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio pH
	I	II	III	IV		
T ₁	4.52	4.66	4.69	4.55	18.42	4.61
T ₂	4.44	4.62	4.59	4.56	18.21	4.55
T ₃	4.42	4.34	4.50	4.52	17.78	4.45
T ₄	4.46	4.41	4.44	4.50	17.81	4.46
Total	17.84	18.03	18.22	18.13	72.22	18.06

Tabla 47. Efecto de la aplicación foliar de cloruro de calcio (CaCl_2) al 0.6 % en pre cosecha, en la Acidez (pH) del sumo de Chirimoya, a los 7 días de iniciado el almacenamiento.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio pH
	I	II	III	IV		
1	4.78	4.95	4.90	4.83	19.46	4.87
2	4.65	4.73	4.65	4.81	18.84	4.71
3	4.71	4.65	4.73	4.58	18.67	4.67
4	4.65	4.69	4.65	4.67	18.66	4.67
Total	18.79	19.02	18.93	18.89	75.63	18.91