



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas  
Departamento de Química Inorgánica y Analítica

**“DETERMINACION DE NUTRIENTES EN MANZANAS DE  
LAS VARIEDADES FUJI ROYAL, GRANNY SMITH Y FUJI EN FRUTOS  
LIBRES Y AFECTADOS POR BITTER PIT”**

Director Patrocinante:  
Profesora Olga Lastra Cabezas.

Directores de Memoria:  
Profesora Olga Lastra Cabezas.  
Profesor Horst Berger Stumpe.

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS

LORENA ANDREA PACHECO ESTAY

Santiago – Chile

Noviembre 2009

*A mis hijos y esposo, por todo el amor incondicional que me han entregado, la compañía, y la contención necesaria para llegar a este momento tan anhelado, que es sin duda, uno de los más especiales en mi vida.*

## AGRADECIMIENTOS

- Mis sinceros agradecimientos, a la profesora Olga Lastra, profesora patrocinante, por su constante preocupación y apoyo personal, siempre me mostró su excelente disposición a resolver cualquier duda. Agradecer especialmente por confiar en mis capacidades y proyectarlas en el desarrollo de esta memoria.
- Al profesor Horst Berger, gracias por sus aportes y sugerencias, que fueron necesarias para la realización de este trabajo.
- A mis compañeros en el laboratorio de Nutrición Vegetal: Masiel Cerón, Patricia Venegas y Juan Díaz, con quienes compartí momentos muy gratos, sobre todo los de esparcimiento, gracias por la compañía y entregarme su sincera amistad.
- A la Sra. Norma, mi suegra, por su incondicional ayuda, compañía y muestras de afecto, que se hacen evidentes entregando amor y cuidados a mis hijos.
- A mis hermanos Carolina, Constanza y Vicente, por todo el amor que me han entregado, en especial a Carolina que siempre estuvo dispuesta a cuidar de sus sobrinos para que pudiera cumplir con mis obligaciones en la universidad.
- En especial forma agradecer a mis padres, quienes me han acompañado desde siempre en todos los momentos, los buenos y los no tan buenos, por las palabras de apoyo y la constante preocupación por que sea feliz, a “mi papi” por acompañarme en forma tan constante, aun más en este último tiempo; preocupándose cada día para que llegará el cierre de esta etapa, que sé lo hace sentir muy orgulloso.
- A mis hijos, Javiera y Renato, que a pesar de su corta edad han sido tan maduros para enfrentar todas las situaciones que nos deparó la vida y por tener siempre la sonrisa perfecta que me dio el alivio y las fuerzas para seguir perseverando.
- Por ultimo, y no por ello menos importante, a Javier, mi marido, por darme todo el apoyo, compañía y la dosis necesaria de tranquilidad y optimismo en los momentos que más lo necesite y sobre todo en este último tiempo que han sido claves para que esta tesis haya sido terminada.
- Todos ustedes contribuyeron en forma muy importante para culminar aquí esta etapa de mi vida. A todos les estaré eternamente agradecida.

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
SUMARY	
I. INTRODUCCION	
1.1.- Antecedentes generales. ....	1
1.2.- Antecedentes de la manzana.....	2
1.3.- Composición química del fruto.....	2
1.4.- Mercado de la manzana.....	3
1.5.- Nutrición mineral.....	7
1.6.- Bitter pit.....	8
II. HIPOTESIS. ....	10
III. OBJETIVOS. ....	10
3.1.- Objetivos generales.....	10
3.2.- Objetivos específicos.....	10
IV. MATERIALES Y METODOS. ....	11
4.1.- Materia prima.....	11
4.2.- Ubicación del ensayo.....	12
4.3.- Reactivos químicos.....	12
4.4.- Materiales.....	12
4.5.- Equipos e instrumentos.....	13
4.6.- Metodología.....	14
4.6.1.- Diagrama de bloques.....	14
4.6.2.- Análisis previo de los frutos.....	15
4.6.3.- Obtención y preparación de las muestras.....	15
4.6.4.- Análisis mineral.....	16
4.6.5.- Análisis estadístico.....	17

V. RESULTADOS Y DISCUSION. ....	18
5.1.- Caracterización de los frutos.....	18
5.2.- Análisis mineral de los tejidos.....	20
5.2.1.- Micronutrientes.....	20
5.2.2.- Macronutrientes.....	23
5.3.- Relación entre nutrientes.....	25
5.3.1.- Relaciones binarias.....	25
5.3.2.- Relaciones terciarias.....	29
5.3.3.- Relaciones calcio estroncio.....	31
VI. CONCLUSIONES. ....	33
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. ....	34

## ANEXOS

Anexo 1. Caracterización de los frutos (v. Fuji Royal, v. Granny Smith y v. Fuji).....	38
Anexo 2. Minerales menores y mayores variedad Fuji Royal.....	39
Anexo 3. Minerales menores y mayores variedad Granny Smith.....	40
Anexo 4. Minerales menores y mayores variedad Fuji.....	41
Anexo 5. Relaciones binarias y terciarias variedad Fuji Royal.....	42
Anexo 6. Relaciones binarias y terciarias variedad Granny Smith.....	43
Anexo 7. Relaciones binarias y terciarias variedad Fuji.....	44

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

### ILUSTRACIONES

Figura 1. Variedades producidas en Chile (2003).....	3
Figura 2. Evolución de exportaciones en el mundo.....	4
Figura 3. Evolución de producción y exportación de manzanas en Chile.....	5
Figura 4. Variedades exportadas desde Chile (2005). ....	5
Figura 5. Frutos utilizados para determinación de minerales. ....	11
Figura 6. Secado de tejidos en estufa.. ....	16
Figura 7. Relación de firmeza y concentración de calcio en pulpas.....	19
Figura 8. Relación de firmeza y concentración de calcio en cáscaras.....	19
Figura 9. Contenido micronutrientes en tres variedades. ....	20
Figura 10. Contenido macronutrientes en tres variedades. ....	24
Figura 11. Relación Mg/Ca con los distintos tejidos.....	25
Figura 12. Relación K/Ca con los distintos tejidos.....	27
Figura 13. Relación K/Ca en cáscara con respecto a sólidos solubles.....	28
Figura 14. Relación K/Ca en cáscara con respecto a firmeza.....	28
Figura 15. Relación K/Mg con los distintos tejidos.....	29
Figura 16. Relación (Ca+Mg)/K con los distintos tejidos. . ....	29
Figura 17. Relación (Mg+K)/Ca con los distintos tejidos. . ....	30
Figura 18. Relación (Ca+K)/Mg con los distintos tejidos. . ....	30
Figura 19. Relación Sr y Ca en pulpa.....	31
Figura 20. Relación Sr y Ca en cáscara.....	31

## CUADROS

Cuadro 1. Composición química del fruto. ....	2
Cuadro 2. Mercado mundial de manzanas temporada 2004/ 2005.....	6
Cuadro 3. Caracterización química de la materia prima. ....	18
Cuadro 4. Contenido micronutrientes en base peso seco en tres variedades.....	20
Cuadro 5. Contenido macronutrientes en base peso seco en tres variedades....	21
Cuadro 6. Relaciones binarias y terciarias en 100 g muestra.....	26
Cuadro 7. Resumen diferencias significativas en minerales.....	32
Cuadro 8. Resumen diferencias significativas en relaciones.....	32

## RESUMEN

Se estudia la nutrición mineral en manzanas libres y afectadas por bitter pit, de las variedades: Fuji Royal, Granny Smith y Fuji. Los elementos esenciales determinados, en cáscara y pulpa, son: Cu, Zn, Fe, Mn, Ca, Mg, K y P. También se incluye Sr, elemento no esencial, del cual se dispone poca información sobre este tema. Inicialmente los frutos fueron evaluados determinando: peso del fruto, firmeza de la pulpa, concentración de sólidos solubles y acidez titulable. El análisis de los datos se centró especialmente en las diferencias entre frutos libres y afectados por bitter pit.

Se detecta una menor concentración de calcio en frutos afectados en comparación con los libres del desorden fisiológico, confirmando lo concluido por otros autores. Sin embargo, respecto al magnesio solo la variedad Fuji presenta una relación con el daño.

También se detecta y confirma lo obtenido anteriormente para la variedad Fuji, donde unido a la deficiencia de calcio se presenta una mayor concentración de potasio en frutos afectados por el daño, lo cual no fue observado en las otras variedades.

El estroncio, se encuentra en frutos en un rango de concentraciones de 1 a 4  $\mu\text{g/gps}$ . Sin embargo, el contenido de estroncio es significativamente menor en cáscara de frutos afectados que en los libres tanto en variedad Fuji Royal como en Granny Smith.

De acuerdo a los datos obtenidos, y en relación a la nutrición mineral equilibrada de las plantas, las relaciones binarias y terciarias resultan ser mejores indicadores para incidencia de bitter pit que la concentración de cada mineral en forma independiente. Estas relaciones son:  $\text{Mg/Ca}$ ,  $\text{K/Ca}$  y  $(\text{Mg} + \text{K})/\text{Ca}$ .

Finalmente, es necesario destacar que la cáscara es el tejido más adecuado para estudiar la nutrición mineral en manzana respecto al bitter pit.

## SUMMARY

Determination of nutrients in apples of the varieties Fuji Royal, Granny Smith and Fuji in free- and affected bitter pit fruits

Mineral nutrition is studied on bitter pit and bitter pit-free apples of the varieties Royal Fuji, Granny Smith and Fuji apples. The essential elements determined—in peel and flesh—were Cu, Zn, Fe, Mn, Ca, Mg, K and P. The non-essential element Sr was also determined, which is a poorly studied element. The fruits were previously characterized by measuring weight, flesh firmness, soluble solid concentration and titrable acidity. Data analysis is specially focused on differences between free- and affected bitter pit apples.

Minor calcium concentration was detected in affected fruits compared to those free of physiological disorder, thus confirming conclusions obtained by other authors. Nevertheless, there is no relationship of magnesium concentration with bitter pit damage except for the Fuji variety.

For the Fuji variety, in addition to calcium deficiency, a higher potassium concentration was detected in the bitter pit fruits; however, this did not occur in the other apple varieties.

Strontium is found in fruits in a concentration range of 1 to 4  $\mu\text{g/g}$  dry weight. However, the strontium content is significantly lower in the peel of the affected fruit than in free bitter pit fruit both in the Fuji Royal variety and in Granny Smith' .

According to the collected information and to the balanced mineral nutrition of the plant, the binary and tertiary relationships are better indicators of incidence of bitter pit than the concentration of each nutrient. These relationships— $\text{Mg/Ca}$ ,  $\text{K/Ca}$  y  $(\text{Mg} + \text{K})/ \text{C}$ —are advised to bitter pit study.

In addition, apple peel should be stressed as the best tissue for studying mineral nutrition with regards to bitter pit.

## I. INTRODUCCION

### 1.1.- Antecedentes generales.

La manzana corresponde a uno de los frutos de mayor consumo en fresco, es en este sentido que los productores presentan gran interés en el proceso de almacenamiento de estos frutos. La posibilidad del desarrollo de algún problema, como el bitter pit, durante este periodo, determina una disminución en su valor comercial, ya que además del daño por apariencia externa, podría presentar un deterioro en su textura y sabor, características preponderantes para la calidad.

Los desórdenes fisiológicos de los frutos frescos, en contraste con las enfermedades producidas por patógenos, pueden ser afectados por cualquier factor adverso del medio, ya sea antes o después de la recolección, y pudiendo estar asociado con algunos cultivares y no con otros. Algunos de estos desórdenes como el escaldado y el arrugamiento que presentan las manzanas son característicos de frutos inmaduros, mientras que otras como la descomposición interna o el corazón acuoso se produce en frutos excesivamente maduros. Ciertas alteraciones afectan sólo a determinados tejidos, mientras que otras afectan al fruto completo (Aznar, 2001).

La composición mineral de los frutos es uno de los principales factores relacionados con la ocurrencia de estos problemas durante el almacenamiento (Mancera *et al.*, 2007). Se ha establecido en numerosos trabajos de investigación, la existencia de una relación directa entre el desarrollo de desórdenes fisiológicos y el contenido de calcio en los frutos.

Habitualmente los estudios referidos al tema han estado orientados a conocer los contenidos de elementos esenciales para la planta y las interrelaciones entre ellos, lo cual se sustenta en los principios de la nutrición mineral equilibrada de los vegetales propuesto por Homès (1961), centrándose principalmente en la deficiencia de calcio en manzanas con bitter pit.

Resulta interesante incorporar a estos estudios un elemento no esencial, como el estroncio, ya que si bien no existen estudios con respecto a este elemento y su relación con el bitter pit, se ha usado como trazador en las pulverizaciones con sales de calcio aplicadas para disminuir este daño (Rosen *et al.*, 2006).

## 1.2.- Antecedentes de la manzana.

Esta especie frutal (*Malus Domestica*), pertenece a la Familia Rosaceae y corresponde a un pomo globoso, con pedúnculo corto y un número de 5 a 10 semillas de color pardo brillante. Corresponde a una de las especies de fruta dulce de mayor difusión a escala mundial, debido fundamentalmente a su facilidad de adaptación a diferentes climas y suelos, su valor alimenticio, la calidad y diversidad de productos que se obtienen en agroindustria.

Las variedades de manzanas son innumerables, entre las que se pueden encontrar, las siguientes: Red Delicious, Golden Delicious, Starking, Granny Smith, Gala, Golden, Fuji y Braeburn.

## 1.3.- Composición química del fruto.

Según, Arthey y Ashurst (1996), la manzana posee un pH entre 2,8 – 3,3 y tiene alrededor de 11% de azúcares, pero esto varía según el cultivar y según las condiciones de cultivo. En general, el agua y azúcares constituyen en conjunto un 95% de los componentes de la manzana por lo que el contenido de azúcares varía de acuerdo al contenido de agua, (Chile, Corporación de fomento de la producción, 1980).

Datos importantes de mencionar son los descritos por Medel (1993), determinando la cantidad de azúcares presentes en el fruto como 12,10 °Brix y una firmeza de 18,4 lb.

La composición química descrita por Smith-Hebbel *et al.* (1992) se muestra en el cuadro 1. Además, tal como menciona Liu *et al.*, citado por Yuri *et al.* (2008), la manzana contiene una variedad de fitoquímicos con fuerte capacidad antioxidante entre los cuales figuran: quercetina, floridzina y ácido clorogénico.

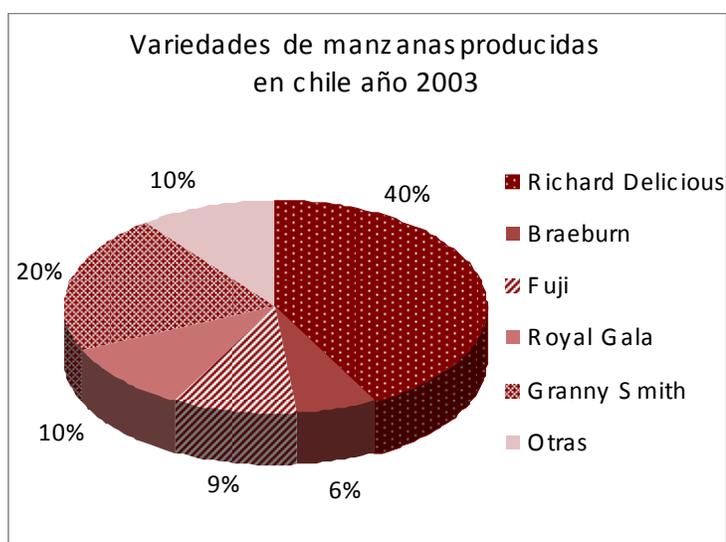
**Cuadro 1:** Composición química del fruto.

Componentes por porción comestible de 100 g	
Humedad (%)	84,20
Fibra cruda (g)	0,50
Hidratos de carbono (g)	14,10
Ac. Ascórbico total (mg)	5,60
Cenizas (mg)	0,20
Calorías (Kcal)	56,00

Fuente: Smith-Hebbel *et al.*, (1992).

#### 1.4.- El mercado de la manzana.

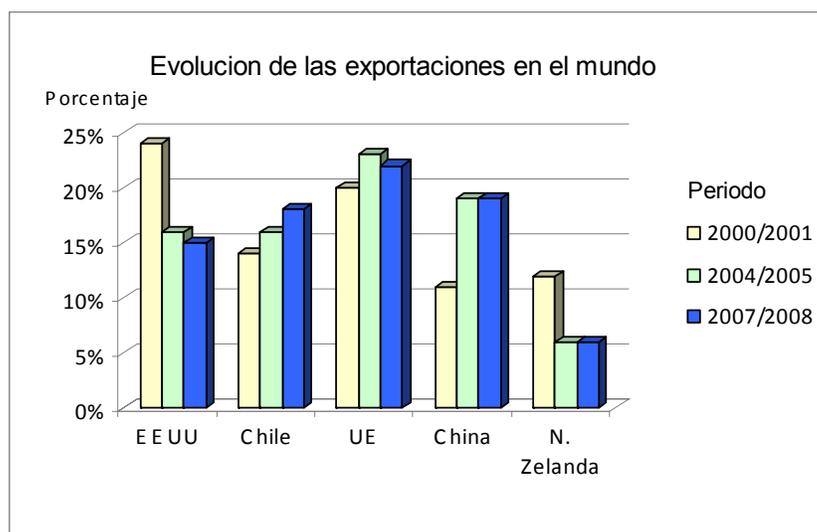
Chile contaba en la temporada 2004/2005 con alrededor de 36.000 ha plantadas (ODEPA, 2009), las que se encontraban cultivadas desde Rancagua hasta Linares. Casi el 79% de la producción total se encontraba entre la VI y VII Región, ya que se presentan las condiciones climáticas y de calidad de suelo adecuadas para el desarrollo de este tipo de cultivo (Cerdea *et al.*, 2004). En el año 2005 Chile presentó una producción de 1.300.000 toneladas de manzanas (ODEPA, 2009). En la figura 1 se observan las principales variedades cultivadas en Chile informadas en porcentaje, según Moggia y Yuri (2005).



**Figura 1:** Variedades producidas en Chile (2003).  
Fuente: Moggia y Yuri, 2005.

De acuerdo con la información estadística sobre las exportaciones de manzanas en el mundo, en la temporada 2007/2008, Chile se ubicó en el tercer lugar del ranking de los países exportadores de esta fruta, con un 18% de participación del mercado, como oferente; nos encontramos detrás de la Unión Europea con un 22% y el 19% que presenta China, superando a países tan destacados como Estados Unidos, Sudáfrica, Nueva Zelanda y Argentina (Anónimo, 2008).

Las exportaciones de manzanas en el mundo han presentado cambios en los últimos años, estos cambios se observan en la figura 2, donde se muestra en porcentaje la participación en el mercado mundial de los países que han presentado en los últimos años un mayor volumen de exportación del fruto en fresco.



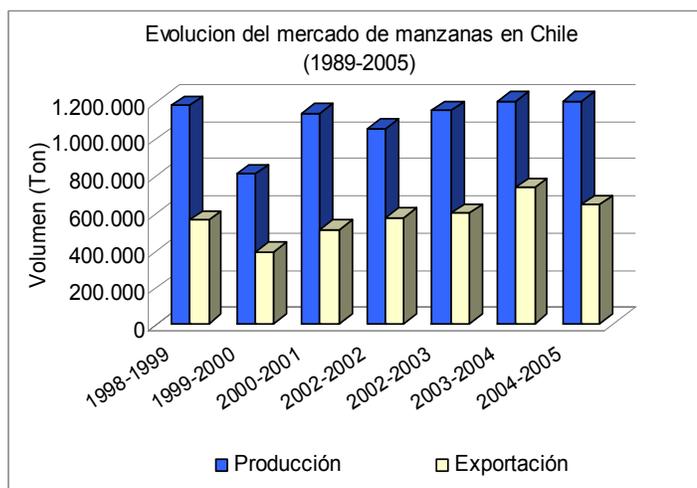
**Figura 2** Evolución de exportaciones en el mundo.  
Fuente: FAS/USDA 2009.

Las principales especies frutales de acuerdo a la superficie plantada en Chile, son uva de mesa, manzanas, paltas y ciruelas, las cuales representan un 21%, 18%, 9% y 6% respectivamente, en relación al total de superficie plantada con frutales en Chile (ODEPA, 2009).

Las exportaciones de manzanas en Chile han presentado un crecimiento sostenido en los últimos años, ésta tendencia se observa en la figura 3, siendo la manzana la segunda especie frutícola exportada después de la uva de mesa.

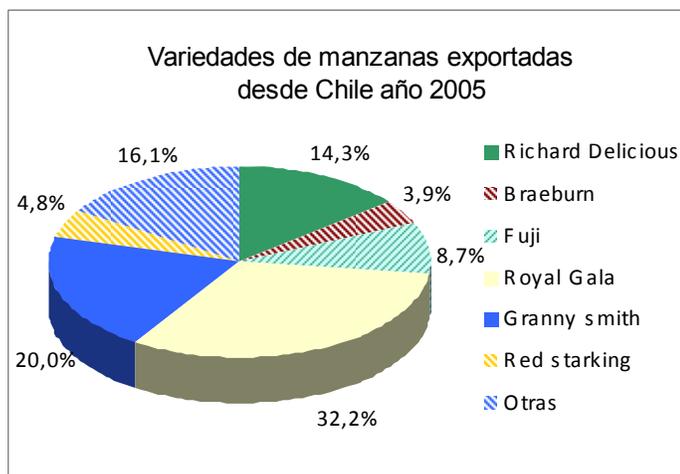
En la actualidad varios son los factores que han hecho que el escenario para los productores de manzanas sea positivo, pero fundamentalmente el alza en los precios y una mayor demanda a nivel internacional, como consecuencia de la apertura de nuevos mercados, como India y Rusia; considerando además las distintas variedades que ofrece el país (Chile Potencia Alimentaria, 2008).

En la temporada 2004/2005 Chile exportó cerca de 640 mil toneladas de fruta fresca, valorizadas en más de US\$ 334 millones, concentrando sus envíos a América Latina (33,7%), Europa (31,1%), Estados Unidos (15,5%), Corea del Norte (6,1%) y Rusia (7,0%) (ODEPA, 2009).



**Figura 3:** Evolución de producción y exportación de manzanas en Chile.  
Fuente: ODEPA, 2009.

Tal como se muestra en la figura 4, las variedades exportadas por Chile en el año 2005, informadas en porcentaje, corresponden a: Red Delicious, Red Starking, Red Chief, Granny Smith, Gala, Fuji y Braeburn (ODEPA, 2009).



**Figura 4:** Variedades exportadas desde Chile (2005).  
Fuente: ODEPA, 2009

La manzana se consume principalmente como fruta fresca y también se utiliza como materia prima de procesos productivos para elaboración de jugos, néctares y fruta deshidratada, entre otros. Estos datos se muestran en el cuadro 2 donde se informa la producción total e importación de los países con mayor producción en el mundo, entre los cuales se sitúa la Unión Europea, China, Estados Unidos, Chile,

Argentina y Nueva Zelanda. Además se informa la utilización de los frutos en cada uno de los países, separándose en consumo fresco y procesamiento.

**Cuadro 2:** Mercado mundial de manzanas temporada 2004/2005.

	Producción (Mil ton)	Importaciones (Mil ton)	Consumo interno fresco (Mil ton)	Exportaciones (Mil ton)	Proceso (Mil ton)
Unión Europea	7.191.200	2.099.900	5.609.800	1.925.800	1.755.500
China	20.200.000	45.000	15.295.000	850.000	4.100.000
Estados unidos	4.571.440	192.200	2.582.911	519.400	1.661.329
Turquía	2.300.000	3.000	2.178.000	15.000	110.000
Chile	1.300.000	15	165.100	641.600	493.315
Argentina	1.100.000	0	350.000	250.000	500.000
Japón	881.100	0	716.100	20.000	145.000
Sudáfrica	706.000	0	175.000	285.000	246.000
México	510.000	174.000	592.000	0	92.000
Nueva Zelanda	500.000	700	56.000	350.000	94.700
Canada	382.000	130.000	302.000	45.000	165.000
Australia	300.000	0	120.000	30.000	150.000
Total Mundial	42.201.310	3.150.815	28.603.316	4.281.200	12.418.529

Fuente: Dobrzański, Rabcewicz y Rybczyński, 2006.

### 1.5.- Nutrición mineral.

La planta para un desarrollo normal requiere de nutrientes minerales esenciales. Los requerimientos nutricionales varían según la especie, el estado fisiológico y la edad de ésta. Los criterios de esencialidad de los nutrientes fueron definidos por Arnon en 1948, y éstos elementos son: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe, B, Mo y Cl.

Los nutrientes inorgánicos y el equilibrio existente entre ellos influyen directamente en la aparición de desordenes y afectan la calidad de los frutos (Fallahi *et al.*, 1997; Retamales *et al.*, 2000). La calidad se relaciona con la aceptación de parte de los consumidores; éstos consideran características tales como, daños visibles, sabor, color, textura y ausencia de trastornos en almacenamiento (Knee, 2002)

Los estudios referidos al bitter pit generalmente se centran en el contenido de macronutrientes, y en forma muy aislada consideran la participación de micronutrientes, ya que se ha atribuido a los contenidos de calcio (Ca), magnesio (Mg,) potasio (K), y formas inorgánicas de fósforo (P), como los elementos que afectan directamente la calidad de la manzana en poscosecha, pero es el calcio el que tiene mayor impacto (Mancera, 2007).

Las funciones más relevantes del calcio en la planta tienen relación con la membrana, con la pared celular y con la actividad enzimática (Silva, 1991). Su movilidad al interior de la planta es bastante limitada, llegando en escasa proporción al fruto (Casero, 1995), donde cumple funciones estructurales de fortalecimiento, formando pectato cálcico entregando rigidez a la pared celular (Monge *et al.* 1994).

Por su parte el magnesio tiene actividad similar al calcio, y por ello puede que afecte en la absorción y translocación de éste (Kotze, 1979), por lo tanto puede reemplazarse en las sustancias pécticas, disminuyendo la rigidez en las paredes, y su aplicación vía foliar o en suelos produce disminución de calcio en hojas y frutos. Se ha demostrado que infiltraciones con  $MgCl_2$  inducen la aparición de bitter pit en los frutos (Retamales *et al.*, 2000).

También se ha demostrado que el potasio es importante en la producción y transporte de azúcares, almidón y ácidos (Missotten, 1996). Además al igual que el magnesio es antagonista del calcio, por lo tanto el contenido de calcio está correlacionado negativamente con el aporte de potasio, tanto en hoja como en fruto durante el periodo de almacenamiento y conservación.

La interacción entre iones se define como la influencia que ejerce un ión (positiva o negativa), sobre la acumulación de otro ión en el mismo tejido (Emmert, 1959). Existe una notable competencia de los iones magnesio y potasio con respecto al calcio, ya que estos lo pueden desplazar de sus lugares de fijación.

Si bien la concentración de cada mineral en forma independiente es importante, mayor relevancia tiene la relación que presentan entre ellos, ya que estas relaciones son utilizadas generalmente para determinar potenciales desbalances que pueden predecir desordenes fisiológicos que afecten la calidad del frutos en periodo de almacenamiento (Waller, 1980); esto sustenta la determinación de ciertas razones, tales como: Mg/Ca, K/Ca, K/Mg y (K + Mg) /Ca, entre otras.

El estroncio no es un elemento esencial, pero dada su estructura electrónica en la capa de valencia similar al calcio, podría interferir en la absorción y transporte de éste, en esto se basa la utilización de estroncio como trazador de calcio, con el fin de comprender el transporte de calcio en las plantas (Lazlo, 1994). Estroncio perteneciente al grupo 2 (o II A) del sistema periódico, tal como calcio, magnesio y bario, son los llamados metales alcalinos térreos, los que comparten muchas propiedades químicas.

Las interacciones de calcio y estroncio son complejas, ya que pueden competir entre sí, pero por lo general el estroncio no puede sustituir al calcio en funciones bioquímicas (Knee, 2002)

Wills *et al.* (1975) informaron que el estroncio es un microelemento no esencial y pequeñas aplicaciones en frutas son beneficiosas para combatir dicha fisiopatología, pero los resultados no son más eficientes que las realizadas con calcio. Además fue informado que no presentan diferencias significativas los frutos tratados con respecto al control, en cuanto a la firmeza. Posteriormente el estroncio se ha usado como trazador en las pulverizaciones con sales de calcio, las cuales son aplicadas para disminuir el daño (Rosen *et al.*, 2006).

### **1.6.- Bitter pit.**

El bitter pit corresponde a una fisiopatología que ocasiona grandes pérdidas durante el período de almacenamiento, aparece inicialmente como unas pequeñas áreas incoloras, que van adquiriendo un color más oscuro, en la superficie de la fruta (de 2 a 6 mm de diámetro), localizadas generalmente en el área calicinar del fruto, es

decir, entre el diámetro ecuatorial hacia la zona distal (Monge *et al.*, 1994). Estos frutos se vuelven no adecuados para su comercialización en fresco, con la consiguiente pérdida económica a los productores de manzanas (Aznar, 2001), debido a que el desorden alcanza su desarrollo durante el proceso de almacenamiento, cuando ya se ha invertido un capital importante en la recolección, transporte y horas de frío, para dar un valor comercial prácticamente nulo.

Si bien, son numerosos los estudios sobre este tema, no se conoce con certeza las razones por las cuales se desencadena la aparición de bitter pit, pero se considera como un factor de importancia la deficiencia de calcio (Fallahi *et al.*, 1985; Perring y Pearson, 1986; Conway *et al.*, 2002).

Según Ferguson (1990), la escasez de calcio en las membranas incrementa su permeabilidad a ácidos y fenoles, por lo que pueden penetrar con mayor facilidad en el citoplasma y destruir o coagular enzimas de mitocondrias o de otras partículas subcelulares, que afectan la rigidez de las paredes celulares ocasionando disminución en la calidad. Además del cambio de color característico, puede ocasionar piel grasa, deterioro de la textura de la pulpa y un descenso en los ácidos y azúcares (Monge *et al.*, 1994). Además de la deficiencia de calcio, el bitter pit está relacionado con elevados contenidos de otros nutrientes en los frutos, principalmente magnesio y potasio (Ferguson y Watkins, 1989), la participación de estos elementos se basa en el efecto antagónico y sinérgico a los efectos del calcio (Fallahi *et al.*, 2006).

Si bien la predicción de Bitter pit está basada en el análisis mineral de los tejidos (Burmestier y Dilley, 1994), la reducción o control de la incidencia está determinada por la utilización de aplicaciones foliares de calcio antes de la cosecha e infiltraciones en la postcosecha (Ferguson y Watkins, 1989; Watkins *et al.*, 1989; Jones *et al.*, 2002); en general, las sales de calcio más usuales son cloruro de calcio y carbonato de calcio (Neilsen, 2005).

El bitter pit es un fenómeno complejo que depende de numerosos factores entre los cuales cuentan, la deficiencia de calcio, el incremento de potasio y de magnesio, entre otros; en este mismo sentido varios son los autores que apuntan a la existencia de una relación en los contenidos de  $Mg/Ca$ ,  $K/Ca$ , y  $(K + Mg) /Ca$ . En este sentido Tomala (1997) sugiere que la relación  $K/Ca$  es el mejor indicador para predecir la posible ocurrencia de bitter pit, comparativamente con la concentración de K y Ca por separado.

## II. HIPOTESIS

En manzanas afectadas por bitter pit se encuentra una menor concentración de calcio en comparación con las no afectadas por este desorden fisiológico.

Existe una interacción entre calcio y estroncio en manzanas afectadas por bitter pit.

## III. OBJETIVOS

### 3.1.- Objetivo general.

El objetivo del presente estudio es determinar los contenidos de los diferentes elementos esenciales para la planta, incluido el estroncio en cáscara y pulpa de tres variedades de manzanas afectadas y libres de bitter pit.

### 3.2.- Objetivos específicos.

- Determinar la diferencia de nutrientes entre manzanas libres y afectadas por bitter pit, con énfasis en la deficiencia de calcio en los frutos afectados.
- Estudiar las diferentes relaciones de los contenidos minerales en las tres variedades de manzanas en estudio.
- Estudiar la interacción de los nutrientes a través de relaciones binarias y terciarias.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1.- Materia prima.

La materia prima utilizada fue manzanas de las variedades Fuji Royal, Granny Smith y Fuji, libres y afectadas por bitter pit, los que se cosecharon en el mes de marzo desde huertos comerciales, ubicados en la VI Región. Los frutos fueron almacenados por 1 y 1/2 mes a 0°C y 85 % H.R. y posteriormente removidos a temperatura ambiente (20 °C) por 10 días, se observan en la figura 5.



**Figura 5:** Frutos utilizados para determinación de minerales. a) Variedad Fuji Royal libres de desorden. b) Variedad Fuji Royal afectados por desorden. c) Variedad Granny Smith libres de desorden. d) Variedad Granny Smith afectados por desorden. e) Variedad Fuji libres de desorden. f) Variedad Fuji afectados por desorden.

#### 4.2.- Ubicación del ensayo.

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Nutrición vegetal de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, Sergio Livingstone N° 1007 (ex Olivos), Independencia, Santiago, Chile, entre marzo y septiembre del 2009.

#### 4.3.- Reactivos químicos.

- Ácido clorhídrico 37 % (HCl) p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Ácido perclórico 70 -72% (HClO<sub>4</sub>) p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Ácido ascórbico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>) p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) 65 % p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Hidróxido de sodio (NaOH) p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Cloruro de estroncio hexahidratado (Sr Cl<sub>2</sub>·6 H<sub>2</sub>O) p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Cloruro de potasio (KCl).
- Heptamolibdato de amonio tetrahidratado ((NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O) p.a. Merck. Darmstadt, Alemania.
- Indicador fenolftaleína (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>) p.a Merck. Darmstadt, Alemania.
- Agua destilada.
- Soluciones patrón de 1000 ppm para los distintos minerales p.a. Merck. Darmstadt, Alemania.

#### 4.4.- Materiales.

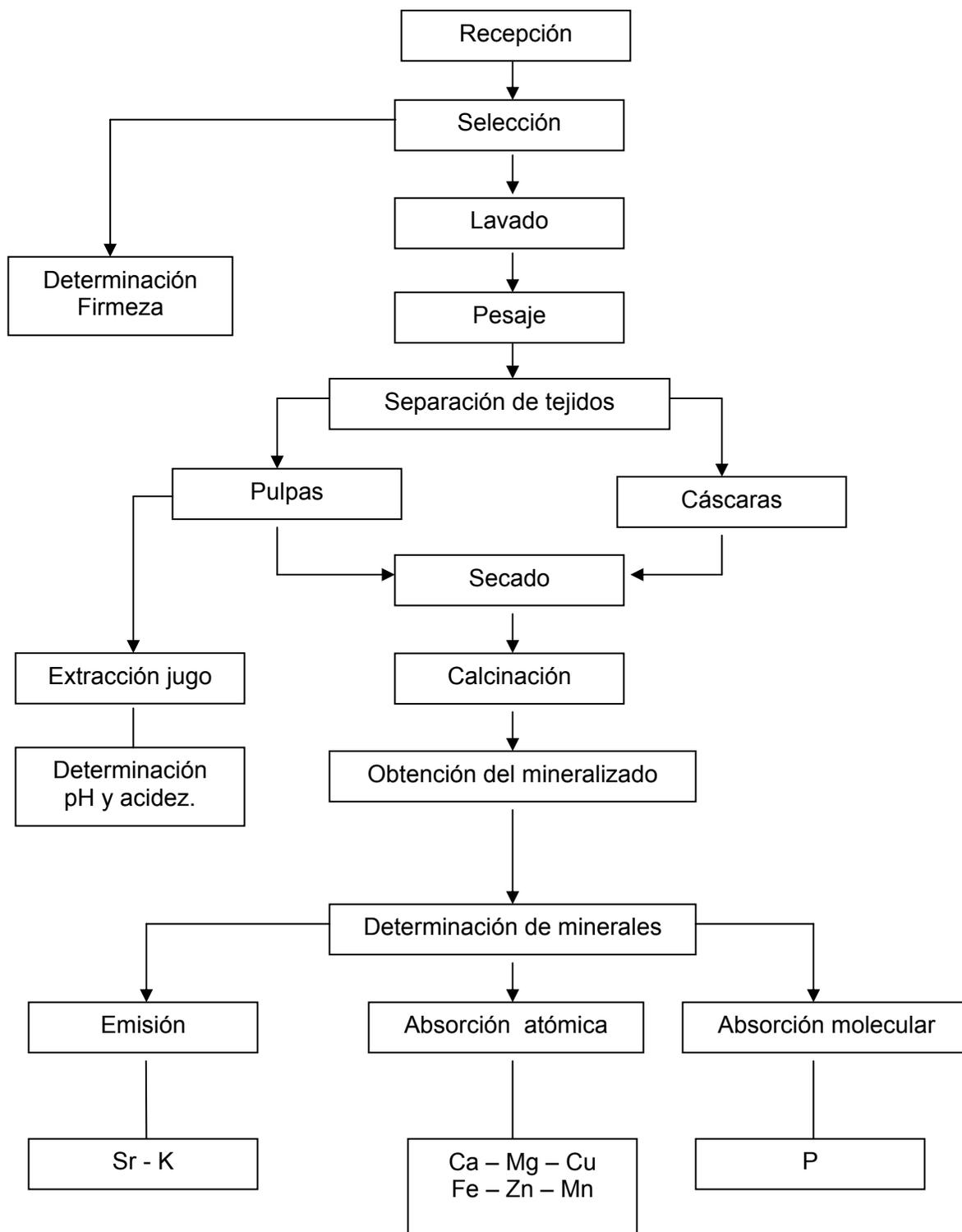
- Material de vidrio clase A.
- Crisoles de cuarzo.
- Micropipeta 100 µL – 1000 µL Transferpetter.
- Repipet.
- Rallador plástico.
- Cuchillo con hoja de acero inoxidable.
- Propipeta.
- Desecador.

#### **4.5.- Equipos e instrumentos.**

- Balanza analítica Precisa, modelo 40 SM - 200 A ( $\pm 0,00001$ ).
- Balanza granataria Precisa, modelo 400 C ( $\pm 0,01$ ).
- Estufa aire forzado WTB Binder.
- Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, modelo 3110.
- Espectrofotómetro ATI UNICAM UV/Vis, modelo UV2.
- Fotómetro de llama Jenway PFP 7.
- Mufla Heraeus Instrument Thermicon.
- Placa calefactora.
- Refractómetro Atago.
- Presionómetro Effeggi 0 – 30 Lb.
- PHmetro Accument pH 50 Fisher Scientific.

#### 4.6.- Metodología.

##### 4.6.1.- Diagrama de bloques.



#### **4.6.2.- Análisis previo de los frutos.**

Previo al análisis mineral los frutos fueron caracterizados determinando parámetros de calidad tales como firmeza, sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable (AOAC, 2000).

Con el fin de determinar firmeza en la pulpa, se eliminó una parte de la cáscara de dos caras opuestas de la zona ecuatorial del fruto y se utilizó un presionómetro, con émbolo de 11 mm de diámetro y escala 1–30 lb. Los resultados se expresaron en kilogramos, (kg).

La cuantificación de sólidos solubles se determinó con el jugo de una sección representativa del fruto, utilizando un refractómetro de marca Atago. Los resultados se expresaron en grados Brix, (°Brix). Además se determinó el pH en 10 ml del jugo y acidez titulable, mediante titulación potenciométrica utilizando NaOH 0,1 N.

#### **4.6.3.- Obtención y preparación de las muestras.**

El estudio se efectuó en dos tejidos del fruto, cáscara y pulpa. Se utilizaron 7 frutos libres de bitter pit y 7 afectados por cada variedad, los que en total suman 42 frutos. Posterior a un lavado de los frutos con detergente no iónico, se procedió a separar la pulpa de la cáscara; la muestra para pulpa correspondió a dos secciones longitudinales, extrayendo dos gajos, cubriendo la zona calicinar y pedicelar de las dos caras opuestas del fruto. La muestra que corresponde a cáscara, se obtuvo extrayendo la totalidad de ésta, obteniendo una muestra uniforme.

Las muestras se secaron en estufa de aire forzado hasta peso constante, depositando trozos de pulpa de aproximadamente 1 cm x 1 cm x 1 cm. (figura 6). Posteriormente 2,5 g de tejido se pesaron para mineralización por vía seca.

Los minerales fueron extraídos de las cenizas con ácido clorhídrico 1N y aforado a 25 mL con agua destilada, después de la filtración a través de papel filtro, según técnicas descritas por González *et al.*, 1973. Desde este mineralizado se realizó el análisis mineral de los tejidos.



**Figura 6:** Secado de tejidos en estufa.

#### **4.6.4. – Análisis mineral.**

El análisis nutricional, se realizó en cáscara y pulpa de frutos afectados y libres de bitter pit en las tres variedades. Se determinó el contenido de los principales nutrientes minerales: Micronutrientes, cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn) y estroncio (Sr). Macronutrientes, calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y fósforo (P).

Para la determinación de Cu, Zn, Fe, Mn, Ca y Mg, se utilizó equipo de absorción atómica, Perkin Elmer. La concentración de los distintos elementos se determinó por el método de la curva de calibración dentro de los rangos de concentración adecuados para cada elemento.

El estroncio se determinó con el mismo equipo pero en configuración para emisión, agregando a la muestra KCl en concentración de 0,1% p/v. El K también se determinó por espectrofotometría de emisión atómica.

La concentración de P se determinó por método colorimétrico (González *et al.*, 1973); el fósforo forma un complejo de color azul que presenta una banda de máxima absorción a 700 nm.

Los resultados obtenidos tanto para minerales menores y mayores se expresaron en contenido de materia seca.

#### **4.6.5.- Análisis estadístico.**

El análisis estadístico se realizó por medio de una ANOVA con un nivel de confianza del 95 %, considerando como variables independientes la variedad de manzana, (Fuji Royal, Granny Smith y Fuji); tipo de tejido, (cáscara o pulpa) y aspecto físico del fruto (presencia o ausencia del daño). Como variables dependientes o de respuesta se consideró el contenido de los micro y macronutrientes, los que fueron informados por media aritmética y desviación estándar de siete repeticiones. Cuando hubo significancia se aplicó la prueba de rango múltiple Duncan.

El procesamiento estadístico de la información se efectuó mediante el software StatGraphics Plus versión 4.0.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

Como se señalo anteriormente en este estudio se han considerado 3 variedades de manzanas (Fuji Royal, Granny Smith y Fuji), 2 situaciones fisiológicas (libres y afectadas por bitter pit) y 2 tejidos (cáscara y pulpa). El estudio estadístico se ha planteado para todas estas variables, sin embargo se enfatizará en este capítulo lo concerniente a frutos libres y afectados por bitter pit.

### 5.1.- Caracterización de los frutos.

Las manzanas después de haber sido lavadas con detergente no iónico se caracterizaron de acuerdo al peso, cantidad de sólidos solubles, firmeza, pH y acidez titulable. Los resultados informados en el cuadro 3 corresponden al promedio de siete determinaciones (detallados en anexo 1) y su respectiva desviación estándar.

Se realiza la comparación de frutos libres y afectados para cada parámetro, considerando cada variedad independientemente. Estos antecedentes complementan la información que se generó en el análisis mineral de los tejidos.

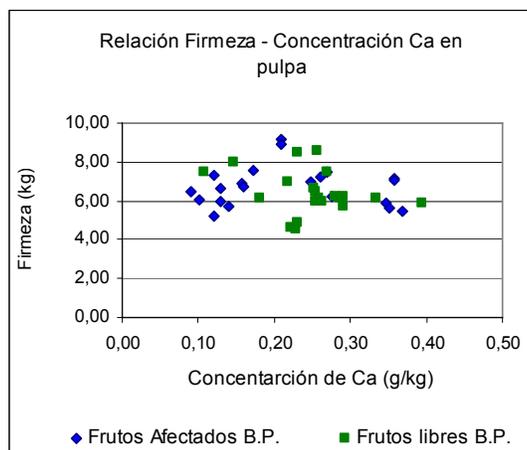
**Cuadro 3.** Caracterización química de la materia prima.

Variedad	Biter pit	S. Solubles (° Brix)	Firmeza (kg)	pH	Acidez titulable (% A. Málico)
Fuji Royal	Libre	18,4 ± 1,1 d	7,0 ± 1,4 ab	3,9 ± 0,1 c	0,44 ± 0,08 a
	Afectados	18,7 ± 0,9 d	6,3 ± 0,7 a	3,7 ± 0,1 b	0,38 ± 0,05 c
Granny Smith	Libre	12,7 ± ,04 a	6,0 ± 1,1 a	3,2 ± 0,1 a	0,64 ± 0,11 e
	Afectados	13,4 ± 0,9 ab	7,6 ± 1,1 b	3,3 ± 0,1 ab	0,60 ± 0,08 d
Fuji	Libre	15,0 ± 0,9 c	6,2 ± 0,1 a	4,0 ± 0,1 c	0,26 ± 0,05 b
	Afectados	13,9 ± 0,6 b	6,3 ± 0,6 a	3,9 ± 0,1 c	0,33 ± 0,07 bc

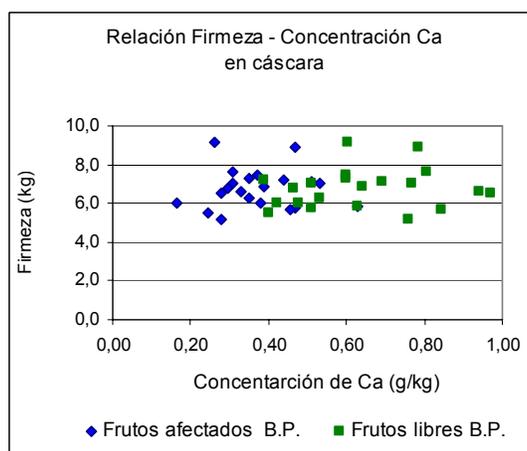
Promedios en la columna con la misma letra no son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ ), según pruebas de rango múltiple de Duncan.

Tal como se observa en el cuadro 3, los frutos de variedad Fuji Royal presentan mayor concentración de sólidos solubles, en orden descendente se encuentra la variedad Fuji y Granny Smith. Al comparar frutos libres y afectados por bitter pit, presentaron diferencia significativa solo la variedad Fuji, con valores de 15,0 y 13,9 ° Brix, respectivamente.

En algunas variedades de manzana se ha demostrado que frutas con mayor firmeza presentan mayor contenido de calcio (Casero et al., 2000); según los datos obtenidos no se encontró una relación entre estos parámetros, ya que los datos para firmeza se encuentran dentro del mismo rango de 5 – 9 kg. Estas relaciones se pueden observar con respecto a pulpa en la figura 7 y con respecto a cáscara en la figura 8.



**Figura 7:** Relación de firmeza y concentración de calcio en pulpa.



**Figura 8:** Relación de firmeza y concentración de calcio en cáscara.

En cuanto al pH, en las variedades Granny Smith y Fuji no existe una relación entre el pH y la presencia del orden, sin embargo, la variedad Fuji Royal presenta un comportamiento diferente, encontrándose diferencia significativa. En frutos “sanos” los valores de pH fueron  $3,9 \pm 0,1$  y en frutos afectados de  $3,7 \pm 0,1$ .

Tal como se esperaba, la variedad Granny Smith presenta mayor acidez, con un 0,64 % expresado como ácido málico en frutos libres y 0,60 % en afectados. Solo las variedades Fuji Royal y Granny Smith presentan diferencias significativas entre tejidos libres y afectados, con mayor acidez en los primeros.

## 5.2.- Análisis mineral de los tejidos.

Los resultados del análisis de minerales para las tres variedades se resumen en el cuadro 5 (micronutrientes) y cuadro 4 (macronutrientes), y gráficamente se presentan en las figuras 9 y 10, respectivamente.

### 5.2.1- Micronutrientes.

Entre manzanas libres y afectadas por bitter pit no se presentan mayores diferencias significativas al comparar los tejidos correspondientes a pulpa. Sin embargo, esto cambia en cáscara, donde además los contenidos encontrados son mayores para las tres variedades a excepción del estroncio, que el contenido es mayor en pulpa.

**Cuadro 4:** Contenido micronutrientes  $\mu\text{g/g}$  en base peso seco en tres variedades.

	Variedad	Bitter pit					
			Cu	Zn	Fe	Mn	Sr
Cáscaras	Fuji Royal	Libre	2,3 ab	2,4 d	36,1 f	8,5 ef	2,5 bc
		Afectada	2,0 a	1,7 bc	29,1 e	6,6 de	1,6 a
	Granny Smith	Libre	5,3 c	2,2 cd	26,9 e	5,0 cd	3,1 de
		Afectada	3,1 b	1,9 c	20,9 d	4,1 bc	2,4 bc
	Fuji	Libre	2,7 b	1,8 c	17,9 c	6,9 e	2,1 b
		Afectada	5,5 c	2,0 cd	21,8 d	6,6 de	2,4 bc
Pulpas	Fuji Royal	Libre	2,2 ab	1,6 bc	8,5 b	2,6 ab	3,5 e
		Afectada	2,1 ab	0,7 a	5,1 a	1,1 a	3,2 de
	Granny Smith	Libre	2,7 b	1,2 ab	7,5 ab	1,3 a	3,3 de
		Afectada	1,9 a	1,2 ab	7,8 ab	1,2 a	2,7 cd
	Fuji	Libre	2,0 a	0,8 a	6,3 ab	1,4 a	2,4 bc
		Afectada	2,1 ab	1,0 a	7,7 ab	1,1 a	2,6 bc

Valores informados corresponden a promedios ( $n=7$ ). Promedios en la columna con la misma letra no son diferentes significativamente ( $P \leq 0,05$ ), según pruebas de rango múltiple de Duncan.

En general, para las tres variedades, se observa que los contenidos minerales en tejidos de frutos afectados son menores, y esta diferencia tiene mayor significancia en cáscara.

Para la variedad Fuji Royal el contenido de zinc y hierro, es significativamente menor en cáscara afectada, en cambio para variedad Granny Smith y Fuji tal diferencia se hace evidente para el contenido de cobre y hierro.

De acuerdo a los contenidos encontrados de cobre, se observa distinto comportamiento de este mineral con respecto a tejidos afectados y libres. En variedad Fuji existe mayor contenido de cobre en tejidos afectados, en cambio para variedad Granny Smith el contenido es menor, por otro lado la variedad Fuji Royal no presenta diferencias significativas. Ahora bien al comparar el contenido de cobre en pulpa sólo se observan diferencias significativas para la variedad Granny Smith, que presenta la misma tendencia ya observada en cáscara.

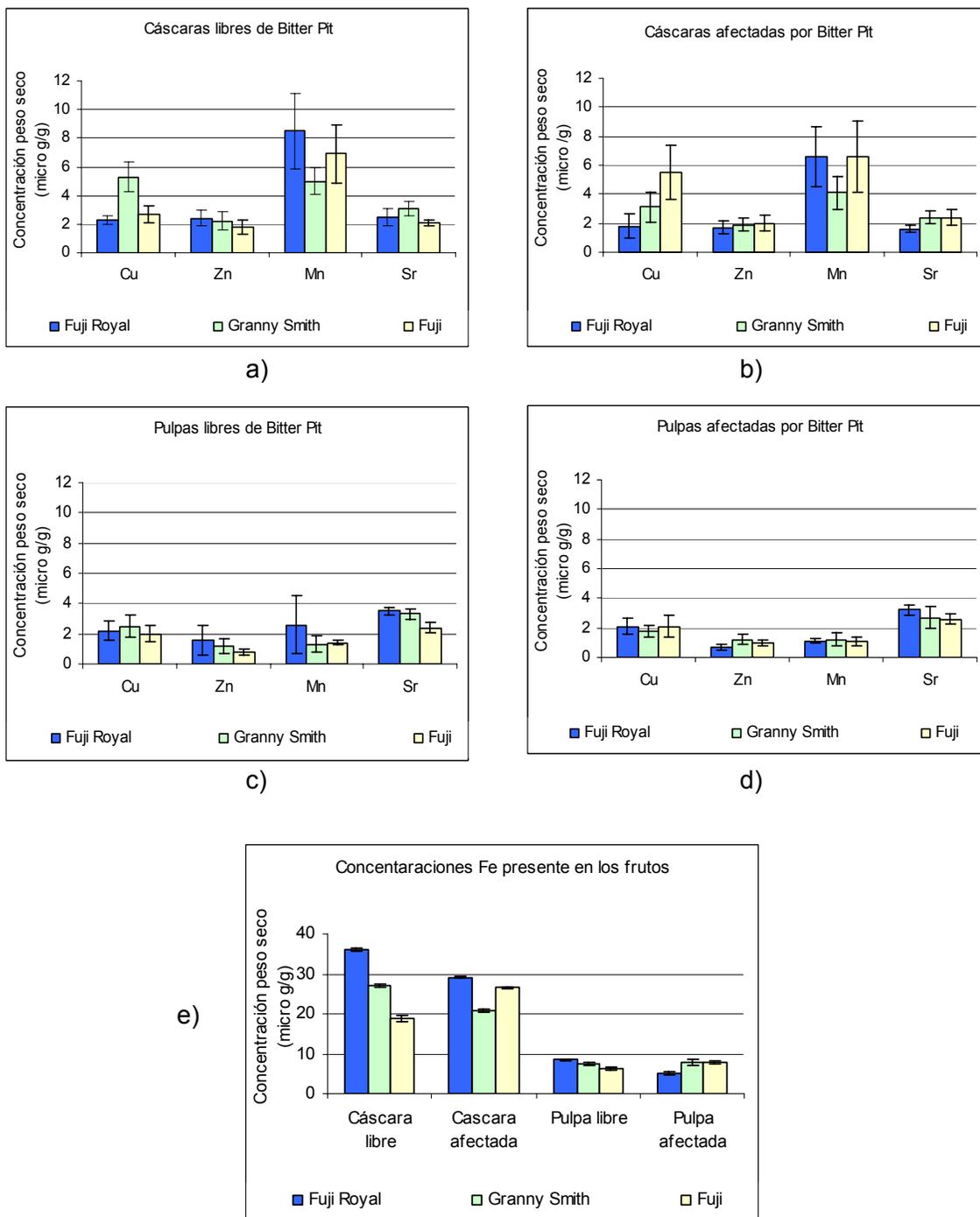
Manganeso no presenta diferencia significativa para ninguna variedad al comparar tejidos libres y afectados, tanto en cáscara como en pulpa.

En cuanto al estroncio, se puede informar que en cáscara se encuentran diferencias significativas con menores concentraciones en frutos afectados en las variedades Fuji Royal y Granny Smith, no así la variedad Fuji. La pulpa no presenta diferencias significativas entre libres y afectadas, en cualquiera de las variedades. Ver figura 9 c) y 9 d).

**Cuadro 5:** Contenido macronutrientes g/kg en base peso seco en tres variedades.

Variedad	Bitter pit	Ca	Mg	K	P	
Cáscaras	Fuji Royal	Libre	0,69 f	0,90 bc	5,25 ab	0,50 bc
		Afectada	0,35 cd	1,03 cde	5,08 a	0,49 bc
	Granny Smith	Libre	0,66 ef	1,05 de	12,25 de	1,47 f
		Afectada	0,41 d	0,93 bcd	10,16 d	0,98 e
	Fuji	Libre	0,55 e	0,79 b	6,39 abc	0,67 c
		Afectada	0,35 cd	1,16 e	10,94 de	0,84 de
Pulpas	Fuji Royal	Libre	0,20 b	0,30 a	6,47 abc	0,35 ab
		Afectada	0,12 a	0,24 a	6,60 bc	0,4 ab
	Granny Smith	Libre	0,27 bc	0,27 a	7,39 c	0,27 a
		Afectada	0,27 bc	0,28 a	6,78 c	0,25 a
	Fuji	Libre	0,28 bc	0,25 a	6,62 bc	0,31 ab
		Afectada	0,26 bc	0,33 b	9,73 d	0,34 ab

Valores informados corresponden a promedios (n=7). Promedios en la columna con la misma letra no son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ ), según pruebas de rango múltiple de Duncan.



**Figura 9:** Contenido de micronutrientes en los frutos con respecto a presencia o ausencia del desorden fisiológico bitter pit. a) Cáscaras libres. b) Cáscaras afectadas. c) Pulpas libres. d) Pulpas afectadas. e) Contenido Fe en frutos.

### 5.2.2- Macronutrientes.

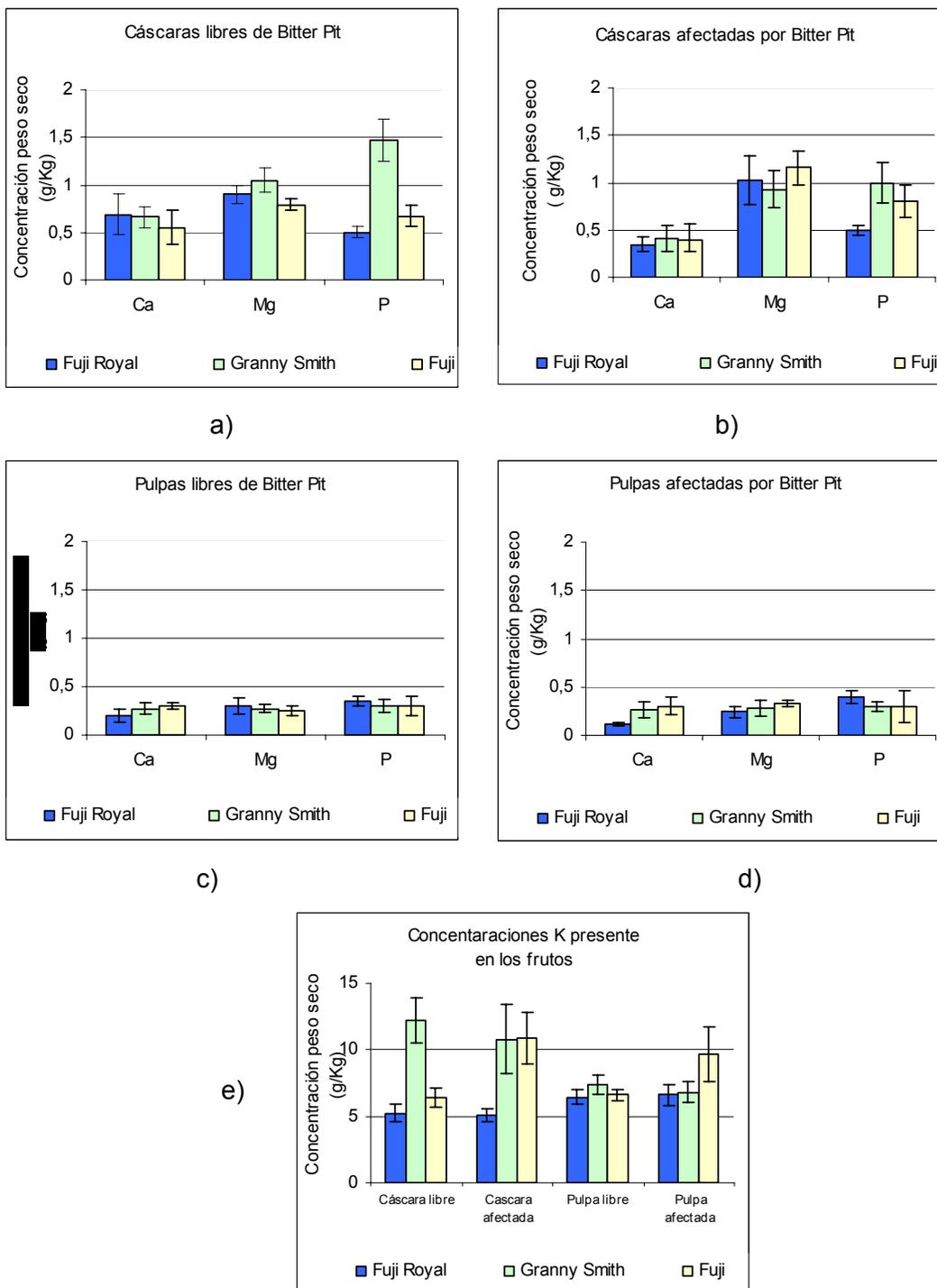
Tal como se muestra en el cuadro 5, el contenido de calcio es significativamente menor en frutos que presentan el desorden fisiológico, en las tres variedades en estudio, estas diferencias coinciden con lo ya mencionado por distintos autores, entre los cuales se encuentran Perring y Pearson, (1986); Lang y Voltz, (1998); Fallahi *et al.* (1985), Erranz y Lastra (1974); esta diferencia se hace más evidente al analizar cáscara de las tres variedades, en cambio en pulpa solo se observaron diferencias para la variedad Fuji Royal, marcando la misma tendencia que cáscara.

Contrario a lo informado por otros autores, no se presentan diferencias significativas para magnesio, a excepción de la variedad Fuji que en cáscara y pulpa presenta un incremento en tejidos afectados, tal como lo reportó Pavicic *et al.* (2004); además se ve claramente en la figura 10, que los contenidos tanto en cáscara como en pulpa no difieren entre las variedades, presentando contenidos en un rango cercano a  $0,98 \pm 0,13$  g/kg en cáscara y  $0,27 \pm 0,03$  g/kg en pulpa.

El potasio sólo presenta diferencia significativa en variedad Fuji tanto en cáscara como en pulpa, siendo mayor su contenido en frutos afectados con el mismo comportamiento en ambos tejidos analizados.

En cuanto a la concentración de fósforo en cáscara, se han encontrado diferencias en la variedad Granny Smith y Fuji, mostrando distinto comportamiento de acuerdo a la presencia del desorden; siendo menor el contenido del mineral en tejido afectado para la primera variedad y mayor en la segunda, en tanto, en pulpa no se presentan diferencias para ninguna de las tres variedades.

En general, la pulpa contiene similares concentraciones de los macronutrientes para las tres variedades en estudio, observar figura 10 c) y 10 d) mientras que en cáscara es diferente, cada variedad presenta su propio rango de concentración. (figura 10 a) y 10 b))



**Figura 10:** Contenido de macronutrientes en los frutos con respecto a presencia o ausencia del desorden fisiológico bitter pit. a) Cáscara libres. b) Cáscara afectadas. c) Pulpa libre. d) Pulpa afectada. e) Contenido K en frutos.

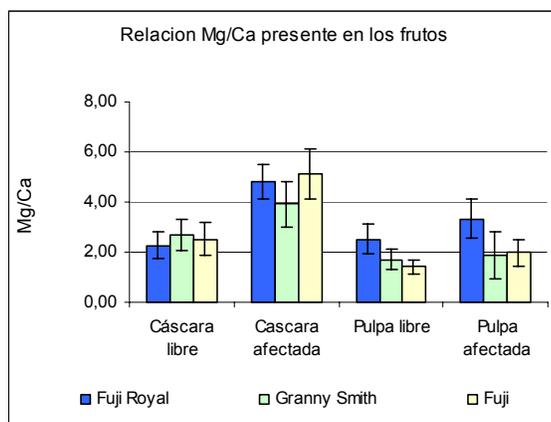
### 5.3.- Relación entre nutrientes.

Las relaciones binarias y terciarias fueron informadas en miliequivalentes por 100 gramos de muestra en base peso seco.

#### 5.3.1- Relaciones binarias.

En general las relaciones binarias, tal como los contenidos minerales ya antes visto en forma independiente, presentan mayor nivel de diferenciación en cáscara; en pulpa se presentan en determinados casos diferencias significativas, tal como se observa en el cuadro 6.

La relación Mg/Ca presenta un comportamiento positivo con respecto a la presencia de bitter pit, en cáscara y pulpa para las tres variedades (figura 11). Presenta diferencias significativas en cáscara llegando a ser aproximadamente en frutos afectados dos veces a la obtenida en los sin daño. En pulpa solo se observan diferencias significativas en variedades Fuji Royal y Fuji.



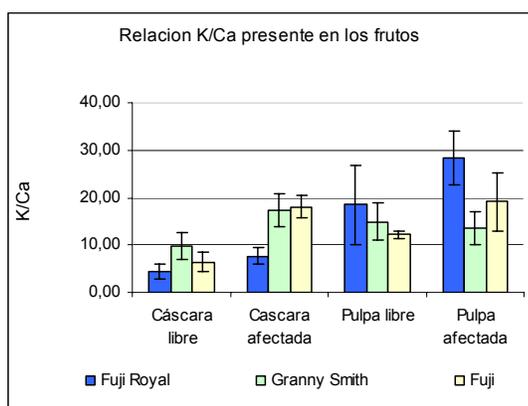
**Figura 11:** Relación Mg/Ca en miliequivalentes/ 100 g de los distintos tejidos.

**Cuadro 6:** Relaciones binarias y terciarias en miliequivalentes/100 g de muestra.

Variedad	Bitter pit	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg	(Ca+Mg)/K	(Mg+K)/Ca	(Ca+K)/Mg	
Cáscara	Fuji Royal	Libre	2,3 ± 0,5 bc	4,3 ± 1,6 a	1,8 ± 0,4 a	0,83 ± 0,22 f	6,6 ± 2,1 a	2,3 ± 0,3 b
		Afectada	4,8 ± 0,7 f	7,6 ± 1,7 bc	1,6 ± 0,4 a	0,80 ± 0,25 f	12,4 ± 1,9 bc	1,8 ± 0,4 a
	Granny Smith	Libre	2,7 ± 0,6 cd	9,8 ± 2,8 cd	3,6 ± 0,4 b	0,39 ± 0,05 b	12,5 ± 3,4 bc	4,0 ± 0,5 c
		Afectada	3,9 ± 0,9 e	17,3 ± 3,5 e	3,7 ± 0,7 b	0,37 ± 0,06 b	17,3 ± 3,5 def	3,7 ± 0,7 bc
	Fuji	Libre	2,5 ± 0,7 bc	6,4 ± 2,0 ab	2,5 ± 0,4 ab	0,57 ± 0,12 d	9,0 ± 2,6 ab	3,0 ± 0,4 abc
		Afectada	5,1 ± 1,0 f	14,9 ± 2,4 ef	3,0 ± 0,5 ab	0,42 ± 0,06 b	20,0 ± 3,1 ef	3,2 ± 0,6 abc
Pulpa	Fuji Royal	Libre	2,5 ± 0,6 bc	18,5 ± 8,4 f	7,3 ± 2,1 c	0,21 ± 0,06 a	21,0 ± 8,9 def	7,7 ± 2,1 d
		Afectada	3,3 ± 0,8 de	28,4 ± 5,7 g	8,6 ± 1,3 cd	0,15 ± 0,02 a	31,8 ± 6,4 g	9,0 ± 1,3 de
	Granny Smith	Libre	1,7 ± 0,4 ab	14,9 ± 3,9 ef	8,8 ± 1,6 cd	0,19 ± 0,04 a	16,5 ± 4,2 bcde	9,4 ± 1,6 e
		Afectada	1,9 ± 0,9 abc	13,5 ± 3,6 de	8,0 ± 1,9 c	0,21 ± 0,02 a	15,4 ± 4,5 bcd	8,6 ± 2,2 de
	Fuji	Libre	1,5 ± 0,3 a	12,2 ± 0,9 cde	8,9 ± 1,8 cd	0,20 ± 0,02 a	13,7 ± 1,1 cde	9,2 ± 1,9 de
		Afectada	2,0 ± 0,5 bc	19,1 ± 6,2 f	9,6 ± 2,4 d	0,17 ± 0,04 a	21,1 ± 6,6 g	10,2 ± 2,4 e

Promedios en la columna con la misma letra no son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ ), según pruebas de rango múltiple de Duncan.

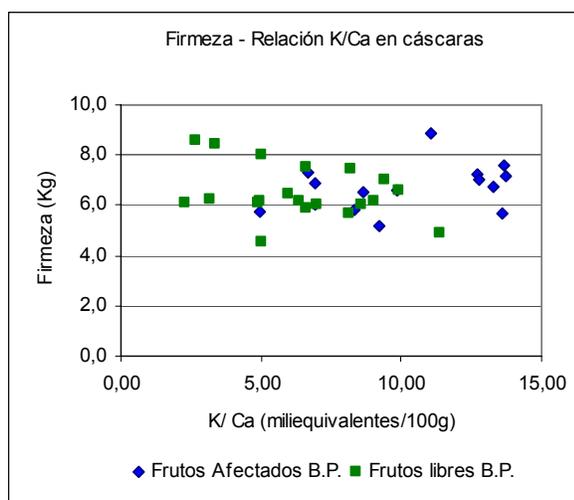
La relación K/Ca, también se relaciona positivamente con la presencia de bitter pit; la correlación se evidencia en cáscara en las tres variedades, que coincide con lo informado con Pavicic (2004), quien señala que esta relación es un buen indicador de incidencia al bitter pit. Tomala *et al.* (1993) ya había reportado este mismo resultado en dos variedades diferentes, sin embargo en la variedad Granny Smith no se encontraron diferencias significativas en pulpa al comparar tejidos libres y afectados. Estos datos se presentan gráficamente en la figura 12.



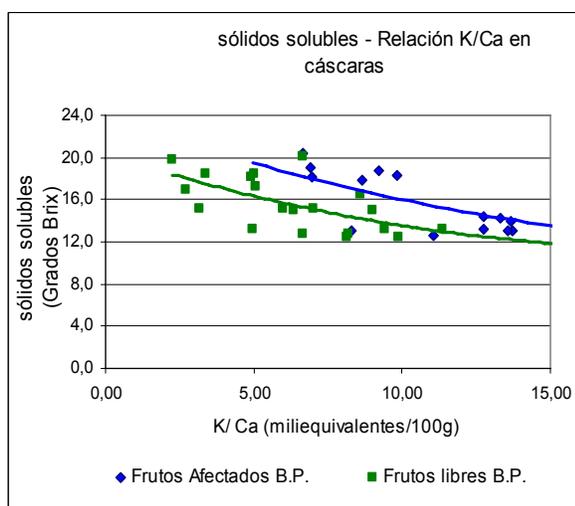
**Figura 12:** Relación K/Ca en miliequivalentes/100 g de los distintos tejidos.

Casero *et al.* (2000) demostró que en algunas variedades de manzanas se correlacionan la firmeza y los sólidos solubles con la razón K/Ca. Por este motivo, dicha razón encontrada en cáscara se estudia en relación a estos parámetros.

Para tales efectos se considera el total de los datos de los tejidos libres y afectados, uniéndolos en un sólo conjunto independiente de la variedad a la cual pertenecían. En nuestro estudio se corrobora la correlación negativa observada por el autor con respecto a la presencia de sólidos solubles, encontrándose un menor contenido de sólidos solubles respecto al aumento de la razón K/Ca, tal como muestra la figura 13. Sin embargo no ocurre lo mismo con respecto a la firmeza del fruto, encontrándose que la firmeza se presenta en un rango independiente de la razón K/Ca, ver figura 14.

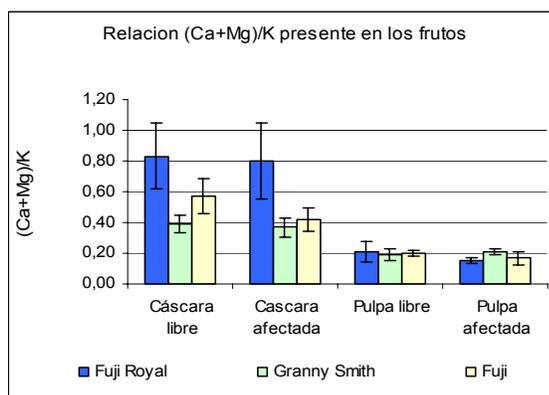


**Figura 13:** Relación K/Ca en cáscara respecto a sólidos solubles (°Brix).



**Figura 14:** Relación K/Ca en cáscaras respecto a firmeza (kg).

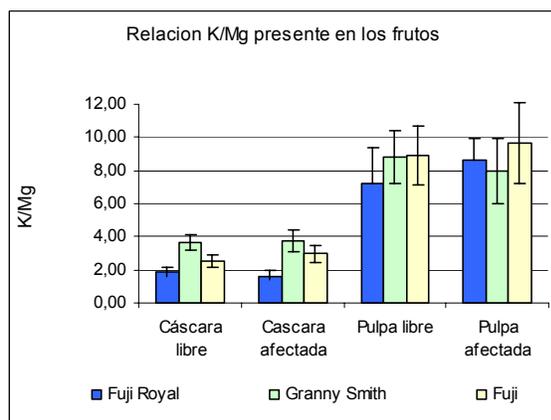
La relación K/Mg no presenta diferencia significativa en cáscara y pulpa para ninguna de las variedades en estudio, por lo tanto se determina que es una relación que no muestra mayor información para el desarrollo de esta investigación, ver figura 15.



**Figura 15:** Relación K/Mg en miliequivalentes/ 100 g de los distintos tejidos.

### 5.3.2- Relaciones terciarias.

La relación  $(Ca+Mg)/K$  tiende a ser mayor en frutos libres de bitter pit que en los afectados, pero sólo presenta diferencia significativa en cáscara de la variedad Fuji. En pulpa se presenta la misma tendencia, pero solo en la variedad Fuji Royal con valores promedio de 0,21 para pulpa de frutos libres y 0,15, para pulpa de frutos afectados. Ver figura 16.

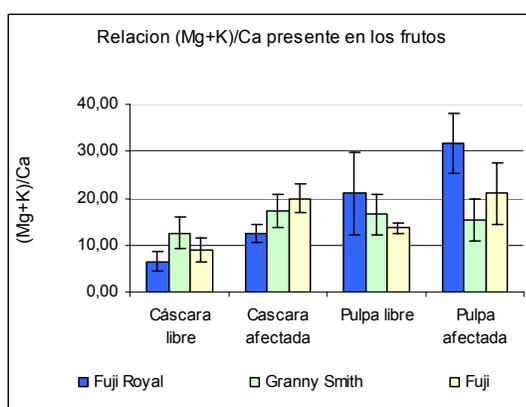


**Figura 16:** Relación  $(Ca+Mg)/K$  en miliequivalentes/ 100 g de los distintos tejidos.

La relación  $(Mg+K)/Ca$  es la que entrega mayor información respecto al daño y presenta diferencias significativas en las tres variedades para cáscara y en dos, para pulpa, siendo un buen indicador. La relación es mayor en frutos afectados tanto en cáscara como en pulpa, a excepción de la variedad Granny Smith que en pulpa presenta

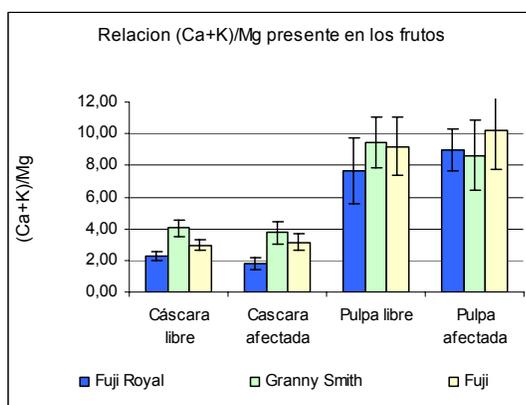
un comportamiento distinto, informándose valores promedio de 16,5 en tejido libre y 15,4 en tejido afectado. Por otra parte, en general, los valores promedio de esta relación son más altos en pulpa que en cáscara, con respecto a la misma variedad; presentándose solo en pulpa de la variedad Granny Smith una menor concentración que en cáscara de la misma variedad.

De acuerdo a los datos obtenidos y tal como podemos observar en la figura 17, la utilización de esta relación podría ser un buen índice de predicción del desorden, durante el periodo anterior al almacenamiento con el fin de tomar medidas correctivas, entre las cuales estaría efectuar aplicaciones de soluciones de sales de calcio a frutos y/o follaje.



**Figura 17:** Relación (Mg+K)/Ca en miliequivalentes/ 100 g de los distintos tejidos.

La relación (Ca+K)/Mg, tal como la relación K/Mg no presenta diferencia significativa entre cáscara y pulpa para ninguna de las variedades en estudio, y es por lo tanto una relación innecesaria, ya que no predice de ninguna forma la presencia de bitter pit, ver figura 18.



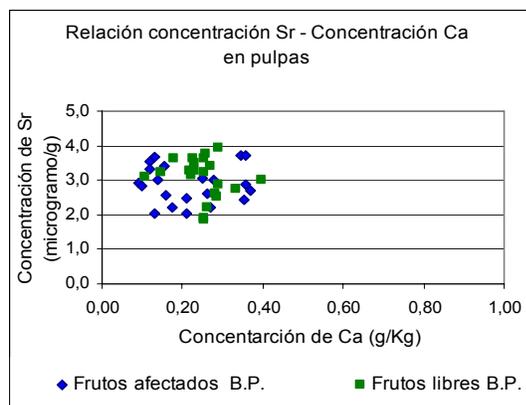
**Figura 18:** Relación (Ca+K)/Mg en miliequivalentes/ 100 g de los distintos tejidos.

### 5.3.3.- Relación calcio estroncio.

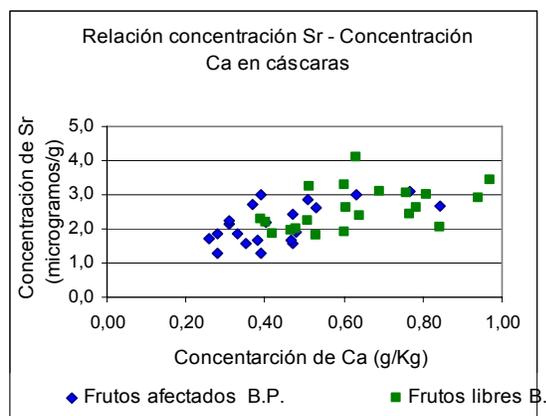
Especial atención dedicaremos a la relación calcio estroncio, pues al estroncio no se le ha otorgado mayor importancia en la nutrición mineral de las plantas, en general, y tampoco en estudios de bitter pit.

De acuerdo a los datos obtenidos se busca una correlación entre las concentraciones de calcio y estroncio en tejido libre y tejido afectado, tanto en cáscara como en pulpa, considerando todos los valores informados como si correspondieran a una sola variedad.

La relación obtenida en pulpa no requiere mayor análisis, ya que como se muestra claramente en la figura 19 no presenta una tendencia definida de una concentración respecto a la otra. Sin embargo la correlación encontrada en cáscara que se muestra en la figura 20, se observa que a medida que aumenta la concentración de calcio, también aumenta la concentración de estroncio, tanto en frutos libres como afectados.



**Figura 19:** Relación concentración de Sr ( $\mu\text{g}$ ) y concentración de Ca (g/kg) en pulpa.



**Figura 20:** Relación concentración de Sr ( $\mu\text{g}$ ) y concentración de Ca (g/kg) en cáscara.

A continuación se presentan dos cuadros resumen de las diferencias significativas encontradas entre frutos libres y afectados, tanto en cáscara como en pulpa; el cuadro 7 informa de acuerdo a la concentración de los minerales y cuadro 8 de acuerdo a las relaciones binarias y terciarias.

**Cuadro 7:** Diferencias significativas en minerales entre frutos libres y afectados.

Variedad	Tejido	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
Fuji Royal	Cáscara	-	*	**	-	**	**	-	-	-
	Pulpa	-	*	*	-	-	**	-	-	-
Granny Smith	Cáscara	**	-	**	-	*	**	-	-	**
	Pulpa	**	-	-	-	-	-	-	-	-
Fuji	Cáscara	**	-	*	-	-	*	**	**	*
	Pulpa	-	-	-	-	-	*	**	**	-

- No presenta diferencia significativa.

\* Presenta diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ).

\*\* Presenta diferencia significativa ( $P \leq 0,01$ ).

**Cuadro 8:** Diferencias significativas en relaciones binarias y terciarias de concentración de minerales entre frutos libres y afectados.

Variedad	Tejido	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg	(Ca+Mg)/K	(Mg+K)/Ca	(Ca+K)/Mg
Fuji Royal	Cáscara	**	**	-	-	**	*
	Pulpa	*	*	-	*	*	-
Granny Smith	Cáscara	*	*	-	-	*	-
	Pulpa	-	-	-	-	-	-
Fuji	Cáscara	**	**	-	**	**	-
	Pulpa	*	*	-	-	*	-

- No presenta diferencia significativa.

\* Presenta diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ).

\*\* Presenta diferencia significativa ( $P \leq 0,01$ ).

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a la metodología utilizada y a los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Se confirma lo informado por otros autores respecto a la concentración de calcio, encontrándose menor contenido en frutos dañados. Esto fue observado en las tres variedades, principalmente en cáscara.
- Las concentraciones de magnesio y potasio que se ha pensado afectarían a la incidencia de bitter pit, solo presenta diferencia significativa en la variedad Fuji, tanto en cáscara como en pulpa.
- El estroncio, nutriente no esencial para las plantas se encuentra en bajas concentraciones en manzanas en un rango de 1 a 4  $\mu\text{g/g}$  en base a peso seco, y presenta diferencia significativa con respecto al daño solo en cáscara de dos variedades, Fuji Royal y Granny Smith, con menor concentración en frutos afectados por bitter pit.
- Las concentraciones de cobre y hierro son menores en frutos afectados por el desorden, presentando diferencias significativas en cáscara en dos variedades para cobre y en las tres variedades para hierro, y en pulpa para cobre en una variedad y en otra para hierro.
- Las relaciones binarias y terciarias que resultan interesantes para el estudio de bitter pit son:  $\text{Mg/Ca}$ ,  $\text{K/Ca}$  y  $(\text{Mg} + \text{K})/\text{Ca}$ .
- Como en estudios anteriores se recomienda la cáscara como tejido adecuado para detectar bitter pit y efectuar estudios nutricionales en manzana, en el caso de utilizar pulpa, se recomienda seleccionar una sección definida del fruto.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anónimo. Chile el tercer exportador mundial de manzanas. Revista del campo. Publicado 27 de junio. **2008**.
- Arnon D.I. Trace elements in plant Physiology. Nature, London, 161:364- 365. **1948**.
- Arthey D. y Ashurst P. Procesado de frutas. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España. 273 p. **1996**.
- Association of Official Analytical Chemist, AOAC. Official Methods of Analysis, 17 th ed. Washington D.C. EEUU. **2000**.
- Aznar Y. Caracterización fisiológica del Bitter Pit: aspectos nutricionales, fenológicos y de diagnóstico, **2001**. [en línea] < <http://digital.csic.es/bitstream/10261/2852/1/2001-Tesis%20Y.Aznar.pdf> > [consulta: 27 marzo 2009].
- Burmeister D.y Dilley D. Correlation of bitter pit on Northern Spy apples with bitter pit-like symptoms induced by Mg<sup>2+</sup> salt infiltration. Postharvest Biol. Technol. 4(4):301-308, **1994**.
- Casero T. La nutrición cálcica en frutales. Fruticultura Profesional. 71: 45-55. **1995**.
- Casero T., Benavides A., Puy J. y Recasens I. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in Golden Smoothie apples using multivariate regression techniques. Journal of plant Nutrition 27(2):313-324. **2000**.
- Cerda A., Lobos G.,Kufferath Y. y Sanchez F. Elasticidades de demanda por manzanas chilenas en el mercado de la unión europea: una estimación econométrica. Agric. Téc. 64(4): 399-408. **2004**.
- Chile. Chile potencia alimentaria. Producción de manzanas recupera el atractivo perdido en la última década. **2008**. [en línea] <<http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/252543/Produccion-de-anzanas-recupera-el-atractivo-perdido-en-la-ultima-decada.html>> [consulta: 19 de abril 2009]
- Chile. Corporación de fomento de la producción (CORFO), **1980**.
- Chile. ODEPA información de producción y exportaciones de manzanas [en línea] <[www.odepa.cl](http://www.odepa.cl)> [consulta: 16 de abril 2009].
- Conway W., Sams C. y Hickey K. Pre and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. Acta Hort. 594: 413-419. **2002**.

- Dobrzański B., Rabcewicz J. y Rybczyński R. Handling of Apple transport techniques and efficiency vibration, damage and bruising, texture, firmness and quality. **2006**. [en línea] <[http://www.ipan.lublin.pl/mat\\_coe/mat\\_coe27.pdf](http://www.ipan.lublin.pl/mat_coe/mat_coe27.pdf)> [consulta:15 de abril 2009]
- Emmert F. Chemical analysis of tissue as a mean of determining nutrient requirements of deciduous fruits plant. Proc. Amer. Soc.Hort. Sci., 73: 521-547, **1959**.
- Erranz P. y Lastra O. Niveles de nutrientes en manzanas de la variedad Granny Smith sanas y afectadas por bitter pit. Tesis Químico Farmacéutico. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, **1974**.
- Fallahi E., Righetti T. y Richardson D. Predictions of quality by preharvest fruit and leaf mineral analyses in 'Starkspur Golden Delicious' apple. J. Am. Soc. Hort. Sci. 110: 524–527. **1985**.
- Fallahi E., Conway W., Hickey K. y Sams C. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. HortScience 32 (5): 831-835. **1997**.
- Fallahi E., Fallahi B., Retamales J., Valdés C. y Tabatabaei S. Prediction of Apple fruit quality preharvest mineral nutrients. Acta Hort. 721 p. 259. **2006**.
- Ferguson I. Calcium nutrition and cellular response. In: Calcium in Plant Growth and Development. (Leonard RT, Hepler PK, eds). ASPP. Symp. Series.Vol.4. **1990**.
- Ferguson I. y Watkins C. Bitter pit in apple fruit. Hort. Rev. 11:289-355, **1989**.
- González C., Wylie A., Rodríguez M., Báez M. y Solá J. Nutrición mineral de los vegetales. Universidad de Chile – Universidad Católica de Chile, **1973**.
- Homès M. L` Alimentation minérale équilibrée des végétaux. Universa- Wetteren (Belgique) 298 p., **1961**.
- Jones A. y Aldwinckle H. (Eds.) Compendium of apple and pear diseases. APS Press, 100 p. **1990**.
- Jones A., Mateo J. y Aldwinckle H. Plagas y enfermedades del Manzano y del Peral, American Phytopathological Society Staff, **2002**. [en línea] <[http://books.google.cl/books?id=aCmFdmupuPEC&pg=RA1-PA89&lpg=RA1-PA89&dq=zona+calicina&source=bl&ots=MCfJR7xwdf&sig=yAw8ZcS7kebbV58nILOZ\\_hOGb7k&hl=es&ei=00HpSe\\_zGdG\\_tweW64yVBq&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1](http://books.google.cl/books?id=aCmFdmupuPEC&pg=RA1-PA89&lpg=RA1-PA89&dq=zona+calicina&source=bl&ots=MCfJR7xwdf&sig=yAw8ZcS7kebbV58nILOZ_hOGb7k&hl=es&ei=00HpSe_zGdG_tweW64yVBq&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1)> [consulta: 10 de marzo 2009]
- Knee M. Fruit Quality and its Biological Basis. USA, CRC Press. LLC, 279 p. **2002**.

- Kotze W. Ionic interactions in the uptake and transport of calcium by apple seedlings. Comm. Soil. Sci. and Plant Anal. 10: 115-127, **1979**.
- Lang A. y Voltz R. Spur leaves increase calcium in young apples by promoting xylem inflow and outflow. J. Am. Soc. Hort. Sci. 123(6):956-960, **1998**.
- Laszlo J. Changes in soybean fruit  $\text{Ca}^{+2}$  ( $\text{Sr}^{+2}$ ) and  $\text{K}^+$  ( $\text{Rb}^+$ ) transport ability during development. Plant. Physiol. 104:937–944. **1994**.
- Mancera M., Soto J., Sánchez E., Yáñez R., Montes F. y Baladrán R. Caracterización mineral de manzanas Red Delicious y Golden Delicious de dos países productores. Tecnociencia Chihuahua **2007**. [en línea] <<http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v1n2/data/manzana.pdf>> [consulta: 15 de abril 2009]
- Medel F. estimación de calidad y rendimiento de cuatro cultivares de manzano en el sur de Chile, Revista frutícola 14(1): 31-35. **1993**.
- Missoten C. Influence des elements nutritifs sur la qualité des fruits. Le fruit Belgue 461:72-78. **1996**.
- Moggia C. y Yuri J. Apple Postharvest Practices in Chile, **2005**. [en línea] <<http://postharvest.tfrec.wsu.edu/PC2003F.pdf>> [consulta: 15 de abril 2009]
- Monge E., Val J., Sanz M., Blanco A. y Montañez L. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en el manzano, Anal. Est. Exp. Aula Dej. 21(3):189-201 **1994**.
- Neilsen G., Neilsen D., Shufu D. y Toivonen P. Application of  $\text{Ca}_2\text{Cl}$  Spray earlier in the season may reduce bitter pit incidence in “Breaburn” apple. HortScience 40(6):1850-1853. **2005**
- Pavicic N., Jemric T., Kurtanjek Z., Cosic T., Pavlovic I. y Blaskovic D. Relationship between water-soluble Ca and other elements and bitter pit occurrence in 'Idared' apples: a multivariate approach. Annals of Applied Biology 145(2): 193-196. **2004**.
- Perring M. y Pearson K. Incidence of bitter pit in relation to the calcium content of apples: calcium distribution in the fruit. J. Sci. Food Agric. 37, 709–718. **1986**.
- Retamales J., Valdes C., Dilley D., Leon L., y Lepe V. Bitter pit prediction in apples through Mg infiltration. Acta Hort. n.512, 169-179, **2000**.
- Rosen C., Bierman P., Telias A. y Hoover E. Foliar and fruit applied strontium as a tracer for calcium transport in apples trees. HortScience, 41(1):220-224, **2006**.
- Smith-Hebbel H., Pennacchiotti I., Masson L. y Mella M. Tabla de composición química de los alimentos. Octava edición. Edición digital Facultad de Ciencias Químicas y

- Farmacéuticas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. 62 p. **1992**.
- Silva B. Calcio, un problema nutricional frecuente en numerosas especies frutales y hortalizas. ACONEX N° 33:17-20. **1991**.
  - Tomala K. Predicting storage ability of “Cortland” apples. Acta Hort., 448: 67-73. **1997**.
  - Tomala K., Myga W. y Kobilinska J. Attempts at predicting storage ability of apples. Acta Hort. 326:149-156. **1993**.
  - USDA/USA. Información de producción y exportaciones de manzanas [en línea] <<http://www.fas.usda.gov>> [consulta: 16 de abril 2009].
  - Waller W. Use of apple analysis, in Mineral Nutrition of Fruit Trees (eds D. Atkinson, Jackson J., Sharpies R. y Waller W. ). Butterworths, London, p. 383-394. **1980**.
  - Watkins C., Hewett E., Bateup C., Gunson A. and Triggs, C. (1989) Relationships between maturity, starch pattern index and storage disorders in 'Cox's Orange Pippin' apples as influenced by preharvest calcium orethephon sprays. New. Zeal. J. Crop Hort. Sci. 17: 283-292. **1989**.
  - Wills R., Scott K. y Carroll E. Use of alkaline earth metals to reduce the incidence of storage disorders of apples. Aust. J. Agric. Res. 26(1): 169 – 171. **1975**.
  - Yuri J., Neira A. y Quilodrán A. La piel de manzana y su calidad nutritiva. Indualimentos, 51:62. **2008**.

## Anexo 1

	FRUTOS	Peso (g)	S.S.(º BRIX )	FIRMEZA PROM,	PH	% Acido málico	
Variedad Fuji Royal	Libres	1 (1C - 2P)	242,7	17,2	4,6	4,1	0,00
		2 (3C - 4P)	259,9	19,8	6,1	3,6	0,00
		3 (5C - 6P)	211,9	18,4	8,5	3,9	0,00
		4 (7C - 8P)	188,0	20,1	7,5	3,9	0,47
		5 (9C - 10P)	203,7	17,0	8,6	4,0	0,43
		6 (11C - 12P)	230,0	18,4	8,0	3,9	0,44
		7 (13C - 14P)	252,5	18,1	6,1	4,0	0,43
		<b>PROMEDIO</b>	<b>227,0</b>	<b>18,4</b>	<b>7,0</b>	<b>3,9</b>	<b>0,44</b>
		<b>D ESTÁNDAR</b>	<b>24,7</b>	<b>1,09</b>	<b>1,38</b>	<b>0,1</b>	<b>0,08</b>
	Afectados	8 (15C - 16P)	275,3	18,2	6,9	3,8	0,38
		9 (17C - 18P)	277,5	17,8	6,5	3,9	0,33
		10 (19C - 20P)	278,1	18,7	5,2	3,7	0,44
		11 (21C - 22P)	275,0	19,1	6,1	3,8	0,34
		12 (23C - 24P)	173,9	18,3	6,6	3,9	0,33
		13 (25C - 26P)	243,4	20,4	7,3	3,6	0,46
		14 (27C - 28P)	232,1	18,4	5,8	3,5	0,39
		<b>PROMEDIO</b>	<b>250,7</b>	<b>18,70</b>	<b>6,3</b>	<b>3,7</b>	<b>0,38</b>
	<b>D ESTÁNDAR</b>	<b>38,7</b>	<b>0,85</b>	<b>0,71</b>	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>	
Variedad Granny Smith	Libres	15 (29C - 30P)	256,8	12,5	6,6	3,2	0,79
		16 (31C - 32P)	237,4	12,8	7,5	3,2	0,62
		17 (33C - 34P)	248,8	12,0	4,7	3,2	0,89
		18 (35C - 36P)	249,7	13,2	7,0	3,2	0,60
		19 (37C - 38P)	217,2	12,8	5,9	3,1	0,81
		20 (39C - 40P)	225,2	13,2	4,9	3,1	0,69
		21 (41C - 42P)	241,8	12,4	5,7	3,1	0,64
		<b>PROMEDIO</b>	<b>239,5</b>	<b>12,70</b>	<b>6,0</b>	<b>3,2</b>	<b>0,64</b>
		<b>D ESTÁNDAR</b>	<b>14,2</b>	<b>0,44</b>	<b>1,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,11</b>
	Afectados	22 (43C - 44P)	204,2	13,0	5,9	3,4	0,60
		23 (45C - 46P)	155,3	13,0	7,2	3,4	0,60
		24 (47C - 48P)	157,1	14,0	7,1	3,2	0,45
		25 (49C - 50P)	139,3	14,8	9,2	3,3	0,74
		26 (51C - 52P)	141,3	12,6	8,9	3,2	0,61
		27 (53C - 54P)	212,5	12,2	7,5	3,2	0,59
		28 (55C - 56P)	133,3	14,0	7,6	3,3	0,59
		<b>PROMEDIO</b>	<b>163,3</b>	<b>13,4</b>	<b>7,6</b>	<b>3,3</b>	<b>0,60</b>
	<b>D ESTÁNDAR</b>	<b>32,0</b>	<b>0,92</b>	<b>1,13</b>	<b>0,1</b>	<b>0,08</b>	
Variedad Fuji	Libres	29 (57C - 58P)	302,1	16,5	6,0	4,0	0,25
		30 (59C - 60P)	270,1	15,0	6,2	4,1	0,21
		31 (61C - 62P)	276,1	15,2	6,0	4,1	0,26
		32 (63C - 64P)	294,7	15,0	6,2	4,1	0,36
		33 (65C - 66P)	527,1	15,2	6,3	3,8	0,26
		34 (67C - 68P)	281,1	13,2	6,2	3,9	0,22
		35 (69C - 70P)	236,6	15,2	6,5	3,7	0,28
		<b>PROMEDIO</b>	<b>312,6</b>	<b>15,0</b>	<b>6,2</b>	<b>4,0</b>	<b>0,26</b>
		<b>D ESTÁNDAR</b>	<b>89,7</b>	<b>0,89</b>	<b>0,14</b>	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>
	Afectados	36 (71C - 72P)	250,5	14,0	5,5	4,0	0,29
		37 (73C - 74P)	281,0	13,4	6,3	4,1	0,27
		38 (75C - 76P)	323,6	14,2	6,8	3,8	0,32
		39 (77C - 78P)	309,6	14,4	7,2	4,0	0,40
		40 (79C - 80P)	284,6	13,0	5,7	3,8	0,41
		41 (81C - 82P)	337,2	13,2	7,0	3,9	0,38
		42 (83C - 84P)	294,4	14,8	6,0	3,9	0,23
		<b>PROMEDIO</b>	<b>297,3</b>	<b>13,9</b>	<b>6,3</b>	<b>3,9</b>	<b>0,33</b>
	<b>D ESTÁNDAR</b>	<b>26,9</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,1</b>	<b>0,07</b>	

**Anexo 2**  
**Variedad: Fuji Royal**

**Cascaras**

Libre Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
1c	2,7	2,4	33,0	6,8	2,4	0,64	0,84	6,30	0,45
3c	1,9	2,1	38,6	10,4	3,4	0,97	0,98	4,30	0,54
5c	2,3	3,5	42,0	12,0	3,1	0,76	1,01	4,97	0,52
7c	1,9	2,5	36,5	4,6	1,8	0,42	0,82	5,43	0,53
9c	2,3	2,7	33,0	10,8	2,9	0,94	0,99	4,95	0,41
11c	2,5	1,8	36,2	7,9	1,9	0,60	0,89	5,88	0,59
13c	2,3	2,1	33,4	7,1	2,2	0,51	0,78	4,89	0,48
Promedio	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>36,1</b>	<b>8,5</b>	<b>2,5</b>	<b>0,69</b>	<b>0,90</b>	<b>5,25</b>	<b>0,50</b>
Des. estándar	<b>0,30</b>	<b>0,54</b>	<b>3,37</b>	<b>2,65</b>	<b>0,60</b>	<b>0,21</b>	<b>0,09</b>	<b>0,67</b>	<b>0,06</b>

P-VALUE	0,1700	0,0205	0,0012	0,1571	0,0024	0,0016	0,2524	0,6472	0,7122
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
15c	1,9	1,4	23,9	5,3	1,3	0,39	0,85	5,28	0,45
17c	1,5	1,2	28,8	5,0	1,3	0,28	0,90	4,72	0,44
19c	2,1	1,8	30,6	6,1	1,8	0,28	0,88	5,02	0,59
21c	1,9	1,7	32,3	11,1	1,7	0,38	1,12	5,12	0,49
23c	2,7	2,6	27,8	6,2	1,8	0,33	0,98	6,34	0,53
25c	2,1	1,8	28,1	6,9	1,6	0,35	0,88	4,55	0,47
27c	1,9	1,6	31,9	5,6	1,6	0,47	1,59	4,55	0,47
Promedio	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>29,1</b>	<b>6,6</b>	<b>1,6</b>	<b>0,35</b>	<b>1,03</b>	<b>5,08</b>	<b>0,49</b>
Des. estándar	<b>0,37</b>	<b>0,44</b>	<b>2,89</b>	<b>2,08</b>	<b>0,23</b>	<b>0,07</b>	<b>0,26</b>	<b>0,62</b>	<b>0,05</b>

**Pulpas**

Libre Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
2p	2,8	1,5	8,4	1,5	3,6	0,23	0,27	6,79	0,32
4p	1,9	0,8	3,6	1,9	3,7	0,26	0,42	6,09	0,40
6p	1,7	1,0	8,0	2,0	3,5	0,23	0,40	6,52	0,33
8p	1,5	0,6	6,1	0,7	3,1	0,11	0,23	7,41	0,38
10p	1,7	1,8	8,1	2,2	3,6	0,26	0,32	5,96	0,30
12p	2,5	2,3	12,0	6,5	3,3	0,15	0,24	6,66	0,44
14p	3,1	3,3	13,3	3,4	3,6	0,18	0,21	5,86	0,31
Promedio	<b>2,2</b>	<b>1,6</b>	<b>8,5</b>	<b>2,6</b>	<b>3,5</b>	<b>0,20</b>	<b>0,30</b>	<b>6,47</b>	<b>0,35</b>
Des. estándar	<b>0,64</b>	<b>0,97</b>	<b>3,33</b>	<b>1,88</b>	<b>0,23</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,55</b>	<b>0,05</b>

P-VALUE	0,7132	0,0262	0,0238	0,0552	0,1118	0,0053	0,1517	0,7360	0,2371
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
16p	2,1	0,7	5,1	1,2	3,4	0,16	0,27	7,09	0,45
18p	1,4	0,6	4,5	0,9	2,9	0,09	0,24	6,40	0,38
20p	2,5	1,0	5,1	1,2	3,5	0,12	0,32	7,41	0,51
22p	1,5	0,7	3,6	1,1	2,8	0,10	0,17	6,10	0,30
24p	2,8	0,8	7,3	1,1	3,7	0,13	0,26	7,70	0,42
26p	2,2	0,4	5,3	0,9	3,3	0,12	0,22	6,15	0,37
28p	1,9	0,6	4,7	1,1	3,0	0,14	0,22	5,35	0,34
Promedio	<b>2,1</b>	<b>0,7</b>	<b>5,1</b>	<b>1,1</b>	<b>3,2</b>	<b>0,12</b>	<b>0,24</b>	<b>6,60</b>	<b>0,40</b>
Des. estándar	<b>0,52</b>	<b>0,18</b>	<b>1,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,32</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,83</b>	<b>0,07</b>

**Anexo 3**  
**Varietad: Granny Smith**

**Cascaras**

Libre Bitter pit	Concentración peso seco ( $\mu\text{g/g}$ )					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
29c	5,0	2,1	20,8	4,6	4,1	0,63	0,96	12,17	1,37
31c	4,4	1,9	26,0	4,6	3,1	0,69	1,05	11,09	1,55
33c	6,4	2,5	31,6	5,1	3,2	0,51	1,18	15,10	1,67
35c	6,2	1,7	29,6	5,9	2,6	0,60	1,18	11,08	1,15
37c	5,6	3,5	32,0	6,4	2,6	0,78	0,85	10,15	1,34
39c	6,0	2,0	23,5	4,3	3,3	0,60	0,96	13,28	1,83
41c	3,8	1,8	25,0	3,7	3,0	0,81	1,19	12,85	1,38
Promedio	<b>5,3</b>	<b>2,2</b>	<b>26,9</b>	<b>5,0</b>	<b>3,1</b>	<b>0,66</b>	<b>1,05</b>	<b>12,25</b>	<b>1,47</b>
Des. estándar	<b>1,00</b>	<b>0,63</b>	<b>4,25</b>	<b>0,94</b>	<b>0,50</b>	<b>0,11</b>	<b>0,13</b>	<b>1,67</b>	<b>0,23</b>

P-VALUE	0,0014	0,2324	0,0097	0,1289	0,0168	0,0021	0,1711	0,0557	0,0037
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	Concentración peso seco ( $\mu\text{g/g}$ )					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
43c	4,8	2,4	24,0	3,6	3,0	0,63	1,07	10,20	1,11
45c	4,0	1,6	22,9	4,2	2,8	0,51	0,91	13,64	1,18
47c	2,7	1,5	18,7	5,4	2,1	0,31	0,97	9,38	0,98
49c	1,7	1,5	19,1	2,5	1,7	0,26	0,59	7,80	0,65
51c	3,3	1,7	21,1	5,6	2,4	0,47	1,08	10,13	0,85
53c	2,9	1,8	24,2	3,7	2,7	0,37	1,09	11,68	1,23
55c	2,1	2,5	16,7	3,3	2,2	0,31	0,77	8,27	0,86
Promedio	<b>3,1</b>	<b>1,9</b>	<b>20,9</b>	<b>4,1</b>	<b>2,4</b>	<b>0,41</b>	<b>0,93</b>	<b>10,16</b>	<b>0,98</b>
Des. estándar	<b>1,06</b>	<b>0,42</b>	<b>2,91</b>	<b>1,12</b>	<b>0,44</b>	<b>0,13</b>	<b>0,19</b>	<b>2,01</b>	<b>0,21</b>

**Pulpas**

Libre Bitter pit	Concentración peso seco ( $\mu\text{g/g}$ )					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
30p	2,3	1,1	7,8	1,0	3,2	0,25	0,23	6,75	0,21
32p	1,9	1,1	8,9	1,6	3,4	0,27	0,34	7,47	0,24
34p	2,7	1,0	5,0	1,1	3,1	0,22	0,27	8,60	0,37
36p	3,4	0,9	7,9	1,5	3,3	0,22	0,29	7,71	0,31
38p	3,6	2,2	10,7	2,4	3,0	0,40	0,25	6,19	0,28
40p	2,5	1,0	6,8	0,8	3,3	0,23	0,20	7,65	0,29
42p	2,7	0,9	5,4	1,0	3,9	0,29	0,29	7,34	0,19
Promedio	<b>2,7</b>	<b>1,2</b>	<b>7,5</b>	<b>1,3</b>	<b>3,3</b>	<b>0,27</b>	<b>0,27</b>	<b>7,39</b>	<b>0,27</b>
Des. estándar	<b>0,58</b>	<b>0,47</b>	<b>1,98</b>	<b>0,53</b>	<b>0,30</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,76</b>	<b>0,06</b>

P-VALUE	0,0058	0,8993	0,7309	0,6140	0,0735	0,8577	0,7125	0,1641	0,6248
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	Concentración peso seco ( $\mu\text{g/g}$ )					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
44p	2,1	1,3	5,3	0,8	3,7	0,35	0,26	6,82	0,17
46p	2,1	1,8	9,1	2,1	3,7	0,36	0,22	7,82	0,21
48p	2,0	1,3	7,3	1,5	2,9	0,36	0,20	6,27	0,27
50p	1,9	0,8	9,6	0,8	2,0	0,21	0,25	5,86	0,22
52p	1,9	0,8	10,2	1,3	2,5	0,21	0,42	7,76	0,30
54p	2,1	1,0	6,4	0,8	2,2	0,27	0,26	6,77	0,29
56p	1,5	1,4	7,1	1,1	2,2	0,17	0,35	6,17	0,32
Promedio	<b>1,9</b>	<b>1,2</b>	<b>7,8</b>	<b>1,2</b>	<b>2,7</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>6,78</b>	<b>0,25</b>
Des. estándar	<b>0,22</b>	<b>0,35</b>	<b>1,80</b>	<b>0,46</b>	<b>0,71</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,77</b>	<b>0,05</b>

**Anexo 4**  
**Variedad: Fuji**

**Cascaras**

Libre Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
57c	2,5	1,4	13,8	5,2	2,2	0,40	0,74	6,76	0,85
59c	2,5	1,7	13,9	5,2	1,8	0,53	0,77	6,57	0,70
61c	2,5	1,8	18,7	7,8	2,0	0,47	0,90	6,35	0,64
63c	4,0	3,0	21,2	10,9	2,3	0,39	0,71	6,85	0,72
65c	2,3	1,9	19,4	6,3	2,0	0,84	0,77	5,20	0,56
67c	2,9	1,6	20,1	6,8	2,4	0,77	0,82	7,44	0,70
69c	2,3	1,5	17,9	5,7	2,0	0,48	0,79	5,58	0,53
Promedio	<b>2,7</b>	<b>1,8</b>	<b>17,9</b>	<b>6,9</b>	<b>2,1</b>	<b>0,55</b>	<b>0,79</b>	<b>6,39</b>	<b>0,67</b>
Des. estándar	<b>0,59</b>	<b>0,53</b>	<b>2,94</b>	<b>2,01</b>	<b>0,21</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,77</b>	<b>0,11</b>

P-VALUE	0,0033	0,6260	0,0435	0,8171	0,1562	0,0335	0,0003	0,0001	0,0488
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
71c	4,2	1,7	22,6	4,5	2,2	0,25	1,06	9,05	0,60
73c	6,8	1,7	25,7	4,4	2,6	0,35	1,00	11,41	0,95
75c	2,7	1,7	14,5	6,9	1,6	0,30	1,04	7,70	0,83
77c	6,0	2,8	24,0	9,9	3,0	0,44	1,21	10,88	1,07
79c	7,0	1,8	21,5	7,3	2,7	0,45	1,40	12,04	0,67
81c	7,7	2,7	23,7	9,3	3,1	0,53	1,42	13,20	0,99
83c	3,8	1,5	20,8	3,6	1,9	0,17	1,00	12,31	0,77
Promedio	<b>5,5</b>	<b>2,0</b>	<b>21,8</b>	<b>6,6</b>	<b>2,4</b>	<b>0,35</b>	<b>1,16</b>	<b>10,94</b>	<b>0,84</b>
Des. estándar	<b>1,90</b>	<b>0,52</b>	<b>2,05</b>	<b>2,48</b>	<b>0,55</b>	<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	<b>1,93</b>	<b>0,17</b>

**Pulpas**

Libre Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
58p	2,1	0,8	5,7	1,5	1,9	0,25	0,29	6,41	0,41
60p	2,7	1,0	7,5	1,1	2,5	0,29	0,25	6,72	0,38
62p	1,9	0,9	5,7	1,5	2,2	0,26	0,25	6,94	0,34
64p	2,5	0,8	7,5	1,6	2,7	0,33	0,24	7,01	0,34
66p	2,1	0,7	6,0	1,5	2,6	0,28	0,28	6,35	0,33
68p	2,1	0,8	7,8	2,3	2,9	0,29	0,29	6,92	0,27
70p	0,9	0,4	3,6	0,6	1,9	0,25	0,16	6,00	0,12
Promedio	<b>2,0</b>	<b>0,8</b>	<b>6,3</b>	<b>1,4</b>	<b>2,4</b>	<b>0,28</b>	<b>0,25</b>	<b>6,62</b>	<b>0,31</b>
Des. estándar	<b>0,57</b>	<b>0,20</b>	<b>1,46</b>	<b>0,52</b>	<b>0,41</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,38</b>	<b>0,10</b>

P-VALUE	0,7517	0,7365	0,0557	0,1170	0,2723	0,5555	0,0030	0,0022	0,7193
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	Concentración peso seco (µg/g)					Concentración peso seco (g/Kg)			
Muestra	Cu	Zn	Fe	Mn	Sr	Ca	Mg	K	P
72p	2,1	1,2	9,6	1,0	2,7	0,37	0,38	8,75	0,30
74p	2,7	0,8	7,4	0,8	3,0	0,28	0,31	10,06	0,40
76p	1,9	1,0	6,8	1,3	2,6	0,16	0,30	8,33	0,56
78p	3,3	0,9	6,8	1,4	2,6	0,26	0,33	8,70	0,01
80p	2,1	0,9	6,8	1,3	2,4	0,35	0,32	7,43	0,43
82p	2,1	1,0	9,0	1,0	3,0	0,25	0,38	11,33	0,38
84p	0,9	1,2	7,9	0,7	2,0	0,13	0,30	13,50	0,30
Promedio	<b>2,1</b>	<b>1,0</b>	<b>7,7</b>	<b>1,1</b>	<b>2,6</b>	<b>0,26</b>	<b>0,33</b>	<b>9,73</b>	<b>0,34</b>
Des. estándar	<b>0,74</b>	<b>0,17</b>	<b>1,13</b>	<b>0,27</b>	<b>0,35</b>	<b>0,09</b>	<b>0,03</b>	<b>2,09</b>	<b>0,17</b>

**Anexo 5**  
**Variedad: Fuji Royal (Relaciones binarias y terciarias)**

**Cascaras**

Libre Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
1c	0,63	7,21	2,80	2,16	5,04	2,33
3c	1,17	3,93	1,97	1,66	2,27	1,37
5c	0,95	5,56	1,98	2,20	3,36	1,52
7c	0,64	9,86	2,36	3,23	6,63	2,05
9c	1,02	4,44	2,13	1,74	2,70	1,55
11c	0,69	7,49	2,45	2,46	5,03	2,04
13c	0,71	7,42	2,36	2,51	4,92	1,96
Promedio	<b>0,83</b>	<b>6,56</b>	<b>2,29</b>	<b>2,28</b>	<b>4,28</b>	<b>1,83</b>
Des. estándar	<b>0,215</b>	<b>2,054</b>	<b>0,294</b>	<b>0,530</b>	<b>1,552</b>	<b>0,354</b>

P-VALUE	0,8292	0,0001	0,0252	0,0000	0,0025	0,2708
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
15c	0,66	10,56	2,20	3,61	6,95	1,92
17c	0,73	13,95	1,82	5,30	8,65	1,63
19c	0,67	14,37	1,97	5,17	9,20	1,78
21c	0,85	11,77	1,63	4,87	6,91	1,42
23c	0,60	14,75	2,21	4,90	9,85	2,01
25c	0,78	10,83	1,84	4,17	6,67	1,60
27c	1,33	10,55	1,07	5,59	4,96	0,89
Promedio	<b>0,80</b>	<b>12,40</b>	<b>1,82</b>	<b>4,80</b>	<b>7,60</b>	<b>1,61</b>
Des. estándar	<b>0,245</b>	<b>1,892</b>	<b>0,394</b>	<b>0,687</b>	<b>1,706</b>	<b>0,375</b>

**Pulpas**

Libre de Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
2p	0,19	17,22	8,44	1,93	15,29	7,92
4p	0,30	14,69	4,90	2,66	12,03	4,53
6p	0,26	17,39	5,45	2,85	14,54	5,10
8p	0,13	39,07	10,40	3,51	35,56	10,12
10p	0,26	14,01	6,28	2,06	11,95	5,80
12p	0,16	25,98	8,89	2,73	23,25	8,52
14p	0,17	18,59	9,29	1,90	16,68	8,76
Promedio	<b>0,21</b>	<b>20,99</b>	<b>7,66</b>	<b>2,52</b>	<b>18,47</b>	<b>7,25</b>
Des. estándar	<b>0,064</b>	<b>8,880</b>	<b>2,108</b>	<b>0,591</b>	<b>8,441</b>	<b>2,111</b>

P-VALUE	0,0416	0,0228	0,1965	0,0473	0,0240	0,1643
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada con Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
16p	0,16	26,02	8,58	2,82	23,20	8,22
18p	0,15	40,90	8,44	4,44	36,47	8,22
20p	0,17	36,03	7,47	4,37	31,66	7,24
22p	0,12	34,00	11,49	2,80	31,20	11,13
24p	0,14	33,92	9,51	3,32	30,59	9,21
26p	0,15	29,28	9,13	2,99	26,29	8,79
28p	0,18	22,19	8,01	2,57	19,61	7,62
Promedio	<b>0,15</b>	<b>31,76</b>	<b>8,95</b>	<b>3,33</b>	<b>28,43</b>	<b>8,63</b>
Des. estándar	<b>0,020</b>	<b>6,355</b>	<b>1,306</b>	<b>0,768</b>	<b>5,731</b>	<b>1,283</b>

## Anexo 6

## Variedad: Granny Smith (Relaciones binarias y terciarias)

## Cascaras

Libre Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
29c	0,36	12,42	4,32	2,52	9,90	3,93
31c	0,43	10,72	3,68	2,50	8,22	3,28
33c	0,32	18,96	4,23	3,82	15,14	3,97
35c	0,45	12,62	3,23	3,22	9,40	2,92
37c	0,42	8,44	4,25	1,80	6,64	3,69
39c	0,32	14,00	4,67	2,65	11,35	4,29
41c	0,42	10,59	3,78	2,42	8,16	3,37
Promedio	<b>0,39</b>	<b>12,53</b>	<b>4,02</b>	<b>2,70</b>	<b>9,83</b>	<b>3,64</b>
Des. estándar	<b>0,054</b>	<b>3,349</b>	<b>0,482</b>	<b>0,642</b>	<b>2,777</b>	<b>0,471</b>

P-VALUE	0,6527	0,0230	0,3934	0,0129	0,0343	0,6082
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
43c	0,46	11,09	3,33	2,79	8,30	2,97
45c	0,29	16,66	4,99	2,95	13,71	4,65
47c	0,40	20,69	3,19	5,17	15,52	3,00
49c	0,31	19,13	4,37	3,75	15,38	4,11
51c	0,43	14,83	3,19	3,78	11,05	2,92
53c	0,36	21,03	3,55	4,84	16,19	3,34
55c	0,37	17,78	3,58	4,10	13,68	3,33
Promedio	<b>0,37</b>	<b>17,32</b>	<b>3,74</b>	<b>3,91</b>	<b>13,40</b>	<b>3,48</b>
Des. estándar	<b>0,062</b>	<b>3,513</b>	<b>0,683</b>	<b>0,888</b>	<b>2,825</b>	<b>0,659</b>

## Pulpas

Libre Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
30p	0,18	15,18	9,80	1,50	13,68	9,14
32p	0,22	16,25	7,35	2,07	14,19	6,87
34p	0,15	21,77	10,44	1,99	19,78	9,94
36p	0,17	20,35	8,84	2,17	18,18	8,38
38p	0,25	9,08	8,67	1,04	8,04	7,71
40p	0,14	18,52	12,35	1,46	17,06	11,66
42p	0,20	14,64	8,46	1,65	12,99	7,85
Promedio	<b>0,19</b>	<b>16,54</b>	<b>9,42</b>	<b>1,70</b>	<b>14,85</b>	<b>8,79</b>
Des. estándar	<b>0,038</b>	<b>4,223</b>	<b>1,624</b>	<b>0,402</b>	<b>3,915</b>	<b>1,611</b>

P-VALUE	0,1785	0,6606	0,4815	0,6250	0,5428	0,4194
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
44p	0,22	11,34	8,83	1,26	10,08	8,03
46p	0,18	12,21	12,29	0,99	11,21	11,28
48p	0,21	9,90	10,98	0,91	8,99	9,88
50p	0,21	16,38	7,76	1,99	14,40	7,25
52p	0,22	22,23	6,11	3,26	18,96	5,81
54p	0,20	14,49	8,56	1,62	12,87	7,95
56p	0,23	21,55	5,85	3,29	18,26	5,55
Promedio	<b>0,21</b>	<b>15,44</b>	<b>8,63</b>	<b>1,90</b>	<b>13,54</b>	<b>7,96</b>
Des. estándar	<b>0,017</b>	<b>4,523</b>	<b>2,195</b>	<b>0,933</b>	<b>3,605</b>	<b>1,914</b>

**Anexo 7**  
**Variedad: Fuji (Relaciones binarias y terciarias)**

**Cascaras**

Libre Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
57c	0,47	11,62	3,19	3,01	8,61	2,86
59c	0,54	8,77	3,05	2,41	6,36	2,64
61c	0,60	10,18	2,50	3,19	6,99	2,19
63c	0,44	11,99	3,35	2,99	9,01	3,02
65c	0,80	4,67	2,75	1,51	3,16	2,09
67c	0,56	6,72	3,40	1,75	4,96	2,83
69c	0,62	8,71	2,56	2,73	5,98	2,19
Promedio	<b>0,57</b>	<b>8,95</b>	<b>2,97</b>	<b>2,51</b>	<b>6,44</b>	<b>2,54</b>
Des. estándar	<b>0,117</b>	<b>2,625</b>	<b>0,369</b>	<b>0,655</b>	<b>2,032</b>	<b>0,380</b>

P-VALUE	0,0087	0,0000	0,4809	0,0001	0,0000	0,1281
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
71c	0,43	26,00	2,78	7,13	18,87	2,64
73c	0,34	21,42	3,77	4,70	16,72	3,56
75c	0,51	19,07	2,48	5,77	13,30	2,30
77c	0,44	17,28	3,01	4,55	12,73	2,79
79c	0,45	18,66	2,88	5,07	13,59	2,68
81c	0,42	17,18	3,12	4,41	12,77	2,89
83c	0,32	20,43	4,05	4,25	16,18	3,81
Promedio	<b>0,42</b>	<b>20,00</b>	<b>3,16</b>	<b>5,13</b>	<b>14,88</b>	<b>2,96</b>
Des. estándar	<b>0,064</b>	<b>3,061</b>	<b>0,558</b>	<b>1,020</b>	<b>2,389</b>	<b>0,535</b>

**Pulpas**

Libre Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
58p	0,22	14,76	7,51	1,85	12,91	6,97
60p	0,20	13,46	9,02	1,44	12,02	8,33
62p	0,19	15,10	9,26	1,57	13,53	8,62
64p	0,20	11,95	9,78	1,20	10,75	8,95
66p	0,23	13,25	7,79	1,62	11,63	7,17
68p	0,22	13,88	8,02	1,65	12,23	7,42
70p	0,17	13,14	12,96	1,01	12,13	11,97
Promedio	<b>0,20</b>	<b>13,65</b>	<b>9,19</b>	<b>1,48</b>	<b>12,17</b>	<b>8,49</b>
Des. estándar	<b>0,021</b>	<b>1,057</b>	<b>1,859</b>	<b>0,286</b>	<b>0,887</b>	<b>1,712</b>

P-VALUE	0,0639	0,0121	0,4117	0,0450	0,0124	0,3442
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Afectada Bitter pit	miliequivalentes / 100g					
Muestra	(Ca + Mg) / K	(Mg + K)/Ca	(Ca + K)/Mg	Mg/Ca	K/Ca	K/Mg
72p	0,22	13,80	8,10	1,63	12,18	7,49
74p	0,15	20,43	11,08	1,77	18,65	10,51
76p	0,15	29,65	9,35	2,96	26,69	9,02
78p	0,17	19,15	9,10	1,99	17,16	8,60
80p	0,23	12,26	8,21	1,44	10,82	7,51
82p	0,14	25,79	10,28	2,38	23,42	9,86
84p	0,11	26,43	15,06	1,71	24,72	14,48
Promedio	<b>0,17</b>	<b>21,07</b>	<b>10,17</b>	<b>1,98</b>	<b>19,09</b>	<b>9,64</b>
Des. estándar	<b>0,042</b>	<b>6,573</b>	<b>2,405</b>	<b>0,525</b>	<b>6,169</b>	<b>2,409</b>