

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DE FRUTOS DE
GRANADO CV. WONDERFUL PROVENIENTES DE TRES REGIONES DE
CHILE**

INÉS ALEJANDRA CEA PAVEZ

Santiago, Chile

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TITULO

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DE FRUTOS DE
GRANADO CV. WONDERFUL PROVENIENTES DE TRES REGIONES DE
CHILE**

**PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERIZATION OF
POMEGRANATE CV. WONDERFUL FRUIT FROM THREE REGIONS OF
CHILE**

INÉS ALEJANDRA CEA PAVEZ

Santiago, Chile

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DE FRUTOS DE GRANADO CV. WONDERFUL PROVENIENTES DE TRES REGIONES DE CHILE

Memoria para optar al título profesional de Ingeniera Agrónoma
Mención Agroindustria

INÉS ALEJANDRA CEA PAVEZ

PROFESORES GUÍAS	Calificaciones
Elena Sepúlveda E. Ingeniero Agrónomo	6,5
Carmen Sáenz H. Químico Farmacéutico, Dr.	6,8
PROFESORES EVALUADORES	
Hugo Nuñez K. Ingeniero Agrónomo, Mg. Cs.	7,0
Roberto González R. Ingeniero Agrónomo. M.S. Ph.D.	5,3

Santiago, Chile

2011

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las personas que me ayudaron a desarrollar este trabajo desde la cosecha de la fruta hasta la última corrección de la memoria. En orden de aparición: a Francisco Alfaro, a mis compañeros de cosecha (Sebastián, Giannina y David), de laboratorio a Tamara Gorena y Mariela Labbé por su gran apoyo y a mis profesoras Guía por su aporte fundamental y disposición permanente.

Dedico este trabajo a mi madre...

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
Palabras clave	3
ABSTRACT	4
Key words.....	4
INTRODUCCIÓN	5
Hipótesis.....	7
Objetivos	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
Lugar del estudio	8
Materiales	8
Metodología.....	9
Caracterización de los frutos	10
Caracterización externa de los frutos	10
Caracterización interna de los frutos	10
Caracterización del jugo	11
Caracterización física del jugo	11
Caracterización química del jugo	11
Análisis sensorial de los arilos	13
Análisis estadístico	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Caracterización de los frutos	14
Caracterización externa de los frutos	14

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Caracterización interna de los frutos	17
Caracterización del jugo	19
Caracterización física del jugo	19
Caracterización química del jugo	20
Caracterización fenólica del jugo	22
Capacidad antioxidante	26
Caracterización sensorial de los arilos	28
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31
ANEXOS	35
APÉNDICES	42

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

RESUMEN

Actualmente en Chile la producción de granado se encuentra en aumento, siendo la variedad Wonderful, la más cultivada. La mayor superficie se ubica en la zona norte del país.

Este trabajo tuvo como objetivos caracterizar física, química y sensorialmente frutos de granado de la variedad Wonderful, provenientes de tres zonas de cultivo y evaluar el efecto de la zona de cultivo en las características del fruto. La fruta provino de tres regiones de Chile: III Región (localidad de Copiapó), IV Región (localidad de Cerrillos de Tamaya) y Región Metropolitana (localidad de Huechún).

El peso de los frutos de las localidades estudiadas varió entre 280 y 520 g. Los frutos de las regiones IV y RM presentaron tamaño grande y los de la III región, tamaño muy grande. El color externo, correspondió a Rojo y Rojo intenso, para las regiones III y IV y Amarillo rojizo a Rojo intenso para la Región Metropolitana. El rendimiento promedio de arilos en las tres localidades correspondió a un 40% respecto a peso de fruto entero. El rendimiento de jugo fluctuó entre 58 y 64,7 mL de jugo/100 g arilos, encontrándose los mayores valores en los frutos de la III región. Sin embargo, el rendimiento calculado en base a 100 g de fruta presentó valores similares entre las regiones en torno al 25%.

Los valores encontrados en sólidos solubles variaron entre 15 y 16 °Brix y la acidez entre 1 y 1,9 g/100mL. El contenido de fenoles totales varió entre 0,9 y 1,9 g EAG/L y antocianos totales entre 0,3 y 0,9 g por litro, siendo ambos más altos en la IV Región. En relación a la capacidad antioxidante de los jugos se encontró valores de TEAC entre 2,7 y 5,7; presentándose una mayor capacidad antioxidante en los jugos obtenidos de fruta de la III Región.

Los resultados indican que la zona de cultivo tiene un marcado efecto en el contenido de compuestos fenólicos, principalmente en el de antocianos.

Palabras claves

Punica granatum, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, condiciones climáticas.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERIZATION OF POMEGRANATE CV. WONDERFUL FRUIT FROM THREE REGIONS OF CHILE

ABSTRACT

Nowadays, in Chile the production of pomegranate has increased, being the Wonderful variety, the most important. The main production area is located in the northern region of the country.

The aim of this study was to determine the physical, chemical and sensory characteristics of the pomegranate fruit cv. Wonderful grown in three different production areas, in order to evaluate the effect of the growing area in the fruit characteristics. The fruit comes from three regions of Chile: Third Region (locality of Copiapó), Fourth Region (locality of Cerrillos de Tamaya) and Metropolitan Region (locality of Huechún).

The fruits weight varied between 280 and 520 g. The fruits of the fourth and the Metropolitan region showed Large size and those of the third region, Very large size. The external color ranged between to Red to Dark-red, for the fruits from the third and fourth regions and Reddish-yellow to Dark-red for the fruits from the Metropolitan Region. The average yield of the arils in the three regions was 40% respect to the whole fruit. Juice yield ranged between 58 and 64.7 mL/100g arils, being the highest values in the fruits of the third region. However, the yield calculated on the based 100 g of fruit showed similar values between the three regions, close to 25%.

The values of soluble solids ranged between 15 and 16 °Brix and the acidity between 1 and 1.9g/100mL. The total phenolic content varied between 0.9 and 1.9 g GAE/L, total anthocyanins between 0.3 and 0.9 g per liter, being both higher in the IV region. The antioxidant capacity of the juices was between 2.7 and 5.7 TEAC, being higher in the fruit juice obtained from the third Region.

The results show that the grown areas have a marked effect in the content of phenolics compounds, mainly in the anthocyanins.

Key works

Punica granatum, phenolic compounds, antioxidant capacity, climatic conditions.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

INTRODUCCIÓN

En las regiones áridas y semiáridas de Chile se hace necesario aumentar la eficiencia del uso del agua, siendo recomendable la introducción de especies vegetales, de baja demanda hídrica y perspectivas superiores, en términos de rentabilidad y mercado, que las especies actualmente cultivadas.

El granado presenta una demanda hídrica que puede representar desde un tercio a la mitad de aquella que muestran los cultivos actualmente establecidos en las zonas áridas y semiáridas, resistiendo periodos de sequía más prolongados (De Palma y Novello, 1995).

La superficie plantada de granados, según datos obtenidos a partir del último censo agropecuario, es de 250 hectáreas (CHILE, INE, 2007). Encontrándose la máxima superficie cultivada en la IV Región, con cerca de un 80% de la producción, también se encuentran huertos en producción en la I, III y XV Regiones.

Entre las frutas, la granada se destaca por su contenido de compuestos bioactivos, principalmente polifenoles y antocianos, los que tienen efectos benéficos para la salud, debido a su alto nivel de capacidad antioxidante. Por esta razón, ha aumentado en los últimos años el consumo de este fruto y productos derivados, siendo el jugo la forma más popular (Gorena et al., 2010). Además actualmente sus frutos y productos derivados presentan precios competitivos y alta demanda en los mercados internacionales, como Europa, Asia menor y Estados Unidos, donde la fruta tiene una gran acogida, tanto fresca como procesada, por lo que también podría constituir una opción para la diversificación de la producción frutícola de Chile (Aguirre, 2000).

La variedad “Wonderful” es muy conocida a nivel mundial y es la más cultivada en Chile; presenta un fruto grande, rojo, con apariencia brillante, su grosor de piel es moderado, con arilos pequeños de color rojo oscuro, además posee un alto contenido de sólidos solubles, ácidos orgánicos y antocianos (Sepúlveda *et al.*, 2000).

Al fruto botánicamente se le denomina balausta, es esférico y de piel gruesa, de 7 a 15 cm de diámetro, de color rojo, rosado, amarillo o verde externamente. La balausta es de consistencia carnosas y está coronada en la base con el cáliz, que es persistente (Prat y Botti, 2002); está compuesta por las semillas, que corresponden a alrededor del 3% del peso del fruto; el jugo de los arilos, que representa el 30% y el pericarpio que equivale al 67%, incluyendo las membranas externas (Lansky y Newman, 2007). La porción comestible del fruto de forma similar a un grano de maíz consiste en una envoltura carnosas de la semilla, denominada arilo, transparente y jugosa; puede tener un color rojo, rosado o blanquecino; el arilo también presenta un tegumento interno denominado piñón (Sudzuki, 1993).

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

La granada, es un fruto de baja tasa respiratoria, del tipo no-climatérico, de modo que las características como sólidos solubles, azúcares totales, acidez, contenido fenólico y antocianico son dependientes de la madurez del fruto. Sin embargo, estas características también dependen de la variedad y localización geográfica (Gil *et al.*, 1995).

La granada es una importante fuente de elementos bioactivos; siendo los polifenoles el grupo principal dentro de estos compuestos. En el jugo de granada fresco, se encuentran importantes cantidades de ácido eláxico, ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido cumárico, ácido ferúlico y catequinas (Poyrazoglu *et al.*, 2002).

Por otra parte, existen varios estudios que demuestran la importante capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos, especialmente los flavonoides, los cuales pueden prevenir diversas enfermedades cardiovasculares, cancerígenas y neurológicas (Kuskoski *et al.*, 2004). Estudios comparativos, realizados con otros alimentos y bebidas popularmente conocidos y ricos en antioxidantes naturales, muestran al jugo de granada como el producto con mayor capacidad antioxidante, tres veces más alta que el vino tinto y el té verde (Gil *et al.*, 2000).

El color del jugo de granada depende de la concentración de antocianos y del tipo de éstos (Gil *et al.*, 1995). Los antocianos son el grupo de pigmentos visibles por el ojo humano, más importantes después de la clorofila (Delgado-Vargas *et al.*, 2000). Los antocianos responsables de la coloración de la granada han sido aislados y se han identificado delfinidina 3-glucósido, delfinidina 3,5-diglucósido, cianidina 3-glucósido, cianidina 3,5-diglucósido, pelargonidina 3-glucósido y pelargonidina 3,5-diglucósido (Alighourchi *et al.*, 2008).

Estudios efectuados en granada por Gil *et al.* (1995) indican que la variedad, la etapa de maduración y la región de cultivo mantienen bastante estable el perfil de antocianinas, pero las cantidades relativas de los pigmentos antocianos presentes en la fruta, se ven afectados.

Sin embargo son escasos los trabajos publicados referentes a la influencia de las condiciones climáticas de la zona de cultivo sobre las características de los frutos de granado.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Hipótesis

Existen diferencias en las características físicas y de composición química en el fruto del granado de una misma variedad, dependiendo de la zona de cultivo.

Objetivos

- Caracterizar física, química y sensorialmente frutos de granado de la variedad “Wonderful”, provenientes de tres zonas de cultivo.
- Evaluar el efecto de la zona de cultivo en las características del fruto.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El trabajo experimental de la investigación, correspondiente a la caracterización y análisis de los frutos, se llevó a cabo en laboratorios del Departamento de Agroindustria y Enología, ubicados en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Esta memoria forma parte del Proyecto INNOVA-CORFO N° 07CT9PZT-32: “Desarrollo y elaboración de alimentos funcionales en base a frutos de granado, cultivados en las zonas áridas y semiáridas de Chile”.

Materiales

Se utilizó fruta de granado de la variedad “Wonderful”, proveniente de tres regiones del país (III, IV y Región Metropolitana), de la temporada 2009.

Las condiciones agronómicas de los huertos en que se extrajeron frutos para su posterior análisis se detallan a continuación:

Huerto ubicado en Copiapó, III región cuyas coordenadas geográficas corresponden a 27° S 70° O, plantado en 1996, con un marco de plantación de 5,25 x 3,5 metros y sistema de formación libre. El tamaño promedio de las plantas corresponde a un Área de sección transversal del tronco (ASTT) de 167,4 cm². Sistema de riego por goteo de una línea con aproximadamente 7500 m³/anual. El rendimiento promedio fue de 20 t/ha.

La fertilización de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) correspondió a 80, 20 y 40 unidades.

La textura de suelo corresponde a franco arenosa a arenosa.

Huertos ubicado en la localidad de Cerrillos de Tamaya, IV región (30° 36' S y 71° 12' O), plantado en 1998, con un marco de plantación de 6,3 x 4 metros, (ASTT= 162,37 cm²), el sistema de formación es en copa abierta, sin tutor. El riego se realiza por goteo con aproximadamente 5500 m³/anual. El rendimiento promedio fue de 30,6 t/ha.

La fertilización realizada fue de 80, 9 y 40 unidades de N, P, K.

La textura de suelo es arcilloso de la serie San Julián.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Huerto ubicado en la localidad de Huechún, Región Metropolitana ($33^{\circ} 5'0,15''S$ $70^{\circ}45'14,14''O$), el cual fue plantado en el año 2004, con un marco de plantación de 3 x 5 metros (ASTT $81,4 \text{ cm}^2$), formado en vaso con tutores, regado por sistema de riego por goteo con un caudal anual de 7790 m^3 . El rendimiento promedio fue de $11,1 \text{ t/ha}$.

La fertilización realizada fue de 74, 15 y 40 unidades de N, P, K.

La textura de suelo corresponde a franco arenoso a arenoso.

El manejo de poda y raleo en los tres huertos fue equivalente, las labores que se realizaron correspondieron a:

Poda de invierno: Despeje de zona basal, eliminación de ramas cercanas al suelo. Renovación de madera poco productiva según ángulos de inclinación. Ramas excesivamente dobladas por cargas altas son eliminadas.

Poda de verano: Eliminación de brotes centrales de la copa promoviendo iluminación de fruta interior.

Raleo: Eliminación de los frutos del tercio superior de la canopia y frutos dobles.

Metodología

El diseño de experimentos fue totalmente al azar con 3 tratamientos (regiones) y 4 repeticiones (4 plantas representativas del huerto).

La unidad experimental para la caracterización física correspondió a 20 frutos por cada repetición; para la caracterización química se utilizó el jugo obtenido de una muestra compuesta de arilos de 15 frutos por repetición, y para la evaluación sensorial una mezcla compuesta de arilos, obtenidos de 5 frutos por repetición.

Para la cosecha de los frutos se extrajo fruta al azar de la parte superior, intracanoia y de ambos lados de entre hilera.

El parámetro de madurez utilizado fue el color externo (80% de color rojo de cubrimiento). La fruta cosechada se seleccionó de acuerdo a criterios comerciales, descartando la fruta con daño mecánico e imperfecciones y se transportó vía terrestre, en bandejas plásticas desde las distintas localidades hasta el Centro de Estudios de Postcosecha (CEPOC), donde se mantuvo refrigerada a 5°C y 95% de humedad, durante el periodo de análisis.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Caracterización de los frutos

Caracterización externa de los frutos

Se realizaron las mediciones a las siguientes variables de acuerdo a los Descriptores de Mars (1995), modificados por Melgarejo *et al.* (1996):

- Forma de fruto (base, ápice y cáliz)
- Peso del fruto (g)
- Diámetro (mm)
- Grosor de la corteza (mm)
- Color externo: se realizó una determinación visual mediante los Descriptores de Mars y una medición instrumental con Colorímetro Minolta modelo CR 200b (Japón), con iluminante D₆₅, se midieron los parámetros de color L, a* y b*. Además se calculó el croma (C*) y tono (h°) de acuerdo a las formulas descritas por McGuire (1992).

Caracterización interna de los frutos

Se realizaron las mediciones a las siguientes variables de acuerdo a los Descriptores de Mars (1995), modificados por Melgarejo *et al.* (1996):

- Adherencia de arilos a cáscara y endocarpio
- Color de los arilos
- Tamaño de los arilos; largo y ancho (mm).

Además se analizaron los siguientes parámetros:

- Peso de arilos (g), para calcular rendimiento
- Susceptibilidad al pardeamiento: mediante observación del color de los arilos luego de 0, 8, 24 y 48 horas a temperatura de refrigeración (4 a 5°C) y recuento del número arilos pardeados. Se expresó como porcentaje de arilos pardeados.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Caracterización del jugo

El jugo se obtuvo de una muestra compuesta de arilos por repetición con un extractor Moulinex, modelo T1 40-02 (Francia), separando los piñones del jugo, finalmente se almacenó en botellas de vidrio opaco y se congeló a -20 °C hasta el momento de efectuar los análisis.

Caracterización física del jugo

- Rendimiento de jugo: se calculó en relación al peso de los arilos y se expresó en mL/100 g arilos y en mL/100g de fruta.

- Color del jugo: Se midió mediante un colorímetro triestímulo portátil Minolta, modelo CR 200b (Japón), con iluminante D₆₅, se midieron los parámetros de color L, a* y b* en una cubeta de cuarzo. Además se calcularon croma (C*) y tono (h°) de acuerdo a las formulas descritas por McGuire (1992).

Caracterización química del jugo

- Acidez, pH y sólidos solubles (SS): se determinaron de acuerdo a los métodos de la AOAC (1990), obteniéndose además la relación SS/acidez.

Para la determinación de los parámetros indicados a continuación se realizó una preparación previa de las muestras, la que consistió en la centrifugación del jugo a 2940 g, por 45 minutos, en una centrífuga Hettich, modelo Universal 320R (Alemania), luego se filtró por membranas de celulosa Millipore de 0,45µm.

- Determinación de polifenoles totales: los compuestos fenólicos se cuantificaron mediante el índice de Folin-Ciocalteu, a través del método de Singleton y Rossi (1965) (Anexo II). Los resultados se expresaron como mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por litro de jugo.

La absorbancia de las muestras se midió a 765 nm en un espectrofotómetro UV/VIS PG Instruments, modelo T70 (Reino Unido); las mediciones se realizaron por triplicado. La cuantificación de fenoles totales se calculó con la curva de calibración expresada con la ecuación 1 en la que se utilizó ácido gálico.

$$\text{Polifenoles totales (mgEAG L}^{-1}\text{)} = \text{absorbancia}/0,0011 \quad (\text{Ecuación 1})$$

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

$$R^2=0,9922$$

- Determinación de antocianos totales: los antocianos totales se cuantificaron según lo descrito por Ribereau-Gayon y Stonestreet (1965) (Anexo III), los resultados se expresaron como mg de antocianos totales por litro de jugo.

La absorbancia de las muestras se midió a 520 nm, en un espectrofotómetro UV/VIS PG Instruments, modelo T70 (Reino Unido); las mediciones se realizaron por triplicado; la curva de calibración utilizada corresponde a la establecida por Ribereau-Gayon y Stonestreet (1965), expresada con la ecuación 2.

$$\text{Antocianos (mg antocianos totales } L^{-1}) = 865 * \text{absorbancia} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Determinación de taninos totales: los taninos presentes en el jugo se cuantificaron mediante la reacción de Bate-Smith (Ribereau-Gayon y Stonestreet, 1966) (Anexo IV).

La absorbancia de las muestras se midió a 550 nm, en un espectrofotómetro UV/VIS PG Instruments, modelo T70 (Reino Unido); las mediciones se realizaron por triplicado.

Para la cuantificación se calculó la diferencia de densidad óptica (DO) obtenida y se utilizó la ecuación 3.

$$\text{Taninos totales (g } L^{-1} \text{ procianidina) = diferencia DO * 19,33} \quad (\text{Ecuación 3})$$

- Matiz: el matiz o tonalidad se midió de acuerdo a la ecuación 4 expresada por Sudraud (1958). Representa la proporción de color amarillo en relación al rojo.

$$T = A_{420}/A_{520} \quad (\text{Ecuación 4})$$

- Intensidad colorante: la intensidad colorante se calculó utilizando la ecuación 5 (Glories, 1984).

$$IC = A_{420} + A_{520} + A_{620} \quad (\text{Ecuación 5})$$

- Identificación de antocianinas: Se identificaron mediante cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), con un cromatógrafo Merck-Hitachi, provisto de una bomba modelo L-6200, con un inyector automático, modelo L-7200, un detector de arreglo de fotodiodos alineados (DAD), modelo L-7455 y una columna LiChrospher 250-4 RP-18 de 4,6 mm de diámetro interno por 250 mm de largo. El volumen de inyección correspondió a 150 μ L, la identificación se realizó a una longitud de onda de 520 nm. La muestra se inyectó directamente luego de filtrado el jugo. Se realizó una medición por tratamiento. (Anexo V)

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

- Actividad antioxidante: Se determinó mediante el método de Brand-Williams *et al* (1995) (Anexo VI), que utiliza el radical 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Como antioxidante estándar se utilizó Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), ambos obtenidos de Sigma Chemical Co. (Estados Unidos).

La absorbancia de las muestras se midió a 517 nm, en un espectrofotómetro UV/VIS PG Instruments, modelo T70 (Reino Unido); las mediciones se realizaron por triplicado.

Análisis sensorial de los arilos

Se realizó una evaluación sensorial a los arilos por repetición, en la que se evaluó características de calidad y aceptabilidad de los arilos.

- Calidad (acidez, dulzor, amargor, astringencia y color) en arilos y dureza del piñón: mediante 12 panelistas entrenados, a través de una pauta no estructurada de 15 cm (Anexo VIII).

- Aceptabilidad: mediante el uso de una pauta no estructurada con 24 panelistas no entrenados, en representación del consumidor común (Anexo VII).

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron por Análisis de varianza, (ANDEVA). Al existir diferencias significativas entre las muestras se aplicó la prueba de rango múltiple de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Las variables no paramétricas se agruparon por categorías y se presentaron como distribución de frecuencia.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los frutos

Al fruto se le denomina balausta tiene forma esférica de 7 a 15 cm de diámetro, de color rojo, rosado, amarillo o verde externamente. La balausta es de consistencia carnosa y está coronada en la base con el cáliz, que es persistente (Prat y Botti, 2002).

Caracterización externa de los frutos

Forma de los frutos

Las principales formas de los frutos en las tres localidades corresponden a esferoide y oblato (forma achatada en los polos); la sumatoria de estas formas corresponde a un valor mayor o igual a un 80% en las tres localidades. Los detalles de las distintas formas se presentan en el Apéndice I, Cuadro 19.

Forma de la base

Las principales formas de la base encontradas en las distintas localidades corresponden a convexa y de base abierta; la sumatoria de estas dos formas presenta los valores 66,3%, 82,5% y 96,25%, para las localidades de Cerrillos de Tamaya, Huechún y Copiapó respectivamente (Apéndice I, Cuadro 20).

Forma de ápice

La forma de ápice truncada corresponde a la principal forma encontrada en las tres localidades, los valores varían entre 50 y 60% de los frutos para todas las localidades analizadas (Apéndice I, Cuadro 21).

Forma de cáliz

Las formas de cáliz de sépalos rectos y divergentes correspondieron a las mayormente encontradas en las localidades de Huechún y Cerrillos de Tamaya con valores de 60 y 78,75 % respectivamente, a diferencia de la localidad de Copiapó en donde se encontró principalmente las formas de cáliz cerrado, de sépalos rectos y convergentes (Apéndice I, Cuadro 22).

Comparando los distintos resultados obtenidos, a nivel general, en la forma del fruto no se presentan grandes cambios dependiendo de la zona de cultivo de los frutos analizados.

Peso del fruto

En el Cuadro 1 se presenta el peso promedio de los frutos, los valores encontrados presentan grandes diferencias, siendo la localidad de Copiapó la que ostenta frutos de mayor peso, significativamente superiores a los de las localidades de Huechún y Cerrillos

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

de Tamaya; a su vez, los frutos provenientes de la localidad de Huechún presentaron pesos significativamente mayores a los frutos de Cerrillos de Tamaya.

De acuerdo a los Descriptores de Mars (1995), según el peso promedio los frutos se pueden clasificar como: frutos de tamaño grande (225-375 g) para las regiones IV y RM y muy grandes para los de la III región (> 375 g).

Aguirre (2000), observó en frutos de la variedad Wonderful provenientes de la IV región, un peso promedio de 253,1 g valor similar a los encontrados en la localidad de Cerrillos de Tamaya, pero menor que los encontrados en las regiones III y RM.

Actualmente en Chile la empresa Unifrutti, que exporta frutos de granada de la variedad Wonderful, obtiene pesos promedio heterogéneos de fruto que fluctúan entre 210 hasta frutos con pesos superiores a 600 gramos (Anexo IX).

A nivel comercial, entre otras características, el fruto máspreciado es aquel de mayor peso, por lo tanto, la fruta que alcanza mayor tamaño puede obtener el mejor precio (Sudzuki, 1993).

Diámetro ecuatorial del fruto

En el Cuadro 1 se observan los valores promedio del diámetro de los frutos de las distintas localidades, siendo también los frutos provenientes de la localidad de Copiapó los que presentaron un tamaño significativamente superior a las otras localidades estudiadas.

Un valor similar a los frutos provenientes de la localidad de Cerrillos de Tamaya encontró Aguirre (2000), en un estudio realizado en frutos de la variedad Wonderful provenientes de la IV región, en el que determinó un diámetro ecuatorial promedio de 80,6 mm.

Cuadro 1. Peso de fruto, diámetro y grosor de corteza.

Localidad	Peso de fruto	Diámetro	Grosor de corteza
	(g)		(mm)
Copiapó (III)	520,5 ± 79,4 c	93,4 ± 5,0 c	3,7 ± 0,4
Cerrillos de Tamaya (IV)	279,4 ± 11,3 a	78,0 ± 1,1 a	2,9 ± 0,2
Huechún (RM)	369,8 ± 1,9 b	85,3 ± 2,6 b	2,5 ± 0,5

Valores expresados como media ± DS

a, b, c; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

Grosor de la corteza

En el Cuadro 1 se presentan los valores de grosor de corteza para las tres localidades, en esta variable no se encontraron diferencias significativas.

La medición del grosor de la cáscara es una de las variables útiles para una caracterización inicial sobre la calidad de las granadas, dado que puede ocurrir que un genotipo posea

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

frutos muy grandes con una cáscara gruesa que va en desmedro del tamaño de la parte comestible o, también, puede darse la situación inversa (Melgarejo *et al.*, 1998).

En las variables analizadas relacionadas con peso y tamaño de los frutos provenientes de las distintas localidades, se encontraron diferencias significativas; sin embargo, es importante destacar que dentro de los factores que influyen en el tamaño de los frutos están los relacionados con la carga frutal del árbol, lo que está directamente relacionado con el marco de plantación, el tamaño de las plantas y el manejo agronómico del huerto, además de los factores climáticos incidentes en las distintas zonas de cultivo. Glozer y Ferguson, (2008) mencionan que, en granados, un exceso de fruta en el árbol puede debilitarlo y causar pocos brotes, dando lugar a una cosecha menor para la siguiente temporada. Además, recomiendan eliminar frutos pequeños, con daños o enfermedades para distanciarlos y así lograr un mayor tamaño promedio. De acuerdo a lo anteriormente señalado es posible concluir que las diferencias encontradas en las distintas variables relacionadas al calibre de los frutos no pueden atribuirse a la localidad de cultivo directamente.

Color externo

Según el color visual externo los descriptores de Mars (1995) clasifican a los frutos de granado en 7 tipos (Apéndice II, Cuadro 23), en este estudio los frutos de las regiones III y IV presentaron mayoritariamente los colores Rojo y Rojo intenso, mientras que los frutos provenientes de la RM presentaron frutos de colores entre Amarillo rojizo a Rojo intenso. Esta diferencia no pudo encontrarse al comparar el color externo instrumental de los frutos

Sudzuki (1993), menciona que el color de la epidermis no es un índice seguro para detectar madurez en el fruto, ya que en muchas variedades no se relaciona el color de la epidermis con la concentración de sólidos solubles. Esto coincide con lo expresado por Mohan Kumar (1990), Que indica la necesidad de utilizar además del color externo del fruto, un segundo criterio de cosecha, el cual sería la concentración de sólidos solubles.

En el Cuadro 2 se observa el color instrumental externo de los frutos, donde a pesar de presentarse un valor menor de a^* (menos rojo) en la localidad de Huechún, no se encontraron diferencias significativas. Se observan diferencias significativas sólo en la variable luminosidad (L). Los valores más altos se presentaron en la localidad de Cerrillos de Tamaya.

Cuadro 2. Color instrumental externo de fruto

Localidad	Color de fruto				
	L	a^*	b^*	C^*	h°
Copiapó (III)	45,3 ± 1,8 a	51,0 ± 1,6	22,3 ± 1,9	55,8 ± 2,2	23,6 ± 1,3
Cerrillos de Tamaya (IV)	48,3 ± 1,1 b	48,2 ± 2,8	23,5 ± 0,4	53,7 ± 2,5	26,3 ± 2,4
Huechún (RM)	44,4 ± 1,3 a	47,1 ± 3,1	21,2 ± 1,5	51,7 ± 3,4	24,3 ± 0,5

Valores expresados como media ± DS

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

a, b; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

Es importante señalar que existe una gran variabilidad en el color externo de los frutos en las distintas caras, presentando un color base o de fondo amarillo, además de un color de cubrimiento o sobre color rojo, es por esto que las mediciones se realizaron en las distintas caras y se calculó un color promedio por fruto.

En un estudio realizado por Aguirre (2000), en la variedad Wonderful, se encontraron valores para a^* de 39,97 y para b^* 19,26, ambos valores menores que los encontrados en los frutos de todas las localidades estudiadas.

En una investigación realizada en distintos clones de granada de corteza roja, en frutos provenientes de la IV región, Gorena (2008) encontró valores similares, en general, para todas las variables de color analizadas. Entre 40 y 50 para L, entre 30 y 50 para a^* y entre 15 y 25 para b^* .

Caracterización interna de los frutos

La adherencia del arilo a la piel y endocarpio fue en su mayoría baja en los frutos provenientes de las tres localidades, lo cual reviste importancia para facilitar el consumo en fresco y para la industrialización de los frutos (Apéndice III, Cuadro 25).

Peso de arilos

En el Cuadro 3 se observa el peso promedio de arilos, en los valores encontrados no se presentaron diferencias entre las distintas localidades; alcanzando un valor promedio cercano al 40% de rendimiento de arilos con respecto al peso de los frutos.

Sepúlveda y Sáenz (1998) determinaron para la variedad Wonderful un rendimiento de arilos de 43,9% mientras que Tapia (1999), en frutos de Copiapó (III región) de la misma variedad, obtuvo un valor de 44,7%; ambos valores superiores a los encontrados en los frutos de las localidades estudiadas.

Cuadro 3. Rendimiento de arilos, jugo y tamaño de arilos

Localidad	Peso arilos	Volumen de jugo	Volúmen de jugo	Tamaño de arilos (mm)	
	(g 100g ⁻¹)	(mL 100g ⁻¹ A)	(mL 100g ⁻¹ F)	Largo	Ancho
Copiapó (III)	37,8 ± 1,7	64,7 ± 1,5 c	24,5 ± 1,7	9,6 ± 0,4	6,8 ± 0,3 b
Cerrillos de Tamaya (IV)	40,8 ± 2,1	58,0 ± 1,7 a	23,7 ± 1,9	8,6 ± 0,2	6,0 ± 0,3 a
Huechún (RM)	38,5 ± 3,0	61,9 ± 0,9 b	23,8 ± 1,5	10,0 ± 1,3	6,8 ± 0,1 b

Valores expresados como media ± DS

a, b y c; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

A, en base a 100 g de arilos

F, en base a 100 g de frutos

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Volumen de jugo

En el Cuadro 3 se presenta el volumen de jugo obtenido por 100 g de arilos, los frutos de la III región presentaron valores significativamente superiores a los encontrados en los frutos de las regiones III y RM, sin embargo al calcular el rendimiento de jugo con respecto al peso de la fruta, los valores encontrados son cercanos a un 24%, sin presentar diferencias significativas para las tres localidades. Esto se debe a que los frutos de la III región presentan estadísticamente mayor peso que los frutos provenientes de las regiones IV y RM y que el grosor de cáscara de los frutos de las tres localidades no presentaron diferencias significativas; por lo tanto, contienen un volumen de jugo mayor.

Sudzuki (1993), indica que un fruto de granada apreciado comercialmente, es aquel que posee abundante jugo.

Tamaño de arilos

Los valores determinados en largo de arilos fluctuaron entre 8,6 y 10,0 mm y no presentan diferencias significativas, esto podría deberse a su gran variabilidad (Cuadro 3). Tapia (1999), encontró en un estudio realizado a frutos de la variedad Wonderful, en la localidad de Copiapó, un valor similar (9,9 mm) a los observados en frutos de las regiones III y RM.

El ancho de arilos presentó diferencias significativas, agrupando a los frutos de las regiones RM y III con valores superiores a los frutos de la IV región. Tapia (1999), determinó un promedio de 6,7 mm para el diámetro ecuatorial de las semillas de la variedad Wonderful, el cual es similar al encontrado en frutos de las regiones III y RM.

Color de arilos

De acuerdo al color los Descriptores de Mars (1995), clasifican a los arilos en 7 tipos; (Apéndice II, Cuadro 24), en este estudio los arilos de las regiones III y IV presentaron mayoritariamente un color Rojo intenso, mientras que los arilos de la RM presentaron coloración entre Rojo y Rojo intenso.

Pardeamiento

La susceptibilidad al pardeamiento de los arilos a las 8, 24, 48, 72 y 96 horas de mantención a temperatura de refrigeración (4-5°C) de los frutos de las tres localidades fue inexistente en las tres localidades estudiadas. Valores muy bajos se encontraron en los frutos de la localidad de Huechún, esto ocurrió principalmente en arilos con coloración más clara o no totalmente coloreados, como se pudo observar en los arilos de la región Metropolitana.

La casi nula aparición de pardeamiento en arilos (Cuadro 4) de esta variedad es muy importante porque proporciona ventajas en la producción de arilos mínimamente

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

procesados en comparación con frutos de variedades de coloración más clara que son más susceptibles al pardeamiento.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Cuadro 4. Pardeamiento de arilos a temperatura de refrigeración

Localidad	Arilos pardeados a temperatura de refrigeración (%)				
	8 horas	1 día	2 días	3 días	4 días
Copiapó (III)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cerrillos de Tamaya (IV)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Huechún (RM)	0,0	0,0	0,5	1,5	1,5

Caracterización del jugo

Caracterización física del jugo

Color de jugo

En el Cuadro 5 se presenta el color de los jugos; se observa que en todas las variables analizadas se encontraron diferencias significativas. Valores similares encontraron Sepúlveda y Sáenz (1998), en un estudio de la variedad Wonderful, señalando 21,2 para L, 7,4 y 1; para a* y b*, respectivamente.

Sudzuki (1993) indica que en ciertas variedades, el color de la epidermis no tiene una clara relación con el color interno de los arilos y de su jugo. Lo que se pudo observar en la misma variedad cultivada en localidades distintas en este estudio; ya que al comparar el parámetro a* (Cuadro 2) que el color de cascara no presenta diferencias significativas; sin embargo, en el color del jugo hay diferencias en a*.

Cuadro 5. Color del jugo

Localidad	Color del jugo				
	L	a*	b*	C*	h°
Copiapó (III)	22,9 ± 0,8 a	6,9 ± 2,3 a	1,6 ± 0,3 a	7,1 ± 2,3 a	13,6 ± 2,2 c
Cerrillos de Tamaya (IV)	24,6 ± 1,0 a	12,0 ± 2,6 b	2,3 ± 0,4 b	12,2 ± 2,6 b	10,7 ± 1,5 b
Huechún (RM)	26,7 ± 1,5 b	12,4 ± 2,6 b	1,2 ± 0,2 a	12,5 ± 2,6 b	5,4 ± 0,9 a

Valores expresados como media ± DS

a, b y c; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Caracterización química del jugo

Sólidos solubles (ss)

En el Cuadro 6 se observan los valores de sólidos solubles encontrados en las distintas localidades para los frutos de granada, donde se aprecian diferencias significativas. Los frutos de las localidades de las regiones III y IV presentan los mayores valores en el contenido de sólidos solubles. Un valor similar encontró Tapia (1999), que determinó un valor promedio de 15,6 °Brix y uno mayor reportado por Sepúlveda y Sáenz (1998), que obtuvieron 16,9 °Brix ambos estudios en la variedad Wonderful. Valores similares y mayores (15,2 y 17,8°Brix) se encontraron en un estudio realizado por Sepúlveda *et al.* (2010) en granadas cultivadas en Chile.

El contenido de sólidos solubles, uno de los índices de cosecha que se utiliza en granada, es variable, según los países que cultivan este frutal. En California (Estados Unidos), la variedad Wonderful, se cosecha con 17 o más grados Brix (Prat y Botti, 2002).

pH

El pH del jugo mostró diferencias significativas entre las localidades, encontrándose el mayor valor en los frutos de la localidad de Huechún (Cuadro 6). Valores similares y mayores encontraron Sepúlveda *et al.* (2010) en granadas de cultivares chilenos, estos variaron entre 2,9 y 3,7.

En la variedad Wonderful Sepúlveda *et al.* (2000) encontraron un pH de 3,1 en frutos de la localidad de Copiapó, valor igual al encontrado en los frutos provenientes de la misma localidad en este estudio (III región).

El pH, es un factor importante en la expresión del color de los antocianos; estos compuestos son más estables en medio ácido que en medio neutro o alcalino. En medio ácido la forma predominante es la del ión flavilio, de color rojo; cuando está a pH básico, el ión flavilio es susceptible al ataque nucleofílico por parte del agua, produciéndose formas incoloras (Kuskoski *et al.*, 2004).

Cuadro 6. Características químicas del jugo (Sólidos solubles, pH y Acidez)

Localidad	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez (g Ácido cítrico/100 mL)
Copiapó (III)	15,6 ± 0,14 b	3,1 ± 0,01 b	1,3 ± 0,08 b
Cerrillos de Tamaya (IV)	15,9 ± 0,25 b	2,9 ± 0,04 a	1,9 ± 0,11 c
Huechún (RM)	15,1 ± 0,32 a	3,3 ± 0,09 c	1,0 ± 0,02 a

Valores expresados como media ± DS

a, b y c; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Acidez titulable

Los ácidos orgánicos presentes en los arilos de granada incluyen principalmente a los ácidos málico, oxálico, acético, fumárico y tartárico; sin embargo, el ácido mayoritario es el ácido cítrico (Melgarejo *et al.*, 2000).

Las variedades de granado según la acidez del jugo (expresado como ácido cítrico) y de acuerdo a los Descriptores de Mars (1995) se clasifican en las categorías dulce, agridulce y ácida. Las variedades dulces con una acidez menor a 0,9% se destinan principalmente para consumo en fresco. En la categoría agridulce, las variedades presentan una acidez entre 1 y 2%, y son utilizadas para la producción de bebidas refrescantes y las variedades que pertenecen a la categoría de frutos ácidos, presentan una acidez mayor al 2% y suelen ser empleados en la agroindustria para la extracción de ácido cítrico (De Palma y Novello, 1995).

En el Cuadro 6 se presenta la acidez de los jugos provenientes de las distintas localidades, encontrando diferencias significativas entre ellos, siendo los valores mayores para la localidad de Cerrillos de Tamaya. Según la clasificación de De Palma y Novello, los frutos de las tres localidades corresponden a frutos de categoría agridulce.

En granadas de cultivares chilenos Sepúlveda *et al.* (2010) encontraron valores que variaron entre 0,36 y 2,9% de ácido cítrico. En California, la variedad Wonderful en el momento de la cosecha obtiene un valor de acidez titulable menor a 1,85% de ácido cítrico (Mohan Kumar, 1990).

Relación sólidos solubles/acidez.

Melgarejo (1993) estableció una clasificación de tres categorías según el valor de la relación sólidos solubles/acidez: variedades dulces, agridulces y agrias. Las variedades dulces, son aquellas que se encuentran en el rango de ss/acidez de 31-98; las variedades agridulces, entre 17-14 y de 5-7 para las variedades agrias o ácidas.

Con respecto a la relación ss/acidez, en este estudio se determinaron valores de 8,36, 12 y 15 para las localidades de Cerrillos de Tamaya, Copiapó y Huechún respectivamente. De acuerdo a lo señalado por Melgarejo (1993), la fruta proveniente de la localidad de Cerrillos de Tamaya (IV región) fue clasificada como agria, para los frutos de la III región como agridulces y los frutos provenientes de la Región Metropolitana se encontrarían en una categoría intermedia entre agridulce y dulce, pero más cercana a agridulce.

Aguirre (2000), pudo determinar para la variedad Wonderful un valor promedio de 7,1 para la relación ss/acidez. En tanto, Sepúlveda *et al.* (2000), en la misma variedad, encontraron un valor de 14,3 en frutos de la III región, valor mayor al encontrado en este estudio en la misma localidad. En frutos de granado cultivados en Chile, Sepúlveda *et al.* (2010) encontraron valores que variaron entre 6 y 50.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Caracterización fenólica del jugo

Fenoles totales

La granada es una importante fuente de elementos bioactivos, principalmente polifenoles, encontrándose en el jugo de granada fresco importantes cantidades de ácido elágico, ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido cumárico, ácido ferúlico, catequinas (Poyrazoglu *et al.*, 2002) y una gran cantidad de antocianos (Gil *et al.*, 2000).

Como se observa en el Cuadro 7 el contenido de fenoles totales presenta diferencias significativas entre las tres localidades; encontrándose los valores más altos en los frutos de la IV región duplicando la concentración observada en el jugo de los frutos de la Región Metropolitana.

Valores levemente superiores a los encontrados en otros genotipos (676 y 1280 mg EAG L⁻¹) en un estudio de Sepúlveda *et al.* (2010) y más bajos comparados con investigaciones realizadas por Gil *et al.*, 2000 (2117 mg ácido *p*-cumárico L⁻¹) y Pérez-Vicente *et al.*, 2004 (2750 mg EAG L⁻¹ en frutos cv. Mollar).

La formación de distintos compuestos fenólicos está fuertemente influenciada a los factores climáticos de la zona de cultivo como luminosidad y temperatura, que afectan la producción de fenoles totales y antocianos (De Borbón *et al.*, 2008).

Cuadro 7. Fenoles totales, antocianos totales y taninos totales

Localidad	Fenoles totales (mg *EAG L ⁻¹)	Antocianos totales (mg L ⁻¹)	Taninos totales (g procianidina L ⁻¹)
Copiapó (III)	1397,7 ± 51,4 b	832,6 ± 120,0 b	2,3 ± 0,1
Cerrillos de Tamaya (IV)	1918,8 ± 120,3 c	903,0 ± 219,3 b	2,5 ± 0,2
Huechún (RM)	933,5 ± 60,6 a	317,8 ± 202,7 a	2,6 ± 0,4

*EAG: Equivalente de ácido gálico

Valores expresados como media ± DS

a, b y c; Diferentes letras en una columna indica diferencias con p≤0,05

Antocianos totales

El color del jugo de granada depende de la concentración de antocianos (Gil *et al.*, 1995).

En el Cuadro 7 se observa el contenido de antocianos totales; los valores encontrados presentan diferencias significativamente mayores para los frutos de las localidades de Cerrillos de Tamaya y Copiapó, alcanzando valores de 2 a 3 veces la concentración de antocianos presentes en los frutos provenientes de la localidad de Huechún. Aún así, estos valores son mayores a los señalados por Melgarejo *et al.* (1998) quienes reportan un ¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

contenido de antocianos entre 35 y 160 mg L⁻¹ y a los encontrados en los estudios realizados por Tzulker *et al.*, 2007 (100 a 300 mg cianidina 3-glucósido L⁻¹) y Gil *et al.*, 2000 (6 y 120 mg cianidina 3-glucósido L⁻¹).

Estudios mencionan que la luz es un factor preponderante en la biosíntesis de antocianos, pero está ligado a la temperatura, por lo que mientras la luminosidad favorece la acumulación de antocianos (Kliwer, 1977; citado por López, 2008), altas temperaturas causarían una disminución en la concentración de compuestos fenólicos, principalmente antocianos (Mori *et al.*, 2007; citado por López, 2008). Lo que explica los resultados encontrados en esta investigación; en el Cuadro 14 se observa la radiación presente en las tres localidades y muestra una mayor luminosidad en la Localidad de Copiapó, seguida por la localidad de Cerrillos de Tamaya con una radiación levemente inferior, lo que explicaría la mayor síntesis de compuestos en ambas localidades en comparación con la Localidad de Huechún que presenta un menor nivel de radiación, por lo que la síntesis de compuestos fenólicos, principalmente antocianos sería menor. Por otra parte, en el Cuadro 13 se presentan las temperaturas máximas de las localidades estudiadas y se puede observar que en las localidades de Copiapó y Huechún se alcanzan temperaturas máximas superiores a las alcanzadas en la localidad de Cerrillos de Tamaya, lo que generaría mayor degradación de estos compuestos. De esta forma se explicaría que los frutos provenientes de la localidad de Cerrillos de Tamaya presenten la mayor concentración de fenoles y antocianos totales.

Taninos totales

El contenido promedio de taninos es de 2,5 g L⁻¹, no observándose diferencias significativas en esta variable. Valor menor al encontrado en frutos de la misma variedad (3,5 g L⁻¹) provenientes de la localidad de Vicuña (IV región) y similar al encontrado en frutos de los clones UCH- AZA, UCH- CHA, UCH- COD y UCH- NG los que alcanzaron valores entre 2 y 2,5 g L⁻¹ de taninos, cultivados en la localidad de Curacaví (Región Metropolitana).¹

La concentración de taninos en el jugo influye en la aceptabilidad de este, ya que está directamente relacionado con la astringencia.

Matiz

En el Cuadro 8 se muestran los valores del matiz de los jugos de granada estudiados, estos presentan diferencias significativas entre sí, encontrándose los mayores valores para las regiones III y RM.

Bordeau y Scarpa (2000) definen el matiz como la proporción de color amarillo en relación al rojo; de acuerdo a esto, los frutos provenientes de la localidad de Huechún (RM) presentan mayor concentración de compuestos amarillos con respecto a los rojos, en comparación con los frutos de Copiapó y Cerrillos de Tamaya. Valores menores se encontraron en un estudio realizado por Sepúlveda *et al.* (2010) en granadas cultivadas en Chile, estos variaron entre 0,25 y 0,58.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Cuadro 8. Intensidad colorante (IC) y tonalidad del jugo de frutos de granada

Localidades	Matiz	IC
Copiapó (III)	0,51 ± 0,07 b	8,12 ± 0,77 b
Cerrillos de Tamaya (IV)	0,48 ± 0,02 a	9,31 ± 1,62 b
Huechún (RM)	0,68 ± 0,04 b	2,98 ± 0,10 a

Valores expresados como media ± DS

a, b; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

Intensidad colorante (IC)

En el Cuadro 8 se presentan los valores encontrados en la IC, estos presentaron diferencias significativas entre localidades, mostrando una intensidad colorante mayor para las localidades de Cerrillos de Tamaya y Copiapó.

En granadas cultivadas en Chile, Sepúlveda *et al.* (2010) encontraron valores que variaron entre 0,12 y 1,96, menores que los de este estudio.

En el Cuadro 9 se observan los porcentajes relativos de coloración en los jugos de granada analizados, presentándose una mayor proporción de color rojo en los jugos de las tres localidades y una proporción menor para el color azul. Además se encontraron diferencias significativas entre localidades, exhibiendo una mayor proporción de rojo en las regiones III y IV, y una mayor proporción de amarillo para los jugos provenientes de Huechún.

En granadas cultivadas en Chile, Sepúlveda *et al.* (2010), encontraron valores porcentuales de amarillo menores (entre 16,9 y 31,57) y similares y más altos en el porcentaje de rojo (entre 60,4 y 77,7) que los encontrados en este estudio.

Cuadro 9. Caracterización de color en el jugo de granada

Localidad	% amarillo	% rojo	% azul
Copiapó (III)	32,5 ± 2,6 a	63,6 ± 3,0 b	3,8 ± 0,4
Cerrillos de Tamaya (IV)	31,2 ± 0,7 a	64,9 ± 1,2 b	4,0 ± 0,9
Huechún (RM)	38,5 ± 1,2 b	56,4 ± 2,0 a	5,0 ± 1,2

Valores expresados como media ± DS

a, b; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

Identificación de antocianinas

Los antocianos responsables de la coloración de la granada han sido aislados e identificados. Alighourchi *et al.* (2008) encontraron delphinidina 3-glucósido, delphinidina 3,5-diglucósido, cianidina 3-glucósido, cianidina 3,5-diglucósido, pelargonidina 3-glucósido y pelargonidina 3,5-diglucósido.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

En el Cuadro 10 se presenta el contenido de las distintas antocianinas presentes en el jugo de granada de los frutos analizados, observándose una mayor concentración de antocianos del tipo cianidina en las 3 localidades, a diferencia de lo encontrado por Mousavinejad *et al.* (2009) quienes estudiaron 8 cultivares en Irán, encontrando una mayor concentración de delfinidina 3,5- diglucósido seguido por cianidina 3,5 diglucósido.

De acuerdo a Harborne (1982); citado por Legua *et al.* (2000). Los distintos antocianos presentes en el jugo de granada son responsables de colores distintos; la pelargonidina es responsable de generar colores naranjas y rojos, los derivados de cianidina son responsables del color rojo y la delfinidina de los violetas y azules.

Se observa que los antocianos presentes en mayor cantidad en el jugo, son los derivados de la cianidina, responsables de la coloración roja; lo que concuerda con los datos colorimétricos presentados en el Cuadro 9, donde se observan los mayores valores en el porcentaje de rojo. Además, la antocianina pelargonidina, responsable de la coloración azul, tiene una menor proporción; que también concuerda con los resultados colorimétricos.

Cuadro 10. Contenido de antocianinas de jugo de frutos de granado en mg L⁻¹.

Localidad	Df-3,5	Cn-3,5	Pg-3,5	Df-3	Cn-3	Pg-3
Copiapó (III)	200,23	559,63	-	-	170,85	7,03
Cerrillos de Tamaya (IV)	256,79	471,64	80,54	-	152,48	-
Huechún (RM)	20,08	261,49	-	-	101,32	2,98

Df-3,5: delfinidina 3,5-diglucósido

Cn-3,5: cianidina 3,5-diglucósido

Pg-3,5: pelargonidina 3,5-diglucósido.

Df-3: delfinidina 3-glucósido

Cn-3: cianidina 3-glucósido

Pg-3: pelargonidina 3-glucósido

Gil *et al.* (1995) encontraron diferencias en los compuestos antociánicos de frutos de granada cultivadas en diferentes climas; indicando además que la variedad, la etapa de maduración y la región de cultivo mantienen bastante estable el perfil de antocianinas, pero las cantidades relativas de los pigmentos antocianicos presentes en la fruta se ven afectados. Lo que se puede observar en los resultados obtenidos de los jugos procedentes de las distintas localidades estudiadas; encontrándose la cianidina en sus formas Cn-3,5 y Cn-3 glucósido, delfinidina 3,5 di-glucósido y pelargonidina en baja concentración para las 3 localidades analizadas; pero las cantidades de Cn-3,5 y Df-3,5 diglucósido son mayores para los jugos de las localidades de Cerrillos de Tamaya y Copiapó.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Capacidad antioxidante

La acción antioxidante de los polifenoles se produce porque estos actúan a nivel de las cadenas de los radicales libres, para esto donan un hidrógeno del grupo hidroxilo formando un producto final estable lo que impide las reacciones de iniciación, la propagación de los radicales libres y problemas de oxidación en los lípidos (Singh *et al.*, 2002).

El EC₅₀ definido como concentración eficaz 50, corresponde a la cantidad de antioxidante necesaria para hacer disminuir hasta la mitad la concentración inicial del radical 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), según la definición un compuesto es más efectivo cuanto más baja es la concentración eficaz.

En el Cuadro 11 se muestran los valores de EC₅₀, en el que se encontraron diferencias significativas, observándose un valor menor relacionado a una mayor capacidad antioxidante en los frutos provenientes de la localidad de Copiapó. En un estudio realizado por (Gorena, 2008) a otros clones de granada se obtuvo un valor de 0,089 g EAG en el jugo, valor similar al encontrado en este estudio en los frutos de la localidad de Copiapó.

Cuadro 11. Capacidad antioxidante expresada como EC50 y TEAC

Localidad	EC ₅₀	TEAC
	(g EAG)	($\mu\text{mol de Trolox g}^{-1}$)
Copiapó (III)	0,09 \pm 0,01 a	5,72 \pm 0,6 b
Cerrillos de Tamaya (IV)	0,18 \pm 0,02 b	2,78 \pm 0,3 a
Huechún (RM)	0,16 \pm 0,02 b	3,14 \pm 0,4 a

Valores expresados como media \pm DS

a, b; Diferentes letras en una columna indican diferencias con $p \leq 0,05$

La Figura 1 (a, b y c) se muestra los porcentajes de degradación del DPPH en el jugo en las tres localidades analizadas.

La capacidad antioxidante expresada como Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) observada en el Cuadro 11, presenta diferencias significativas; encontrándose el valor mayor para la localidad de Copiapó. Todos los valores son menores a los encontrados por Gorena (2008) que fluctúan entre 11 y 12 μmol de equivalente de Trolox.

La capacidad antioxidante, en general, presenta estrecha relación con la concentración de compuestos fenólicos presentes (Kuskoski *et al.*, 2004); al analizar los resultados obtenidos, se observa que los frutos provenientes de la III región que presentan una alta concentración de fenoles totales son los que tienen una mayor capacidad antioxidante. Sin embargo, los frutos provenientes de la IV región, que presentan la mayor concentración de fenoles totales, tienen una capacidad antioxidante equivalente a los frutos provenientes de la Región Metropolitana, que presentan el valor menor de fenoles totales. Esto podría deberse a los tipos de fenoles presentes en los jugos de esta localidad; ya que Gil *et al.*

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

(2000) mencionan que familias de fenoles como los taninos hidrolizables tienen mayor capacidad antioxidante que otros fenoles como el ácido eláxico y la cianidina 3-glucósido.

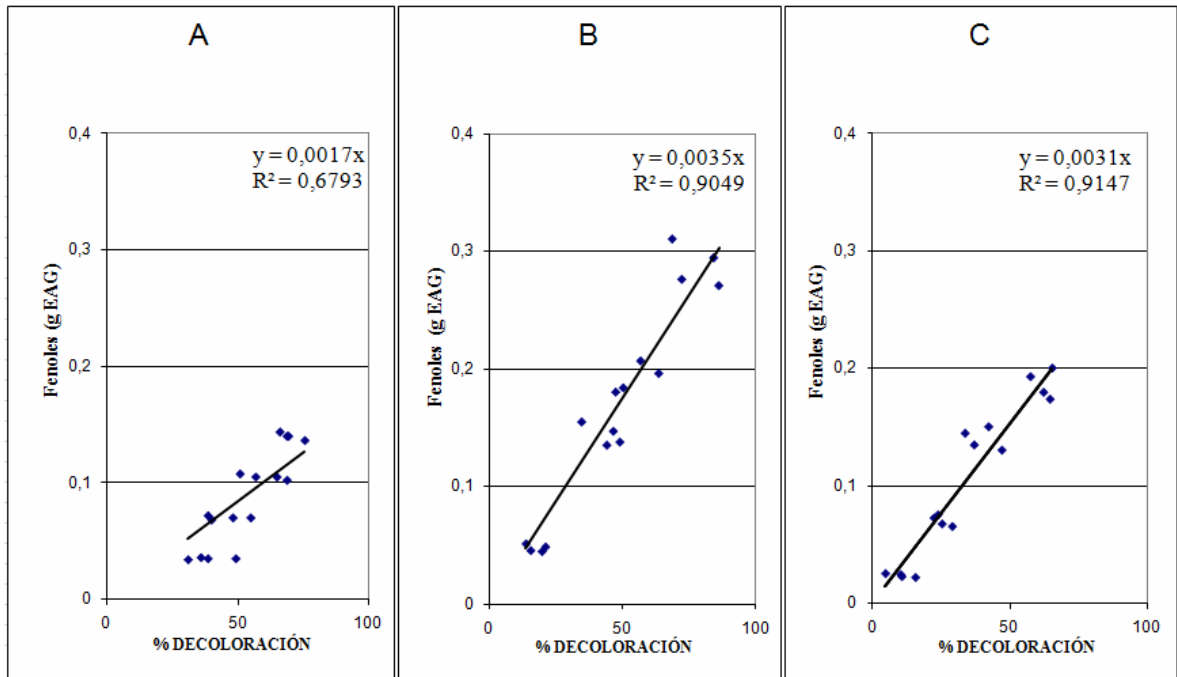


Figura 1. Porcentaje de degradación de DPPH, (A) Localidad de Copiapó (III región), (B) Localidad de Cerrillos de Tamaya (IV región y (C)) Localidad de Huechún (RM).

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Caracterización sensorial de los arilos

Cuadro 12. Caracterización de calidad y aceptabilidad de arilos de frutos de granada

Característica	Copiapó (III)	Cerrillos de Tamaya (IV)	Huechún (RM)
Color	10,9 ± 1,5	11,5 ± 2,1	9,2 ± 1,7
Acidez	9,1 ± 1,1 ab	9,8 ± 0,8 b	7,6 ± 1,3 a
Dulzor	7,6 ± 0,5 b	5,7 ± 0,4 a	5,6 ± 0,6 a
Amargor	3,8 ± 0,5	4,0 ± 1,0	3,1 ± 0,5
Astringencia	5,7 ± 0,4 b	5,0 ± 0,6 b	3,4 ± 0,3 a
Dureza de piñón	8,9 ± 1,0	8,8 ± 0,4	9,1 ± 0,4
Aceptabilidad	9,6 ± 1,3 ab	8,5 ± 0,8 a	10,2 ± 0,3 b

Valores expresados como media ± DS

a, b; Diferentes letras en una fila indican diferencias con $p \leq 0,05$

Color

En el color no se observan diferencias significativas entre localidades, aunque la calificación más baja fue en la localidad de Huechún, lo que se puede correlacionar con los resultados obtenidos en la descripción realizada utilizando los Descriptores de Mars (Apéndice II, Cuadro 24).

Acidez

En la variable acidez hubo diferencias significativas, se determinó que los arilos de la localidad de Cerrillos de Tamaya presentaron una acidez significativamente mayor, lo que coincide con la determinación de acidez titulable.

Dulzor

Los panelistas determinaron un valor mayor de dulzor en los arilos de la localidad de Copiapó, sin embargo no fue posible obtener una correlación positiva con la medición de sólidos solubles, donde no se encontraron diferencias significativas.

Amargor

En esta variable no se encontraron diferencias y los valores en todas las localidades fueron bajos.

Astringencia

En esta variable se encontraron diferencias significativas, presentando los arilos de la localidad de Huechún un menor valor en astringencia; esta variable no se pudo diferenciar en la cuantificación de taninos en el jugo de granada, pero se puede explicar en parte por la acidez, ya que la astringencia se acentúa con el mayor contenido de ácidos presentes; debido a que los frutos de la localidad de Huechún presentan menor acidez la astringencia es menos notoria.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Dureza del piñón

En el Cuadro 12 se puede observar que en dureza del piñón no se encontraron diferencias significativas, pero es importante destacar que en todas las localidades se encontraron valores altos, lo que coincide con los resultados encontrados por (Sepúlveda y Sáenz, 1998) que determinaron que la variedad Wonderful presentó un piñón duro. Sudzuki (1993), menciona que en el fruto se busca que las semillas sean blandas y fáciles de masticar y Melgarejo *et al.* (1998), sostienen que existe una relación entre el porcentaje de fibra y la dureza de las semillas, de acuerdo a los resultados en general, más duras aquellas que presentan mayor porcentaje de fibra.

Aceptabilidad

Los arilos de los frutos de la localidad de Huechún presentaron una aceptabilidad significativamente superior a los frutos de Cerrillos de Tamaya y de Copiapó, lo que se podría explicar por una buena coloración, además de una mejor relación de sólidos solubles y acidez, resultados obtenidos de los análisis químicos del jugo.

Recomendaciones generales

Para validar los resultados encontrados en este estudio, sería necesario disponer de datos de varias temporadas a fin de incorporar la variabilidad climática interanual. Además, sería ideal poder homogenizar las condiciones de manejo agronómico en los distintos huertos, como raleo, poda, fertilización y riego.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

CONCLUSIONES

En las condiciones de este estudio se puede concluir:

Existen diferencias de peso y tamaño en los frutos de granado provenientes de las distintas localidades estudiadas, que no pueden ser atribuidas exclusivamente a la zona de cultivo.

Las variables químicas como sólidos solubles, pH y acidez presentan diferencias en los jugos provenientes de las distintas localidades estudiadas.

El color se ve afectado por la zona de cultivo, presentándose jugos de mayor coloración en las zonas ubicadas más al norte del país.

Las concentraciones de compuestos fenólicos (fenoles totales y antocianos totales) y de antocianinas, además de la capacidad antioxidante, presentan diferencias dependiendo de la zona de cultivo de los frutos.

La zona de cultivo afectaría principalmente las características químicas de los frutos, específicamente a los metabolitos secundarios; esto se debería a factores climáticos, principalmente temperatura e irradiación solar.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, R. 2000. Conservación de frutos de granado (*Punica granatum* L.) variedad “Wonderful”. Memoria Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile 57p.

Alighourchi H., M. Barzegar, and S. Abbasi. 2008. Anthocyanins characterization of 15 Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties and their variation after cold storage and pasteurization. *European Food Research Technology* 227:881-887.

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association Official Chemists. 14^o Edition. Washington D.C, EE.UU.

Bordeau, S. and J. Scarpa. 2000. Análisis químico del vino. 2da edición. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 252p.

Brand-Williams, W., M. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissens-chaft-und-Technologie* 28:25-30.

CHILE, INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile. Disponible en: <http://www.ine.cl>. Leído el 8 de diciembre de 2008.

De Borbón, L., L. Mercado and M. López, 2008. Influence of climate in grapes and most Bonarda and Syrah varieties. Mendoza, Argentina. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*. Tomo XL. (2). 83-89.

De Palma, L. e V. Novello. 1995. Il melograno: attualità di una coltura antica. *Rivista di Frutticoltura* 11:45- 49.

Delgado-Vargas, F., A. Jimenez and O. Paredes-López. 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 40(3): 173- 289.

Gil, M., J. Cherif, N. Ayed, F. Artés and F. Tomás-Barberán. 1995. Influence of cultivar, maturity stage and geographical location on the juice pigmentation of Tunisian pomegranates. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und-Forschung* 201:361-364.

Gil, M., F. Tomas-Barberán, B. Hess-Pierce, D. Holcroft and A. Kader. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:4581-4589.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Glozer K. and L. Ferguson. 2008. Pomegranate Production in Afghanistan. UC Davis, College of Agricultural and Environmental Sciences, California. EE.UU. 32p. Disponible en: <http://ucanr.org/sites/kingscounty/>. Leído el 19 de diciembre de 2010.

Glories, Y. 1984. La couleur des vins rouges 2e partie: mesure, origine et interprétation. *Connais. Vigne Vin* 18:253.

Gorena, T. 2008. Estabilización de compuestos naturales bioactivos extraídos de granada (*Punica granatum* L.), mediante microencapsulación. Magíster Tesis. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 84p.

Gorena, T., Sepúlveda, E. y Sáenz, C. 2010. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de frutos de granado (*Punica granatum* L.). *La alimentación latinoamericana*. 285:48-52.

Kuskoski, M., A. Asuero, M. García-Parrilla, A. Troncoso y R. Fett. 2004. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 24: 691-693.

Lansky, E. and R. Newman. 2007. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of Ethnopharmacology* 109: 177-206.

Legua, P., P. Melgarejo, M. Martínez and F. Hernández. 2000. Evolution of anthocyanin content of four pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) during fruit development. En: *Symposium Internacional sobre el Granado*. Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández, Orihuela (Alicante), España. 428p.

López, J. 2008. Efecto de distintos niveles de luminosidad sobre la composición fenólica y la expresión genética de enzimas de la ruta fenilpropanoide en bayas de var. Carménère. Memoria Ingeniería Agronómica, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile 53p.

Mars, M. 1995. Pomegranate Descriptors. Institut des Régions Arides 4119; [Modificado y Ampliado] Melgarejo, P., A. Amorós y R. Martínez. 1996. Valencia, España.

McGuire R, 1992. Reporting of objective color measurements. *Horticultural Science*, 27:1254-1255.

Melgarejo, P. 1993. Selección y tipificación varietal del granado (*Punica granatum* L.) Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Valencia. Valencia, España. 618p.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Melgarejo, P., M. Sánchez, F. Martínez y A. Amoros, 1998. Parámetros que permiten determinar la dureza y la agradabilidad de las semillas de granada (*Punica granatum* L.) I Symposium International sobre el granado. Orihuela. España. Octubre 1998. 420 p.

Melgarejo, P., J.J., Martínez, F., Hernández, J. Martínez y M. Sánchez. 2000. Producción comercial de granadas en España. Pp. 31-47. En: Claudia Botti (Ed). Simposio internacional. Cultivos frutales para zonas áridas. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 232 p.

Mohan Kumar, G. N. 1990. Pomegranate. pp. 329-347. En: Fruit of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. Nagy, S., P. Shaw y W. Wardowski, W. (Eds). Florida Science Source. Inc. Lake Alfred, Florida. USA. 391p.

Mousavinejad, G., Z. Emam-Djomeh, K. Rezaei and M. Haddad. 2009. Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity in pomegranate juices of eight iranian cultivars. Food Chemistry 115: 1274-1278.

Pérez-Vicente, A., P. Serrano, P. Abellán and C. García-Viguera. 2004. Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 84:639-644.

Poyrazoglu, E., V. Gokmen and N. Artik. 2002. Organic acids and phenolic compounds in pomegranate (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. Journal of Food Composition and analysis 15: 311-327.

Prat, L. y C. Botti. 2002. El Granado, Serie Ciencias Agronómicas n°7. Universidad de Chile. 66p.

Ribereau-Gayon, J. and E. Stonestreet. 1965. Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge. Bulletin de la Société Chimique 9, 2649-2652.

Ribereau-Gayon, P. and E. Stonestreet. 1966. Le dosage des tannins du vin rouge et détermination de leur structure. Chemical Analysis 48: 188-192.

Sepúlveda, E. y C. Sáenz. 1998. Potencial agroindustrial de la granada. pp. 3. En: Seminario Internacional "Higuera, granado, alcaparra y jojoba. Nuevas alternativas para la fruticultura de zonas áridas y semiáridas". Proyecto FONDEF 2-31, TT019, D961062. Coquimbo, Chile. 85 p.

Sepúlveda, E., L. Galletti, C. Sáenz and M. Tapia. 2000. Minimal processing of pomegranate var. Wonderful. En: Symposium Internacional sobre el granado. Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández, Orihuela (Alicante), España. 428p.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Sepúlveda, E., C. Sáenz, A. Peña, P. Roberts and B. Bartolomé. 2010. Influence of the genotype on the anthocyanin composition, antioxidant capacity and color of Chilean pomegranate (*Punica granatum* L.) juices. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70 (1): 50-57.

Singh, P., K. Murthy and G. Jayaprakasha. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:81-86.

Singleton, V., and J. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16:144-158.

Sudraud, P. 1958. Interpretation des courbes d'absorption des vins rouges. *Annales de Technologies Agricoles* 7:203-208.

Sudzuki, F. 1993. Frutales menores: Nuevas alternativas de cultivo. p.31-34. *In: Granado* (*Punica granatum* L.) Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile.86p.

Tapia, M. B. 1999. Procesamiento mínimo de frutos de granado (*Punica granatum* L.) variedades "Wonderful" y Española. Memoria Ing. Agr. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 71 p.

Tzulker, R., I. Glazer, I. Bar-Ilan, D. Holland, M. Aviram, and R. Amir. 2007. Antioxidant activity, polyphenols content, and related compounds in different fruit juices and homogenates prepared from 29 different pomegranate accessions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:9559-9570.

Unifrutti, 2010. Rango de granadas. Disponible en: <http://www.unifrutti.com>. Leído el 12 de diciembre de 2010.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

ANEXOS

Anexo I
Caracterización zonas climáticas

Cuadro 13. Temperaturas mensuales de las distintas localidades.

Localidad	T°	En	Fe	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Copiapó* (Copiapó) (III)	media	20,4	20,5	18,6	15,5	13,2	11,1	11,4	12,3	13,7	15,3	17,3	19,2
	máx	28,7	29,3	27,7	24,6	22,1	20,2	19,8	21,7	23,5	24,8	26,3	28,0
	mín	12,5	12,5	10,8	8,3	6,1	4,3	3,9	5,0	6,2	7,5	9,6	11,3
Ovalle* (Cerrillos de Tamaya) (IV)	media	19,5	19,3	17,4	14,9	12,8	11,2	10,6	11,3	12,8	14,5	18,7	18,4
	máx	27,9	27,8	26,1	23,1	20,1	17,6	17,2	18,7	21,2	22,9	25,1	26,8
	mín	12,3	12,1	10,9	9,0	7,6	6,3	5,8	6,1	7,0	8,0	9,4	10,8
Chacabuco** (Huechún) (RM)	media	19,3	18,7	17,1	14,9	12,6	11,0	10,4	10,5	12,0	14,2	16,7	18,6
	máx	29,2	28,2	26,3	23,4	20,6	18,5	17,7	18,0	19,9	22,8	25,9	28,3
	mín	11,3	10,8	9,5	7,6	5,8	4,5	4,0	4,0	5,2	7,0	9,0	10,7

* III y IV regiones, IREN. 1972. Características climáticas del Norte Chico.

** RM, Santibañez, Fernando; Uribe, Juan Manuel. 1990. "Atlas Agroclimático de Chile, Regiones de Valparaíso y Metropolitana". Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Cuadro 14. Irradiación global mensual, en plano horizontal, para las distintas localidades. (MJ/m²)

Localidad	En	Fe	Mar	Ab	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Copiapó (Copiapó) (III)	761,9	641,1	601,2	452,5	365,5	314,1	362,1	443,0	538,1	695,2	735,3	791,9
Ovalle (Cerrillos de Tamaya) (IV)	778,8	629,6	587,1	404,2	314,0	257,9	269,9	355,3	446,3	647,2	706,0	797,2
Chacabuco (Huechún) (RM)	680,9	528,8	467,4	310,7	218,7	175,5	199,5	293,3	397,4	521,7	616,4	678,3

Irradiancia solar en territorios de la república de Chile, 2008.

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Anexo II

Determinación de polifenoles totales por el índice Folin-Ciocalteu

El jugo se diluyó en agua destilada (1:2), se tomaron muestras de 100 µl, las que se diluyeron con 4,9 mL de agua destilada; se adicionó 0,5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu, obtenido de Merck (EE.UU) y 1,7 mL de solución de carbonato de sodio al 20%, se aforó a 10 mL con agua destilada en matraces aforados. Luego se agitó y se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente.

La absorbancia se midió a 765 nm contra un blanco de agua preparado en las condiciones anteriormente descritas.

Anexo III

Cuantificación de antocianos totales

1 ml de jugo se mezcló con 1 mL de solución de ácido clorhídrico al 0,1% (p/v en etanol al 95%) y 20 ml de solución de ácido clorhídrico al 2% (p/v en agua destilada). de la mezcla anterior se tomaron 10 mL y colocaron en cada uno de los dos tubos de ensayo; al tubo 1 se le agregaron mL de metabisulfito de sodio al 15% p/v y al tubo 2 se le agregaron 4 ml de agua destilada. Luego se agitó y se dejó reposar por 20 minutos a temperatura ambiente.

La absorbancia se midió a 520 nm, contra un blanco de agua, elaborado en igual condición a la anteriormente descrita.

Para la determinación de la concentración de antocianos totales (Ecuación 6), se empleó la curva de calibración establecida por Ribéreau-Gayon y Stonestreet (1965).

$$\text{Antocianos totales (mg L}^{-1}\text{)} = 865 * \text{dif. Absorbancia (Ecuación 6)}$$

$$\text{Dif. Absorbancia} = \text{Absorbancia tubo agua} - \text{Absorbancia tubo metabisulfito de sodio}$$

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Anexo IV

Cuantificación de taninos totales

Se diluyó 1 mL de jugo en un matraz aforado de 50 mL con agua destilada, de esta muestra se tomó 4 mL y se colocó en cada uno de los dos tubos de ensayo utilizados, luego se agregó 2 ml de agua destilada a los dos tubos y posteriormente 6 ml de ácido clorhídrico concentrado (37%). Se agitó y uno de los tubos se puso a baño maría de agua hirviendo por 30 minutos; luego se almacenó en oscuridad mientras que las muestras se enfriaran y finalmente se agregó 1 ml de etanol (95%), se agitó previamente a la medición.

La absorbancia se midió a 550 nm, contra un blanco de agua.

Anexo V

Identificación de antocianos por HPLC

Se realizó mediante inyección directa, con previo filtrado por filtros Milipore de 0,22 µm para HPLC.

El volumen de inyección fue de 150 µl. las fases móviles utilizadas fueron (A) agua: ácido fórmico (90:10) y (B) acetonitrilo. Las condiciones para la determinación de antocianos se muestran en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Gradiente de inyección para antocianos por HPLC

Gradiente de inyección			
Tiempo (min)	Solvente A (%)	Solvente B (%)	Flujo (mL min ⁻¹)
0,0	96	4	1,1
7,9	85	15	1,1
27,0	80	20	1,5
40,0	70	30	1,5
43,1	96	4	1,1
45,0	96	4	1,1

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Anexo VI

Actividad antioxidante por método de DPPH.

Se determinó la concentración inicial de DPPH y la concentración resultante una vez que se ha añadido el antioxidante, de forma que una disminución de la absorción se traduce en una disminución de la concentración de DPPH debido a la cesión de electrones de la especie antioxidante.

Para esto se debe prepara un solución madre de DPPH, para esto se pesan 10 mg de DPPH y se afora con metanol en un matraz de 10 mL.

Con esta solución se prepara una solución de trabajo de DPPH, tomando 1 mL de la solución madre y aforar con metanol en matraz aforado de 50 mL.

Es necesario tener una idea aproximada del contenido de antioxidantes del extracto, por lo que es recomendado realizar previamente la cuantificación de polifenoles totales.

En un matraz aforado de 10 mL, se diluyen distintas alícuotas de los jugos con metanol para realizar una curva. (Cuadro 16)

Cuadro 16. Alícuotas sugeridas para las distintas diluciones

	Matraz			
	1	2	3	4
Extracto (mL)	1	0,75	0,5	0,25
Metanol (mL)	9	9,25	9,5	9,75

De los matraces con soluciones de distinta concentración tomar 0,1 mL y adicionar 3,9 mL de solución de trabajo de DPPH. Se realiza un blanco para cada una de las concentraciones de los extractos, con el objetivo de medir la absorbancia; para esto se toma 0,1 mL de extracto y se diluye con 3,9 mL de Metanol.

Se mide respecto a una muestra control que tiene 0,1 mL de Metanol y 3,9 mL de DPPH.

En el Cuadro 17 se muestra una tabla con las proporciones de extracto, DPPH y Metanol, para las muestras a analizar, control y blanco.

Cuadro 17. Proporciones de extracto, DPPH y metanol para análisis de decoloración del DPPH.

	Extracto	DPPH	Metanol
Muestra	0,1	3,9	-
Blanco	0,1	-	3,9
Control	-	3,9	0,1

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

La reacción se produce a los 30 minutos y la absorbancia se mide a 517 nm.

Posteriormente se determina el porcentaje de decoloración, de acuerdo a la ecuación 7.

$$\% \text{ Decoloración} = \left(1 - \frac{(\text{Abs. Muestra} - \text{Abs. Blanco})}{\text{Abs. Control}} \right) * 100 \text{ (Ecuación 7)}$$

Anexo VII

Pauta de evaluación sensorial, aceptabilidad de arilos

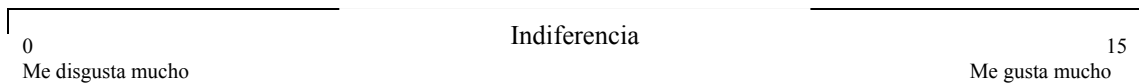
EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD

Nombre:.....Fecha:.....

Instrucciones:

Por favor, indique con una **línea vertical** la intensidad de su aceptabilidad en cada una de las muestras, basándose en el siguiente diagrama.

N° muestra _____



¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Anexo VIII

Pauta de evaluación sensorial, calidad de arilos.

EVALUACIÓN DE CALIDAD

Nombre:.....Fecha:.....

Instrucciones:

Por favor, indique con una **línea vertical** la calidad del producto, considerando el punto que mejor describa el atributo de la muestra.

Nº muestra _____

Color

0	15	
Blanquecino		Rojo intenso

Acidez

0	15	
Sin acidez		Extremadamente ácido

Dulzor

0	15	
Sin dulzor		Extremadamente dulce

Amargor

0	15	
Sin amargor		Extremadamente amargo

Astringencia

0	15	
Sin astringencia		Extremadamente astringente

En la siguiente evaluación se debe enfocar a la dureza del piñón.

Dureza del piñón

Extremadamente duro

0	15	
Piñón blando		

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Anexo IX**Cuadro 18.** Calibres para frutos de granada, Empresa Unifruiti

Calibres	Peso / fruto (gr)	Diámetro (mm)
5	Mayor a 600	Determinar
6	Mayor a 600	Mayor a 106
8	470 – 600	100 – 106
10	370 – 469	95 – 99
12	310 – 369	87 – 95
14	270 – 309	83 – 87
26	240 – 269	79 – 84
18	210 – 230	74 – 79

www.Unifruitti.com

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

APÉNDICES

Apéndice I

Cuadro 19. Forma de fruto

Localidad	Forma de fruto				Σ
	Esferoide	Elipsoide	Ovoide	Oblato	
Copiapó (III)	35	11	3	31	80
Cerrillos de Tamaya (IV)	26	10	6	38	80
Huechún (RM)	21	5	6	48	80

Cuadro 20. Forma de base

Localidad	Forma de base				Σ
	Truncada	Convexa	Angular	Base abierta	
Copiapó (III)	1	32	2	45	80
Cerrillos de Tamaya (IV)	16	30	11	23	80
Huechún (RM)	6	34	8	32	80

Cuadro 21. Forma de ápice

Localidad	Forma de ápice				Σ
	Convexa	truncada	Cuello	sin cuello	
Copiapó (III)	9	41	10	20	80
Cerrillos de Tamaya (IV)	15	40	25	0	80
Huechún (RM)	12	47	10	11	80

Cuadro 22. Forma de cáliz

Localidad	Forma de cáliz					Σ
	Cerrado	*S. rectos	S. divergentes	S. curvados	S. Convergentes	
Copiapó (III)	27	17	12	5	19	80
Cerrillos de Tamaya (IV)	13	34	29	4	0	80
Huechún (RM)	11	24	24	12	9	80

* S.: sépalos

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).

Apéndice II

Cuadro 23. Color visual externo, según Descriptores de Mars

Localidad	Color externo							Σ
	1	2	3	4	5	6	7	
Copiapó (III)	0	0	17	34	29	0	0	80
Cerrillos de Tamaya (IV)	0	0	15	31	34	0	0	80
Huechún (RM)	0	0	27	34	19	0	0	80

1. Amarillo verdoso; 2. Amarillento; 3. Amarillos rojizo; 4. Rojo; 5. Rojo intenso; 6. Rojo púrpura y 7. Rojo púrpura oscuro.

Cuadro 24. Color de arilos, según Descriptores de Mars

Localidad	Color de arilos							Σ
	1	2	3	4	5	6	7	
Copiapó (III)	0	0	0	0	0	3	57	60
Cerrillos de Tamaya (IV)	0	0	0	0	0	9	51	60
Huechún (RM)	0	0	0	0	0	26	34	60

1. Blanquecino; 2. Rosa claro; 3. Rosa; 4. Rosa intenso; 5. Rosa-rojizo; 6. Rojo y 7. Rojo intenso.

Apéndice III

Cuadro 25. Adherencia de arilos a cáscara y endocarpio

Localidad	Adherencia de arilos a cáscara y endocarpio			Σ
	Slight	Moderate	Strong	
Copiapó (III)	54	6	0	60
Cerrillos de Tamaya (IV)	40	20	0	60
Huechún (RM)	58	2	0	60

¹ Alejandro Cáceres, Ing. Agrónomo Mg. Sc. Departamento. Agroindustria y Enología, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 2009 (Comunicación personal).