

# **UNIVERSIDAD DE SONORA**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS**

**Capacidad Antioxidante y Calidad de Seis Cultivares de Uva  
de Mesa**

The seal of the University of Sonora is a circular emblem. It features a central shield with a book, a torch, and a sun. Above the shield is an owl. The shield is surrounded by a circular border with the text 'UNIVERSIDAD DE SONORA'. Inside the shield, there is a banner with the motto 'TODO LO LUMINAN'.

**TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el Título de

**QUÍMICO EN ALIMENTOS**

Presentan:

**Javier Esteban Castillo Cañez  
Saúl Edgardo Gutiérrez Rosas**

Hermosillo, Sonora

Abril de 2014

# Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## FORMA DE APROBACIÓN

Los miembros del jurado calificador del examen profesional de Javier Esteban Castillo Cañez y Saúl Edgardo Gutiérrez Rosas, hemos revisado detenidamente su trabajo escrito titulado Capacidad Antioxidante y Calidad de Seis Cultivares de Uva de Mesa, y lo encontramos satisfactorio. Por tal motivo recomendamos se acepte dicho trabajo como requisito parcial para la obtención de Título de Químico en Alimentos.

Atentamente:



Dr. Miguel Ángel Martínez Téllez  
Director de Tesis

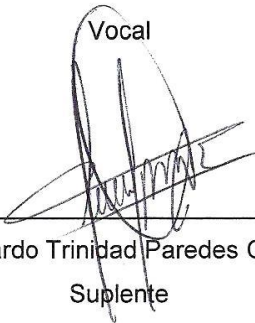


Dra. Abril Zoraida Graciano Verdugo  
Secretaria



M. en C. Mavet Madai Herrera Cadena

Vocal



Dr. Gerardo Trinidad Paredes Quijada  
Suplente

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Sonora, por habernos apoyado en el transcurso de la carrera y darnos la oportunidad de realizar nuestros estudios y por el conocimiento transmitido por nuestros maestros.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) por darnos la oportunidad de realizar nuestra tesis profesional de licenciatura, abriéndonos las puertas a sus instalaciones.

A nuestro director de tesis, el Dr. Miguel Ángel Martínez Téllez, por su confianza y conocimiento transmitido en el área de investigación.

Gracias a Marisol Ochoa Villareal, por su apoyo y amistad, por transmitir su experiencia profesional y personal como estudiante e investigadora para nuestro desarrollo, por el tiempo, la paciencia y por alimentar la sed de conocimientos.

A la Dra. Abril Zoraida Graciano Verdugo, M. en C. Mavet Madai Herrera y al Dr. Gerardo Paredes por formar parte del comité, dedicarnos su tiempo para la corrección del trabajo, así como sus consejos.

Por la ayuda y apoyo técnico brindado en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de CIAD, en especial a M. en C. Emmanuel Aispuro Hernández, Q.B. Francisco Javier Soto y Q.B.C. Yuri Edith Aguirre Guzmán.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, gracias por su cariño, guía y apoyo. A mi padre por proporcionar los medios necesarios para mi desarrollo profesional, por servir de un digno ejemplo a seguir y que con todo respeto pretendo alcanzar y superar para que un día estés tan orgulloso de mí como yo de ti, admiro tu calidad humana. A mi madre por ese amor incondicional, mi principal motivación, te dedico a través de este trabajo y de hoy en adelante, todo mi esfuerzo para retribuirte todo el tiempo que empleaste en cuidar de mi salud y bienestar, sin ustedes nada y con ustedes todo.

A mi hermana, por ser una fuente de estímulo y dedicación, por tu apoyo y amistad, gracias por soportar mi mal humor, tú sabes que te quiero.

A mis amigos con los que compartí un sin número de experiencias, Octavio, Julio, Javier a quien admiro por su paciencia y agradezco el esfuerzo, muy buen compañero de trabajo, sobre todo amigo como pocos. A todos mis demás compañeros de clases que hicieron más amena esta interesante carrera, de todos se aprende.

A “The Fallen Crew”, Alan, Panxo, Adrián, Carlos, Eduardo, Nagai, Felipe y Cire. “A good friend once told me we are memories, without them we equal nothing”.

A todos los maestros que influyeron con sus lecciones y experiencias personales, por todos los valores inculcados que sin duda fueron indispensables para mi crecimiento, a todos ellos con gran admiración y respeto.

**Saúl Edgardo Gutiérrez Rosas**

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres Marco Antonio Castillo y Ana Sofía Cañez, por su apoyo incondicional durante el largo de mi vida como estudiante e hijo. A mis hermanos Marco Antonio, Daniel, Jorge Omar y David Alejandro. A mi abuela Martha Celina.

A los que son como mis hermanos Saúl Edgardo, Francisco Xavier y Alan Daniel, por estar conmigo siempre en las buenas y en las malas por más de nueve años, los mejores sin duda.

A Julio Alfonso y Octavio, por su compañerismo y gran amistad durante toda esta etapa de la universidad y lo que falta.

A todos mis amigos y amigas que de alguna manera han influido en mi vida y que gracias a ellos me fue más fácil seguir adelante en mi camino como estudiante y persona. Samanta, Cire, Adrián, Rocío Vanessa, Rosita, Melissa, Liis, Anna, Elver, Ella, Carlos, Nagai, Eduardo, Daniela y muchas personas más que sería casi imposible mencionarlos a todos.

A mis maestros de la carrera que me brindaron sus conocimientos en la materia y sus experiencias en la vida, para ellos también va dedicado este trabajo.

יח  
הבהא  
הבירצ  
תומל

*Javier Esteban Castillo Cañez*

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
OBJETIVOS.....	11
RESUMEN.....	12
INTRODUCCION.....	14
ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS.....	16
Importancia del consumo de frutas.....	16
Aspectos importantes para la calidad en uvas de mesa.....	19
Compuestos fenólicos.....	20
Fenoles.....	22
Flavonoides.....	23
Antocianinas.....	26
Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos.....	29
MATERIALES Y METODOS.....	33
Color.....	33
Solidos solubles totales.....	34
Acidez titulable.....	34
Firmeza.....	35
Carbohidratos totales.....	35
Extracción metanólica de compuestos fenólicos.....	36
Fenoles totales.....	36
Flavonoides totales.....	37
Cuantificación de antocianinas.....	38
Capacidad antioxidante por el método de (DPPH*) 2,2-difenil-1- picrilhidrazilo.....	38
Capacidad antioxidante equivalentes Trolox (TEAC).....	39
Análisis estadístico.....	40

RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
Color.....	41
Solidos solubles totales.....	45
Acidez titulable.....	47
Relación SST/AT.....	48
Firmeza.....	50
Carbohidratos totales.....	52
Fenoles totales.....	54
Flavonoides totales.....	56
Antocianinas totales.....	58
Capacidad antioxidante por el método de (DPPH <sup>+</sup> ) 2,2-difenil-1- picrilhidrazilo.....	60
Actividad de secuestro del radical DPPH <sup>+</sup> medida comoEC50.....	61
Capacidad antioxidante equivalentes Trolox (TEAC).....	63
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFIA.....	67



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
1.	Distribución de sustancias fitoquímicas en frutas.....	17
2.	Contenido de flavonoides totales en cinco cultivares de uva de mesa.....	26
3.	Contenido de antocianinas totales en frutos y hortalizas.....	29
4.	Descriptores de color OIV, hue, Cromo y CIRG determinados en todos los cultivares de uva de mesa.....	41
5.	Parámetros de color L* a* y b* de los seis cultivares de uva de mesa.....	42
6.	Relación de sólidos solubles totales y acidez titulable.....	49
7.	Valor EC50 de los seis cultivares de uva de mesa.....	62

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Estructuras químicas de algunos de los compuestos fenólicos presentes en la uva .....	21
2.	Estructura y sustituyentes de las antocianinas presentes en la uva.....	31
3.	Diagrama cromático como representación intuitiva del sistema de coordenadas L*C*h*.....	43
4.	Sólidos solubles totales en grados °Brix, de los cultivares de uva de mesa Perlette, Superior, Red Globe, Flame, Fantasy y Midnight Beauty.....	45
5.	Contenido de acidez titulable medido como g/L de ácido tartárico en uvas de mesa.....	47
6.	Firmeza (g/mm) en los cultivares de uva de mesa.....	50
7.	Contenido de carbohidratos totales (mg/mL) en los cultivares de uva de mesa .....	52
8.	Contenido de fenoles totales en piel de seis cultivares de uva de mesa.....	54
9.	Contenido de flavonoides totales en piel de seis cultivares de uva de mesa.....	56

10.	Contenido de antocianinas totales (mg/100g TF) en las uvas de mesa de cultivares rojos y negros.....	58
11.	Actividad antioxidante de los extractos fenólicos de cáscara de uva medida como porcentaje de inhibición del radical DPPH+.....	60
12.	Actividad antioxidante de los extractos fenólicos de cáscara de uva, medida como la inhibición del radical ABTS <sup>+</sup> (equivalentes Trolox)...	63

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Evaluar las características de calidad y capacidad antioxidante en seis cultivares de uva de mesa.

### **Objetivos Particulares**

- Evaluar los parámetros de calidad: color, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y firmeza en los cultivares de uva de mesa Flame Seedless, Red Globe, Fantasy, Midnight Beauty, Perlette y Superior.
- Determinar el contenido de carbohidratos totales en los cultivares de uva de mesa Flame Seedless, Red Globe, Fantasy, Midnight Beauty, Perlette y Superior.
- Evaluar el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en los cultivares de uva de mesa Flame Seedless, Red Globe, Fantasy, Midnight Beauty, Perlette y Superior.
- Evaluar el contenido de antocianinas totales en los cultivares de uva de mesa Flame Seedless, Red Globe, Fantasy y Midnight Beauty.
- Determinar la capacidad antioxidante por los métodos de TEAC y DPPH<sup>+</sup> en uvas Flame Seedless, Red Globe, Fantasy, Midnight Beauty, Perlette y Superior.

## RESUMEN

La calidad en los alimentos viene condicionada por numerosos factores agronómicos, tecnológicos y comerciales, que determinan las características sensoriales del producto. La calidad en las uvas de mesa se debe a que en ella destacan diversos compuestos donde cada uno juega un rol importante en la calidad del mismo, como son los compuestos polifenólicos que le confieren una gran parte de su estructura, su color y de sus propiedades sensoriales. En la uva se encuentran presentes compuestos fenólicos y flavonoides, que actúan como protectores contra el daño producido por agentes oxidantes en el organismo. Por lo tanto, en el presente estudio se propuso como objetivo general evaluar las características de calidad y capacidad antioxidante en seis cultivares de uva recolectados en un viñedo comercial localizado en la región de Estación Pesqueira, Sonora. La calidad se evaluó en términos de color (parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ), con colorímetro Minolta CR-300 y se calcularon los parámetros *hue* y CIRG, sólidos solubles totales por el método 932.12 (AOAC 2000), acidez titulable por el método oficial de 942.15<sup>a</sup> (AOAC2000) y firmeza utilizando el equipo FirmTech 2<sup>®</sup>; además de la determinación de contenido total de carbohidratos mediante el método de antrona (Bailey, 1958) y antocianinas totales por el método descrito por Carreño *et al*, 1997. Se cuantificaron fenoles totales empleando el ensayo espectrofotométrico desarrollado por Folin-Ciocalteu a través de la metodología descrita por Singleton y Rossi, 1965, de igual manera flavonoides totales mediante el método espectrofotométrico descrito por Kostennikova Z y modificado por Méndez G (2000) y se evaluó la capacidad antioxidante de los extractos fenólicos de los seis cultivares de uva de mesa por el método de quelación de los radicales libres 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH<sup>+</sup>) Y 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS<sup>+</sup>). Los resultados indican que los valores de sólidos solubles totales entre las variedades se encuentran en el rango de 14 a 17 °Brix, donde Flame Seedless fue la más alta. Superior presentó el mayor contenido de acidez con un valor de 1.56 g equivalentes de ácido tartárico/L. Los valores de firmeza se compararon con los reportados por Rodríguez *et al* (2011), con los que fue posible categorizar a los cultivares de la Región Pesqueira como racimos firmes. Flame Seedless presentó el mayor contenido de carbohidratos totales con 0.099 mg de glucosa por mL de extracto. Los resultados de la cuantificación de fenoles totales se expresaron en mg de Ácido Gálico /100g de tejido fresco, donde los extractos de uvas negras presentaron un alto

contenido de fenoles totales con 606.55 mg de AG/100g de TF para Fantasy y 824.50 mg de AG/100g de TF para Midnight Beauty. En cuanto a flavonoides totales los valores se expresaron en mg de quercetina por 100g de tejido fresco, donde nuevamente las variedades Fantasy y Midnight Beauty presentaron los valores más altos con 2347.92 y 2456.09 mg de Q/100g de TF, respectivamente. Por último, se encontraron valores similares del porcentaje de inhibición del radical DPPH<sup>+</sup>, los cuales fueron: 88.35, 91.14, 81.47, 91.70, 88.37 y 91.75% para Perlette, Superior, Red Globe, Flame, Fantasy y Midnight Beauty respectivamente. Los cultivares de uva negra Midnight Beauty y Fantasy mostraron una mayor actividad de secuestro del radical ABTS<sup>+</sup> con valores de 13.50 y 8.54 milimoles de Equivalentes Trolox por 100g de tejido fresco. Los seis cultivares de uva de mesa cumplieron con el requisito mínimo de grado de madurez satisfactorio según la NMX-FF-026-SCFI-2006. Los cultivares Fantasy y Midnight Beauty presentaron la mayor concentración de fenoles totales y flavonoides totales del cual se puede inferir su alta capacidad antioxidante, ya que fueron los cultivares que mostraron una mayor actividad secuestradora de radicales libres por el método TEAC y DPPH mediante el cálculo del EC50.

## INTRODUCCIÓN

La uva es el nombre que recibe el fruto que crece formando racimos de la vid. La vid pertenece al género *Vitis* de la familia de las Vitáceas, que incluye alrededor de 600 especies de arbustos, propios de países cálidos y tropicales. Esta fruta carnosa que nace en largos racimos formados por granos redondos u ovalados contiene una gran cantidad de nutrientes (Álvarez, 2004).

La viticultura en los últimos 10 años ha tenido un crecimiento y evolución muy importante, situando a Sonora como el principal productor de uva de mesa en México, aportando el 95% de la producción nacional. La uva de mesa sonorenses es reconocida en los mercados mundiales por su gran calidad y por sus procesos de sanidad e inocuidad certificados por organismos internacionales (Zhang *et al.*, 2001).

La calidad de este fruto se debe a que en ella destacan diversos compuestos donde cada uno juega un rol importante en la calidad del mismo, como son los compuestos polifenólicos que le confieren una gran parte de su estructura, su color y de sus propiedades sensoriales.

En cuanto a los índices de calidad, el mayor nivel de aceptación por parte del consumidor, se obtiene con un valor alto del contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) o de la relación SST/AT (Acidez Titulable). La firmeza de la fruta es otro factor importante para asegurar la aceptación por parte del consumidor, al igual que la ausencia de defectos como pudriciones, bayas partidas, pardeamiento del raquis, desgrane, y daño por sol y/o insectos (Crisosto *et al.*, 2012).

La uva destaca por su alto contenido de polifenoles los cuales han sido estudiados en numerosas investigaciones. Los compuestos que han destacado son las antocianinas y los flavonoides, los cuales han mostrado gran eficacia como anticancerígenos, antihipertensivos y antioxidantes que contribuyen a mejorar la salud humana (Ojeda, 2007).

En la uva se encuentran presentes compuestos fenólicos y flavonoides, éstos actúan como protectores contra el daño producido por agentes oxidantes en el organismo. Los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos

y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante (Martínez *et al.*, 2002). Es por eso que el consumo de frutos con alto contenido de compuestos fenólicos y flavonoides está relacionado con la disminución de los radicales libres que se producen en el cuerpo y que son responsables de algunas enfermedades crónicas degenerativas.

El contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y antocianinas en la uva puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales, culturales, agronómicas y entre cultivares (Peña, 2005). Razón por la cual es importante conocer el contenido de estos compuestos en los diferentes cultivares de uva de mesa de la región.



## ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

### Importancia del Consumo de Frutas

Las frutas y las hortalizas son alimentos que forman parte de la dieta y que además aportan una gran cantidad de nutrientes y otros compuestos bioactivos, que reciben el nombre de “fitoquímicos” (Cámara *et al.*, 2001). Se han realizado muchos estudios que señalan los efectos benéficos de los compuestos fitoquímicos sobre la salud humana, entre los que destacan los carotenos, vitaminas C y E (compuestos antioxidantes), folatos, compuestos fenólicos (flavonoides, cinamatos y taninos), glucosinolatos, fitosteroles y ciertos minerales (Fe, Zn, Mn) (Begoña, 2002). Algunos de estos compuestos se observan en la Tabla 1.

La alta ingesta de frutas y verduras está estrechamente relacionada con el mantenimiento de la salud y la prevención de enfermedades. Se sabe que está vinculado el alto contenido de antioxidantes con la disminución de las enfermedades provocadas por el daño oxidativo, como son las enfermedades cardíacas, las hemiplejias y el cáncer (Robbins, 2003). Estudios epidemiológicos, señalan que es muy recomendable un consumo de cinco o más porciones de frutas al día, ya que se ha demostrado una estrecha relación entre el consumo elevado de éste tipo de alimentos con una disminución de riesgos ante diversas enfermedades del tipo crónicas (Cámara *et al.*, 2001).

Se considera que las frutas y verduras desplazan el consumo de grasa, azúcares y sal, y promueven el mantenimiento del peso corporal, además de proporcionar fibra dietaria y fitonutrientes a la dieta (OMS/2003). La estrategia mundial de la Organización Mundial de la Salud, sobre Dieta, Actividad Física y la Salud recomienda un aumento en la ingesta de las frutas y las verduras como una estrategia para la prevención de enfermedades crónicas (OMS/FAO, 2003).

Los compuestos fitoquímicos a pesar de estar presentes en muy bajas concentraciones, influyen decisivamente en la aceptación y deseo de consumir frutas como uvas, fresas, ciruelas, cerezas, etc. Dentro de estos alimentos hay sustancias de diversas familias químicas que poseen estructuras y propiedades muy variadas como son los polifenoles, entre los que se

incluyen las antocianinas, taninos, flavonoles, isoflavonas, lignanos, estilbenoides y derivados de ácidos aromáticos. Algunos de los compuestos fitoquímicos tienen efectos específicos sobre enzimas responsables de la activación y degradación de carcinógenos, o, al ser análogos estructurales de hormonas, son capaces de unirse a receptores hormonales produciendo diferentes efectos (Santos-Buelga *et al.*, 2001).

Tabla 1. Distribución de sustancias fitoquímicas en frutas.

<b>Fruta</b>	<b>Sustancias fitoquímicas</b>
Albaricoque	Flavonoles en la piel, derivados del caféico, $\beta$ -caroteno
Cereza	Antocianinas, flavonoles, catequinas y procianidinas, derivados del caféico
Ciruela	Antocianinas (variedades rojas), catequinas y procianidinas, flavonoles en la piel, derivados del caféico
Cítricos	Flavanonas, carotenoides (criptoxantina), terpenos (limoneno, limonoides), folatos
Frambuesa	Antocianinas, flavonoles, catequinas y procianidinas, ácido elágico, elagitaninos
Fresa	Antocianinas, flavonoles, catequinas y procianidinas, ácido elágico, elagitaninos, folatos
Granada	Antocianinas, elagitaninos, polifenoles
Caqui	Procianidinas, taninos condensados
Manzana	Polifenoles, flavonoles en la piel (Antocianinas en las variedades rojas), catequinas y procianidinas, folatos
Melocotón	Flavonoles en piel, derivados del caféico, procianidinas, catequinas y procianidinas
Melón	Carotenoides ( $\beta$ -caroteno, variedades de carne amarilla)
Nectarina	Flavonoles en piel, derivados del caféico
Níspero	Flavonoides en piel, derivados del caféico, catequinas y procianidinas
Pera	Polifenoles, flavonoles en piel, arbutina
Plátano	Polifenoles, folatos
Sandía	Licopeno

---

Uva	Polifenoles, resveratrol, Antocianinas (variedades rojas), catequinas y procianidinas, derivados del caféico, flavonoles
-----	--

---

Fuente: Santos-Buelga *et al.*, 2001

Los polifenoles poseen acciones molusquicidas, antihelmínticas, antihepatotóxicas, antiinflamatorias, antidiarreicas, antiúlceras, antivirales, antialérgicas y vasodilatadoras. Se ha verificado que inhiben la replicación del virus de la inmunodeficiencia Humana (HIV) y del virus simplex humano (HSV), inhiben las glucosiltransferasas del *Streptococcus mutans* (caries dental), inhiben la autooxidación del ascorbato, también inhiben efectos citotóxicos, la promoción del crecimiento tumoral y la enzima xantina mono-amina oxidasa. La actividad antioxidante de los fenoles es el origen de funciones biológicas tales como la antimutagénica, anticancerígena y antienviejamiento (Velioglu *et al.*, 1998; Proestos *et al.*, 2005).

Específicamente las frutas pequeñas o frutillas, conocidas como berries en inglés, contienen una amplia gama de flavonoides y ácidos fenólicos que muestran actividad antioxidante. Los principales compuestos en las berries son las antocianinas, proantocianidinas, flavonoles y catequinas. Los estudios sobre la actividad antioxidante han sido enfocados principalmente en uvas, en las cuales se ha verificado que inhiben la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad humanas (LDL) en un nivel comparable con el del vino. El extracto de frutillas frescas actúa como un antioxidante 5 veces más activo que el trolox (análogo de la vitamina E), en un sistema artificial que genera peróxido. Los extractos de zarzamoras, arándanos y frambuesas poseen una alta actividad antioxidante como captadores de radicales superóxido. Los ácidos hidroxicinámicos típicamente presentes en las frutas han demostrado inhibir la oxidación en las lipoproteínas de baja densidad (LDL) *in vitro*. Los extractos fenólicos de zarzamoras, frambuesas, cerezas y arándanos inhiben la oxidación de las LDL humanas y la oxidación de los liposomas (Kähkönen *et al.*, 1999).

## Aspectos Importantes para la Calidad en Uvas de Mesa

Los principales aspectos de calidad en la uva de mesa son el tamaño, el color (para los cultivares coloreados) y la ausencia de defectos físicos y de enfermedades producidas por microorganismos.

De acuerdo a la norma del CODEX (CODEX STAN 255-2007) para las uvas de mesa se establece como requisitos mínimos que en todas las categorías, los racimos y las bayas de uva deberán estar sanos y exentos de podredumbre; limpios y exentos de cualquier materia extraña visible; exentos de plagas y de humedad externa anormal, de cualquier olor y/o sabor extraños, de daños causados por bajas y/o altas temperaturas. Además, las bayas de uva deberán estar enteros, bien formados y normalmente desarrollados.

Asimismo como requisitos de madurez la norma establece que las uvas de mesa deberán estar suficientemente desarrolladas y presentar un grado de madurez satisfactorio.

La fruta deberá tener un índice refractométrico de 16° Brix como mínimo. Se aceptarán frutas con un índice refractométrico inferior siempre que la relación azúcar/acidez sea, como mínimo, igual a: (a) 20:1 si el valor de grados Brix es mayor o igual a 12,5° y menor de 14° Brix, (b) 18:1 si el valor de grados Brix es mayor o igual a 14° y menor de 16° Brix.

Por otro lado de acuerdo a las especificaciones de cada categoría las uvas de mesa se clasifican en: categoría "Extra", siendo éstas las de calidad superior sin defectos, salvo defectos superficiales mínimos siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto; categoría I las cuales son de buena calidad, se permite en esta categoría defectos leves en la baya como podría ser un ligero defecto de forma, ligero defecto de coloración o un abrasado ligero que solo afecte la piel; categoría II la cual comprende las uvas de mesa que no pueden clasificarse en las categorías superiores pero satisfacen los requisitos mínimos, se permiten además los mismos defectos que en la categoría I.

Para la evaluación de los parámetros de calidad en uvas de mesa es posible hacer referencia a la NMX-FF-026-SCFI-2006 la cual establece las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir la uva de mesa del género y especie *Vitis vinifera L.*, perteneciente a

la familia *ampelidáceae* para consumirse en fresco, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluye la uva para el procesamiento industrial.

Los productos objeto de esta norma mexicana se clasifican en las categorías siguientes: categoría "Extra", categoría I, categoría II y categoría III o "subestándar".

Las uvas de mesa deben presentar un estado de madurez satisfactorio, con el color, sabor, textura y aroma característicos. El indicador de esta condición se determina químicamente por la relación del contenido de SST/AT.

Las uvas de mesa deben presentar la coloración característica de su variedad. De acuerdo a dicha coloración, se clasifican como sigue:

Uvas negras o tintas.- Son las uvas que presentan un color que varía de púrpura o violeta a negruzco.

Uvas rojas o rosadas.- Son las uvas que presentan un color que varía de rosa claro a rojo oscuro.

Uvas blancas.- Son las uvas cuyo color varía de verde claro a verde cremoso.

### **Compuestos Fenólicos**

Los polifenoles se encuentran en todos los órganos de las plantas, desde las raíces a los frutos y poseen distintas estructuras químicas. Estos compuestos participan en diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, síntesis proteica, actividad enzimática, fotosíntesis, formación de componentes estructurales, alelopatía y en diversos mecanismos de defensa ante los factores adversos del ambiente (Ojeda, 2007).

Los polifenoles comprenden una amplia variedad de moléculas que incluyen desde compuestos altamente polimerizados hasta moléculas simples con un solo anillo fenólico en su estructura, como los alcoholes y ácidos fenólicos.

Se han descrito más de 8000 polifenoles distintos que pueden clasificarse en diferentes grupos en función del número de anillos fenólicos que contienen y el tipo de sustituyente unido

a estos anillos. Las principales clases de polifenoles por ser los más ampliamente distribuidos en los alimentos son: flavonoides, ácidos y alcoholes fenólicos, estilbenos y lignanos. En la Figura 1 se muestra la estructura química de algunos de los compuestos presentes en la uva. (Granado, 2010).

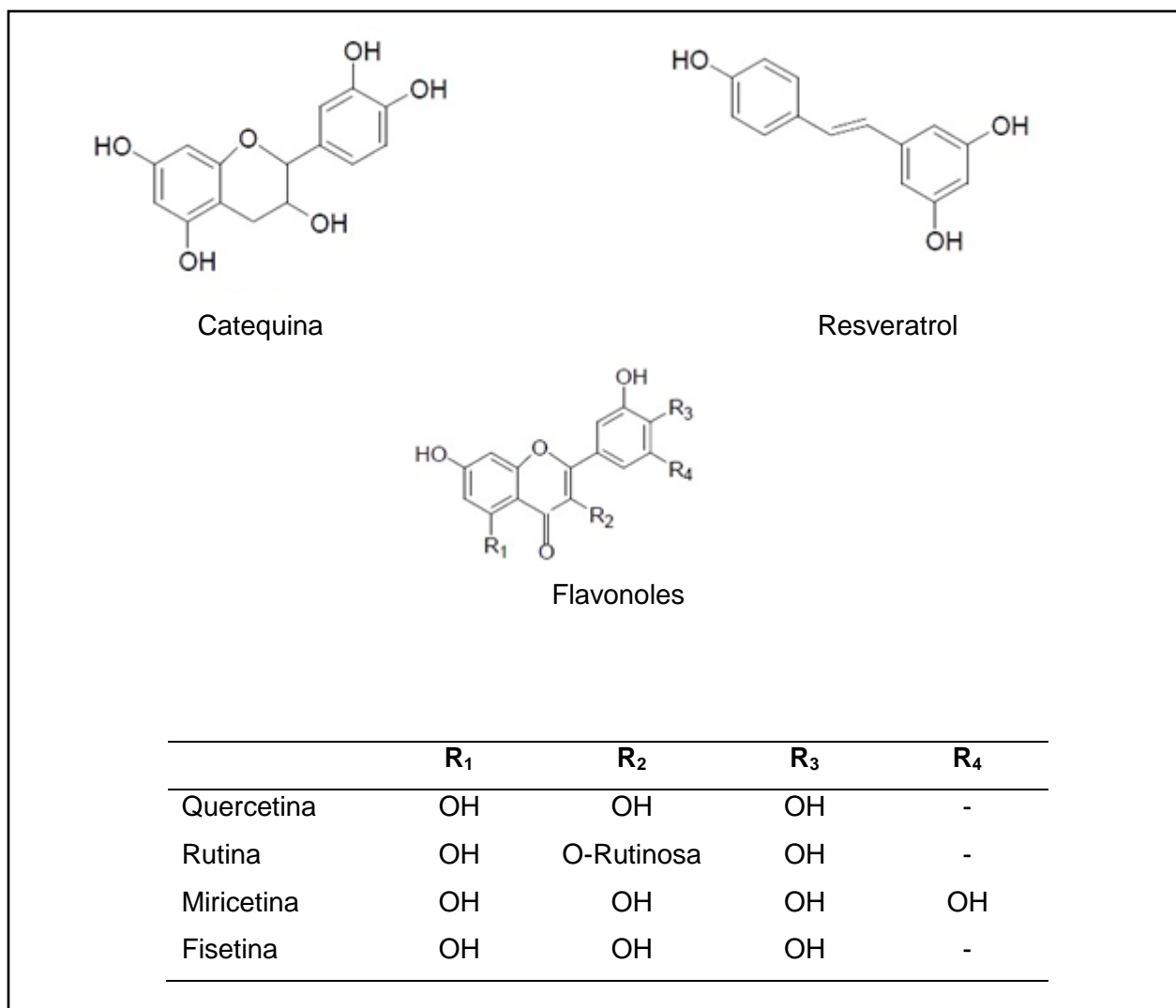


Figura 1. Estructuras químicas de algunos de los compuestos fenólicos presentes en la uva. Fuente: (En-Qin *et al.*, 2010).

## Fenoles

Existen dos grandes grupos de compuestos fenólicos: los ácidos fenólicos (benzoicos y cinámicos) y los flavonoides (flavonoles, antocianinas y taninos). Las diferencias estructurales entre ambos grupos consisten principalmente en que los ácidos fenólicos tienen un único anillo, mientras que los flavonoides están formados por dos anillos fenólicos unidos por una cadena de tres átomos de carbono.

Las moléculas fenólicas tienen una gran capacidad de reacción y existen, sobre todo, combinadas con un ácido orgánico o un azúcar (como en los ácidos fenólicos, los flavonoles y las antocianidinas), o bien con ellas mismas para formar un polímero como los taninos (Martínez, 2002).

En la uva los ácidos fenólicos se encuentran, principalmente en la piel y la pulpa. Los taninos son abundantes en las semillas, que presentan entre el 50% y el 90% de las proantocianidinas totales y, en menor medida, en el hollejo y raspón (Bertamini y Mattivi, 1999).

Los ácidos fenólicos son abundantes antes del envero y disminuyen regularmente hasta la madurez (Champagnol, 1984). Algunos de los ácidos fenólicos se presentan en forma de ácido gálico (té verde, uvas), ácido rosmarínico (romero), ácido clorogénico (alcachofa y arándano azul) y cinarina (alcachofa).

Los fenoles están asociados al color, las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), las características nutritivas y las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. La característica antioxidante de los fenoles se debe a la reactividad del grupo fenol (Robbins, 2003; Kähkönen *et al.*, 2001).

Los ácidos fenólicos se comportan como antioxidantes muy eficientes en los sistemas biológicos, ya que pueden actuar como receptores de radicales libres y neutralizadores de la cadena alifática (Chimi *et al.*, 1988).

Existen diversos estudios que revelan el contenido de fenoles totales encontrados en los extractos de las cáscaras de uva, de los cuales se determinó que el extracto proveniente de

la cáscara de uva roja Carignane fue el que presentó el contenido de fenoles totales significativamente mayor (1060.28+40.34 mg Equivalentes de Ácido Gálico (EAG)/100 g muestra base seca (b.s.)) que los extractos de uvas rojas Red Globe y Flame (953.73 y 865.31 mg EAG/100 g muestra b.s., respectivamente) y verdes Perlette y Superior (944.98 y 718 mg EAG/100g muestra b.s., respectivamente). El extracto de uva verde Superior fue el que tuvo el nivel de fenoles totales más bajo significativamente (Molina, 2008).

Estudios realizados en la Universidad de Santiago de Compostela indican que se pueden encontrar contenidos de fenoles totales en cáscara de uva roja desde 55 hasta 5129 mg/100g muestra b.s. y en cáscara de uva verde de 28 hasta 3794 mg/100g b.s. Estas diferencias de variación en el contenido de fenoles totales se atribuyeron a los distintos métodos de extracción que utilizaron los autores (Pinelo *et al.*, 2005; Duda-Chodak y Tarko, 2007).

## **Flavonoides**

Los flavonoides son compuestos naturales presentes en los vegetales que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes como los rayos ultravioletas, la polución ambiental y sustancias químicas presentes en los alimentos.

El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos. Los flavonoides están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y en diversas bebidas y representan componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana (Aherne, 2002).

Los flavonoides constituyen el grupo más importante dentro de los polifenoles, son los más abundantes en las plantas y comparten el esqueleto común de difenil piranos. Esta estructura básica les permite presentar una multitud de sustituciones y variaciones dando lugar a flavonoles, flavonas, flavanonas, flavanololes, isoflavonoides, catequinas, chalconas, antocianidinas, proantocianidinas o taninos condensados. Dentro de todos ellos, las flavonas (p.e. apigenina, luteolina y diosmetina) y los flavonoles (p.e. quercetina, mirecitina, kampferol) son los compuestos más abundantes en los vegetales donde se encuentran preferentemente en



las capas más superficiales de hortalizas, frutas, cereales y semillas para proteger de la oxidación los tejidos de las capas inferiores (Zavaleta *et al*, S/A).

El esqueleto carbonado de los flavonoides contiene 15 carbonos ordenados en dos anillos aromáticos unidos por un puente de tres carbonos. Los flavonoides se clasifican en función del grado de oxidación del puente de tres carbonos, siendo los principales las antocianinas, flavonas, flavonoles e isoflavonas (García y Carril, 2009).

Los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo y se caracterizan por la propiedad de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante. Por ello, desempeñan un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo, y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías.

Sus propiedades antirradicales libres se dirigen fundamentalmente hacia los radicales hidroxilo y superóxido, especies altamente reactivas implicadas en el inicio de la cadena de peroxidación lipídica (Jovanovic, 1998) y se ha descrito su capacidad de modificar la síntesis de eicosanoides (con respuestas antiprostanoide y antiinflamatoria), de prevenir la agregación plaquetaria (efectos antitrombóticos) y de proteger a las lipoproteínas de baja densidad de la oxidación (prevención de la placa de ateroma).

La actividad de los flavonoides como antioxidantes depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química (Bors *et al.*, 1990). Esta estructura básica permite una multitud de patrones de sustitución y variaciones en el anillo C.

La capacidad de los flavonoides para actuar como antioxidantes en los sistemas biológicos fue reconocida desde los años treinta; sin embargo, el mecanismo antioxidante fue ignorado en gran medida hasta hace poco tiempo. El creciente interés en los flavonoides se debe a la apreciación de su amplia actividad farmacológica. Pueden unirse a los polímeros biológicos, tales como enzimas, transportadores de hormonas, y ADN; quelar iones metálicos transitorios, tales como  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ , catalizar el transporte de electrones, y depurar radicales libres (Saskia *et al.*, 1998). Debido a este hecho se han descrito efectos protectores en patologías tales como diabetes mellitus, cáncer, cardiopatías, infecciones víricas, úlcera

estomacal y duodenal, e inflamaciones. Otras actividades que merecen ser destacadas son sus acciones antivirales y antialérgicas (Vrijisen *et al.*, 1988), así como sus propiedades antitrombótica y antiinflamatoria.

Los flavonoides se encuentran en frutos, hortalizas, semillas y flores, así como en cerveza, vino, té verde, té negro y soja, los cuales son consumidos en la dieta humana de forma habitual y también pueden utilizarse en forma de suplementos nutricionales, junto con ciertas vitaminas y minerales. Los flavonoides se encuentran también en extractos de plantas como arándano, ginkgobiloba, cardo, mariano o crataegus; además desempeñan un papel importante en la biología vegetal (Martínez *et al.*, 2002).

Los flavonoides se ubican principalmente en las hojas y en el exterior de las plantas, apareciendo sólo rastros de ellos en las partes de la planta por encima de la superficie del suelo. Una excepción son los tubérculos de cebolla, que contienen una gran cantidad de quercetina 4'-D-glucósidos (Hertog *et al.*, 1996).

Según revisiones de Kanner y Frankel (1994), reportan que tanto uvas, vinos y subproductos de la uva, contienen altas concentraciones de compuestos fenólicos, principalmente flavonoides (1000-1800 mg/mL). Por otra parte, en un estudio realizado en la región de Apulia al sur de Italia en donde se analizaron los cultivares de mesa Italia, Baresana, Pizzutello, Red Globe, Michele Palieri, Crimson Seedless y Thompson Seedless se encontró que el contenido de flavonoides totales en la piel de las baya para las variedades verdes Baresana, Italia, Pizzutello y Thompson Seedless fue de 25.9, 24.9, 19.3 y 15.8 g de catequina por kilogramo en b.s. respectivamente; mientras que el rango para los cultivares de uvas rojas mostró valores de 25.7 para Red Globe y 37.2 g catequina/kg b.s. para el cultivar Crimson Seedless (Baiano y Terracone, 2011). De acuerdo a estos datos, los cultivares de uva de mesa rojos presentan mayor contenido de flavonoides totales que los cultivares de uva verdes.

Molina (2008) muestra los resultados del contenido de flavonoides totales en cinco cultivares de uva de mesa donde los resultados se expresan en muestra b. s. en la siguiente tabla.

Tabla 2. Contenido de flavonoides totales en cinco cultivares de uva de mesa.

<b>Extractos</b>	<b>Flavonoides totales mg Quercetina/100g b.s.</b>
Perlette	635.91
Superior	638.54
Flame Seedless	722.12
Red Globe	802.20
Carignane	888.16

Fuente: Molina (2008)

### **Antocianinas**

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 carbonos (Garzón, 2008). Químicamente las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace  $\beta$ -glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas es el ion flavilio que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico; el flavilio normalmente funciona como un catión (Badui, 2006).

Las agliconas libres raramente existen en los alimentos, excepto posiblemente como componentes traza de las reacciones de degradación (Fennema, 1993). De todas las antocianidinas que actualmente se conocen (aproximadamente 20), las más importantes son la pelargonidina (Pg), delphinidina (Df), cianidina (Cy), petunidina (Pt), peonidina (Pn) y malvidina (Mv), nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 150 antocianinas.

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas (Garzón, 2008).

En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glucosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se encuentran la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa. Otra posible variación en la estructura es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos pueden ser alifáticos, tales como: malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o aromáticos: *p*-coumárico, caféico, ferúlico, sinápico, gálico, o *p*-hidroxibenzóico. Stintzing *et al* (2002), demostraron que el tipo de sustitución glucosídica y de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas; es así como sustituciones glucosídicas en la posición 5 al igual que acilaciones aromáticas, producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura.

Las antocianinas están presentes en diferentes órganos de las plantas, tales como frutas, flores, tallos, hojas y raíces. Estos pigmentos son normalmente encontrados disueltos uniformemente en la solución vacuolar de células epidérmicas. Sin embargo, en ciertas especies, las antocianinas son localizadas en regiones discretas de la vacuola celular, llamadas antocianoplastos (Pecket y Small, 1980). La principal fuente de antocianinas son frutas rojas, principalmente bayas y uvas rojas, cereales, principalmente maíz morado, vegetales y vino rojo entre las bebidas (Harbone, 1993; Escribano-Bailon *et al.*, 2004).

Las antocianinas son interesantes por dos razones. La primera por su impacto sobre las características sensoriales de los alimentos, las cuales pueden influenciar su comportamiento tecnológico durante el procesamiento de alimentos, y la segunda, por su implicación en la salud humana a través de diferentes vías (De Pascual-Teresa y Sánchez-Ballesta, 2008). Por lo tanto, además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas son agentes potenciales en la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano.

La uva y sus principales componentes como las antocianinas, flavonoides y el resveratrol tienen una variedad de bioactividades, tales como antioxidante, cardioprotectivo, anticancerígeno, antiinflamatorio, antienvjecimiento y antimicrobiano, las cuales están estrechamente ligadas a favor de la prevención de enfermedades y promoción de la salud, haciendo más grande el potencial de la uva en el campo de los alimentos y aplicación farmacéutica (En-Qinet *et al.*, 2010).

Varias bayas y grosellas negras son las fuentes más ricas en antocianinas. La enorme presencia de antocianinas en frutas, vegetales y vinos rojos resulta en una ingesta alta para los humanos. Dependiendo del país y de los hábitos nutricionales de los individuos, la ingesta diaria de antocianinas ha sido estimada en el rango de varios miligramos a cientos de miligramos por persona (Horbowicz *et al.*, 2008). La ingesta de antocianinas se está incrementando de manera significativa debido a que los extractos y jugos de frutas y vegetales con alto contenido de antocianinas están llegando a ser mucho más disponibles comercialmente hoy en día, y los beneficios a la salud de las antocianinas han llegado a ser evidentes.

El desarrollo del color en uvas está determinado por la producción de antocianinas. En *Vitis vinifera* L., las antocianinas se sintetizan durante el envero que corresponde al cambio de color (Keller y Hrazdina, 1998), y se acumulan en las vacuolas de las tres o cuatro primeras capas celulares hipodérmicas de las bayas, y en algunos casos en el mesocarpio y las semillas (Cantos *et al.*, 2002). En este fruto se encuentran principalmente monoglucósidos de Mv, Df, Pn, Pt o Cy (Torres *et al.*, 2002) a excepción de pelargonidina.

La distribución y el contenido de antocianinas en las bayas de uva resulta ser compleja y varía de cultivar en cultivar. La composición de las antocianinas está determinada primeramente por factores genéticos, sin embargo, el contenido de antocianinas en uvas varía durante la maduración, las condiciones estacionales, así como también por las características físicas y químicas del suelo, las cuales tienen influencia sobre la distribución de antocianinas en la baya. Algunas de las referencias coinciden con el hecho de que factores no genéticos como las condiciones ambientales y las prácticas de viticultura tienen un mayor efecto sobre la concentración de antocianinas más que sobre su distribución en las bayas (Arozarena *et al.*, 2002).

El contenido de antocianinas varía sin duda alguna entre frutos y hortalizas, a continuación en la tabla 3 se muestra el contenido de antocianinas totales de algunas de las frutas y hortalizas más comunes en los que se incluyen las uvas.

Tabla 3. Contenido de antocianinas totales en frutos y hortalizas.

Fuente	Contenido de antocianinas totales (mg / 100 g Tejido Fresco)*
Arándanos	25 – 495
Cerezas	4 – 450
Uvas	6 – 600
Shiraz**	10.38
Cabernet Sauvignon**	10.37
Merlot**	10.26
Kiwi	100
Zanahoria morada <i>Rain</i> ***	44.27
Zanahoria morada <i>Haze</i> ***	57.22
Esparrago morado <i>Albenga</i> ***	23.74
Cebolla roja	7 – 21
Rábanos	11 – 60

\*Expresados como mg de cianindina-3-glucósido

\*\* Expresados como mg de malvidina-3-glucósido

\*\*\*Expresados como mg de cianindina-3-glucósido/ 100 g de tejido fresco

### Actividad Antioxidante de los Compuestos Fenólicos

En los últimos años, ha aumentado el interés por estudiar y cuantificar los compuestos antioxidantes de los frutos y vegetales, debido a sus propiedades benéficas hacia la salud. Se tienen reportes que los compuestos fenólicos de la uva *Vitis vinifera* tienen propiedades antioxidantes tanto *in vivo* como *in vitro* por lo tanto el consumo de estos frutos es importante para la dieta humana. El gran conocimiento de los efectos antioxidantes de los compuestos de la uva ha incrementado su consumo como suplementos alimenticios mediante cápsulas de extractos de semilla de uva y de corteza de pino llamadas “grapine” y que ha llegado al comercio como suplementos naturales (Molina, 2008).

Estudios realizados con compuestos polifenólicos y especialmente los flavonoides demuestran su capacidad antioxidante y su significativa contribución en la dieta, así como su

efecto en la prevención de diversas enfermedades tales como: enfermedades cardiovasculares, cancerígenas y enfermedades neurológicas.

Los polifenoles, particularmente los flavonoides, son efectivos donadores de hidrógenos lo que les permite actuar como antioxidantes. Su potencial antioxidante es dependiente del número y de la posición de los grupos hidroxilos y su conjugación, así como de la presencia de electrones donadores en el anillo estructural, debido a la capacidad que posee el grupo aromático de soportar el desapareamiento de electrones por desplazamiento del sistema de electrones- $\pi$  (Kuskoski, 2004).

Las antocianinas poseen una estructura química que les permite actuar como antioxidantes, pueden donar hidrógenos, o electrones a los radicales libres o bien atraparlos y desplazados en su estructura aromática. Una actividad antioxidante óptima se relaciona con la presencia de grupos hidroxilos en las posiciones 3' y 4' del anillo B, los cuales confieren una elevada estabilidad al radical formado. Los grupos hidroxilos libres en las posición 3 del anillo C y en la posición 5 del anillo A, junto con el grupo carbonilo en la posición 4 son donadores de electrones. La diversidad estructural contribuye favorablemente a la existencia natural de unas 150 o más antocianinas con diferentes sustituciones glucosídicas, en la estructura básica del ion fenil-2-benzopirilio o flavilio (Kuskoski, 2004) (figura 2).

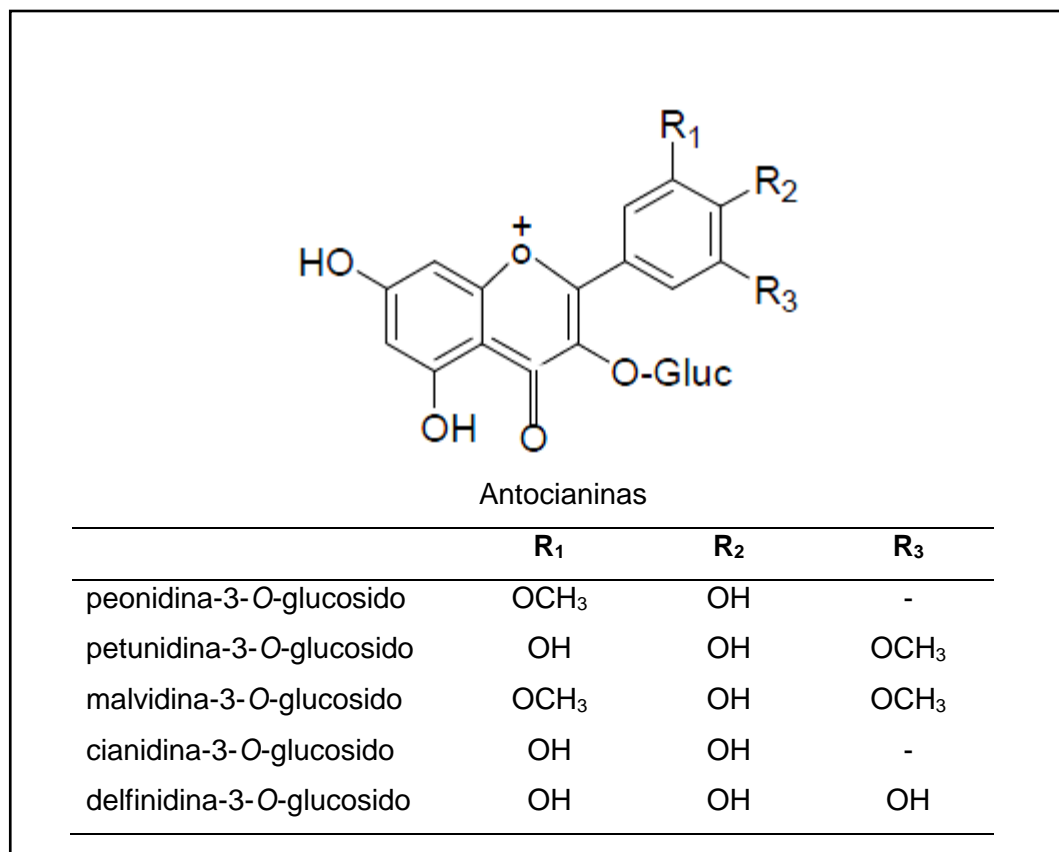


Figura 2. Estructura y sustituyentes de las antocianinas presentes en la uva. Fuente: (En-Qin *et al.*, 2010).

Las coloraciones azul, azulgrana y violeta que se observan en las bayas, uvas y berenjena púrpura se deben a su contenido fenólico. Los arándanos, por ejemplo, tienen una concentración elevada de antocianidinas fenólicas y son de color rojo. (García Iturrioz, 2011).

Molina (2008) realizó estudios sobre la capacidad antioxidante en uvas de mesa Red Globe, Flame, Carignane, Perlette y Sugraone (también conocida como Superior) mediante el método de ABTS<sup>+</sup> y DPPH<sup>+</sup>. Los cultivares con mayor capacidad antioxidante fueron Carignane y Red Globe. Mientras que la variedad que presentó menor actividad fue el extracto de la uva verde Superior.

Asimismo, la actividad antioxidante medida como la inhibición del radical DPPH<sup>+</sup> mostró una inhibición mayor para los extractos de la cáscara de uvas rojas (Carignane y Red Globe) y una inhibición menor para las uvas verdes (Perlette y Sugraone) Molina (2008).



Se ha determinado que la actividad antioxidante de los jugos de uva se basa en su capacidad para capturar radicales libres (Sánchez Moreno *et al.*, 1999). Por lo tanto, cuando existe mayor concentración de fenoles totales, la actividad antioxidante aumenta (Baderschneide *et al.*, 1999).

Por otro lado, se han llevado a cabo investigaciones con las uvas de variedad roja principalmente (*Vitis vinifera sp.*) con el fin de obtener información detallada de la composición y el contenido de antocianinas, y determinar la correlación entre estos compuestos y la capacidad antioxidante de extractos de uva, Kallithraka, (2005) menciona que dicha correlación entre antocianinas y capacidad antioxidante es baja cuando existe mayor concentración de fenoles totales, la actividad antioxidante aumenta (Baderschneider *et al.*, 1999).

Por otro lado, se han llevado a cabo investigaciones con las uvas de variedad roja principalmente (*Vitis vinifera sp.*) con el fin de obtener información detallada de la composición y el contenido de antocianinas, y determinar la correlación entre estos compuestos y la capacidad antioxidante de extractos de uva, Kallithraka, (2005) menciona que dicha correlación entre antocianinas y capacidad antioxidante es baja.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material Vegetal

Se utilizaron racimos de uva de mesa que fueron recolectados en un viñedo comercial localizado en la región de Estación Pesqueira, Sonora. Se utilizaron racimos de seis cultivares Perlette, Superior, Red Globe, Flame Seedless, Midnight Beauty y Fantasy y se realizaron los análisis de calidad posterior a la recolección en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD). Para los análisis de antocianinas, fenoles, flavonoides totales y capacidad antioxidante, las muestras se congelaron a -20°C para su análisis posterior.

### Color

El color se midió con un colorímetro Minolta CR-300, empleando como iluminación estándar D65. Se empleó la escala de color del CIELAB utilizando los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  se utilizaron para calcular *hue* [ $\arctan(b^*/a^*)$ ],  $C^*$  ( $C^*$  = croma ( $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ )) y el Índice de Color (CIRG por sus siglas en inglés) para los cultivares rojos el cual se obtuvo empleando la siguiente fórmula:  $CIRG = (180 - hue) \div (L^* + C^*)$  (Carreño *et al.*, 1995). Además se utilizó el descriptor de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) para la clasificación del color de las uvas. Se realizaron 25 mediciones en cada racimo, con 3 repeticiones por variedad.

## Sólidos Solubles Totales

Para la determinación de sólidos solubles totales (SST) se maceró y filtró la pulpa de 3 bayas. La medición de SST se realizó mediante un refractómetro digital (Pocket Refractometer Pal-1; Atago), de forma directa con la fase líquida de la pulpa homogenizada, utilizando el método 932.12 (AOAC 2000). Se realizaron 3 mediciones por racimo. Los resultados se expresaran como grados Brix a una temperatura estándar de 20°C.

## Acidez Titulable

En alimentos el grado de acidez indica el contenido de ácidos libres. Se determina mediante una valoración (volumetría) con un reactivo básico. El resultado se expresa como el porcentaje o la cantidad de gramos del ácido predominante en el material por litro de muestra, en cuyo caso para las uvas de mesa el ácido que se encuentra en mayor proporción es el ácido tartárico. Para la medición de este parámetro se empleó el método oficial de 942.15<sup>a</sup> (AOAC2000). Para titular, se utilizó NaOH 0.1 N hasta pH 8,1 y se calcularon los resultados mediante la fórmula:

$$Acidez = (GB \times N \times P_{eq}) \div A$$

Dónde:

GB = gasto de bureta en mL.

N = normalidad del agente titulante

P<sub>eq</sub> = peso molecular del ácido predominante / número de iones H<sup>+</sup>

A = alícuota en mL de muestra

## **Firmeza**

La firmeza se determinó utilizando el equipo FirmTech 2<sup>®</sup> (BioSciences), que simula la deformación que resulta de la aplicación de una fuerza constante, o la fuerza requerida para obtener una deformación predeterminada que puede ser interpretada como las condiciones de medición del consumidor al presionar levemente las bayas. El equipo contiene un embolo que ejerce una presión y mide de manera confiable la deformación de la baya a una determinada presión (Rodríguez *et al.*, 2011). Se reportaron los valores en g/mm. Se realizaron 25 mediciones por cada racimo, haciendo un triplicado para cada cultivar.

## **Carbohidratos Totales**

Se realizó el ensayo de carbohidratos totales mediante el método de antrona. Este método colorimétrico se basa en la reacción de los polisacáridos presentes en la muestra con un ácido fuerte que produce un cromógeno y posteriormente se condensa para formar un cromóforo y dar color.

El procedimiento consistió primeramente en realizar una curva de calibración con una solución estándar de glucosa. A continuación se preparó una solución de 0.05% de antrona con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 70%. Se tomaron 100 µL de la muestra y se agregaron a los tubos donde se realizó el ensayo. Posteriormente se adicionó 1 mL de la solución de antrona y se agitaron rápidamente los tubos en un vortex y se colocaron en un baño con hielo para disminuir la temperatura. Una vez enfriados los tubos se colocaron en agua hirviendo por 7 minutos. Al terminar los 7 minutos se colocaron nuevamente en el hielo por 30 minutos. Después de los 30 minutos se agitaron una vez más en vortex y se procedió a leer la absorbancia a 625 nm, los resultados obtenidos se expresaron como mg de glucosa por mililitro de extracto de los seis cultivares (Bailey, 1958).

## **Extracción Metanólica de Compuestos Fenólicos**

Se preparó metanol al 80% grado reactivo y se almacenó en refrigeración. Posteriormente se utilizaron 2 gramos de muestra (piel de la baya) a los que se les adicionaron 4 mL de metanol al 80%. Se homogeneizó la muestra por aproximadamente 30 s utilizando un homogeneizador de tejidos marca Ultra-Turrax. Se introdujo el tubo (con la muestra) en un vaso de precipitado con hielo para evitar que se calentara durante la homogenización. Se colocaron los tubos con los extractos en una gradilla de plástico los cuales se sonicaron por 30 minutos a temperatura ambiente, procurando que el agua del sonicador no se calentara mediante la adición de hielo. Posteriormente se centrifugaron los extractos por 15 minutos a 14,000 rpm a 4 °C de donde se obtuvo un sobrenadante que se almacenó en refrigeración. Una vez recolectado el sobrenadante (extracto) se adicionaron 4 mL más de metanol al precipitado, se sonicó y centrifugó en las mismas condiciones y se recolectó nuevamente el sobrenadante. Por último se llevaron los extractos a un mismo volumen.

## **Fenoles Totales**

El ensayo espectrofotométrico desarrollado por Folin-Ciocalteu se utiliza para determinar los compuestos fenólicos totales. Se fundamenta en una reacción de oxidación/reducción como mecanismo básico gracias al carácter reductor del reactivo. El reactivo Folin-Ciocalteu contiene una mezcla de fosfotungstato y fosfomolibdato en medio básico, que se reducen al oxidar los compuestos fenólicos que contiene la muestra de interés, originando óxidos azules de tungsteno y molibdeno. La absorbancia del color azul desarrollado se mide a una  $\lambda$  de 765 nm.

La determinación de fenoles totales en las muestras de los diferentes cultivares de uva de mesa se realizaron con el siguiente procedimiento.

Se realizaron previamente dos mezclas, donde la mezcla 1 se conformó por 125  $\mu$ L de Folin – Ciocalteu 1N + 3.125 mL de H<sub>2</sub>O bidestilada a un volumen final de la mezcla de 3.250 mL (volumen que se agregó a cada uno de los tubos). Mientras que la mezcla 2 se conformó

por 750  $\mu\text{L}$  de  $\text{NaCO}_3$  al 20% + 950 mL  $\text{H}_2\text{O}$  bidestilada a un volumen final de la mezcla de 1.7 mL (volumen que se agregó a cada uno de los tubos).

Posteriormente se tomaron 50  $\mu\text{L}$  del extracto y se adicionaron a los tubos que contenían 3.250 mL de la mezcla 1. Para el blanco se sustituyó el extracto con metanol al 80%. Se dejaron reposar 5 minutos. Se adicionaron 1.7 mL de la mezcla 2 a cada tubo. Se agitaron los tubos vigorosamente. Se dejaron reposar en oscuridad por 30 minutos. Se leyó la absorbancia del extracto en espectrofotómetro a 765 nm. Los resultados se expresaron como mg de ácido gálico/100 g de Tejido Fresco (TF) (Singleton y Rossi, 1965).

### **Flavonoides Totales**

El ensayo de flavonoides totales utiliza el  $\text{AlCl}_3$  como agente oxidante. El principio del ensayo colorimétrico del  $\text{AlCl}_3$  se basa en la formación de quelatos en los flavonoides orto-dihidroxiados, 3-hidroxiados y 5- hidroxiados en medio básico. Estos quelatos presentan una coloración rosa-naranja indicando la presencia de flavonoides. Los valores de flavonoides totales son expresados en valores de mg de catequina equivalente por 100 gramo de muestra fresca.

El procedimiento para la determinación de flavonoides totales se detalla a continuación.

Se prepararon previamente dos mezclas, donde la mezcla 1 se conformó de 0.3 mL de  $\text{NaNO}_2$  al 5% + 4 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  bidestilada a un volumen final de la mezcla de 4.3 mL (volumen que se agregó a cada uno de los tubos). La mezcla 2 se conformó de 2 mL de  $\text{NaOH}$  1M + 2.4 mL de  $\text{H}_2\text{O}$  bidestilada con un volumen final de la mezcla de 4.4 mL (volumen que se agregó a cada uno de los tubos).

Se tomó 1 mL del extracto y se adicionó a los tubos que contenían 4.3 mL de la mezcla 1. Para el blanco se sustituyó el extracto con metanol al 80%. Se dejaron reposar 5 minutos. Se agregaron 0.3 mL de  $\text{AlCl}_3$  al 10% a cada tubo. Se dejaron reposar por 1 minuto. Por último se adicionaron 4.4 mL de la mezcla 2 a cada tubo. Se agitaron vigorosamente y se procedió a leer la absorbancia del extracto en espectrofotómetro a 415 nm utilizando previamente una curva de

calibración con quercetina, método espectrofotométrico descrito por Kostennikova y modificado por Méndez (2000).

### **Cuantificación de Antocianinas Totales**

La determinación de antocianinas totales se realiza en un medio ácido para estabilizar el catión flavilio. Se cuantifican espectrofotométricamente utilizando la absorptividad molar de la antocianina que se encuentre en mayor abundancia, en el caso de las uvas de mesa, se utiliza la malvidina-3-glucósido.

Se pesó 1 gramo de la piel de la baya al cual se le adicionaron 10 mL de metanol acidificado al 1% con HCl concentrado. Se homogeneizó la muestra por aproximadamente 30 seg utilizando un homogeneizador de tejidos (Ultra-Turrax). Se colocaron los tubos con los extractos en una gradilla de plástico los cuales se sonicaron por 30 min a temperatura ambiente, procurando que el agua del sonicador no se calentara adicionándole hielo. Se dejaron en agitación por 12 horas a 4 °C. Después de transcurridas las 12 h se procedió a centrifugar los extractos por 15 minutos a 14,000 rpm a 4 °C. Por último se leyó la absorbancia del extracto en espectrofotómetro a 520 nm (Carreño *et al.*, 1997).

### **Capacidad antioxidante por el Método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH<sup>•</sup>)**

El método de DPPH determina la capacidad antioxidante de un compuesto mediante el ensayo espectrofotométrico del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH<sup>•</sup>). Este método se basa en la decoloración del radical DPPH (coloración morada en metanol) en presencia de la muestra de interés. El radical DPPH tiene la característica de secuestrar los átomos de hidrógeno o electrones que posee la muestra de interés, de esta forma se produce la disminución de color del radical y se cuantifica la actividad secuestradora de electrones a una longitud de onda de 515 nm. El procedimiento para la determinación de la capacidad antioxidante mediante el radical DPPH<sup>•</sup> se describe a continuación.

Primeramente se preparó el radical DPPH con metanol puro pesando 2.5 mg del radical y disolviéndolo en 100 mL de metanol. De ser necesaria una cantidad menor o mayor a 100 mL de la solución se realizaron ajustes en el peso a tomar. Se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro a 515 nm no sin antes calibrar el equipo con metanol puro. Se ajustó la solución de DPPH a una absorbancia de  $0.70 \pm 0.02$  agregando ya sea metanol o trazas de la solución del radical. Una vez lista la solución del radical se tomaron 3.9 mL de esta solución y se procedió a agregarla a los tubos en los que se realizó el ensayo. Posteriormente se adicionaron 100  $\mu$ L del extracto que contenía la muestra. Para la medición del “blanco” se sustituyó el extracto por metanol al 80%. A continuación se agitaron vigorosamente los tubos y se dejaron reposar 30 minutos en oscuridad. Transcurrido el tiempo de reposo se leyó la absorbancia de cada uno de los tubos utilizando nuevamente metanol puro para calibrar el equipo. Para los cálculos se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = [(Abs_{blanco} - Abs_{muestra}) \times 100] \div Abs_{blanco}$$

Además, se calculó el  $EC_{50}$ , la concentración del extracto a la cual se inhibe el radical al 50%.

### **Capacidad Antioxidante Equivalente Trolox (TEAC)**

El ensayo TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) mide la decoloración del radical ABTS<sup>•+</sup>, el cuál presenta un color verde intenso. El ensayo ABTS mide la capacidad antioxidante en equivalentes de trolox. El ensayo ABTS se basa en la capacidad de captura que tiene el anión radical ABTS<sup>•+</sup> [del ácido 2,2'-azino bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)] de vida larga. El ABTS<sup>•+</sup> es oxidado por los radicales peroxilo u otros oxidantes a su forma de radical catión ABTS<sup>•+</sup> el cual es de color intenso, y la capacidad antioxidante de las muestras a analizar se mide como la disminución de color, al reaccionar directamente con el radical ABTS<sup>•+</sup>. Los resultados de los compuestos a analizar se expresan en relación con equivalentes de trolox utilizado como reactivo de calibración.

Primeramente se preparó la solución con el radical ABTS alrededor de 12 a 16 horas antes de ser utilizado. Para prepara la solución se pesaron 19.3 mg de ABTS y se disolvieron en 5 mL de agua bidestilada. Por otra parte, en un microtubo se pesaron 37.8 mg de  $K_2S_2O_8$ , al cual se le agregó 1 mL de agua bidestilada y se mezcló hasta que se disolvió. Se tomaron 88  $\mu$ L de la solución de  $K_2S_2O_8$  y se adicionaron al frasco en donde se almacenó la solución de



trabajo de ABTS. Se mezcló bien y se dejó reposar en oscuridad de 12 a 16 horas a temperatura ambiente (se formó una solución de color azul intenso), dándose la formación del radical ABTS. Ya formado el radical se tomó 1 mL de la solución y se agregó a 88 mL de etanol puro para diluir el ABTS. Se realizaron ajustes dependiendo de ser necesaria una mayor o menor cantidad de solución de radical ABTS diluida. Se procedió a leer en el espectrofotómetro a 734 nm utilizando etanol puro para calibrar el equipo, posteriormente se ajustó la solución de ABTS diluida a una absorbancia de  $0.70 \pm 0.02$  agregando ya sea etanol puro o trazas de la solución del radical. Una vez que se ajustó el radical, se procedió a tomar 2970  $\mu$ L del radical y 30  $\mu$ L de muestra, se agitó y se dejó reposar por 1 min. Se colocó la celda con la muestra y el radical ya homogenizados en el espectrofotómetro a 734 nm y se tomó lectura a los 6 minutos. Con los datos obtenidos se calculó el % de inhibición expresando los resultados en  $\mu$ mol Equivalentes Trolox/100g TF; técnica descrita por Re *et al.*, 1999.

### **Análisis Estadístico**

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar unifactorial con al menos tres repeticiones, donde el factor fue el tipo de cultivar. Los datos se compararon mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la prueba de Duncan para la comparación de medias, con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha = 0.05$ ). Se empleó el paquete estadístico NCSS 2007 para su análisis, y las representaciones gráficas de los datos se realizaron con el programa Sigma Plot 12.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Color

En años recientes se ha presentado un notorio crecimiento en el uso de la colorimetría en industria alimentaria. El color es asociado con muchos aspectos de las decisiones que tomamos y muchos estudios han relacionado directa o indirectamente que el color afecta la aceptabilidad, selección y preferencia sobre determinado alimento (Clydesdale *et al.*, 1993).

Las uvas de mesa son uno de los frutos en los que su calidad comercial está directamente relacionada con su apariencia visual. El color en las uvas de mesa se define durante la última fase de crecimiento, en donde tanto uvas rojas como uvas verdes adquieren su pigmentación típica. Los cultivares rojos y negros desarrollan su color característico como resultado de la síntesis y la acumulación de antocianinas que se sintetizan a partir del envero. Las uvas verdes no sintetizan antocianinas y por lo tanto, no muestran pigmentación colorida y lo que se observa es el resultado de los tejidos fotosintéticos que tienen clorofila.

Tabla 4.Descriptores de color OIV, *hue*, Croma y CIRG determinados en todos los cultivares de uva de mesa.

Cultivar	Color	OIV-color	HUE	Croma	CIRG
Perlette	Verde	Verde-amarillo	116.78 ±1.4	20.81 ±1.31 <sup>a</sup>	
Superior Seedless	Verde	Verde-amarillo	118.32 ±1.07	17.49 ±0.74 <sup>b</sup>	
Red Globe	Rojo	Rosa	28.82 ±2.72	12.08 ±1.16 <sup>c</sup>	3.12 ±0.08 <sup>a</sup>
Flame Seedless	Rojo	Rosa	38.35 ±4.48	13.20 ±1.47 <sup>c</sup>	3.16 ±0.27 <sup>a</sup>
Fantasy	Negro	Azul-negro	325.50 ±24.68	2.03 ±1.17 <sup>d</sup>	
Midnight Beauty	Negro	Azul-negro	343.53±18.58	2.02 ±0.70 <sup>d</sup>	

\*La diferencia estadística se simboliza con una letra distinta en la parte superior de cada valor que representa cada cultivar. Los términos significativos son a p<0.05

La Organización Internacional de la Vid y el Vino (O.I.V.) propone una lista descriptora para variedades de uva para vinificación y especies *Vitis* que emplea siete notaciones para evaluar el color de la piel de las bayas: 1 (verde-amarillo), 2 (rosa), 3 (rojo), 4 (rojo-gris), 5 (rojo-violeta oscuro), 6 (azul-negro) y 7 (rojo negro).

En la tabla 4 se pueden observar los principales parámetros de color determinados en los cultivares de uva de mesa analizados en este trabajo. La clasificación visual del color para cada cultivar de uva de mesa coincide con la clasificación de la O.I.V. por lo que es posible clasificarlos de acuerdo a la misma. Se puede observar que a medida en que el color se intensificaba los parámetros L\* (luminosidad), b\* y Chroma, disminuían teniendo así los valores más altos los cultivares verdes y los menores los cultivares negros para cada uno. Para el caso del ángulo *hue* y el parámetro a\* no se observó el mismo comportamiento, sin embargo, el parámetro a\* y el índice propuesto para uvas rojas (CIRG) si presentaron similitud con los reportados en la O.I.V.

Tabla 5. Parámetros de color L\* a\* y b\* de los seis cultivares de uva de mesa.

Cultivar	L*	a*	b*
Perlette	54.14 ±1.51 <sup>a</sup>	-9.35 ±0.40 <sup>c</sup>	18.58 ±1.34 <sup>a</sup>
Superior Seedless	51.14 ±0.60 <sup>b</sup>	-8.30 ±0.34 <sup>c</sup>	15.39 ±0.74 <sup>b</sup>
Red Globe	36.44 ±1.35 <sup>c</sup>	10.57 ±0.97 <sup>a</sup>	5.83 ±0.87 <sup>d</sup>
Flame Seedless	31.80 ±1.95 <sup>d</sup>	10.32 ±1.28 <sup>a</sup>	8.18 ±1.26 <sup>c</sup>
Fantasy	27.90 ±2.43 <sup>d</sup>	-1.54 ±1.14 <sup>b</sup>	1.08 ±0.83 <sup>e</sup>
Midnight Beauty	29.62 ±0.77 <sup>e</sup>	1.93 ±0.75 <sup>b</sup>	-0.23 ±0.57 <sup>e</sup>

La diferencia estadística se simboliza con una letra distinta en la parte superior de cada valor que representa cada cultivar. Los términos significativos son a p<0.05

El valor *hue* representa el ángulo del tono, y se expresa en grados que van de 0° (inclusive) a 360° (excluido). Si se calcula en radianes, hay que convertirlo a grados multiplicándolo por 180/π. En la tabla 4 se muestran los valores para cada cultivar, los más altos corresponden a los cultivares negros con valores de 325.5 y 343.5 para Fantasy y Midnight Beauty que de acuerdo a la Figura 3 se puede observar que corresponde al valor para el descriptor visual asignado por la O.I.V que las describe como azul-negro. De la misma manera se observan valores *hue* de 116.7 y 118.3 para Perlette y Superior Seedless

respectivamente, que de acuerdo a la misma imagen corresponden con el tono verde-amarillo mientras que los cultivares Red Globe y Flame Seedless mostraron valores *hue* de 28.8 y 38.3 correspondientes a los colores rojos.

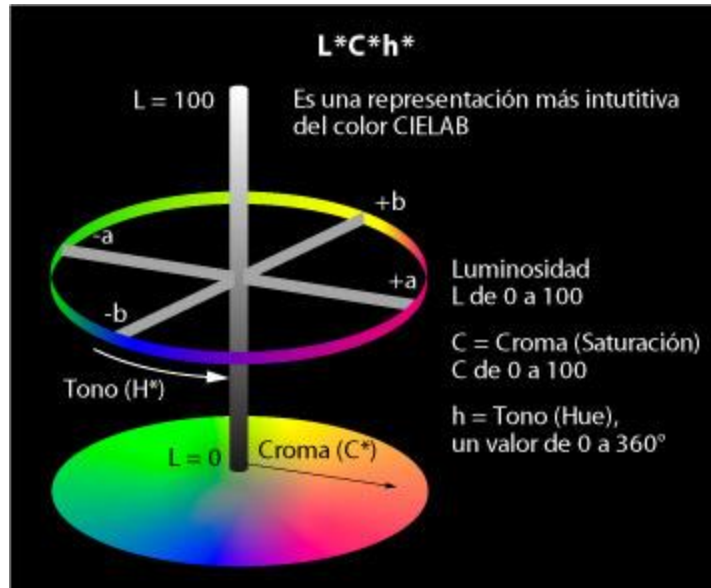


Figura 3. Diagrama cromático como representación intuitiva del sistema de coordenadas L\*C\*h\*. Fuente: [http://www.pinturasfadepa.com.ar/latex/d\\_productos\\_i.asp?nid=106](http://www.pinturasfadepa.com.ar/latex/d_productos_i.asp?nid=106)

El cromatismo (C\*) indica el índice de saturación de color, el cual indica que tanto pigmento se encuentra contenido en la uva. El valor de C\* va de 0 a 100, de menor saturación a mayor saturación. Podemos observar en la tabla 4, que los valores de C\* para los cultivares negros muestran valores de 2.03 y 2.02 para los cultivares Fantasy y Midnight Beauty respectivamente, lo que representa un índice de saturación muy bajo. En cambio, en los cultivares rojos Flame Seedless y Red Globe los valores de C\* son de 13.2 y 12.08 respectivamente, valores superiores a los cultivares negros que nos indican cómo va aumentando el C\* cuando la pigmentación en las uvas es menor. Por último, los cultivares verdes presentan los valores de C\* con mayores niveles, con 20.81 y 17.49 para los cv Perlette y Superior, indicando mayor saturación en las uvas.

El valor L\* representa la luminosidad del objeto y la escala numérica va de 0 (negro) a 100 (blanco). De la tabla 5 podemos observar que los cultivares con mayor luminosidad fueron

los cultivares verdes, es decir, Perlette y Superior Seedless con valores de 54.14 y 51.14 cada uno, por el contrario Fantasy y Midnight Beauty presentan valores de 27.9 y 29.6 respectivamente, por lo que presentan los valores más bajos de luminosidad.

Los parámetros  $a^*$  y  $b^*$  representan las coordenadas del diagrama cromático (Figura 3). La coordenada  $a^*$  indica la sensación rojo-verde del objeto: si  $a^* > 0$  se percibirá con parte de rojo, si  $a^* < 0$  se percibirá con parte de verde. La coordenada  $b^*$  indica la sensación amarillo-azul del objeto: si  $b^* > 0$  se percibirá con parte de amarillo, si  $b^* < 0$  se percibirá con parte de azul. De acuerdo a lo anterior, en la tabla 3 se puede observar que los valores para el parámetro  $a^*$  de los cultivares Perlette y Superior Seedless son -9.35 y -8.30, menores a 0, por lo tanto, el color que se percibe en la piel de dichos cultivares es el verde mientras que para el caso de los cultivares Red Globe y Flame Seedless el parámetro  $a^*$  tiene valores mayores a 0 por lo que el color que se percibe es el rojo.

### Sólidos Solubles Totales

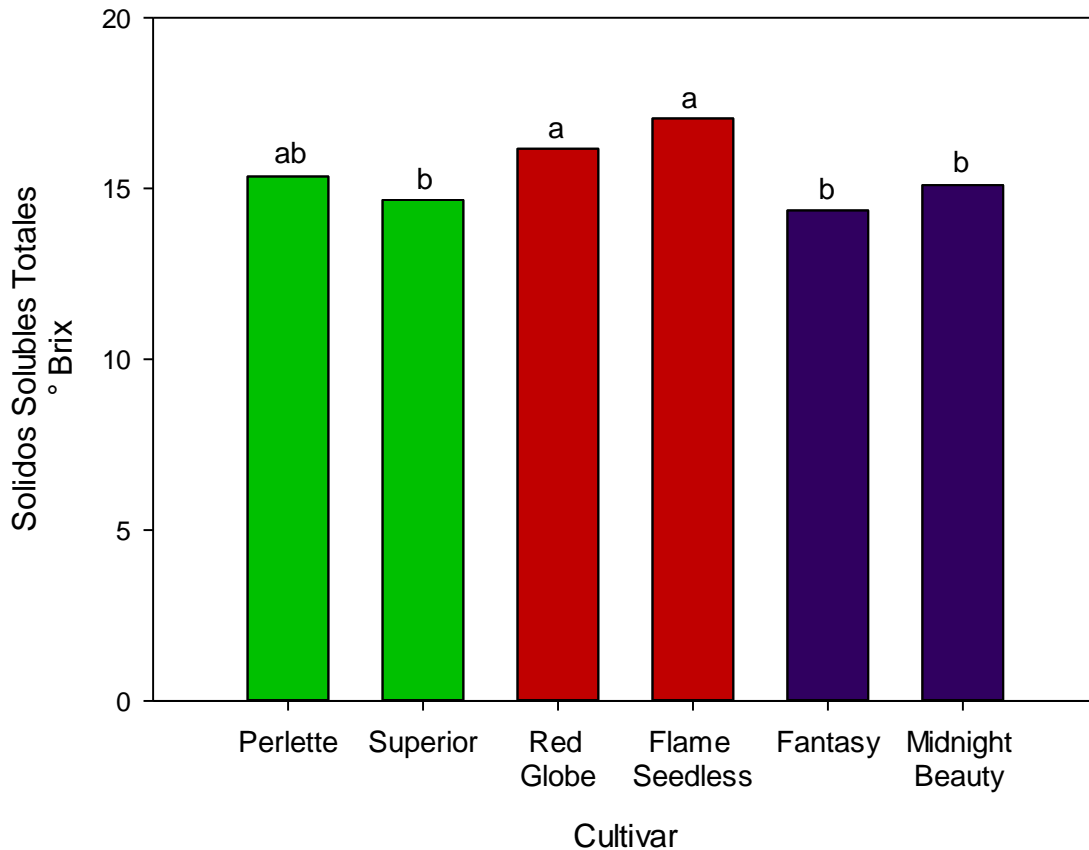


Figura 4. Resultado de sólidos solubles totales en grados °Brix, de los cultivares de uva de mesa Perlette, Superior, Red Globe, Flame Seedless, Fantasy y Midnight Beauty. La diferencia estadística entre los cultivares se representa con una letra distinta en la parte superior de cada barra. Los términos significativos son a  $p < 0.05$ .

La figura 4 muestra los Sólidos Solubles Totales de los seis cultivares de uva de mesa analizados, reportando los valores en unidades de grados °Brix. Los promedios fueron: 15.35, 14.66, 16.16, 16.46, 14.47 y 15.1 °Brix para Perlette, Superior, Red Globe, Flame, Fantasy y Midnight Beauty respectivamente.

De acuerdo al análisis estadístico, se logró observar una diferencia significativa entre los cultivares ( $p < 0.05$ ), siendo los cultivares rojo los de mayor contenido de SST, mientras que los cultivares que presentaron menor contenido de SST fueron las variedades negras y la variedad verde Superior.

Rivero y Quiroga (2007) encontraron valores entre 14.8 a 20 °Brix para la uva de mesa Red Globe y para la uva verde Superior encontraron valores de 17 a 18°Brix dependiendo de las zonas de recolección de las muestras.

Comparando dichos resultados con los obtenidos en éste trabajo, la uva de mesa Red Globe presenta valores similares a los que reportan Rivero y Quiroga (2007). En cuanto a la uva de mesa Superior, los valores obtenidos en el trabajo son bajos con respecto a los valores reportados por Rivero y Quiroga, esto puede deberse a la temperatura de la muestra que puede afectar los resultados de las mediciones de los sólidos solubles totales (Bourne, 1982). Debido a que Rivero y Quiroga hicieron determinaciones a 7 °C, mientras que en éste trabajo se hicieron determinaciones a 20°C conforme al método 932.12 (AOAC 2000).

Otros análisis realizados por García Robles *et al.*, (2007) muestra que el porcentaje de sólidos solubles totales para la variedad roja Flame Seedless se encuentra alrededor de 18%, siendo éste un valor similar al que se obtuvo en éste trabajo.

### Acidez Titulable

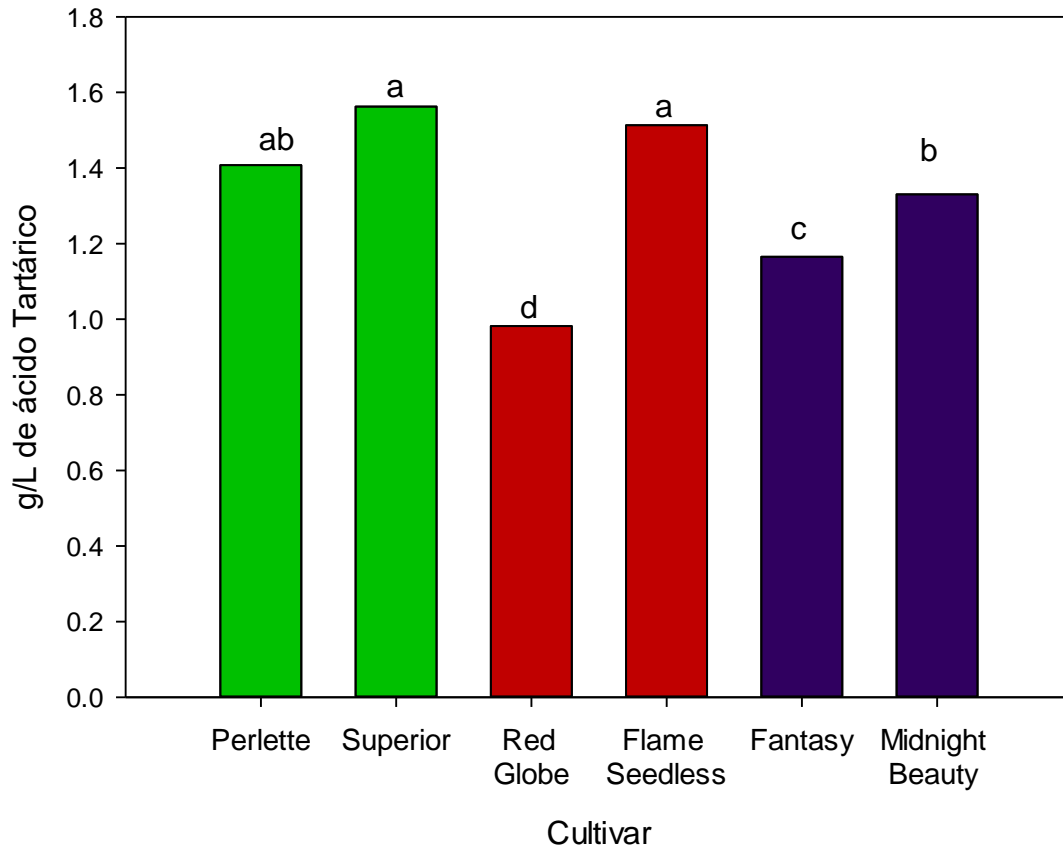


Figura 5. Contenido de acidez titulable medido como g/L de ácido tartárico en uvas de mesa. La diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) dentro de la gráfica se indican con una letra distinta en la parte superior de cada barra.

En la figura 5 se puede observar que los cultivares Superior y Flame Seedless mostraron los valores mayores con un promedio de 1.56 ( $\pm 0.05$ ) y 1.51 ( $\pm 0.06$ ) g/L respectivamente sin mostrar diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre ellas. Por otro lado, los valores de porcentaje de acidez titulable para los demás cultivares son Perlette 1.40 ( $\pm 0.14$ ), Red Globe 0.98 ( $\pm 0.26$ ), Fantasy 1.17 ( $\pm 0.09$ ) y Midnight Beauty 1.33 ( $\pm 0.11$ ) g/L. El cultivar que presentó el menor contenido de ácido tartárico fue el cultivar Red Globe con 0.98 g/L.



En alimentos la acidez titulable indica el contenido en ácidos orgánicos libres, se determina mediante una valoración con un reactivo básico. El resultado se expresa como el % del ácido predominante en el material en cuyo caso en las uvas de mesa es el ácido tartárico el cual se acumula durante las fases iniciales del desarrollo de la baya (Conde *et al.*, 2007). El ácido tartárico y málico generalmente aportan del 69 al 92% de todos los ácidos orgánicos presentes en las bayas y hojas del racimo (Kliwer 1966). Cantidades menores de ácidos cítrico, succínico, láctico y acético se han encontrado en bayas cosechadas.

Los ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico, tartárico) son un importante componente del sabor y tienden a disminuir a medida que el fruto madura por lo que la relación con los sólidos solubles tiende a aumentar. La relación sólidos solubles/acidez titulable se denomina ratio y es usada en cítricos fundamentalmente (Lacey *et al.*, 2000) como un índice de madurez y es posible emplearla en diferentes frutos en donde se pueda presentar dicha relación y es función de la especie y variedad. En frutas y hortalizas, el sabor se expresa normalmente en términos de la combinación de principios dulces y ácidos, la que es un indicador de la madurez y de la calidad gustativa.

### **Relación SST/AT**

La definición de madurez según la NMX-FF-026-SCFI-2006 es el estado fisiológico en el que la uva ha logrado alcanzar cuando menos los requisitos mínimos en cuanto al contenido de sólidos solubles, cuyo valor absoluto es variable en función de la variedad de uva de que se trate, debiendo alcanzarse como mínimo una relación de 18 a 1 con respecto a la acidez del producto para todas las variedades. Para determinar la fecha de cosecha, se mide la evolución de las concentraciones de azúcar y acidez total de la baya.

Durante la maduración de la fruta, aumenta la concentración de azúcar es conjuntamente con la disminución de los niveles de acidez total. Lo anterior define un índice de madurez tecnológica expresado en la relación azúcar/acidez total. Los valores obtenidos de la relación anterior, solo miden el grado de madurez de la pulpa (Marquette, 1999). Según las observaciones de la comunidad europea para el comité del CODEX sobre frutas y hortalizas frescas, las uvas de mesa deberán estar suficientemente desarrolladas y presentar un grado de madurez satisfactorio. Para cumplir este requisito, la fruta deberá haber alcanzado un índice refractométrico de, como mínimo, 16° Brix.

En la tabla 6 se observa dicha relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable de las 6 variedades de uva de mesa analizadas en el presente estudio. Donde se puede apreciar que las uvas de mesa verdes y negras son las que presentan una relación 18:1 y las uvas rojas presentan grados Brix mayores de 16. Lo cual indica que todos los cultivares cumplen con el requisito mínimo de grado de madurez satisfactorio.

Tabla 6. Relación de sólidos solubles totales y acidez titulable.

<b>Cultivar</b>	<b>SST (°Brix)</b>	<b>AT (g/L de ácido tartárico)</b>	<b>SST/AT</b>
Perlette	15.35	1.40	10.96
Superior	14.66	1.56	9.39
Red Globe	16.16	0.98	16.48
Flame Seedless	16.46	1.51	10.90
Fantasy	14.47	1.17	12.36
Midnight Beauty	15.1	1.33	11.35

## Firmeza

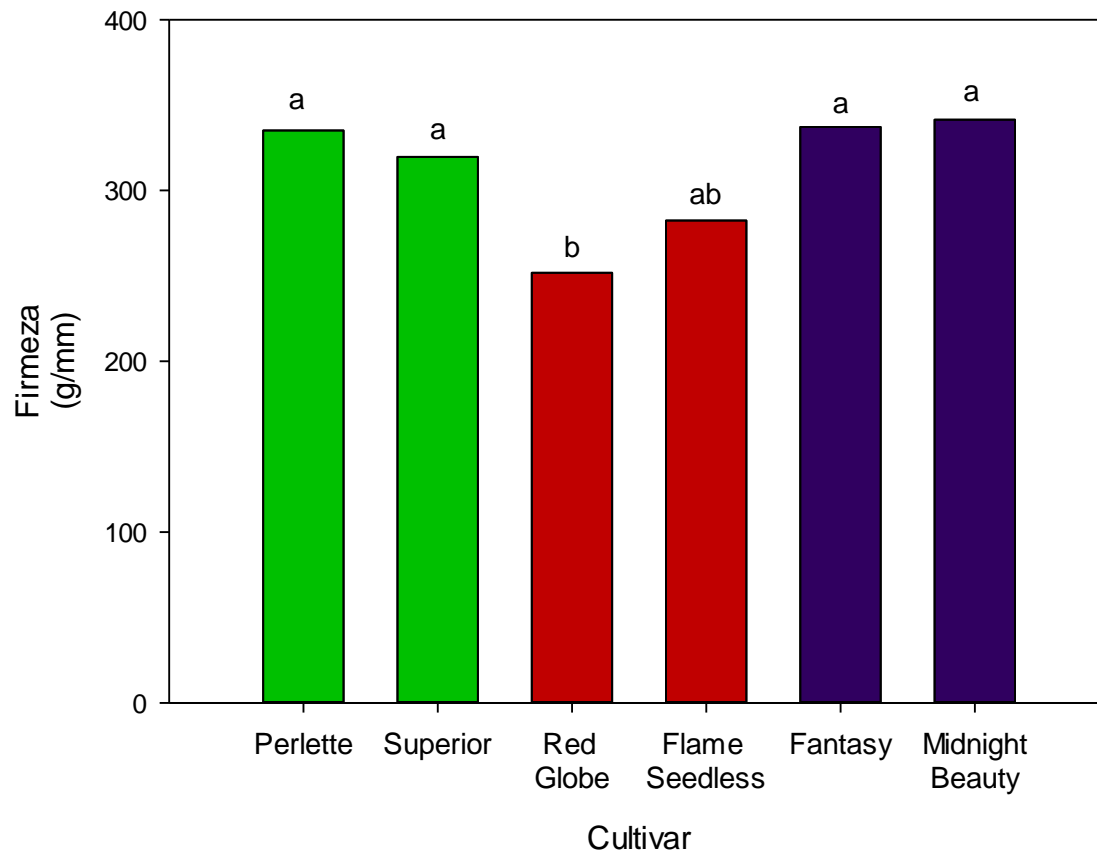


Figura 6. Firmeza (g/mm) en los cultivares de uva de mesa. La diferencia estadística se simboliza con una letra distinta en la parte superior de cada barra que representa cada cultivar. Los términos significativos son a  $p < 0.05$ .

La figura 6 muestra la firmeza en g/mm promedio de los seis cultivares de uva. Se puede observar que los cultivares Perlette, Superior, Fantasy y Midnight Beauty son estadísticamente similares ( $p < 0.05$ ) y superiores a los cultivares Red Globe y Flame Seedless. Los valores promedio de firmeza para cada cultivar son: 335.11 ( $\pm 26.03$ ), 319.67 ( $\pm 60.45$ ), 251.83 ( $\pm 25.94$ ), 282.44 ( $\pm 12.15$ ), 337.20 ( $\pm 16.93$ ) y 341.49 ( $\pm 20.84$ ) g/mm para Perlette, Superior, Red Globe, Flame, Fantasy y Midnight Beauty.

La firmeza de las bayas es un parámetro que permite separar en rangos o categorías de firmeza a las distintas variedades de uva de mesa. A pesar de que existen antecedentes acerca de la firmeza en bayas de uva, no cuenta con escalas comparativas y objetivas a diferencia de

lo que sucede con otros frutos climatéricos. En la uva de mesa, esto último probablemente se deba a que existen características más representativas de la madurez, como por ejemplo el contenido de SST o la relación SST/AT, pero al considerar la firmeza, se podría aprovechar mejor el potencial de una variedad y así llegar al mercado con fruta en óptimas condiciones (Pérez, 2000).

En un estudio realizado por Rodríguez *et al* (2011) en la zona central de Chile se recolectaron racimos para el análisis de firmeza y se separaron en categorías en función de las características de firmeza al tacto de las bayas, con la ayuda de expertos calificados. Con los valores de firmeza de baya se establecieron intervalos para determinar rangos de firmeza para dichas categorías por cada cultivar, estos fueron catalogados en tres categorías: racimos firmes (RF), racimos medianamente firmes (RMF) y racimos blandos (RB).

En base a los valores reportados por Rodríguez *et al.*, (2011), es posible categorizar a los cultivares de la Región Pesqueira: los cultivares Superior 319.67 g/mm, Red Globe 251.83 g/mm y Flame Seedless 282.44 g/mm, como racimos firmes. En lo que respecta a Perlette, Fantasy y Midnight Beauty, los cuales no fueron analizados en el estudio con el que se comparan los resultados, es razonable afirmar que también entran en la misma categoría anterior debido a que la firmeza promedio de cada uno es mayor que la establecida en el estudio mencionado.

### Carbohidratos Totales

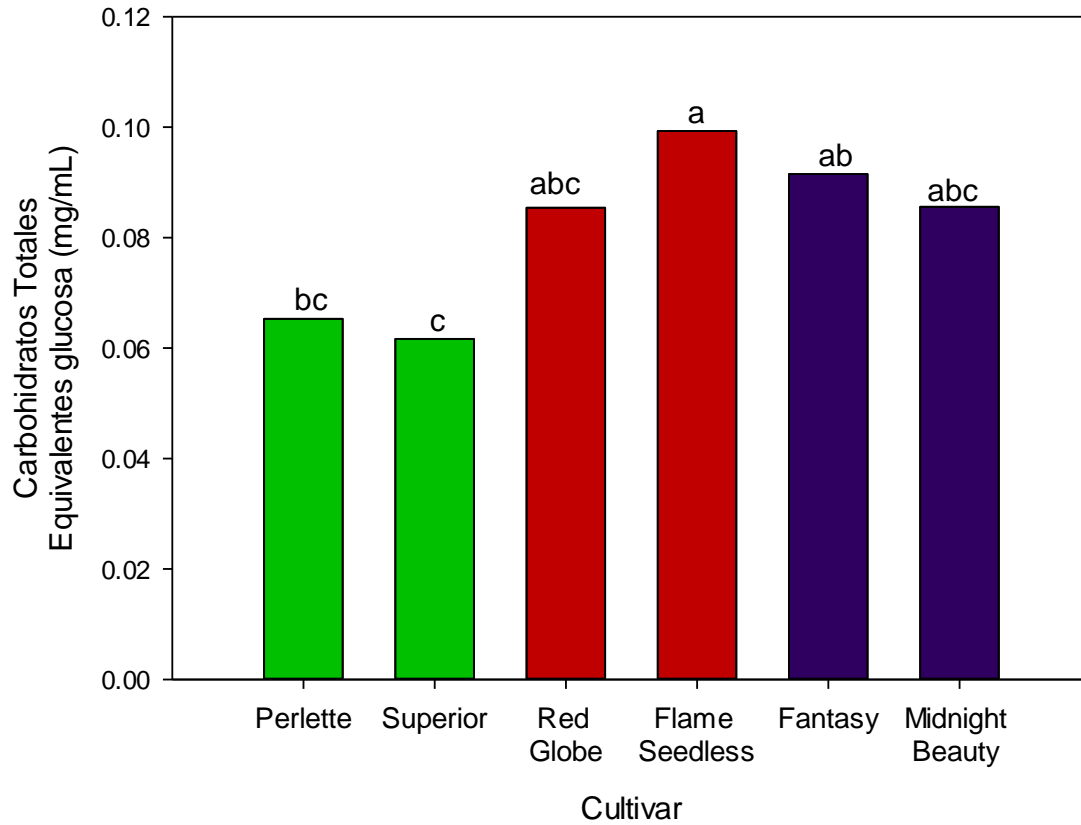


Figura 7. Contenido de carbohidratos totales (mg/mL) en los cultivares de uva de mesa. La diferencia estadística se representa con una letra diferente en la parte superior de cada barra. Valores significativos a  $p < 0.05$ .

En la figura 7 se muestran los valores promedio de la determinación de carbohidratos totales expresados como mg de glucosa por mL de extracto de los seis cultivares. Después de ser analizados estadísticamente se encontró que el cultivar Superior presentó el menor contenido de carbohidratos totales con un promedio de 0.061 mg de glucosa/mL mientras que Flame el mayor con un valor de 0.099 mg/mL ( $p < 0.05$ ); el resto de los cultivares presentaron los siguientes valores: 0.065, 0.085, 0.091 y 0.085 para Perlette, Red Globe, Fantasy y Midnight Beauty.

Existe una diferencia fundamental entre la determinación y la expresión de resultados entre sólidos solubles totales y carbohidratos totales. Los sólidos solubles totales, o sólidos

totales, hacen referencia a los azúcares, sales, ácidos, taninos y otras sustancias solubles presentes en un líquido como el jugo de uva. Por otro lado, la determinación de carbohidratos totales por el método de antrona hace referencia a la reacción de hexosas con antrona en medio altamente ácido y ha sido ampliamente utilizado para cuantificar estos azúcares y sus polímeros (Bailey, 1958). En ambos casos el cultivar que presentó los valores más altos resultó ser Flame Seedless. Por otro lado el cultivar con el menor contenido de carbohidratos totales resulto ser Superior, que en relación con sólidos solubles totales, también fue de los cultivares con menor contenido, aunque no muy diferente de los que se observaron en los cultivares Fantasy y Midnight Beauty.

### Fenoles Totales

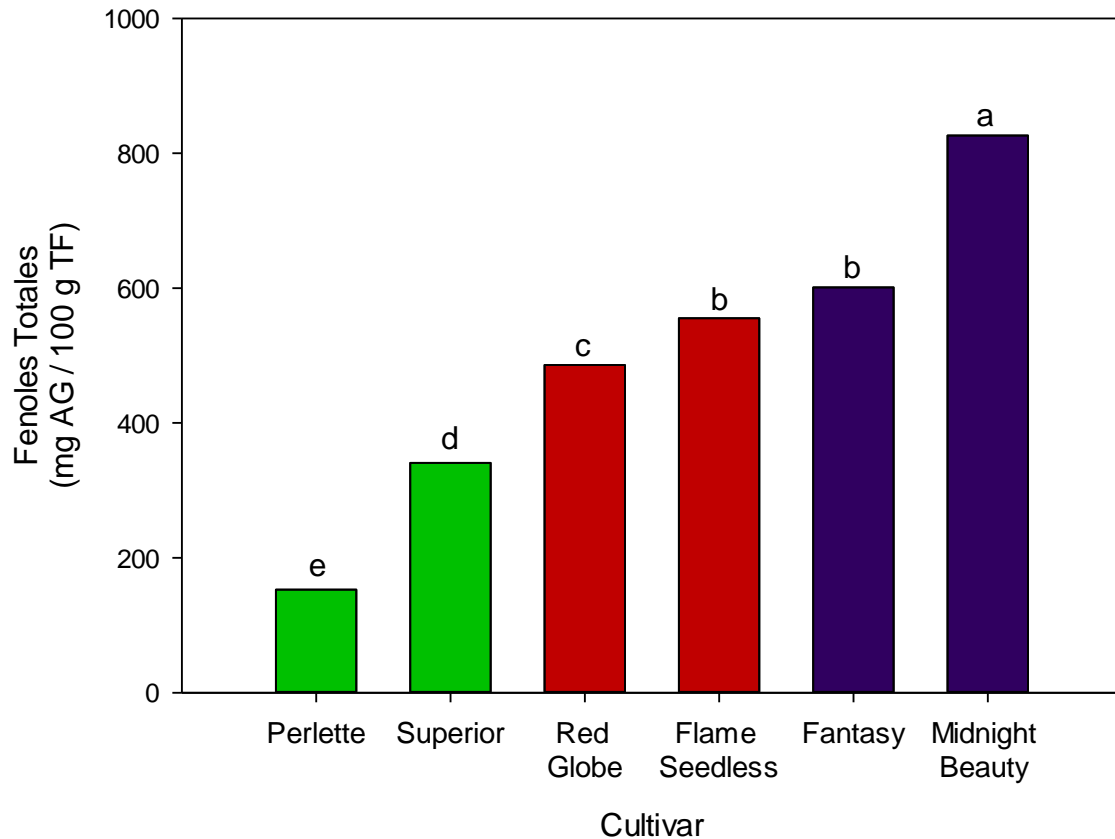


Figura 8. Contenido de Fenoles Totales en piel de seis cultivares de uva de mesa. La diferencia estadística entre los cultivares se representa con una letra distinta en la parte superior de cada barra. Los términos significativos son a  $p < 0.05$ .

En la figura 8 se muestra el contenido de Fenoles Totales que se determinaron en los seis cultivares de uva mesa por medio de una extracción de compuestos fenólicos de la piel de las bayas cada una de las variedades. Los resultados de la cuantificación de fenoles totales se expresaron en mg de AG/100g de TF, siendo las variedades verdes las que presentaron menor contenido de fenoles totales con 144.44 y 356.05 mg de AG/100g de TF para Perlette y Superior respectivamente. Los extractos de uvas negras fueron las que presentaron un alto contenido de fenoles totales con 606.55 mg de AG/100g de TF para Fantasy y 824.50 mg de AG/100g de TF para Midnight Beauty. En cuanto a las variedades rojas presentaron un contenido de fenoles totales de 501.45 y 574.60 mg de AG/100 de TF para Red Globe y Flame

Seedless, éste último cultivar presentó un contenido de fenoles similar ( $p < 0.05$ ) al del cultivar negro Fantasy.

Con respecto a los niveles de fenoles totales encontrados en los extractos de las cáscaras de uva de mesa verdes y rojas por Molina (2008), encontró que el extracto proveniente de las cascara de uva roja caragnine fue el que presentó el contenido de fenoles totales significativamente mayor (1060.28 mg GAE/100g muestra B.S.) que los extractos de uvas Red Globe y Superior (953.73 y 718 mg GAE/100g de muestra B.S., respectivamente) y las uvas de mesa Perlette y Flame Seedless (944.98 y 865.31 mg GAE/100 g muestra B.S., respectivamente). El extracto de uva verde Superior fue el que mostró el valor de fenoles totales más bajo significativamente. Estos valores que reporta Molina (2008) son altos con respecto a los valores que se obtuvieron en éste trabajo.

Esta diferencia de resultados se puede inferir a los distintos métodos empleados en cada trabajo, ya que Molina (2008) empleo el método descrito por Shlesier *et al.* 2002, en donde el fundamento es básicamente el mismo que el método de Singleton y Rossi, 1965, pero con algunas modificaciones en la cantidad y tiempo de los reactivos, además los resultados están expresados en base seca de la muestra, es decir, partió de la muestra de piel de uva liofilizada. Haciendo este procedimiento la concentración de compuestos fenólicos es mayor debido a que se concentran en mayor cantidad.

Pinelo *et al.*, (2005) encontraron contenidos de fenoles totales en cáscara de uva roja desde 55 hasta 5129 mg/100g muestra b.s. y en cáscara de uva verde de 28 hasta 3794 mg/100g muestra b.s. El contenido de fenoles totales puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales, intensidad solar, agua; cuestiones culturales (Pinelo *et al.*, 2005). Los resultados determinados en este trabajo se encuentran en el rango que mencionan Pinelo *et al.*, (2005) para los cultivares rojos y verdes.



### Flavonoides Totales

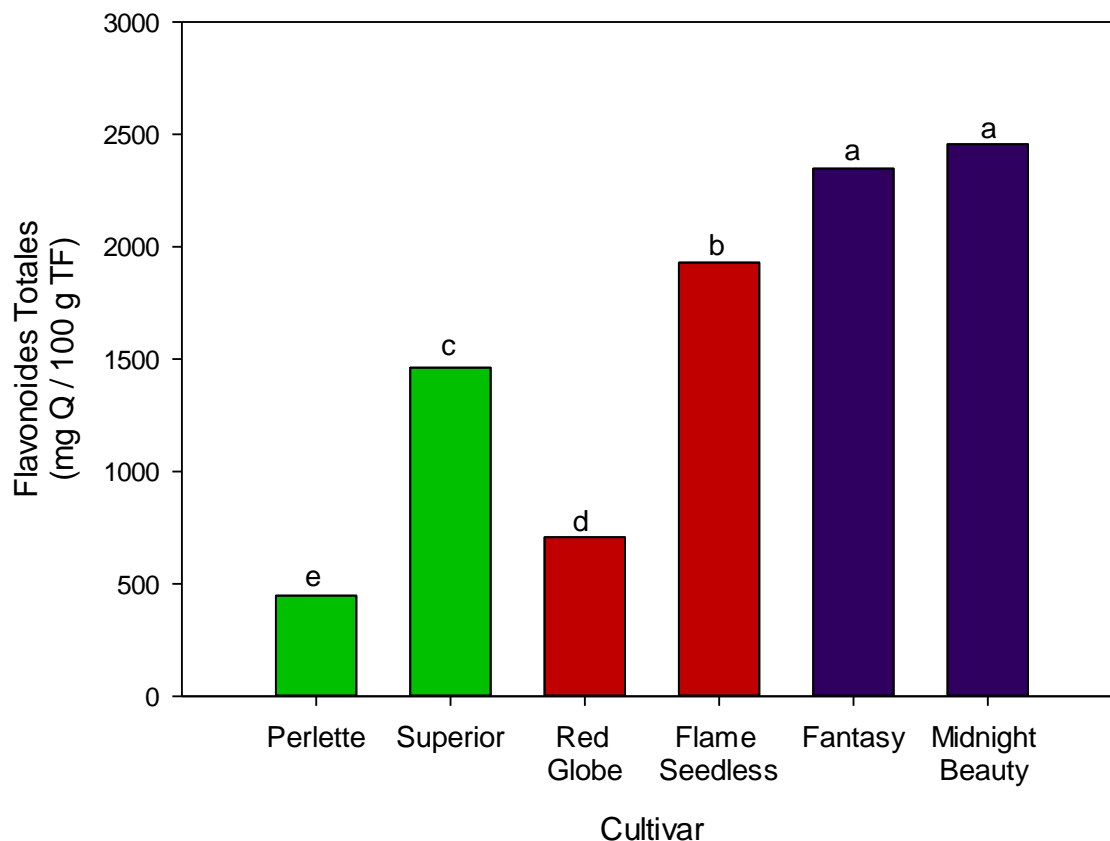


Figura 9. Contenido de Flavonoides Totales en piel de seis cultivares de uva de mesa. La diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) dentro de la gráfica se indican con una letra distinta en la parte superior de cada barra.

En la figura 9 se muestran los valores de flavonoides totales cuantificados en mg de quercetina por 100g de tejido fresco de cada una de los seis cultivares de uva de mesa. Las variedades negras mostraron un mayor contenido de Flavonoides Totales con promedios de 2347.92 y 2456.09 mg de Q/100g TF para Fantasy y Midnight Beauty respectivamente, presentando valores mayores en comparación con los otros cultivares ( $p < 0.05$ ). El cultivar verde Perlette y el rojo Red Globe presentaron un contenido de flavonoides totales bajo con respecto a las otras variedades con promedios de 447.28 y 707.82 mg de Q/100g TF. En cuanto a las

variedades Flame Seedless y Superior presentaron un contenido de flavonoides totales de 1929.62 y 1461.97 mg de Q/100g TF respectivamente.

Molina (2008) encontró que el contenido de flavonoides totales fue mayor en los extractos de las uvas rojas que en los obtenidos de las uvas verdes. Reportando 802.20 y 722.12 mg de Quercetina / 100g de B.S. para Red Globe y Flame Seedless respectivamente. En cuanto a las uvas de mesa Superior y Perlette Molina reportó valores similares para el contenido de Flavonoides Totales de 638.54 y 635.91 mg de Quercetina/100g de B.S. respectivamente. Los resultados de este trabajo muestran valores diferentes a los encontrados en el presente trabajo.

La diferencia entre los resultados reportados de Molina (2008) y los valores obtenidos en éste trabajo puede deberse a dos tipos de factores, que se conocen como permanentes y no permanentes. El primero puede ser tanto impuestos (clima y suelo) como elegidos (material vegetal y sistema de conducción), y el segundo son las técnicas de cultivo. Estos dos factores influyen en la producción de compuestos fenólicos en uvas (Martínez, 2002).

Otro factor a la que se puede deber la diferencia entre los resultados entre los dos trabajos es la metodología que se utilizó, dado que Molina reporta sus valores en base seca y los de este estudio se realizaron a partir del tejido fresco, no liofilizado. Molina (2008) encontró que no sólo las cascaras de uvas rojas tenían niveles mayores de 600mg/100 g sino que también mostró que las uvas verdes Perlette y superior también contenían niveles similares. Asimismo Mané *et al.* (2007) encontraron niveles de flavonoides de 600mg/100g en uvas rojas.

### Antocianinas Totales

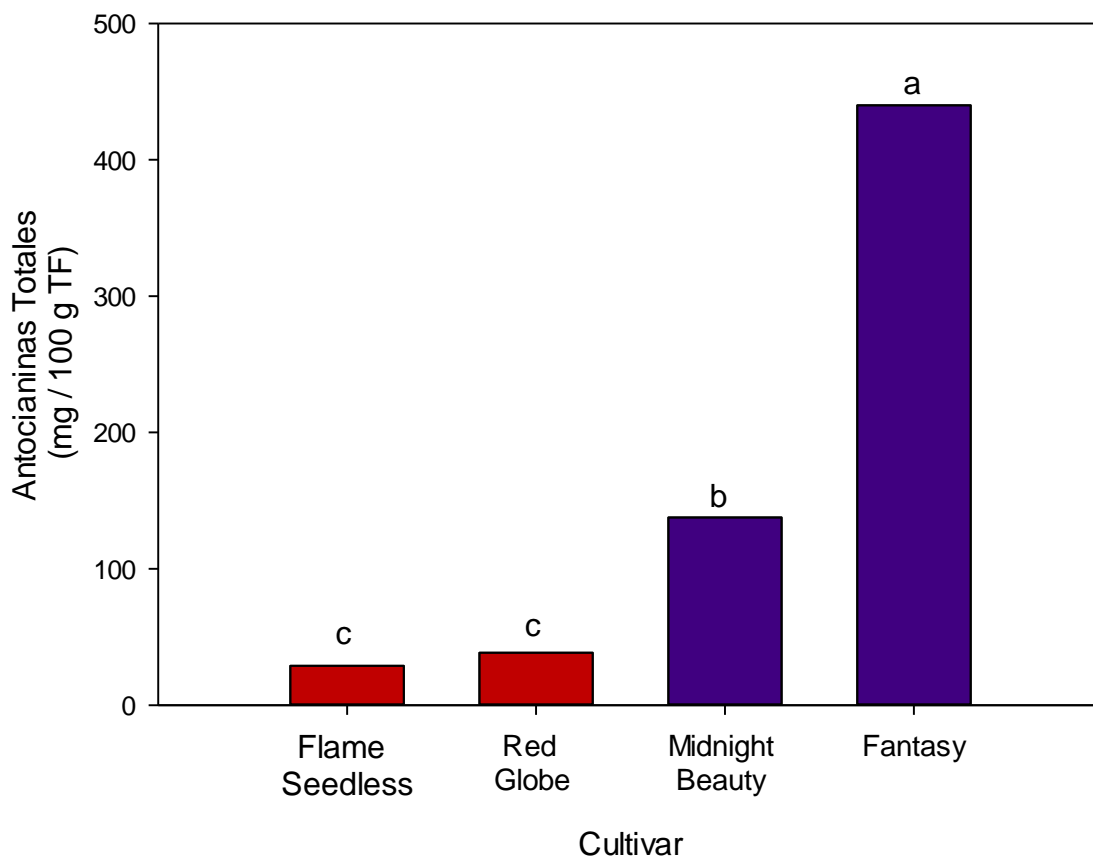


Figura 10. Contenido de Antocianinas Totales (mg/100g TF) en las uvas de mesa de cultivares rojos y negros. La diferencia estadística entre los cultivares se representa con una letra distinta en la parte superior de cada barra. Los valores significativos son a  $p < 0.05$ .

En la figura 10 se observan los promedios de las tres determinaciones de antocianinas totales de los extractos de los 4 cultivares de uva de mesa, expresados como miligramos de malvidina 3-glucosa. Se puede observar que en los cultivares negros Fantasy y Midnight Beauty la primera de estas es la que presenta el mayor contenido de antocianinas totales con 441.90 ( $\pm 30.33$ ) mg de malvidina 3-glucosa/100g de TF y la segunda con un valor de 144.46 ( $\pm 7.33$ ), mientras que los cultivares rojos Red Globe y Flame Seedless presentan un contenido de antocianinas menor con un valor de 45.93 ( $\pm 6.70$ ) y 36.52 ( $\pm 31.59$ ) mg de malvidina 3-glucosa/100g de TF respectivamente ( $p < 0.05$ ).

En un estudio realizado por Cantos *et al* (2002), mediante la técnica instrumental HPLC-DAD—MS-MS se analizaron cuatro cultivares rojos y tres verdes para identificar la composición antocianinas. El contenido de antocianinas totales reportados para Red Globe y Flame Seedless fue de 11.5 ( $\pm 1.1$ ) mg/g de TF y 15.1 ( $\pm 2.2$ ) mg/g TF de los cuales 0.93 ( $\pm 0.2$ ) y 3.3 ( $\pm 7.3$ ) mg/g TF correspondían a la antocianina malvidina 3-glucosa.

En la uva se encuentran principalmente monoglucósidos de malvidina, delphinidina, peonidina, petunidina o cianidina (Torres *et al.*, 2002). En las uvas el contenido y perfil de antocianinas varía entre especies (Cantos *et al.*, 2002), cultivares, condiciones estacionales, áreas de producción (Mazza y col, 1999; Mateus *et al.*, 2003) y prácticas culturales (Guidoni *et al.*, 2002).

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas (Garzón, 2008).

Stintzing *et al* (2002), demostraron que el tipo de sustitución glucosídica y de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas; es así como sustituciones glucosídicas en la posición 5 al igual que acilaciones aromáticas, producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura. Los cultivares Fantasy y Midnight Beauty poseen antocianinas principalmente monoglucósidos de Mv, Df, Pn, Pt o Cy (Torres *et al.*, 2002) a excepción de pelargonidina. Es por esto que los cultivares negros presentaron mayores valores de antocianinas totales.

### Capacidad Antioxidante por el Método de Radical DPPH<sup>+</sup>

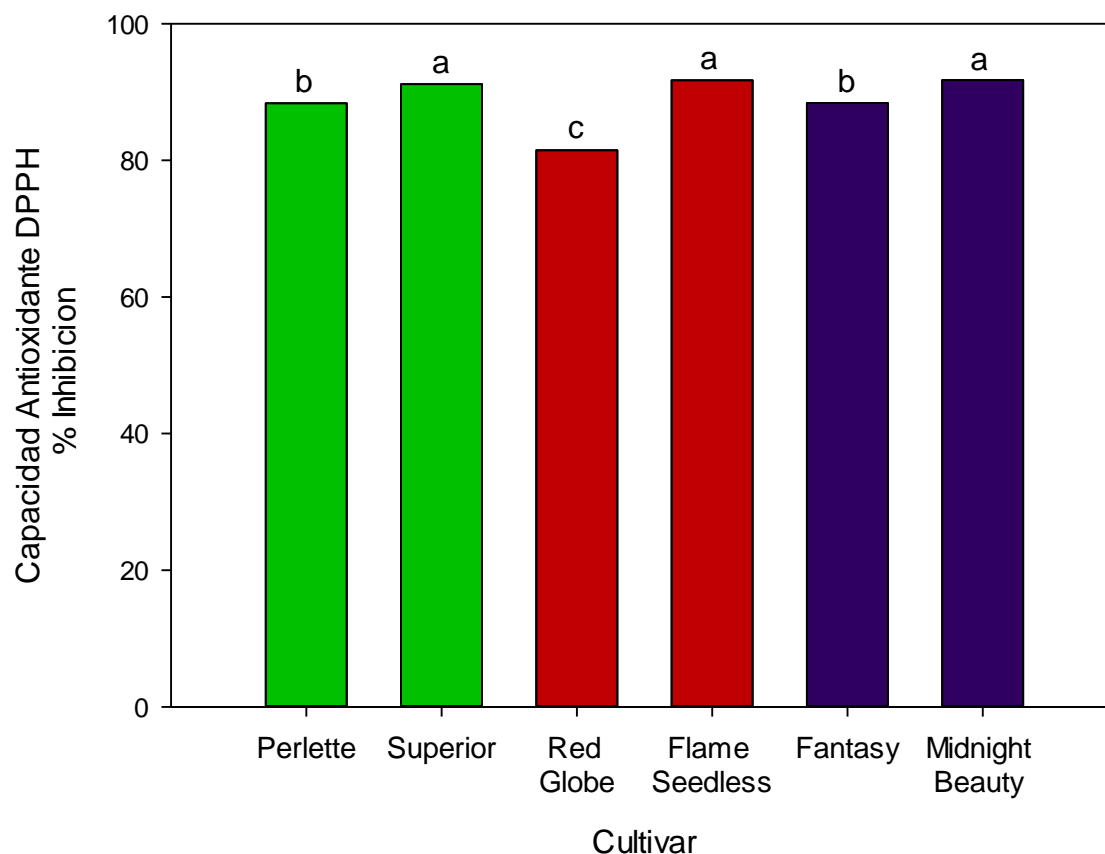


Figura 11. Actividad antioxidante de los extractos fenólicos de cáscara de uva medida como porcentaje de inhibición del radical DPPH<sup>+</sup>. La diferencia estadística entre los cultivares se representa con una letra distinta en la parte superior de cada barra. Los términos significativos son a  $p < 0.05$ .

En la figura 11 se muestra los porcentajes de inhibición del radical DPPH<sup>+</sup> de los seis cultivares de uva de mesa analizados. Los porcentajes de inhibición de los cultivares fueron: 88.35, 91.14, 81.47, 91.70, 88.37 y 91.75% para Perlette, Superior, Red Globe, Flame, Fantasy y Midnight Beauty respectivamente.

De acuerdo al análisis estadístico realizados, los cultivares Superior, Flame y Midnight Beauty presentaron porcentajes de inhibición mayores con respecto a los otros cultivares, siendo el cultivar Red Globe el de menor porcentaje de inhibición con un valor de 81.47%. ( $p < 0.05$ ).

En un estudio de uvas rojas Red Globe y Flame Seedless y uvas verdes Perlette y Superior en base seca (BS) hecho por Molina (2008) señala que todas las variedades presentaron actividades de neutralización del radical DPPH<sup>+</sup>, por arriba del 90%, excepto el extracto Flame Seedless (84.27%) a concentraciones de 500ppm. En cambio los resultados obtenidos en este trabajo, el extracto de la uva roja Flame Seedless de tejido fresco (TF) fue la variedad que obtuvo un porcentaje de inhibición más alto a comparación de los otras cinco cultivares. Y la variedad con menor porcentaje de inhibición fue Red Globe.

Los resultados distintos se pueden deber a que los extractos hechos por Molina (2008) fueron en base seca. Mientras que los extractos que se realizaron en este trabajo fueron en tejido fresco. De igual manera por cualquiera de los dos métodos de extracción todas las variedades consiguen tener un porcentaje de inhibición del radical DPPH<sup>+</sup> mayor de 80%.

Se han reportado porcentajes de inhibición del radical DPPH<sup>+</sup> de 89 y 92% en extractos fenólicos de orujo de uva verde y roja, respectivamente (Pérez y Saura, 2008). La actividad de estos extractos es atribuida a la habilidad de los compuestos polifenólicos presentes de donar hidrógeno (Shimada *et al.*, 1992).

Para las variedades negras Midnight Beauty y Fantasy no se tienen reportes sobre su capacidad antioxidante, sin embargo los resultados de éste trabajo muestra que estas dos variedades tienen un alto porcentaje de inhibición en el radical DPPH<sup>+</sup>.

### **Actividad de secuestro del radical DPPH<sup>+</sup> medida como EC50**

El ensayo DPPH<sup>+</sup> es un método confiable para determinar la capacidad antioxidante de un sustrato. El EC50 refiere a la concentración requerida para obtener el efecto antioxidante al 50%, esto es la concentración máxima a la cual el extracto obtenido de los diferentes cultivares de uva inhibe el 50% del radical DPPH<sup>+</sup>. Este parámetro es usado para comparar las capacidades antioxidantes de diferentes compuestos.

Los valores de EC50 para las seis uvas de mesa analizadas en éste trabajo se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Valor EC50 de los seis cultivares de uva de mesa.

<b>Cultivar</b>	<b>Concentración (µg/µL)</b>
Perlette	41.56
Superior	20.43
Red Globe	41.43
Flame Seedless	16.97
Fantasy	11.56
Midnight Beauty	10.079

Los resultados muestran que los cultivares negros Fantasy y Midnight Beauty poseen una fuerte actividad secuestradora de radicales libres, esto significa se necesita una cantidad baja de cualquiera de los dos extractos para inhibir el 50% del radical DPPH<sup>+</sup>, seguida de los cultivares Flame Seedless y Superior con una actividad mediana. Los cultivares que presentaron una actividad baja fueron Perlette y Red Globe.

La piel de la uva, moras, mango, carambola, guayaba y lichis muestran una alta actividad antioxidante con un EC50 de 1.10 a 9.60 mg/mL (Piyawan *et al.*, 2003).

### Capacidad Antioxidante por el Método de Radical ABTS<sup>+</sup>

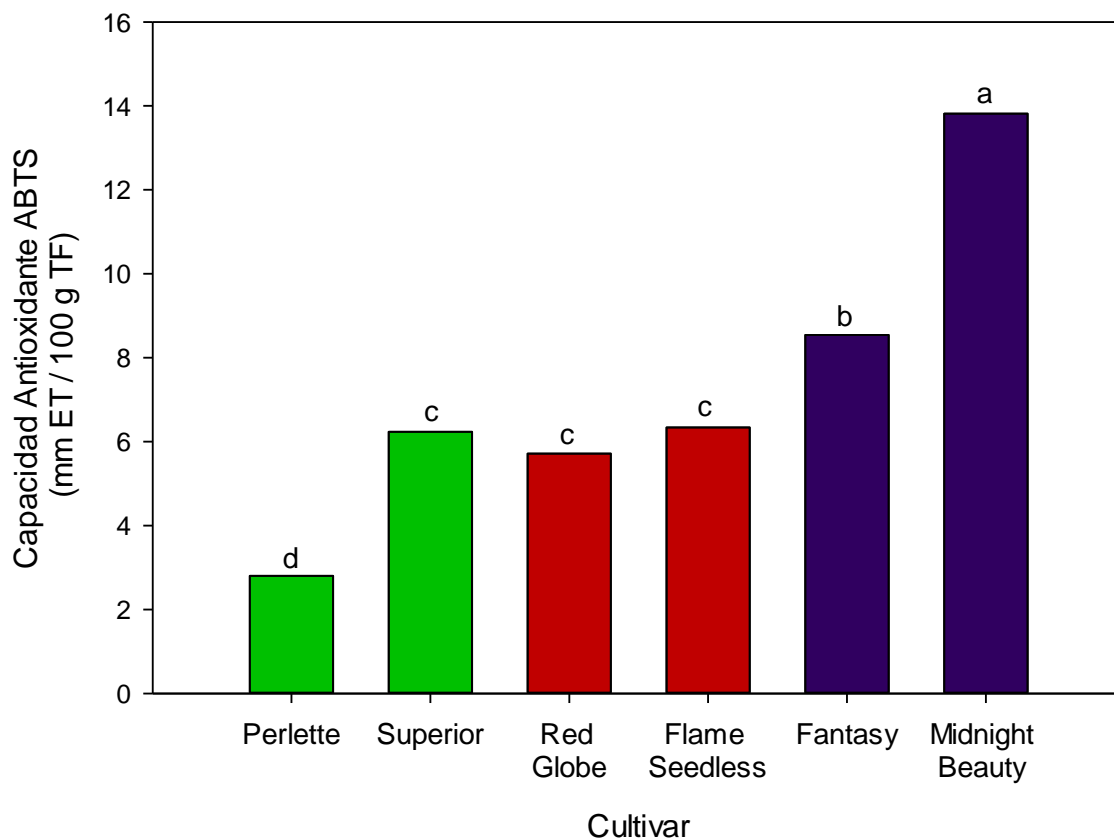


Figura 12. Actividad antioxidante de los extractos fenólicos de cáscara de uva, medida como la inhibición del radical ABTS<sup>+</sup> (Equivalentes Trolox). La diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) dentro de la gráfica se indican con una letra distinta en la parte superior de cada barra.

En la figura 12, se muestran los resultados obtenidos de la actividad antioxidante de los extractos de los seis cultivares de uva de mesa analizados en mm ET/100g TF.

Los resultados fueron los siguientes: 2.80, 6.23, 6.00, 6.62, 8.54 y 13.50 de mm ET/100g TF para los cultivares Perlette, Superior, Red Globe, Flame Seedless, Fantasy y Midnight Beauty respectivamente.

Las uvas negras Midnight Beauty y Fantasy mostraron una mayor actividad de secuestro, mostrando valores superiores significativamente a los otros cultivares ( $p < 0.05$ ). Por lo tanto, los cultivares Fantasy y Midnight Beauty son las variedades que inhiben más al radical ABTS<sup>+</sup> en comparación a los otros extractos de uva de mesa verdes y rojas.



Un estudio realizado en cascara de uvas de mesa verdes y rojas por Molina (2008) mostró que la actividad antioxidante mayor, fue presentada por el extracto de uva roja Red Globe y la que presentó una actividad más baja fue el extracto de uva verde Superior. Por otro lado el extracto de la cascara de uva verde Perlette presentó mayor actividad antioxidante que el extracto de piel de la uva roja Flame Seedless, el cual presentó el contenido de ácido gálico más bajo en comparación con el extracto de cascara de Perlette.

Para las uvas negras Midnight Beauty y Fantasy no se tienen reportes sobre su capacidad antioxidante, sin embargo como se mostraron los resultados del presente estudio dichos cultivares tienen un alto porcentaje de inhibición en el radical ABTS\*.

Cabe destacar que las uvas de mesa negras Midnight Beauty y Fantasy presentaron una mayor capacidad antioxidante, siendo también los cultivares que presentaron un mayor contenido de fenoles totales, por lo tanto se puede inferir que la elevada capacidad antioxidante de los extractos de piel de dichas uvas en su mayor parte es debido a su alta concentración de fenoles totales. Cuando existe mayor concentración de fenoles totales, la actividad antioxidante aumenta (Baderschneider *et al.*, 1999).

## CONCLUSIONES

Los cultivares rojos Red Globe y Flame Seedless presentaron los valores más altos del contenido de sólidos solubles totales.

El cultivar que presentó el menor contenido de ácido tartárico fue el cultivar Red Globe mientras Superior y Flame Seedless mostraron los valores más altos de los 6 cultivares.

La evaluación de la firmeza en los cultivares de uva de mesa mostró valores aceptables para su comercialización. Los cultivares rojos Red Globe y Flame Seedless presentaron menor firmeza en relación al resto de los cultivares.

Se realizó el método de antrona para la determinación de carbohidratos totales siendo los cultivares Flame Seedless y Fantasy los que presentaron una mayor concentración de carbohidratos totales.

Los cultivares Fantasy y Midnight Beauty presentaron la mayor concentración de fenoles totales y flavonoides totales del cual se puede inferir su alta capacidad antioxidante. El cultivar Perlette presentó la menor concentración de los 6 cultivares analizados.

Se determinó el contenido de antocianinas totales en los cultivares Red Globe, Flame Seedless, Fantasy y Midnight Beauty siendo estos últimos dos los que presentaron mayor concentración en función de malvidina 3-glucosa seleccionada para expresar los resultados.

Se determinó la capacidad antioxidante de los seis cultivares siendo las uvas negras Fantasy y Midnight Beauty las que mostraron una mayor actividad secuestradora de radicales libres por el método TEAC y DPPH mediante el cálculo del  $EC_{50}$ .

## RECOMENDACIONES

Se recomienda considerar otros tipos de solventes que puedan utilizarse para la extracción de compuestos fenólicos.

Se recomienda realizar un tercer método para la determinación de capacidad antioxidante como es el método de ORAC por sus siglas en inglés oxygen radical absorbance capacity en español capacidad de absorción de radicales de oxígeno, este método permitiría confirmar los valores obtenidos por los métodos TEAC y DPPH (mediante el cálculo del EC50).

## BIBLIOGRAFÍA

Aherne S. A. and O'Brien N. M. 2002. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. *J. Nutrition*, 18:75-81.

AOAC. 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Fruits and fruit products. Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Product: Refractometer Method. Arlington, Virginia, USA. AOAC 932.12. 37. 7.

AOAC 942.15A. 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Fruits and fruit products. Acidity (Titratable) of Fruit Products. Arlington, Virginia, USA. 37.

Álvarez R. H. 2004. Estudio de Oportunidades comerciales de productos seleccionados. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, Managua-Nicaragua. pp.14.

Arozarena I., Ayestaran B., Cantalejo M.A., Navarro M., Vera M., Abril I., CaspA. 2002. *J. Eur. Food Res. Technol.* 214- 303.

Astrid G. G. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.

Avalos G. A., Pérez-Urria C. E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal.* 2 (3): 119-145.

Baderschneider, B.; Luthria, D.; Waterhouse, A.L and P. Winterhalter. 1999. Antioxidants in white wine (cv. Riesling): I. comparison of different testing methods for antioxidant activity. *Vitis*, 38 n°3 (127-131).

Badui D. S. 2006. *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Education, México.

Baiano A. and Terracone C. 2011. Varietal differences among the phenolic profiles and antioxidant activities of seven table grape cultivar grown in the south of Italy based on chemometrics. *J. Agric. Food Chem.* 59, 9815–9826.

Bailey R. W. 1958. The Reaction of Pentoses with Anthrone. *Biochem J.* 1958 April; 68(4): 669–672.

Begoña Olmedilla A. 2002. Beneficios derivados del consumo de frutas y verduras y perspectivas de futuro. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, ISSN 0300-5755, N° 337. p 1

Bertamini M. and Mattivi F. 1999. «Compostifenolicineivinirossi: ruolodell’ambiente e delletecnichecolturali», *L’Informatore Agrario*; 32: 1-6.

Bors W., Heller W., Michel C. and Saran M. 1990. Flavonoids as antioxidants: determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods Enzymol.*, 186:343-355.

Bourne M. C. 1982. Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables. *Food Sci.* 47:440-444.

Cámara Hurtado, Montaña Sánchez, M<sup>a</sup> de Cortes, Torijalsasa, M<sup>a</sup> Esperanza. 2001. “Frutas y verduras, fuentes de salud”. *Nutrición y Salud*. Servicio de Promoción de Salud. Instituto de Salud Pública. Consejería de Sanidad y Consumo. Editado por Grupo Elba. Madrid.

Cantos E., Espín J. C. and Tomás-Barberán F. A. 2002. Varietal differences among the polyphenol profiles of seven table grape cultivars studied by LC-DAD-MS-MS. *J. Agric. Food Chem.* 50: 5691-5696.

Carreño J., Almela L., Martínez A. and Fernandez-Lopez J. A. 1997. Chemotaxonomical classification of red table grapes based on anthocyanin profile and external color. *J. Lebensm. Wiss. Technol.* 30: 259-265.

Carreño J., Martínez A., Almela L. and Fernández-López J. A. 1995. Proposal of an index for the objective evaluation of the color of red table grapes. *J. Food Res. Intern.*, 28:(4):373-377.

Champagnol F. 1984. «Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale». François Champagnol (ed.), Déhan, Saint-Gely-du-Fesc, Montpellier.

Chimi H., Sadik A., Le Tutour B. and Rahamani M. 1988. Contribution à l'étude comparative des pouvoirs antioxydants dans l'huile d'olive du tyrosol, de l'hydroxytyrosol, de l'acide caffeique, de l'oleuropeine et du B.H.T. *Ibid.* 35; 339-325.

Clydesdale F. M. 1993. Color as a factor in food choice. *J. Crit. Rev. Food 2: Nutr.* 33, 83-101.

Crisosto C.H., Mitcham E.J. and Kader A.A. 2012. Uva de mesa: Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Department of Plant Sciences. University of California, Davis, CA 95616.

Chasquibol N. S., Lengua C. L., Delmás I., Rivera C. D., Bazán D., Aguirre M. R. y Bravo A. M. 2003. Alimentos Funcionales o Fitoquímicos, Clasificación e Importancia. *Rev. Quím. Ing. Quím.* Vol. 5 N.º 2. Pág.9-20.

CODEX STAN 255-2007. Norma del Codex para las uvas de mesa. 13ª reunión realizado en la Ciudad de México, México los días 25-29 de septiembre de 2006.

Conde C., Silva P., Fontes N., Dias C.P., Tavares R.M., Sousa M., Agasse A., Delrot S. and Gerós H. 2007. Biochemical changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. Global Science Books.

Del Valle Leguizamón G., González León A. y Báez Sañudo R. 2005. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana*, octubre-diciembre, vol. 28, número 004. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México, pp. 359-368.

De Pascual T. S. and Sánchez-Ballesta M. T. 2008. Anthocyanins: from plant to health. *Phytochemical Review*, 7:281-299.

Duda Chodak A. and Tarko T. 2007. Antioxidant properties of different fruit seeds and peels. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* Pp 29-36.

Durst R. and Wrolstad R. E. 2001. Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. In: Handbook of Food Analytical Chemistry. New Jersey: John Wiley & Sons; p. 33-45.

En-Qin X., Gui-Fang D., Ya-Jun G. and Hua-Bin L. 2010. Biological activities of polyphenols from grapes. *Int. J. Mol. Sci.*, 11,622-646.

Escribano Bailon M. T., Beulga Santos C. and Rivas Gonzalo J. C. 2004. Anthocyanins in Cereals. *J. Chromatography*, 1054:129-141.

Fennema O. 1993. *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España.

Formica J. V. and Regelson W. 1995. Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. *Food Chem. Toxicol.*, 1995, 33: 1061-1080.

García D.E. 2004. Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. *Pastos y Forrajes*, Vol. 27, No. 1.

García Avalos A. y Carril Perez-Urria E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 119-145. ISSN: 1989-3620.

García Robles J. M., Tobón Quijano J.I., Bringas Taddei E., Mercado Ruiz J. N., Luchsinger Lagos L. y Báez Sañudo R. 2007. Daños y desórdenes fisiológicos en uva de mesa sonorense después del preenfriado y almacenamiento. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 2007; Vol. 8, Núm. 2, pp.89-100.

Garzón G. A. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biol. Colomb.*, Vol. 13 No. 3, P. 27 – 36.

Ghiselli A., Nardini M., Baldi A. and Scaccini C. 1998. Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from an Italian red wine. *J. Agr. Food Chem.*, 46(2), 361-367.

Granado Serrano A. B. 2010. Estudios de los Mecanismos de Acción Molecular de Polifenoles de la Dieta en Cultivos Celulares y Animales de Experimentación. Facultad de Ciencias Biológicas; Universidad Complutense de Madrid.

Guidoni S., Allara P. and Schubert A. 2002. Effect of cluster thinning on berry skin anthocyanin composition of *Vitis vinifera* cv. Nebiolo. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53:224-226.

Harbone J. B. 1993. *The Flavonoids: advances in research since 1986*. Chapman and Hall, London.

Hertog M., Hollman P. and Putte van de B. 1996. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea, infusions, wines, and fruit juices. *J. Agric. Food Chem.*, 41:1242-1246.

Horbowicz M., Kosson R., Grzesiuk A. and Debski H. 2008. Anthocyanins of Fruits and Vegetables-their occurrence, analysis and role in human nutrition. *Vegetables Crops Research Bulletin*, 68:5-22.

Infocir. La vid: Características y variedades. Boletín Quincenal de Inteligencia Agroindustrial. 2005; No 10. Vol. I.

Jovanovic S. V., Steenken S., Simic M. G. and Hara Y. 1998. Antioxidant properties of flavonoids: reduction potentials and electron transfer reactions of flavonoid radicals. En: Rice Evans C, Parker L (eds.): *Flavonoids in health and disease*. Marcel Dekker, Nueva York, 1998, 137-161.

Kallithrakaa S., Abdel-AzeemMohdalya A., Makrisb D. P. and Kefalasp P. 2005. Determination of major anthocyanin pigments in Hellenic native grape varieties (*Vitis vinifera* sp.): association with antiradical activity. *J. of Food Comp. Anal.*, 375–386.

Kähkönen M., Anu I. and Heinonen M. 2001. Berry phenolics and their Antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 49, 4076 – 4082.



Kähkönen M., Anu I., Heikki J., Vuorela J., Pekka R., Kalevi P., Tutti S. and Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 47, 3954 – 3962.

Keller M. and Hardin G. 1998. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. *Am. J. Enol. Vitic.*, 49:341-348.

Kanner J., Frankel J.E., Granit R., German B. and Kinsellatss J.E. 1994. Natural antioxidants in grapes and wines. *J. Agric. Food Chem.*, 42: 64-69.

Kuskoski E. M., Asuero G. A., García-Parilla M. C., Troncoso A. M. y Fett R. 2004. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24(4): 691-693, out.-dez.

Lacey K., McCarthy A. and Foord G. 2000. Maturity testing of citrus. *Farmnote 3/00. Agriculture Western Australia.*

López Franco F. 2010. Las necesidades de información en la comunidad de vitivinicultores de la región de Baja California: una aproximación. *Investigación Bibliotecologica.* Vol. 24, Núm. 51, pp 125-145.

Manach C., Scalbert A., Morand C., Remesy C. and Jimenez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.*, 79, 727-747

Marquette B. 1999. Seminario Internacional de Microbiología y Polifenoles de Vino. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias; 25-48.

Martínez de Toda Fernández F. 2002. Viticultura de calidad: factores que afectan al contenido de compuestos fenólicos. *ACE, Revista de Enología*, 21.

Martínez Flórez S., González Gallego J., Culebras J. M. y Tuñón M.<sup>a</sup> J. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria.* Departamento de Fisiología, Universidad de León y Hospital de León, España. 17:271-278.

Mateus N., Machado J. M. and De Freitas V. 2003. Development changes of anthocyanins in *Vitis vinifera* grapes grown in Duoro valley and concentration in respective wines. *J. Agri. FoodChem.*, 50:5497-5503.

Mazza G., Fukumoto L. and Delaquis P. 1999. Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot and Pinot Noir wines from British Columbia. *J. Agric. FoodChem.*, 47:4009-4017.

Miyazawa T., Nakagawa K., Kudo M., Muraishi K. and Someya K. 1999. Direct intestinal absorption of red fruit anthocyanins, cyaniding-3-glucoside and cyaniding-3, 5-diglucoside, into tracts and humans. *J. Agri. Food Chem.*, 47, 1083-1091.

Molina Quijada D. M. A. 2008. Actividad Antioxidante de Extractos Fenólicos de Uva de Mesa Flame, Red Globe, Sugraone y Perlette. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora.

Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarín J. Sci. Tech.*, 26 (2):211-219.

NMX-FF-026-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Uva de mesa (*Vitis vinifera* L.). Especificaciones.

Ojeda Hernán. 2007. Los Compuestos Fenólicos de la Uva. *Revista Enología* N°4 Año IV Setiembre-October 2007. p 1-9

Pecket R. C. and Small C. J. 1980. Occurrence, Location and Development of Anthocyanoplasts. *Phytochemistry*, 19:2571-2576.

Peña N. A. 2005. Cambios composicionales de la baya durante el proceso de maduración y su importancia en la calidad de la uva y el vino. Grupo de Investigación Enológica (GIE). Departamento de Agroindustria y Enología. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

Pérez J. 2000. Evaluación de la textura y la estructura anatómica de bayas débiles en uva de mesa de exportación. In: Pérez, J.; S. Barros; M. C. Peppi; A. Pérez. Calidad y condición de llegada a los mercados extranjeros de la uva de mesa de exportación. Colección de extensión. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. p. 55-77.

Pérez Jiménez J. and Saura Calixto F. 2008. Anti-oxidant capacity of dietary polyphenols determined by ABTS assay: a kinetic expression of the results. *Inter. J. Food Sci. Tech.*, 43: 185-191

Pinelo M., Rubilar M., Sineiro J. and Núñez M.J. 2004. Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*). *Food Chem.*, 85:267-273.

Pinelo M., Rubilar M., Jerez Sineiro J. and Núñez M. J. 2005. Effect of solvent, Temperature, and Solvent-to-Solid Ratio on the Total Phenolic Content and Antiradical Activity of Extracts from Different Components of Grape Pomace. *J. Agric. Food Chem.* 53:2111-2117.

Piyawan S., Supanee K. and Rane S. 2003. Radical Scavenging Activity in Fruit Extracts. Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn University. 201-203.

Proestos C., Chorianopoulos N., Nychas G. J. E. and Komaitis M. 2005. RP- HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *J. Agric. Food Chem.* Vol. 53, 1190-1195.

Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., and Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology Medicine.* 26:1231-1237.

Rivero M. L. y Quiroga M. I. 2007. Calidad durante la conservación frigorífica de uva de mesa para exportación. Centro de Estudios Postcosecha. EEA Mendoza- INTA. San Martín 3853. Luján de Cuyo (5507).

Robbins R. 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. J. Agric. FoodChem., Vol. 51, 2866-2887.

Rodríguez Callejas R., Piñones B. M., Aronowsky P. C. y Kuhl K. E. 2011. Categorías de firmeza de bayas en diferentes variedades de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.). Rev. FCA UNCUYO. ISSN 0370-4661.Tomo 43.N° 1. p. 127-141.

Sánchez Moreno C., Larrauri J. and Saura-Calixto F.1999.Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. Food research international. Vol. 32 (407-412).

Santos Buelga C. y Tomás Barberán F. 2001. Sustancias fitoquímicas de frutas y hortalizas, su posible papel benéfico para la salud. Ediciones de Horticultura, S.L. p 1-2.

Saskia A. B., Van Accker and Bast A. A. 1998.Structural Aspects of Antioxidant Activity of Flavonoids. En: Flavonoids in health and Disease. Ed Marcel Dekker, INC. New York, 1998, 9:221-251.

Singleton V. L., and Rossi J. A. 1965.Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticul., 16:144-158.

Stintzing F. C., Stintzing A. S., Carle R., Frei B. and Wrolstad R. E. 2002. Color and Antioxidant Properties of Cyanidin-based Anthocyanin Pigments. J. Agric. Food Chem. 50:6172-81.

Shimada K. K., Fujikawa K. Y. and Nakamura T. 1992.Antioxidative properties of xanthan on autoxidation of soybean oil in cyclodextrin. J. Agric. Food Chem., 40: 945-948.

Torres J. L., Varela B., García M.T., Carrilla J., Matito C., Centelles J., Cascante M., Sort X. and Bobet R. 2002. Valorization of grape (*Vitis vinifera* L.) byproducts.Antioxidant and biological properties of polyphenolic fractions differing in procyanidin composition and flavonol content. J. Agric. Food Chem., 50:7548-7555.

Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L. and Oomah B. D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 46, 4113-4117.

Vrijssen R., Everaert L. and Boeté A. 1988. Antiviral activity of flavones and potentiation by ascorbate. *J Gen Virol*, 1988, 69:1749-1751.

Zavaleta J., Muñoz A. M., Blanco T., Alvarado Ortiz C., Loja B. S/A. Capacidad antioxidante y principales ácidos fenólicos y flavonoides de algunos alimentos. Facultad de Medicina Humana; Universidad de San Martín de Porres.

Zhang M., Huan Y., Tao Q., Wan H. and Li C.L. 2001. Studies on preservation of two cultivars of grapes at controlled temperature. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 34: 502-506.