



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE POSTGRADO**

**CARACTERIZACIÓN GENOTÍPICA Y FENOTÍPICA DE UNA  
COLECCIÓN DE CEREZOS (*Prunus avium* L.), CON ÉNFASIS EN EL  
COLOR Y LA TEXTURA DEL FRUTO**

Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias

**MELISSA ALEJANDRA PIZARRO VÉLIZ**

Director de Tesis  
RODRIGO INFANTE ESPÍÑEIRA

Codirector de Tesis  
CARLOS MUÑOZ SCHICK

Profesores consejeros  
BORIS SAGREDO D.  
GABINO REGINATO M.

Profesora colaboradora  
LORETO CONTADOR C.

SANTIAGO - CHILE  
2019

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**

CARACTERIZACIÓN GENOTÍPICA Y FENOTÍPICA DE UNA COLECCIÓN DE  
CEREZOS (*Prunus avium* L.) CON ÉNFASIS EN EL COLOR Y LA TEXTURA DEL  
FRUTO

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Grado de Magíster en Ciencias  
Agropecuarias

**MELISSA ALEJANDRA PIZARRO VÉLIZ**

	Calificaciones
<b>DIRECTOR DE TESIS</b>	
Rodrigo Infante E. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,0
<b>CODIRECTOR DE TESIS</b>	
Carlos Muñoz S. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,7
<b>PROFESORES CONSEJEROS</b>	
Boris Sagredo D. Biólogo Celular y Molecular, Ph.D.	6,9
Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo, Mg.Sc.	6,8

Santiago, Chile  
2019

## AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A mi amor Paulo, por su amor, apoyo y soporte en estos años de estudio, infinitas gracias...  
A mi mamá Carmen Luz, papá Jaime y mi hermano Ignacio... Por su apoyo, ayuda, ánimo, confianza, por ser pilares en mi vida.

A todos los que, en mayor y menor grado, fueron parte de este trabajo, a los integrantes de los equipos: al mío del PMG cerezo en La Platina, al Lab. de calidad de la fruta en Antumapu y al Lab. de genética vegetal en Rayentué. En especial a Fran Pozo, Eli, Eve, Paulina, a los practicantes Pedro y Francisco. A mi amiga Paula por la ayuda con las fotos.

A todos en Biofrutales e INIA quienes apoyaron y permitieron estos años de estudio, a Rodrigo C., Gabriel S., Francisco T., Gamalier, José Manuel... A Boris, por todo lo que implicó la oportunidad de ser su tesista, gracias por la confianza.

A Lolo y Américo, por su permanente aporte y colaboración en sus áreas del conocimiento. A los profesores de la Universidad, Rodrigo I., Carlos M. y Gabino R. por su guía, sugerencias y aportes en esta investigación.

A la Universidad que por medio de la Facultad reconoce el esfuerzo de sus estudiantes, entregando becas de estudio, que facilitan y ayudan en esta continuidad en la formación profesional, me siento honrada y agradecida de haber sido una de ellas...

"Un guerrero de la luz nunca olvida la gratitud. Durante la lucha, fue ayudado por los ángeles; las fuerzas celestiales colocaron cada cosa en su lugar y permitieron que él pudiera dar lo mejor de sí. Los compañeros comentan: "¡Qué suerte tiene!". Y el guerrero a veces consigue mucho más de lo que su capacidad permite. Por eso, cuando el sol se pone, se arrodilla y agradece el Manto Protector que le rodea. Su gratitud, no obstante, no se limita al mundo espiritual; él jamás olvida a sus amigos, porque la sangre de ellos se mezcló con la suya en el campo de batalla"

Manual del guerreo de la Luz, P. Coelho

Proyecto Fondecyt regular 1161377. Dissecting the genetic architecture of color inheritance in sweet cherry (*P. avium* L.) fruit (skin and flesh) by the means of QTLs, eQTLs and expression of key-candidate genes, during ripening.

Proyecto CORFO 09PMG-7243. Programa chileno para el mejoramiento genético del cerezo.

Proyecto CORFO PTECFs 66647. Centro para la investigación e innovación en fruticultura para la zona sur.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>HIPÓTESIS</b> .....	5
<b>OBJETIVOS</b> .....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	6
Ubicación del estudio.....	6
Material biológico.....	6
Diseño experimental.....	6
Manejo del experimento.....	7
Evaluaciones.....	7
Caracterización fenológica de los árboles.....	7
Caracterización fenotípica de los frutos.....	8
Caracterización y diversidad genotípica.....	10
Análisis estadístico.....	10
<b>RESULTADOS</b> .....	11
Caracterización de los estados fenológicos en los árboles.....	11
Caracterización de frutos en el momento de cosecha.....	13
Diámetros ecuatorial y polar, forma de fruto.....	13
Largo y diámetro del pedicelo.....	14
Sólidos solubles, acidez titulable e índice de absorbancia de la clorofila.....	15
Color de la piel y la pulpa del fruto.....	17
Textura del fruto.....	19
Caracterización genotípica y diversidad genética.....	23

Identidad genética.....	23
Relaciones genéticas.....	27
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>33</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diámetros ecuatorial y polar y proporción de frutos por forma, de 31 accesiones de cerezo, evaluadas en la madurez de cosecha.....	13
Cuadro 2. Largo y diámetro del pedicelo de 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.....	14
Cuadro 3. Concentración de sólidos solubles (CSS), acidez titulable (AT) relación CSS/AT, índice de absorbancia de la clorofila (IAD) en piel y pulpa de 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.....	15
Cuadro 4. Marcadores moleculares (SSR) utilizados inicialmente en la caracterización e identificación de las accesiones de cerezo.....	23
Cuadro 5. Número de individuos analizados por accesión, genotipos detectados y su frecuencia, obtenidos a partir del análisis con marcadores moleculares microsatélites (SSR).....	24
Cuadro 6. Caracterización de 10 marcadores SSR en 31 genotipos de cerezo.....	25
Cuadro 7. Caracterización del marcador SSR PavRf, asociado a color de fruto en 31 genotipos de cerezo.....	25
Cuadro 8. Caracterización de marcadores SSR asociados al S-locus en 31 genotipos de cerezo.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estadios fenológicos registrados y evaluados en 31 accesiones de cerezo...	11
Figura 2. Fenología (año 2017) de 31 accesiones de cerezo, ordenadas según la fecha de cosecha de sus frutos.....	12
Figura 3. Análisis de componentes principales (PCA) para los parámetros de color (L, C* y Hue) de piel y pulpa de 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.....	17
Figura 4. Análisis de conglomerados basado en el color de piel y pulpa de fruto en 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.....	18
Figura 5. Análisis de componentes principales (PCA) para la evaluación de textura de fruto en 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha...	19
Figura 6. Análisis de componentes principales (PCA) para la evaluación de textura del fruto en 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados después de 7 días de almacenamiento a 20°C.....	20
Figura 7. Análisis de conglomerados basado en parámetros de textura de fruto en 31 accesiones de cerezo, evaluado en frutos en dos momentos (cosecha y 7 días después de almacenamiento a 20°C).....	22
Figura 8. Dendrograma de similitud genética de 31 accesiones de cerezo, por medio de 13 loci SSR.....	27

## ANEXOS

Anexo I. Cuadro 1. Listado de las 31 accesiones de cerezo, utilizadas en la caracterización fenotípica, genotípica y de fruto y su respectivo origen.....	38
Anexo II. Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida, Frutales de hueso.....	39
Anexo III. Figura 1. Pauta de formas de fruto (1-5) descrita en la guía de UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) .....	41
Anexo IV. Figura 1. Curva típica de tensión-ruptura de frutos de cerezo.....	42

## APÉNDICES

Apéndice I. Figura 1. Diagrama de la cara del fruto donde fue evaluada la compresión y punción en cerezas.....	43
Apéndice II. Cuadro 1. Parámetros de color L*, C* y h* para color de piel y pulpa de 31 accesiones de cerezo, evaluado en la madurez de cosecha.....	44
Apéndice III. Cuadro 1. Fuerza máxima obtenida en la prueba de compresión, en 31 accesiones de cerezo, evaluada en la madurez de cosecha y después de 7 días de almacenamiento a 20°C.....	45
Apéndice IV. Cuadro 1. Fuerza máxima, área fuerza máx., módulo de rigidez, n° <i>peaks</i> , área total, fuerza final y distancia lineal, obtenidos en la prueba de punción, en 31 accesiones de cerezo, evaluado en la madurez de cosecha.....	46
Apéndice IV. Cuadro 2. Fuerza máxima, área fuerza máxima, módulo de rigidez, n° <i>peaks</i> , área total, fuerza final y distancia lineal, obtenidos en la prueba de punción, en 31 accesiones de cerezo, después de 7 días a 20°C.....	47
Apéndice V. Cuadro 1. Matriz de correlaciones para parámetros de color en 31 accesiones de cerezo, evaluado en la madurez de cosecha.....	48
Apéndice V. Cuadro 2. Matriz de correlaciones para parámetros de textura en 31 accesiones de cerezo, evaluados en la madurez de cosecha.....	48
Apéndice V. Cuadro 3. Matriz de correlaciones para parámetros de textura en 31 accesiones de cerezo, después de 7 días de almacenamiento a 20°C.....	49
Apéndice VI. Cuadro 1. Caracterización genotípica utilizando 13 marcadores moleculares del tipo SSR, en 31 accesiones de cerezo.....	50
Apéndice VII. Figura 1. Matriz diagonal de distancias genéticas entre las 31 accesiones de cerezo analizadas.....	52
Apéndice VIII. Figura 1. Contraste entre estadios fenológicos, en un huerto de accesiones de cerezo, localizado en Buin.....	53
Apéndice IX. Figura 1. Apariencia externa de 31 accesiones de cerezo, en el momento de cosecha.....	54
Apéndice IX. Figura 2. Apariencia interna de 31 accesiones de cerezo, en el momento de cosecha.....	56

## RESUMEN

En programas de mejoramiento genético es fundamental contar con la mayor diversidad de germoplasma, que idealmente tenga su completa caracterización. Así, el objetivo fue caracterizar una colección de cerezos, basado en marcadores moleculares y fenotípicos, con énfasis en el color y la textura del fruto. Para ello, se evaluaron 31 accesiones del programa de mejoramiento genético de INIA.

Para la caracterización fenológica se registraron fechas como inicio de brotación, floración y de maduración. Respecto al fruto, fueron evaluados parámetros como concentración de sólidos solubles, acidez titulable, color de piel y componentes de textura.

La caracterización genotípica se realizó utilizando 13 marcadores del tipo SSR.

Los registros fenológicos mostraron diferencias tanto en el inicio de los estadios como en su extensión; 35 días separan la primera y la última cosecha de frutos.

En relación con la textura, 'Black Tartarian' y '210' mostraron muy baja asociación a parámetros de compresión como Fuerza máxima (1,44 y 2,02 N), en cambio, 'H28P12' y 'H18P50' presentaron alta asociación y los mayores valores, 6,5 y 6,4 N, respectivamente.

En la prueba de punción, se observó similar comportamiento.

Los resultados permitieron segregar la colección de cerezos, basado en parámetros de textura y color del fruto.

Palabras clave: fenología, germoplasma, microsatélites, Texturómetro TA.XTplus.

## ABSTRACT

In breeding programs, it is essential to have high germplasm diversity that ideally has been deeply characterized. Thus, the objective was to characterize a cherry germplasm collection, based on molecular and phenotypic markers, with emphasis on fruit colour and texture. Thirty-one accessions of the INIA's cherry breeding program were evaluated.

For the phenological characterization, dates of bud burst, first bloom and fruit harvest maturity were recorded. Regarding fruit characters, soluble solids concentration, titrable acidity, skin colour and texture components were evaluated. The genotypic characterization was done using 13 SSR markers.

Phenological records showed differences in relation to the date and length of the different phenological stages. For instance, 35 days separate the earliest and latest harvest date. In relation to fruit texture, 'Black Tartarian' and '210' showed very low association with compression parameters, such as maximum force (1,44 and 2,02 N), whereas 'H28P12' and 'H18P50' showed a high association, with the highest values of 6,5 and 6,4 N, respectively. The punction test showed similar behavior.

Results enabled to segregate the cherry collection, according to texture components and colour traits of the fruit.

Keywords: phenology, germplasm, microsatellites, TA.XTplus Texture Analyser.

## INTRODUCCIÓN

En un programa de mejoramiento genético, es fundamental contar con la mayor diversidad de germoplasma de la especie. Además, la sistematización en la caracterización y documentación es prerequisite para que la información del germoplasma sea usada de forma directa o como material básico, en la generación de variedades superiores (Sevilla y Holle, 2004).

Dentro de los programas de mejoramiento genético, varios autores han indicado la importancia en la identificación de la variabilidad morfo-fenológica de las variedades. Dichos análisis deberían realizarse antes de estudios bioquímicos o moleculares (Khadivi-Khub *et al.*, 2011). En muchos casos, el análisis morfológico es rápido y no requiere de equipamiento o procedimientos sofisticados.

La caracterización de la diversidad para caracteres fenotípicos implica la evaluación de los patrones de variación de la estructura fenotípica, identificar los rasgos que más contribuyen a la diversidad total en la colección y establecer niveles de similitud/disimilitud entre las accesiones, respecto a los caracteres considerados (Oliveira *et al.*, 2012).

Dado que la información generada a partir de la caracterización morfológica se deriva de un amplio conjunto de datos que consiste en rasgos cualitativos y cuantitativos, el uso de análisis multivariado es particularmente adecuado para este tipo de situación (Iezzoni y Pritts, 1991). Entre las técnicas multivariadas, el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis de conglomerados son las estrategias más importantes para la caracterización, evaluación y clasificación de colecciones de germoplasma (Odong *et al.*, 2011).

La caracterización morfológica puede ser complementada con el uso de marcadores moleculares, que es un método efectivo y robusto para la identificación de individuos, debido a su estabilidad en diferentes condiciones ambientales y en diferentes tejidos (Mathias *et al.*, 2007). Los métodos basados en el análisis del ADN tienen múltiples ventajas en entregar información genética precisa, desde mínimas cantidades de tejidos de cualquier órgano somático, independiente del estado de crecimiento de la planta, permitiendo la obtención de resultados en corto tiempo y el análisis simultáneo de un gran número de muestras.

Diversos tipos de marcadores moleculares han sido usados para caracterizar el género *Prunus*, con diferentes marcadores, como las isoenzimas (Mowrey y Werner, 1990), los “Restriction Fragment Length Polymorphism” (RFLP) (Uematsu *et al.*, 1991), los “Random Amplification of Polymorphic DNA” (RAPD) (Casas *et al.*, 1999), los “Single Nucleotide Polymorphism” (SNPs) (Fang *et al.*, 2006) y los “Single Sequence Repeat” (SSR) (Bouhadida *et al.*, 2009). Estos han sido ampliamente utilizados para caracterizar y clasificar variedades comerciales de *Prunus* o para estimar relaciones genéticas entre miembros de este género.

Entre estos, los marcadores tipo SSR, o microsatélites, son preferidos debido a su alto nivel de polimorfismo, herencia codominante, abundancia en el genoma, transferibilidad entre especies (más frecuente en el mismo género) y alta reproducibilidad entre laboratorios. El potencial de los marcadores tipo SSR para diferenciar variedades y estudiar relaciones genéticas, así como su transferibilidad entre diferentes especies de *Prunus* ha sido demostrado por varios autores (Aranzana *et al.*, 2002, 2003; Dirlewanger *et al.*, 2002; Downey y Iezzoni, 2000).

Entre los atributos de la cereza que son valorados por los consumidores se encuentran el tamaño, color, aspecto, firmeza y sabor, los que se vuelven rasgos prioritarios para los programas de mejoramiento genético. Si bien estos rasgos están estrechamente ligados al genotipo, también están fuertemente influenciados por factores ambientales, como el suelo, clima y el manejo agronómico (Sansavini y Lugli, 2008).

Para todos los segmentos de consumidores, sabor y dulzor serían los dos principales atributos de calidad valorados, así al momento de comprar se buscarían cerezas dulces y de sabor intenso. También el mayor tamaño y firmeza, serían atributos deseables y se harían visibles al momento de la compra (Zheng *et al.*, 2016). En general, a mayor tamaño mayor calidad, por lo que el tamaño es un factor determinante en el precio del producto. A su vez, cerezas grandes permiten una recolección más eficiente, reduciendo el tiempo de clasificación, por lo que los costos generales de manipulación son menores.

La cereza presenta un amplio rango de color de piel y pulpa, desde piel y pulpa color caoba oscuro hasta aquellas que tienen color de piel amarillo con rubor rojo y pulpa amarilla. Los pigmentos rojos y amarillos que contribuyen a estas diferencias de color son las antocianinas y los carotenoides, respectivamente (Gao y Mazza, 1995). Cerezas con diferente color de piel y de pulpa son destinadas a diferentes mercados y también son determinantes para conocer la maduración (Facteau *et al.*, 1983). Por ejemplo, cerezas de color caoba oscuro son preferidas en la mayoría de los mercados (Turner *et al.*, 2007).

Otro atributo de la calidad sensorial de la fruta es la textura, que es uno de los más importantes en determinar las preferencias de los consumidores (Bonnin y Lahaye, 2013). De los componentes de la textura, la firmeza de pulpa es el parámetro comúnmente usado a lo largo de toda la cadena de producción, para determinar el momento de cosecha (Infante, 2012) y para monitorear la maduración durante la postcosecha (Zhang *et al.*, 2010). La textura es la propiedad sensorial percibida a través de la vista, el oído y el tacto, por lo que es el atributo sensorial más ligado a la estructura de los alimentos (Ross, 2009). Además, es concebida como una propiedad organoléptica fundamental, que ha ganado gran importancia entre los investigadores alrededor del mundo (Bourne, 2002). Inicialmente, instrumentos y mediciones sensoriales simples fueron realizadas para definir las características de la textura de los alimentos (Szczesniak, 2002).

La mayoría de las sensaciones asociadas con textura ocurren cuando los alimentos son manipulados, masticados y se mueven entre los receptores de la boca, lo que también involucra músculos del cráneo y del tejido conectivo (Cakir *et al.*, 2012).

## **HIPÓTESIS**

Es posible segregar los individuos de una colección de accesiones de cerezo en grupos genéticamente y fenotípicamente diversos, basándose en características como la textura de la pulpa y el color de la piel y pulpa.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Caracterizar el germoplasma de una colección de accesiones de cerezo, basado en marcadores moleculares (SSR) y fenotípicos, como la fenología de la planta y las características del fruto, con énfasis en el color y la textura.

### **Objetivos específicos**

1. Caracterizar las accesiones de cerezo, en base a rasgos fenológicos relativos a los periodos de brotación, inicio de floración, plena floración y maduración.
2. Caracterizar la colección sobre la base de parámetros de calidad de fruto como color de piel y pulpa, textura de la pulpa, concentración de sólidos solubles y acidez, forma del fruto y características del pedicelo.
3. Establecer la diversidad e identidad genética de la colección de cerezos del Programa de Mejoramiento Genético de INIA, utilizando microsatélites (SSR).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del estudio**

La colección de accesiones de cerezo utilizada en este estudio se encuentra en el Centro Experimental Los Tilos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ubicado en la localidad de Buin, Región Metropolitana (33°42'36,99" S, 70°42'09,01" O) y en el INIA Rayentué, en la localidad de Rengo, Región del Libertador Bernardo O'Higgins (34°19'16,49" S, 70°50'03,93" O), donde se encuentran las selecciones intermedias.

Las evaluaciones de calidad de fruta se realizaron en el Laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Campus Antumapu, La Pintana, Región Metropolitana.

Las evaluaciones genéticas, basadas en análisis de diversidad de microsatélites (SSR), se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología y Genómica Vegetal del INIA Rayentué, Rengo, Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

### **Material biológico**

Para realizar la caracterización fenológica y fenotípica del fruto, se utilizaron 31 accesiones pertenecientes a una colección de cerezos, con 25 variedades que fueron injertadas el año 2013 sobre el patrón Cab6P, las cuales se encuentran plantadas a distancias de 4 x 2 m. El huerto cuenta con riego por goteo y los árboles han sido manejados de manera regular respecto a fertilización, poda, manejo fitosanitario y polinización.

Dentro del grupo, existen seis accesiones que constituyen selecciones del Programa de Mejoramiento Genético de Cerezos de INIA y que fueron injertadas en agosto del 2014, sobre patrón Mahaleb con "puente" de la variedad Bing; se encuentran plantadas a una distancia de 4 x 1 m. El manejo ha sido similar al otro huerto. El listado de las 31 accesiones utilizadas y su lugar de obtención u origen se presentan en el Anexo I, Cuadro 1.

### **Diseño experimental**

En ambos huertos, los árboles tienen una disposición que no responde a un diseño experimental específico. Los datos utilizados corresponden a la evaluación de frutos y fueron obtenidos de una muestra proveniente de la combinación de tres árboles de una misma accesión.

## Manejo del experimento

Para la caracterización fenológica de los árboles, se registró la ocurrencia de los distintos estadios, de cada uno de los árboles por accesión.

Para evaluar las características fenotípicas de los frutos, se cosecharon 200 frutos homogéneos por accesión en momentos de cosecha equivalentes, utilizando como índice de cosecha la concentración de sólidos solubles (mínimo de 15%). De los 200 frutos cosechados, se descartaron 50, por algún tipo de daño o desuniformidad y se utilizaron 150 para las mediciones.

De los 150 frutos seleccionados, a 25 de ellos se les midió, al momento de cosecha, el diámetro ecuatorial y polar (mm), la forma, la concentración de sólidos solubles (CSS), la acidez titulable (AT), el índice de absorbancia de la clorofila (IAD), el color de la piel y la pulpa, el largo y diámetro del pedicelo. Además, se midió los parámetros de textura para la prueba de punción (fuerza máxima, área fuerza máxima, módulo de rigidez, n° de *peaks*, área total, fuerza final, distancia lineal) y compresión (fuerza máxima).

Estas mediciones se repitieron para los parámetros de textura, luego de 7 días de haber mantenido 25 frutos a 20°C.

Para la caracterización e identificación genética de las accesiones, se utilizaron marcadores moleculares del tipo SSR, para lo cual se colectaron hojas nuevas de brotes de la temporada 2017, de cada uno de los individuos establecidos en el campo de las accesiones utilizadas en el estudio (en ciertos casos más de tres), resultando el análisis de un total de 172 individuos.

## Evaluaciones

### Caracterización fenológica de los árboles

La caracterización fenológica se realizó utilizando la escala BBCH (Basch-Bayer-Ciba-Hoerchst) de los estadios fenológicos de desarrollo de los frutales de hueso (Meier *et al.*, 1994) (Anexo II). Dicha escala se basa en una codificación decimal que consta de diez estados principales indicados mediante dos cifras. La primera cifra expresa el estadio principal (0 a 9) y la segunda el estadio secundario en el transcurso de un estadio principal determinado (Urbina, 2001).

De la escala BBCH fueron seleccionados para registro los siguientes estadios:

- Estadio principal 0. Desarrollo de las yemas. 03. Desarrollo de las yemas, cuando en el extremo de las yemas se observan las puntas verdes de los primordios foliares.
- Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas. 10. Inicio de brotación, las primeras hojas se separan, las escamas verdes comienzan a abrirse y las hojas comienzan a emerger.

- Estadio principal 6. Floración. 61. Inicio de floración, cuando existe al menos un 10% de las flores abiertas. 65. Plena floración, alrededor del 50% de las flores están abiertas. 67. Caída de restos florales, el ovario fecundado se agranda y se observan el pistilo, los estambres, los sépalos y los pétalos senescentes.
- Estadio principal 7. Formación del fruto. 72. Ovario verde, rodeado de las coronas de pétalos que mueren; sépalos comienzan a caer.
- Estadio principal 8. Maduración del fruto. 81. Los frutos comienzan a madurar: comienzo de la coloración del fruto (amarillo “pajizo”). 85. Aumento de la coloración. 87. Frutos en estado de madurez de cosecha o recolección.

### **Caracterización fenotípica de los frutos**

**Diámetro ecuatorial y polar.** Se midieron con un pie de metro digital (Bull tools, ADT-8656, EE. UU.). Los resultados se expresaron en mm.

**Forma de fruto.** Se utilizaron los descriptores que indica UPOV (2006) (International Union for the Protection of New Varieties of Plants), donde se le otorga 1 para la forma cordada, 2 para reniforme, 3 para oblata o achatada por los polos, 4 para circular y 5 para la forma elíptica (Anexo III, Figura 1).

**Largo y diámetro de pedicelo.** Se midió con un pie de metro digital (Bull tools, ADT-8656, EE. UU.). Los resultados se expresaron en mm.

**Concentración de sólidos solubles (CSS).** Se midió con un refractómetro termocompensado (Atago, Tokio, Japón) y la medición se realizó en una muestra de jugo de la pulpa de cada fruto. Los resultados se expresaron en %.

**Acidez titulable (AT).** Se midió mediante la titulación de 10 mL de jugo de una muestra compuesta de 5 frutos, con un titulador automático (Schott, Titroline Easy, Alemania) y utilizando NaOH 0,1 N hasta pH 8,2 - 8,3. Se evaluaron 5 muestras por cada accesión. Los resultados se expresaron en % de ácido málico.

**Índice de absorbancia de clorofila (IAD).** Se midió con un DA-meter (Sinteleia, Bologna, Italia) en la piel en ambos lados de la sutura del fruto. Además, se evaluó en pulpa, considerando sólo la cara sin adhesión del carozo. Los resultados van desde 0 (completamente maduro) a 5 (completamente inmaduro).

**Color de piel y pulpa.** Se midió con un colorímetro portátil tri-estímulo (Minolta, modelo CR-400, Osaka, Japón), con fuente iluminante D 65, un ángulo observador de 0° y calibrado con un estándar blanco. Los valores de L\*, a\* y b\* fueron medidos para describir un espacio de color de tres dimensiones, en donde L\* indica la luminosidad, leído desde 0 (completamente opaco o “negro”) hasta 100 (completamente transparente o “blanco”). Valores positivos de a\* indican rojo (-a\* indica verde) y valores positivos de b\* amarillo (-b\* indica azul) en el círculo de tonalidad (Hue) (Hutchings, 1994).

Hue es una medida derivada desde  $a^*$  y  $b^*$  ( $h^* = \arctan(b^*/a^*)$ ) y corresponde al tinte básico del color o matiz (Voss, 1992), donde  $0^\circ$  es rojo púrpura,  $90^\circ$  amarillo,  $180^\circ$  es verde azulado y  $270^\circ$  es azul (McGuire, 1992).

El croma ( $C^*$ ) es una medición derivada desde  $a^*$  y  $b^*$  ( $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ ) y denota la pureza o saturación del color (Voss, 1992). El color es más saturado (más intenso) a más bajos valores de  $C^*$  (Usenik, *et al.*, 2015).

**Textura de fruto.** Se midió con un texturómetro electrónico TA.XT Plus Texture Analyser (Stable Microsystems, Godalming, Inglaterra). Se hicieron dos pruebas: compresión con un émbolo de 6 mm, comprimiendo 2 mm y punción, con un émbolo de 2 mm, empleando un recorrido de 5 mm para 'Black Republican' y 'Black Tartarian', que tenían frutos de pequeño tamaño (diámetros ecuatoriales entre 21 y 22 mm); para las otras 29 accesiones se utilizó un recorrido de émbolo de 8 mm. Ambas pruebas se realizaron en el mismo lado de la sutura del fruto (Apéndice I, Figura 1). La velocidad del equipo fue fijada en 10 mm/s (antes), 5 mm/s (durante) y 15 mm/s (después) del trabajo ejercido.

Debido al comportamiento viscoelástico de la fruta, se pueden describir 3 estados progresivos en la curva de esfuerzo-deformación (Foegeding *et al.*, 2011). Estos son: 1) la deformación elástica, independiente de la velocidad; 2) cambios graduales irreversibles, incluyendo ruptura celular y del tejido que inicia reacciones enzimáticas y 3) ruptura o post ruptura, en la que ocurre la ruptura física y aparente del tejido. En el primer estado, la elasticidad, que es equivalente a la rigidez de la muestra, es determinada calculando la pendiente de la curva (Rosenthal y Ribas, 2001). Este valor, o módulo de rigidez, es la pendiente de la línea que conecta el origen (0:0) con el punto de ruptura, como se muestra en el Anexo IV, Figura 1 (Mohsenin, 1978). Hasta dicho punto la cereza tiene un comportamiento elástico.

El punto de ruptura, valor de fuerza máxima o punto de fluencia, indica el inicio de la ruptura de la estructura celular de la fruta e indica la máxima fuerza requerida para romper el tejido, esto es tradicionalmente utilizado por la industria para medir firmeza de la pulpa (fuerza máxima) (Harker *et al.*, 2010; Sirisomboon *et al.*, 2012). El estado de post ruptura se inicia en este punto y es en esta fase donde se puede saber acerca de la debilidad o dureza de la pulpa, en términos de su comportamiento ante la fractura, así como el número de *peaks* o cantidad de microfracturas (Foegeding *et al.*, 2011).

Los parámetros evaluados, para la prueba de punción, fueron: fuerza máxima, área fuerza máxima, módulo de rigidez, n° de *peaks*, área total, fuerza final, distancia lineal; para la prueba de compresión: fuerza máxima.

## Caracterización y diversidad genotípica

**Extracción de ADN.** Para la extracción de ADN se utilizaron muestras de tejido de hojas jóvenes, que fueron colectadas en tubos Eppendorf de 1,5 mL, las que se almacenaron a  $-80^{\circ}\text{C}$ , hasta el momento de la extracción. Se utilizó el kit NucleoSpin Plant II (Macherey-Nagel, Düren, Alemania). La integridad de cada muestra de ADN total obtenido fue confirmada por electroforesis en geles de agarosa al 1,0%. Se visualizó el ADN en presencia del agente intercalante GelRed<sup>TM</sup> en un transiluminador de luz UV.

**Reacciones de SSR.** Para las reacciones de SSR se utilizaron un total de 13 SSR. Los 10 primeros utilizados, marcadores recomendados por López (2003). Los partidores se sintetizaron en la empresa IDT (Integrated DNA Technologies, INC. Fermelo Biotec). Se incluyeron, además, los marcadores S-locus de incompatibilidad (Vaughan *et al.*, 2006) y de color de fruto Pav-Rf (Sandefur *et al.*, 2016). El análisis de los productos de SSR se realizó en un equipo de electroforesis capilar ABI PRISM 3500 Xl (Applied Biosystems). Cada alelo de SSR correspondiente a una banda amplificada, se registró según su movilidad electroforética, para cada genotipo.

**Análisis de SSR identidad genética.** Para cada uno de los marcadores se identificó el número y tamaño de alelos, el número de genotipos observados y esperados y el “contenido de información polimórfica” (PIC). Luego, se verificó que cada una de las accesiones analizadas dentro de cada grupo correspondieran al mismo genotipo.

**Análisis de SSR, distancias genéticas y agrupamiento.** Los fragmentos de SSR amplificados para cada genotipo escrutado, según su tamaño en pares de bases (pb), generó una planilla de doble entrada con la información del genotipo y sus respectivos alelos de una especie diploide. Se utilizó el software DARWIN versión 6 (<http://darwin.cirad.fr/>) para generar una matriz de distancias genéticas, utilizando el índice Simple Matching,  $d_{ij} = 1 - (1/l) (\sum m_{ij} / \pi)$ . Se utilizó el método Neighbor joining como método de agrupamiento y 1.000 bootstraps para evaluar la robustez de los grupos.

## Análisis estadístico

Para el análisis de los datos de las evaluaciones de los frutos se utilizó estadística descriptiva, como medidas resumen, tablas de frecuencia y técnicas multivariadas, como análisis de componentes principales (PCA) y análisis de conglomerados, donde se utilizó como métrica la distancia euclídea. Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT.

Para el análisis de distancias genéticas y agrupamiento se utilizó una matriz diagonal de distancias genéticas, del cual se obtuvo un dendrograma. Se utilizó el software DARwin versión 6. <http://darwin.cirad.fr/darwin> (Perrier *et al.*, 2003).

## RESULTADOS

### Caracterización de los estados fenológicos en los árboles

Las 31 accesiones de cerezo fueron evaluadas en la temporada 2017, considerando los estados fenológicos descritos (Figura 1), relacionados con crecimiento vegetativo, floración y desarrollo de fruto desde su formación, pasando por el cambio de color y hasta la madurez de cosecha. Basado en la fenología registrada, se elaboró un diagrama ordenado por fecha de cosecha (Figura 2).

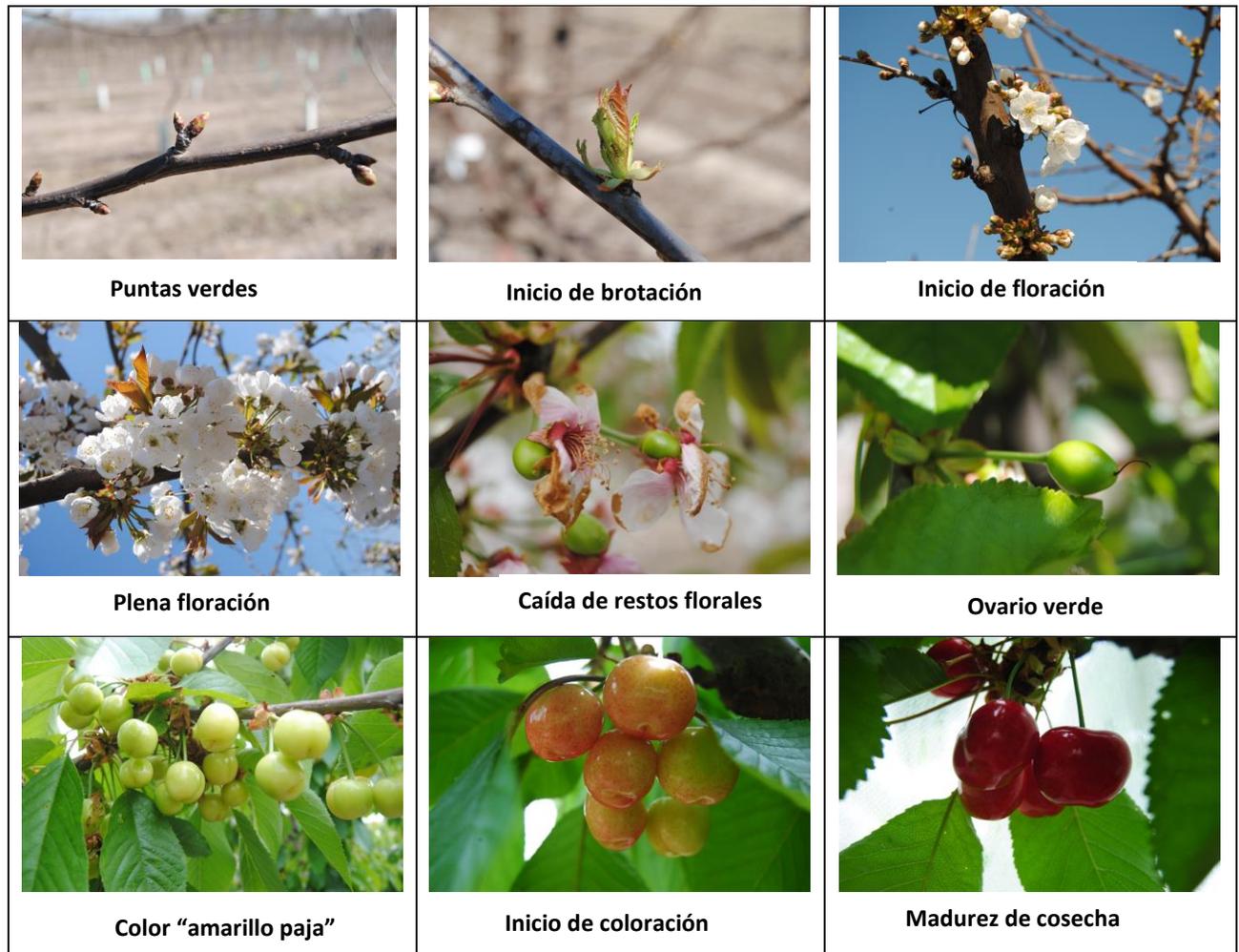


Figura 1. Estadios fenológicos registrados y evaluados en las 31 accesiones de cerezo. Autoría propia.

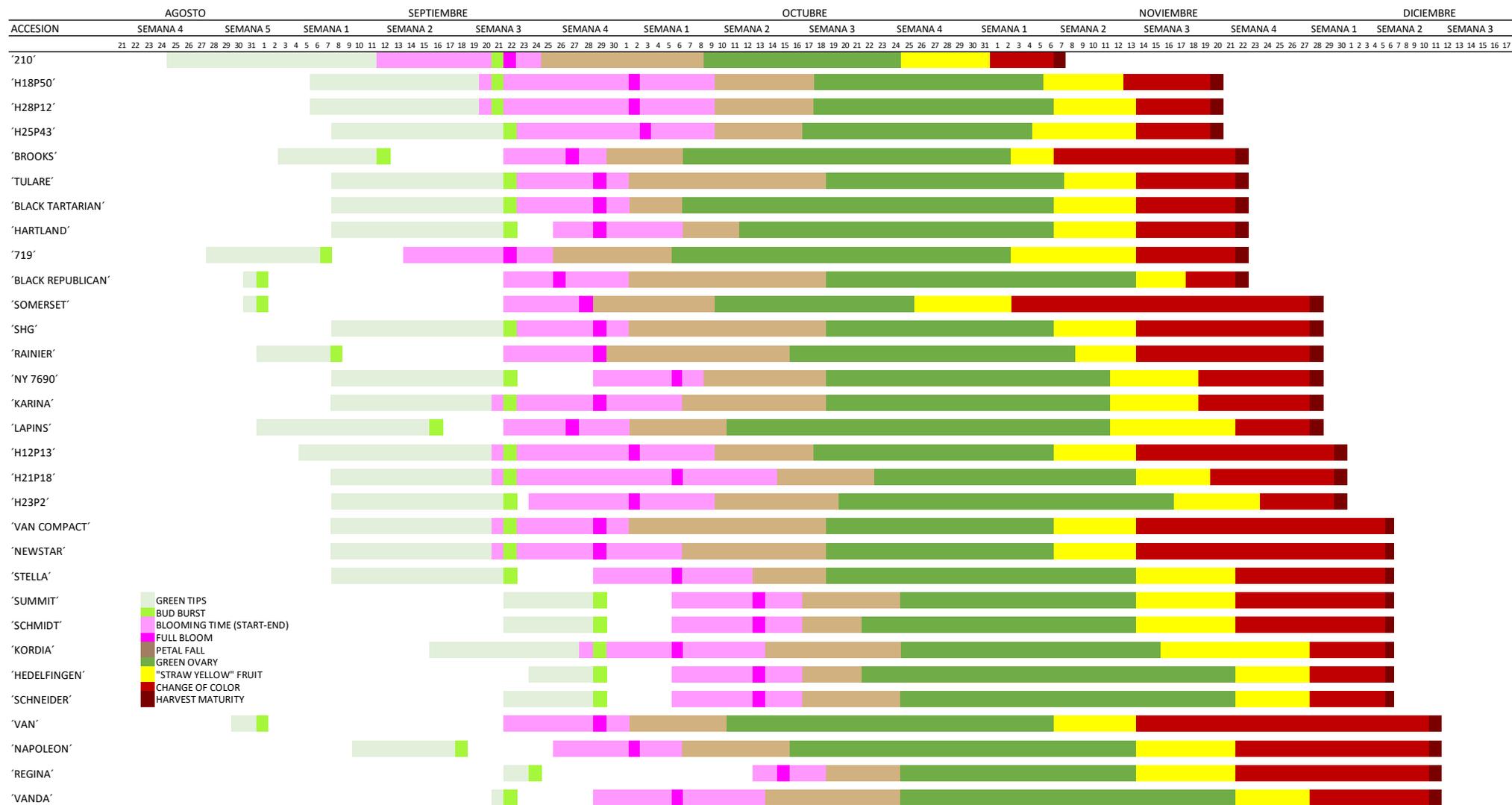


Figura 2. Fenología (año 2017) de 31 accesiones de cerezo, ordenadas según la fecha de cosecha de sus frutos.

## Caracterización de frutos en el momento de cosecha

### Diámetros ecuatorial y polar, forma de fruto

Las accesiones 'Summit', 'Stella', 'Schneider', 'Kordia', 'H23P2' y 'Black Tartarian' presentaron forma cordada (1) en todos sus frutos. Las dos primeras presentaron los mayores valores en diámetro polar (27,6 y 27,2 mm respectivamente). En el caso de 'H28P12', un 92% del total de frutos fue reniforme (2) y un 8% de forma cordada (1). Las otras 24 accesiones presentaron 100% forma reniforme (2); ninguna de las accesiones presentó forma oblata (3), circular (4) o elíptica (5) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diámetros ecuatorial y polar de fruto y proporción de frutos por forma, de 31 accesiones de cerezo, evaluadas en la madurez de cosecha.

Nombre Accesoión	Diámetros		Formas	
	Ecuatorial	Polar	Cordada (1)	Reniforme (2)
	mm		%	
'210'	28,4 ± 1,7	22,6 ± 2,6	0	100
'H18P50'	28,9 ± 1,3	22,7 ± 1,0	0	100
'H28P12'	26,7 ± 1,4	21,4 ± 1,3	8	92
'H25P43'	26,8 ± 1,9	22,1 ± 1,4	0	100
'Brooks'	30,0 ± 1,1	21,9 ± 0,9	0	100
'Tulare'	25,8 ± 1,0	22,4 ± 1,0	0	100
'Black Tartarian'	22,1 ± 1,1	20,8 ± 1,0	100	0
'Hartland'	25,9 ± 1,1	21,0 ± 0,7	0	100
'719'	26,4 ± 0,9	22,4 ± 0,9	0	100
'Black Republican'	21,1 ± 0,8	17,6 ± 0,7	0	100
'Somerset'	24,3 ± 1,3	22,2 ± 1,5	0	100
'Stark Hardy Giant'	25,5 ± 1,4	22,4 ± 1,2	0	100
'Rainier'	28,0 ± 2,1	24,2 ± 2,4	0	100
'NY7690'	26,8 ± 1,3	22,7 ± 1,2	0	100
'Karina'	28,8 ± 1,2	25,3 ± 1,3	0	100
'Lapins'	26,8 ± 1,6	23,3 ± 1,2	0	100
'H12P13'	25,8 ± 2,6	23,0 ± 2,1	0	100
'H21P18'	25,5 ± 1,7	21,9 ± 1,4	0	100
'H23P2'	26,5 ± 1,2	24,6 ± 1,7	100	0
'Van Compact'	28,5 ± 0,9	23,4 ± 1,6	0	100
'Newstar'	29,7 ± 1,5	25,8 ± 1,5	0	100
'Stella'	26,6 ± 1,3	27,2 ± 1,0	100	0
'Summit'	27,7 ± 1,3	27,6 ± 1,2	100	0
'Schmidt'	26,0 ± 1,4	22,3 ± 0,7	0	100
'Kordia'	27,0 ± 1,9	26,7 ± 1,1	100	0

´Hedelfingen´	23,0 ± 1,4	21,9 ± 1,2	0	100
´Schneider´	26,7 ± 1,5	24,6 ± 1,2	100	0
´Van´	29,1 ± 1,5	23,8 ± 1,2	0	100
´Napoleón´	23,7 ± 1,1	22,5 ± 0,9	0	100
´Regina´	25,7 ± 1,0	23,2 ± 0,9	0	100
´Vanda´	27,8 ± 1,2	24,0 ± 0,9	0	100

Valores representan promedios ± desviación estándar (D.E).

### Largo y diámetro del pedicelo

Los resultados para largo de pedicelo muestran un amplio rango de valores promedio, que van desde los 27,9 mm (´Black Republican´) hasta los 53,4 mm (´Kordia´). Respecto a diámetro, los valores promedio se encuentran entre 1,06 mm (´Newstar´y ´Schneider´) y 1,58 mm para ´H18P50´ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Largo y diámetro del pedicelo de 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.

Nombre Accesoión	Largo pedicelo	Diámetro pedicelo
	mm	
´210´	35,3 ± 5,0	1,22 ± 0,15
´H18P50´	31,5 ± 4,4	1,58 ± 0,16
´H28P12´	39,8 ± 3,9	1,34 ± 0,13
´H25P43´	30,7 ± 4,2	1,43 ± 0,17
´Brooks´	28,4 ± 2,4	1,16 ± 0,15
´Tulare´	41,4 ± 7,4	1,49 ± 0,10
´Black Tartarian´	43,6 ± 4,1	1,22 ± 0,10
´Hartland´	36,3 ± 4,4	1,48 ± 0,13
´719´	36,2 ± 3,1	1,23 ± 0,07
´Black Republican´	27,9 ± 4,2	1,42 ± 0,13
´Somerset´	30,6 ± 5,1	1,24 ± 0,13
´Stark Hardy Giant´	31,9 ± 3,3	1,19 ± 0,15
´Rainier´	33,8 ± 5,9	1,27 ± 0,19
´NY7690´	29,4 ± 3,2	1,44 ± 0,16
´Karina´	42,7 ± 5,1	1,23 ± 0,13
´Lapins´	36,0 ± 5,1	1,28 ± 0,13
´H12P13´	39,2 ± 5,7	1,26 ± 0,14
´H21P18´	44,6 ± 5,6	1,18 ± 0,12
´H23P2´	49,0 ± 4,4	1,26 ± 0,10
´Van Compact´	33,6 ± 4,5	1,44 ± 0,15
´Newstar´	33,7 ± 3,2	1,06 ± 0,20
´Stella´	38,5 ± 3,8	1,22 ± 0,15

´Summit´	36,0 ± 4,7	1,26 ± 0,13
´Schmidt´	37,0 ± 5,8	1,17 ± 0,10
´Kordia´	53,4 ± 8,1	1,23 ± 0,19
´Hedelfingen´	41,2 ± 6,1	1,18 ± 0,12
´Schneider´	46,0 ± 3,4	1,06 ± 0,11
´Van´	29,3 ± 2,3	1,50 ± 0,14
´Napoleón´	37,1 ± 3,2	1,14 ± 0,10
´Regina´	46,6 ± 3,9	1,28 ± 0,15
´Vanda´	43,6 ± 5,4	1,26 ± 0,09

Valores representan promedios ± desviación estándar (D.E).

### Sólidos solubles, acidez titulable e índice de absorbancia de clorofila (IAD)

Muchos ácidos orgánicos, incluyendo aminoácidos existen en las cerezas, siendo el ácido málico el principal ácido orgánico presente (Serrano *et al.*, 2005). Los niveles totales y el balance de ácidos y azúcares son importantes porque afectan significativamente el sabor de la fruta y consecuentemente, influyen la aceptabilidad de los consumidores (Crisosto *et al.*, 2003).

El IAD es una determinación indirecta de la concentración de clorofila en la piel de la fruta (Lurie *et al.*, 2013); mide la diferencia en los niveles de absorbancia de la clorofila, en dos longitudes de onda A670 y A720. Este índice calculado como  $IAD = A670 - A720$  está cerca del *peak* efectivo de absorbancia de la clorofila a (Ziosi *et al.*, 2008). Los resultados se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Concentración de sólidos solubles (CSS), acidez titulable (AT), relación CSS/AT, índice de absorbancia de la clorofila (IAD) en piel y pulpa, de 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.

Nombre Accesoión	CSS	AT	CSS/AT	IAD piel	IAD pulpa
	%	(ácido málico) %			
´210´	11,9 ± 1,5	0,7 ± 0,19	16,0	0,39 ± 0,13	0,27 ± 0,09
´H18P50´	17,1 ± 1,3	0,7 ± 0,04	25,5	0,15 ± 0,06	0,08 ± 0,04
´H28P12´	19,6 ± 1,6	0,8 ± 0,04	24,8	0,23 ± 0,08	0,15 ± 0,07
´H25P43´	16,3 ± 1,4	0,8 ± 0,11	19,6	0,16 ± 0,04	0,08 ± 0,04
´Brooks´	18,8 ± 1,8	0,9 ± 0,06	21,7	0,07 ± 0,06	0,02 ± 0,03
´Tulare´	16,3 ± 1,0	0,8 ± 0,07	19,4	0,08 ± 0,03	0,03 ± 0,04
´Black Tartarian´	18,9 ± 2,0	1,0 ± 0,09	18,7	0,28 ± 0,06	0,19 ± 0,13
´Hartland´	14,8 ± 1,0	0,9 ± 0,13	16,2	0,08 ± 0,04	0,01 ± 0,02
´719´	15,1 ± 1,5	0,7 ± 0,05	21,2	0,20 ± 0,06	0,07 ± 0,07
´Black Republican´	21,0 ± 1,7	1,1 ± 0,20	20,0	0,20 ± 0,04	0,12 ± 0,10
´Somerset´	15,6 ± 1,6	1,3 ± 0,05	12,2	0,12 ± 0,04	0,02 ± 0,04

´Stark Hardy Giant´	14,5 ± 1,9	1,0 ± 0,07	15,1	0,16 ± 0,04	0,04 ± 0,04
´Rainier´	16,5 ± 1,6	0,8 ± 0,10	19,7	0,00 ± 0,00	0,02 ± 0,04
´NY7690´	18,7 ± 2,0	1,3 ± 0,10	14,7	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,06
´Karina´	18,5 ± 2,4	0,9 ± 0,18	21,0	0,15 ± 0,09	0,11 ± 0,09
´Lapins´	16,7 ± 0,9	0,9 ± 0,06	19,2	0,03 ± 0,03	0,00 ± 0,01
´H12P13´	16,6 ± 2,3	0,7 ± 0,07	25,6	0,22 ± 0,08	0,04 ± 0,07
´H21P18´	17,7 ± 1,5	0,7 ± 0,09	23,9	0,05 ± 0,03	0,01 ± 0,02
´H23P2´	17,7 ± 2,0	0,8 ± 0,04	21,0	0,27 ± 0,08	0,08 ± 0,08
´Van Compact´	19,6 ± 2,6	1,0 ± 0,10	19,0	0,21 ± 0,08	0,15 ± 0,15
´Newstar´	19,6 ± 2,6	1,1 ± 0,15	18,3	0,25 ± 0,11	0,20 ± 0,17
´Stella´	18,7 ± 1,0	1,1 ± 0,04	17,1	0,20 ± 0,05	0,11 ± 0,11
´Summit´	15,5 ± 1,6	0,9 ± 0,08	17,4	0,09 ± 0,05	0,06 ± 0,08
´Schmidt´	18,8 ± 1,8	1,1 ± 0,09	17,8	0,28 ± 0,05	0,15 ± 0,08
´Kordia´	16,0 ± 2,3	0,9 ± 0,10	18,4	0,33 ± 0,09	0,14 ± 0,10
´Hedelfingen´	16,8 ± 1,3	0,8 ± 0,14	20,3	0,15 ± 0,05	0,05 ± 0,07
´Schneider´	15,3 ± 1,4	0,9 ± 0,09	16,7	0,17 ± 0,07	0,02 ± 0,04
´Van´	21,0 ± 2,2	1,0 ± 0,12	20,2	0,42 ± 0,18	0,41 ± 0,14
´Napoleón´	19,8 ± 1,3	1,0 ± 0,20	20,8	0,01 ± 0,03	0,05 ± 0,06
´Regina´	17,1 ± 1,0	0,8 ± 0,11	21,9	0,11 ± 0,04	0,10 ± 0,10
´Vanda´	16,9 ± 1,6	0,8 ± 0,05	20,9	0,28 ± 0,07	0,19 ± 0,07

Valores representan promedios ± desviación estándar (D.E).

La CSS muestra un amplio rango de valores promedio, que van desde 11,9% (´210´) a 21,0% (´Black Republican´ y ´Van´). Respecto a AT, los promedios se encuentran entre 0,7% (´210´, ´H18P50´, ´719´, ´H12P13´ y ´H21P18´) y 1,3% para ´Somerset´, que fue el mayor valor de acidez titulable.

Los valores de IAD en piel estuvieron entre 0,00 en ´Rainier´ y 0,42 en ´Van´. En el caso del IAD en pulpa, los valores estuvieron entre 0,00 en ´Lapins´ y 0,41 en ´Van´.

## Color de la piel y la pulpa del fruto

El color de la piel de las cerezas es el indicador más importante de la calidad y maduración de frutos frescos, lo que depende del contenido de antocianinas (Esti *et al.*, 2002). Las antocianinas, responsables del atractivo color de las cerezas, va desde pocos mg/ 100 g de fruto, en cerezas de color claro, hasta alrededor de 700 mg/ 100 g de fruto, en cerezas oscuras (Wang *et al.*, 1997).

Respecto del color al momento de cosecha, las dos primeras componentes explican el 77,2% de la variación total del modelo (Figura 3). El parámetro L\* o luminosidad de la piel se presenta estrechamente correlacionado de manera positiva con el valor de Hue de la piel ( $r = 0,96$ ); además, el valor de L\* también se correlaciona de manera positiva con Hue de la pulpa ( $r = 0,77$ ) (Apéndice V, Cuadro 1).

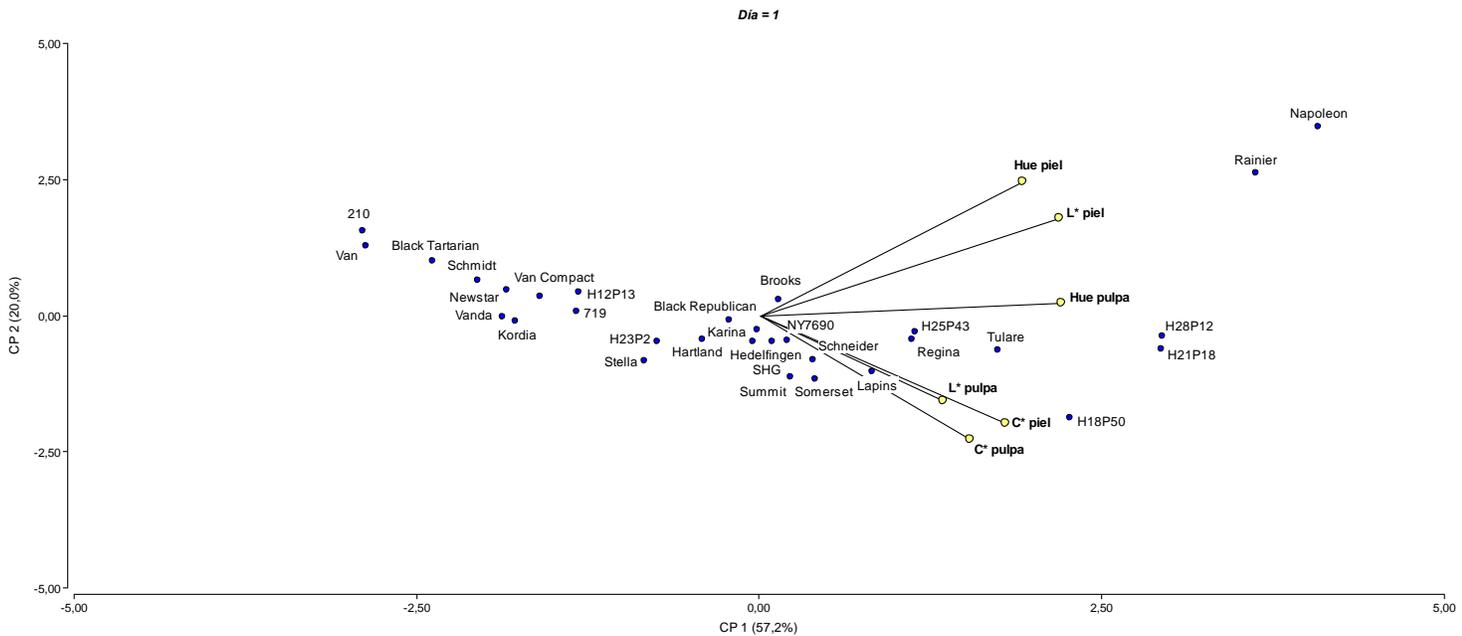


Figura 3. Análisis de componentes principales (PCA) para los parámetros de color (L, C\* y Hue) de piel y pulpa de 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.

En la Figura 3, se observa que ‘Napoleón’ y ‘Rainier’ se encuentran más asociadas al parámetro L\* y Hue de la piel, presentando los mayores valores 58,5 y 52,1 (L\*) y 57,2° y 50,5° (Hue), respectivamente (Apéndice II, Cuadro 1). Ambas son variedades del tipo “bicolor”, lo cual explica estos valores.

En el otro extremo y menos asociadas a dichos parámetros, se encuentran '210', 'Van', 'Black Tartarian' y 'Newstar', que presentan los menores valores en los tres parámetros para la evaluación en piel de L\*, C\* y Hue (Apéndice II, Cuadro 1), indicando que son cerezas con matiz o tinte rojo y de un color intenso.

En el caso de la pulpa, las accesiones 'H28P12' y 'H21P18' son las que presentan los mayores valores de L\* (41,9 y 37,5), lo que también ocurre con el parámetro Hue (68,5° y 70,6°, respectivamente). Los menores valores de C\* para pulpa lo presentan las accesiones '210', 'Van' y 'Black Tartarian', lo que indica que son las de color más intenso (Apéndice IX, Figura 2).

Al realizar un análisis de conglomerados (Figura 4), considerando el color obtenido al momento de cosecha, se conforman 3 grupos de variedades:

1. 'Rainier' y 'Napoleón'
2. 'H28P12' y 'H21P18',
3. 'Hedelfingen' y 'Black Republican', 'Somerset', 'Regina' y 'H25P43', 'H23P2', 'Vanda', 'SHG', , 'Schmidt', , 'Van', 'Summit', 'Newstar', 'H12P13', 'Van Compact', 'Stella', 'NY7690', 'Tulare', 'Kordia', 'Karina', 'Schneider', 'Lapins', 'Brooks', 'Hartland' y '719', 'Black Tartarian', '210' y 'H18P50'.

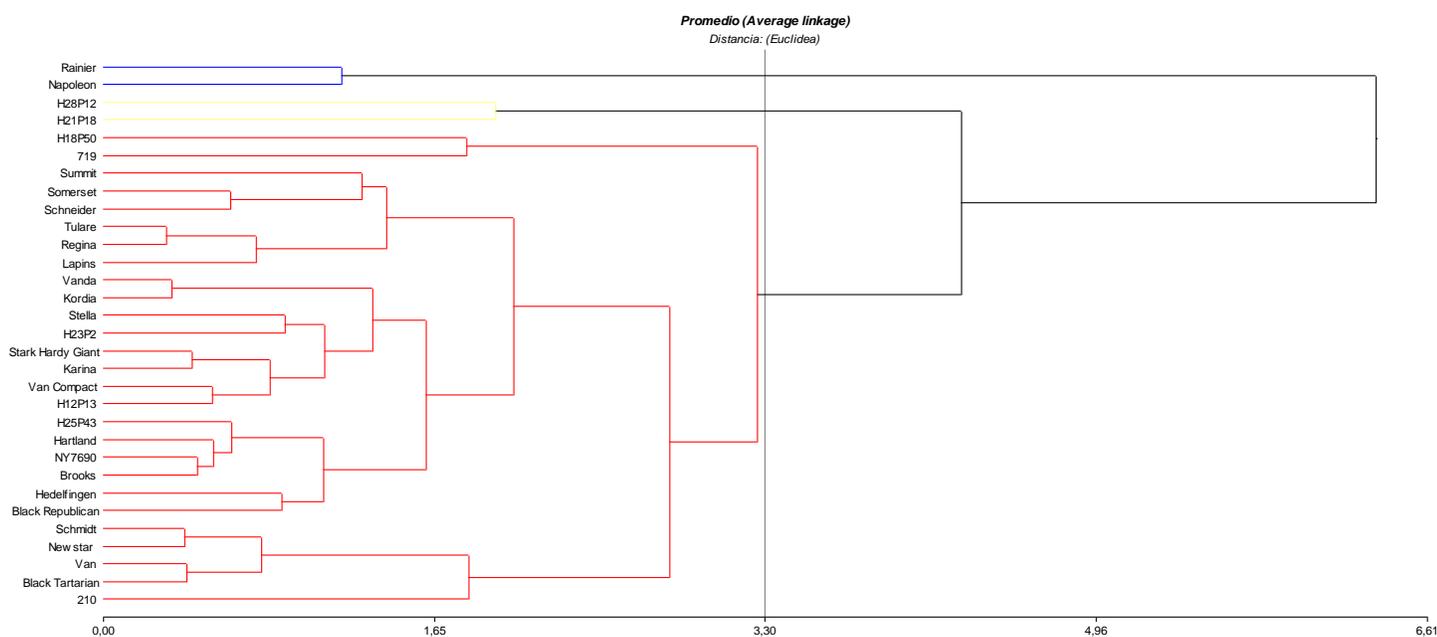


Figura 4. Análisis de conglomerados basado en el color de piel y pulpa de fruto en 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados, en la madurez de cosecha.

## Textura del fruto

Para el análisis de los parámetros de textura a madurez de cosecha, las dos primeras componentes explican el 80,7% de la variación total (Figura 5). La fuerza máxima de la prueba de compresión está estrechamente correlacionada de manera positiva con el módulo de rigidez ( $r = 0,91$ ). También ocurre entre la fuerza máxima de la prueba de punción y el área total ( $r = 0,96$ ). El número de *peaks* se correlaciona de manera positiva con la distancia lineal ( $r = 0,55$ ) y con el módulo de rigidez ( $r = 0,59$ ) (Apéndice V, Cuadro 2).

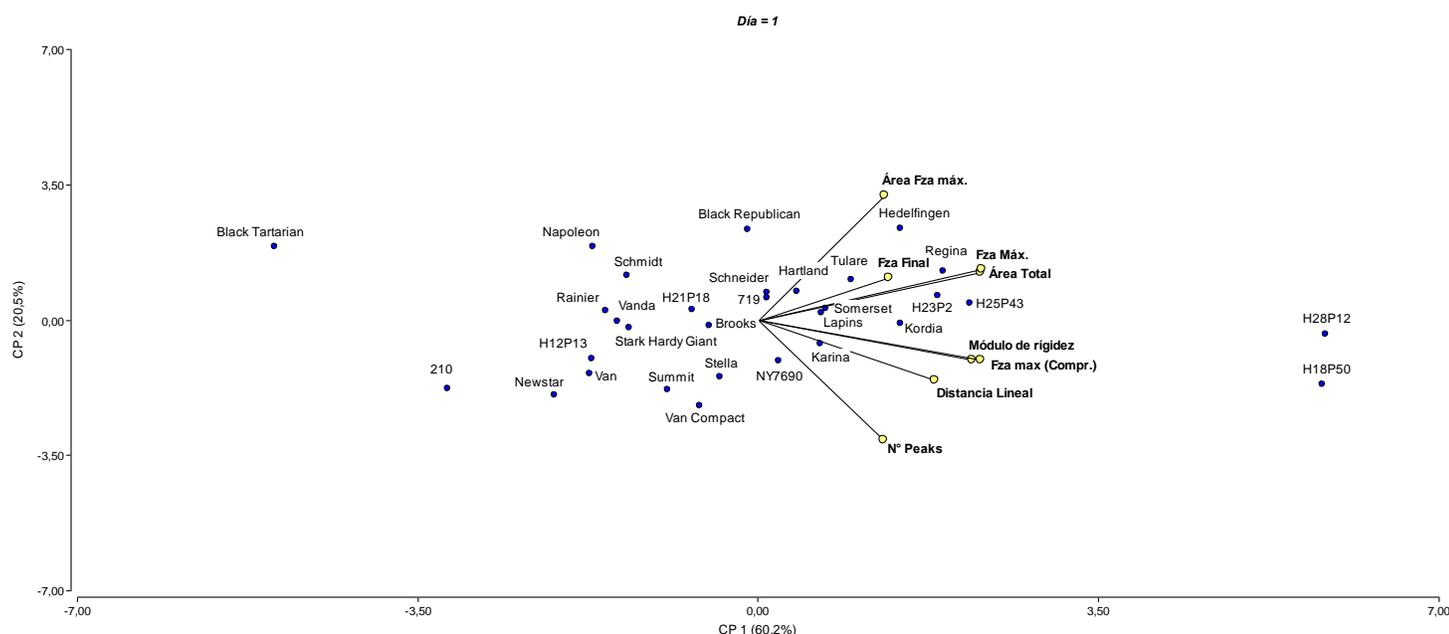


Figura 5. Análisis de componentes principales (PCA) para la evaluación de textura de fruto en 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados en la madurez de cosecha.

Como se puede observar en la Figura 5, las accesiones que tienen inercia en la construcción del biplot, o que se encuentran más distantes del cero, son, por un lado, 'H18P50' y 'H28P12' y por el otro, 'Black Tartarian' y luego '210'. En el caso de 'H18P50' y 'H28P12', estarían más asociadas a los parámetros de fuerza máxima (compresión) y módulo de rigidez, lo que indica que serían accesiones relacionadas con dureza y rigidez. 'Black Tartarian' y '210', por el contrario, se encuentran en el otro extremo, por lo que serían frutos más blandos y elásticos.

Los valores de fuerza máxima (N) en la prueba de compresión muestran el menor valor (1,44 N) para 'Black Tartarian' seguido de '210', con 2,02 N. Los mayores valores para este parámetro se observan en 'H28P12' con 6,46 N y 'H18P50', con 6,43 N (Apéndice III, Cuadro 1).

En la prueba de punción, la menor fuerza máxima se presentó en '210' y 'Black Tartarian', con 1,95 y 1,98 N respectivamente. En cambio, 'H28P12' y 'H18P50' presentaron los mayores, con 5,00 y 4,75, respectivamente. En la evaluación del módulo de rigidez, también se observa que 'Black Tartarian' presenta el menor valor de todas las accesiones (0,48 N/mm), mientras que el mayor valor lo presentó 'H28P12', con 1,93 N/mm (Apéndice IV, Cuadro 1).

Para el número de *peaks*, los promedios estuvieron entre 0,04 y 2,48, y para distancia lineal entre 1,30 y 8,78 N.mm, para 'Black Tartarian' y 'H18P50', respectivamente. Los valores de área total, en promedio, estuvieron entre 5,00 para 'Black Tartarian' y 12,78 para 'H18P50' (Apéndice IV, Cuadro 1); los menores valores se observaron para accesiones que presentan baja dureza, por lo tanto, requieren menor trabajo para poder ejercer la ruptura, lo contrario ocurre con los mayores valores.

Después de 7 días de almacenamiento a 20°C, las dos primeras componentes explican el 84,9% de la variación total del modelo (Figura 6). La fuerza máxima está estrechamente correlacionada de manera positiva con el área total ( $r = 0,96$ ) y con el módulo de rigidez ( $r = 0,85$ ). La fuerza máxima de la prueba de compresión, al igual que en el momento de cosecha, se correlaciona de manera positiva con el módulo de rigidez ( $r = 0,92$ ) (Apéndice V, Cuadro 3).

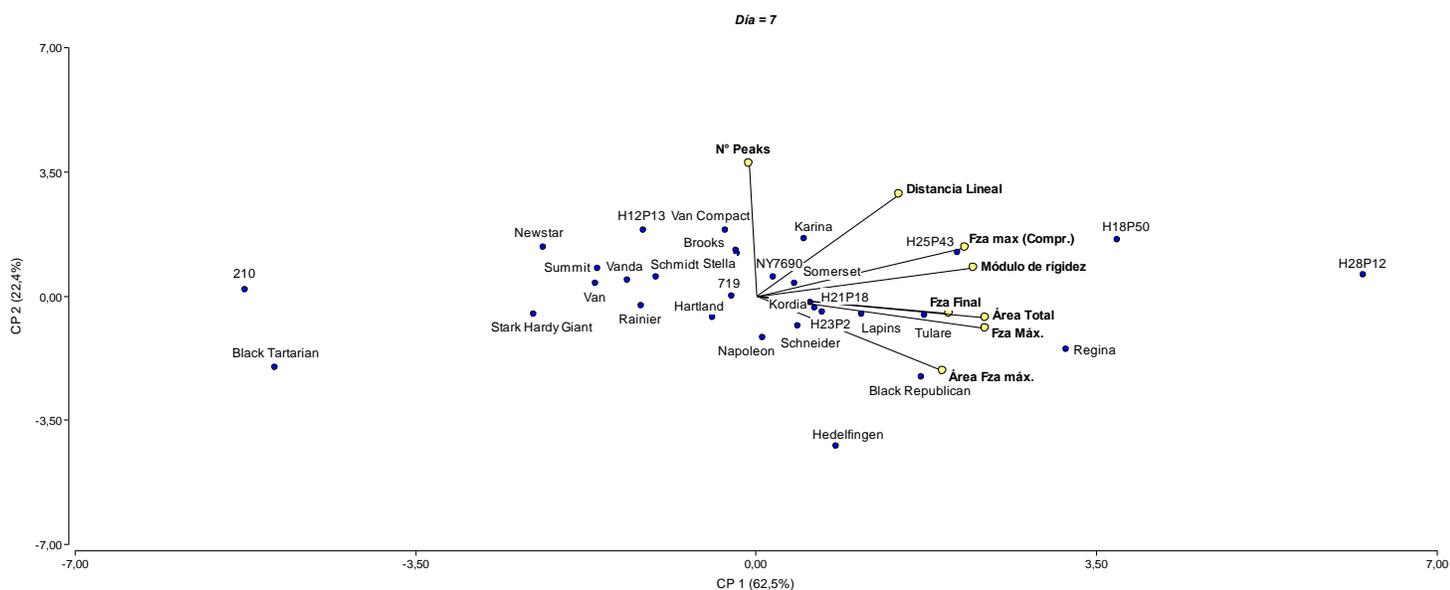


Figura 6. Análisis de componentes principales (PCA) para la evaluación de textura de fruto en 31 accesiones de cerezo, en frutos evaluados después de 7 días en almacenamiento a 20°C.

Como se observa en la Figura 6, las accesiones que tienen inercia en la construcción del biplot, o que se encuentran más distantes del cero, son '210' y 'Black Tartarian', en un extremo y por el otro, las accesiones 'H28P12' y 'H18P50'.

'H18P50' y 'H28P12' estarían más asociadas a la fuerza máxima, fuerza máxima (compresión), fuerza final, área total y módulo de rigidez, lo que indica que serían accesiones relacionadas con dureza y rigidez. 'Black Tartarian' y '210', que se encuentran en el otro extremo, están menos asociadas a estos parámetros.

Luego de 7 días de almacenamiento a 20°C, la tendencia observada en la Figura 4 se mantiene: '210' y 'Black Tartarian' obtuvieron los menores valores para fuerza máxima (N) en la prueba de compresión (1,87 y 2,11 N, respectivamente), mientras que 'H28P12' y 'H18P50' obtuvieron 5,62 y 5,00 N, siendo los mayores valores (Apéndice III, Cuadro 1).

En la prueba de punción, la tendencia fue similar para módulo de rigidez; los menores valores se obtuvieron en '210' y 'Black Tartarian', con valores de 0,53 y 0,69 N/mm, mientras los mayores valores se presentaron en 'H28P12' y 'H18P50', con 1,81 y 1,56 N/mm, respectivamente (Apéndice IV, Cuadro 2). La fuerza máxima mostró los menores valores para '210' y 'Black Tartarian', con 1,58 y 2,12 N respectivamente. Las accesiones 'H28P12' y 'H18P50' presentaron los mayores valores, 5,16 y 4,50 N. Para el número de *peaks*, los valores estuvieron entre 0,00 y 1,79, para 'Hedelfingen' y 'H12P13', respectivamente. Los valores promedio de área total estuvieron entre 4,65 para '210' y 12,73 (N.mm), para 'H28P12' (Apéndice IV, Cuadro 2).

Además, se realizó un análisis de conglomerados, considerando los datos de las pruebas de punción y compresión al momento de cosecha y después de 7 días de almacenamiento a 20°C. El dendrograma (Figura 7) conformó 6 grupos:

1. 'H28P12' y 'H18P50'.
2. 'Hedelfingen' y 'Black Republican'.
3. 'Somerset', 'Regina' y 'H25P43'.
4. 'H23P2', 'Vanda', 'SHG', 'Rainier', 'Schmidt', 'Napoleón', 'Van', 'Summit', 'Newstar', 'H12P13', 'Van Compact', 'Stella', 'NY7690', 'Tulare', 'Kordia', 'Karina', 'Schneider', 'H21P18', 'Lapins', 'Brooks', 'Hartland' y '719'.
5. 'Black Tartarian'.
6. '210'.

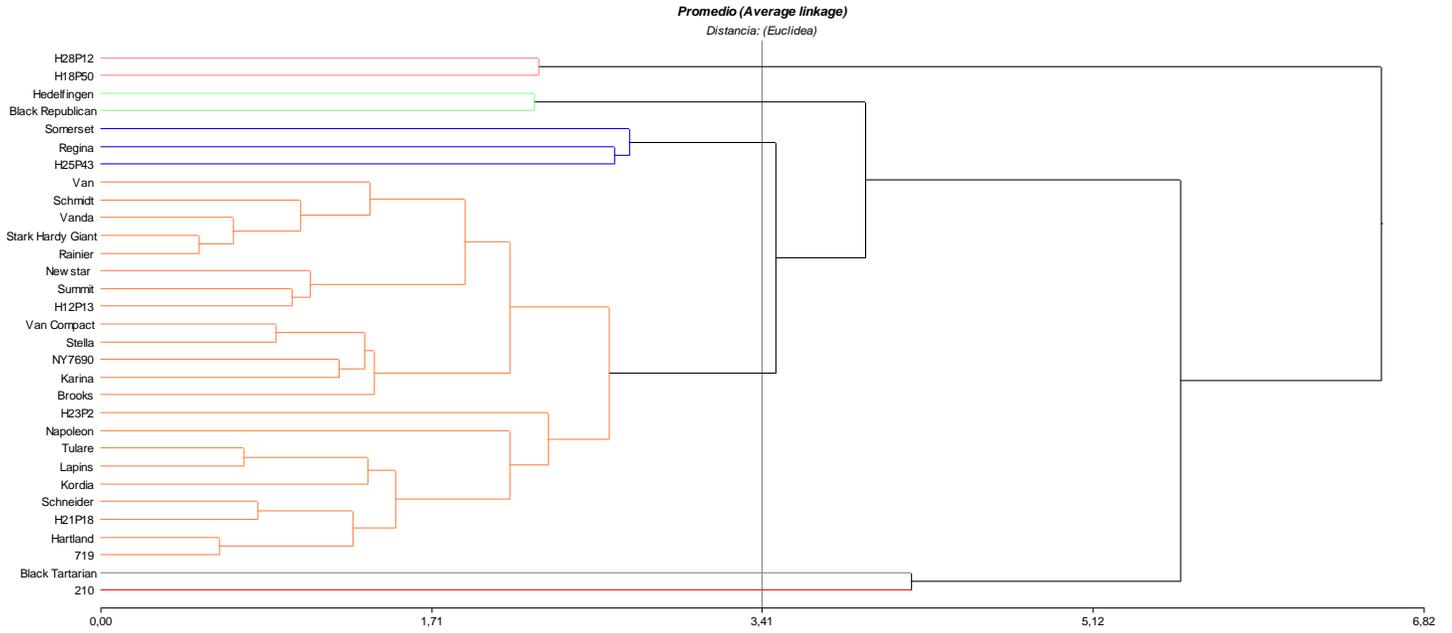


Figura 7. Análisis de conglomerados basado en parámetros de textura de fruto en 31 accesiones de cerezo, evaluado en frutos en dos momentos (cosecha y 7 días después de almacenamiento a 20°C).

## Caracterización genotípica y diversidad genética

### Identidad genética

En la caracterización de identidad genética, se seleccionaron y utilizaron un total de 13 microsatélites (SSR). Los primeros 10 SSR utilizados fueron agrupados según los tamaños reportados de sus alelos, en tres clases (pequeños, medianos y grandes) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Marcadores moleculares (SSR) utilizados inicialmente en la caracterización e identificación de las accesiones de cerezo.

Grupo	Colorante	Nombre marcador	Grupo de ligamiento	Rango tamaño (pb)	Referencia
Grandes	6-FAM	EMPaS01	LG6	185-260	Vaughan y Russell (2004)
Grandes	PET	CPPCT006	LG8	165-200	Aranzana <i>et al.</i> (2002)
Grandes	VIC	CPPCT022	LG7	215-350	Aranzana <i>et al.</i> (2002)
Medianos	6-FAM	BPPCT037	LG5	120-172	Dirlewanger <i>et al.</i> (2002)
Medianos	NED	CPSCT038	LG2	170-225	Mnejja <i>et al.</i> (2004)
Medianos	PET	BPPCT034	LG2	210-275	Dirlewanger <i>et al.</i> (2002)
Pequeños	6-FAM	EMPaS12	LG6	108-144	Vaughan y Russell (2004)
Pequeños	NED	EMPaS02	LG3	129-187	Vaughan y Russell (2004)
Pequeños	PET	EMPa002	LG1	103-131	Clarke y Tobbut (2003)
Pequeños	VIC	UDP98-412	LG6	98-157	Testolin <i>et al.</i> (2000)

En el análisis genotípico de las accesiones se utilizaron todas las repeticiones existentes en el huerto (en muchos casos más de tres), incluido un huerto de trabajo que cuenta con algunas de las accesiones utilizadas en este estudio, resultando así un análisis de un total de 172 árboles (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de individuos analizados por accesión, genotipos detectados y su frecuencia, obtenidos a partir del análisis con marcadores moleculares microsatélites (SSR).

Nombre accesión	Nº individuos	Nº genotipos detectados	Frecuencia
'210'	11	3	9,1,1
'H18P50'	6	1	6
'H28P12'	6	1	6
'H25P43'	5	2	4,1
'Brooks'	7	1	7
'Tulare'	14	3	12,1,1
'Black Tartarian'	3	1	3
'Hartland'	3	1	3
'719'	3	1	3
'Black Republican'	3	1	3
'Somerset'	4	1	4
'Stark Hardy Giant'	10	2	9,1
'Rainier'	9	3	6,2,1
'NY7690'	3	2	2,1
'Karina'	3	2	2,1
'Lapins'	3	1	3
'H12P13'	6	2	5,1
'H21P18'	6	1	6
'H23P2'	6	1	6
'Van Compact'	3	2	2,1
'Newstar'	3	1	3
'Stella'	3	1	3
'Summit'	12	1	12
'Schmidt'	3	2	2,1
'Kordia'	11	2	10,1
'Hedelfingen'	3	2	2,1
'Schneider'	3	1	3
'Van'	3	1	3
'Napoleón'	3	2	2,1
'Regina'	11	2	9,2
'Vanda'	3	2	2,1
Total	172		

Como se puede observar en el Cuadro 5, en 15 de las 31 accesiones evaluadas se presentó más de un genotipo. Como máximo, fueron encontrados 3 distintos genotipos, lo que ocurrió en '210', 'Tulare' y 'Rainier'. Dentro de cada una de las otras 16 accesiones (64 individuos), sólo se encontró un genotipo observado, el que correspondería a lo indicado en su codificación y por lo tanto, no presentarían incongruencias en su identificación. Así, de un total de 172 árboles analizados, 20 de ellos presentaron un genotipo distinto al que presentaba su identificación original.

Para los primeros SSR utilizados se realizó su caracterización (Cuadro 6), considerando el cromosoma donde se localiza, el número de alelos, el tamaño de ellos, los genotipos observados y esperados y el PIC, que se utiliza para comparar la eficiencia de marcadores en la identificación varietal (Tessier *et al.*, 1999).

Cuadro 6. Caracterización de 10 marcadores SSR en 31 genotipos de cerezo.

Nombre marcador	Grupo de ligamiento	N° alelos	Tamaño de los alelos	N° genotipos observados	N° genotipos esperados	PIC
EMPaS01	LG6	4	154-164-168-188	6	10	0,625
CPPCT006	LG8	5	186-188-200-202-204	8	15	0,513
CPPCT022	LG7	4	246-254-256-258	6	10	0,473
BPPCT037	LG5	5	136-140-142-146-152	8	15	0,319
CPSCT038	LG2	3	191-193-203	4	6	0,594
BPPCT034	LG2	7	223-225-233-243-255-257-259	8	28	0,407
EMPaS12	LG6	4	138-140-146-148	7	10	0,371
EMPaS02	LG3	6	141-144-146-149-150-152	11	21	0,316
EMPa002	LG1	2	109-111	3	3	0,500
UDP98-412	LG6	5	101-113-119-121-127	6	15	0,461

Dentro de estos SSR, el número de alelos estuvo entre 2 y 7; los genotipos observados estuvieron entre 3 y 11, mientras que los genotipos esperados estuvieron entre 3 y 28. Los SSR que presentaron un mayor número de alelos son BPPCT034 (7), asociado al tamaño del fruto y EMPaS02 (6); el que presentó menor número fue EMPa002 (2).

Tras los 10 SSR anteriormente descritos, se utilizó el marcador PavRf, asociado al color de fruto en cerezas (Sandefur *et al.*, 2016), el que se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Caracterización del marcador SSR PavRf, asociado a color de fruto en 31 genotipos de cerezo.

Nombre marcador	Grupo de ligamiento	N° alelos	Tamaño alelos	N° genotipos observados	N° genotipos esperados	PIC
PavRf	LG3	4	368-370-371-374	8	10	0,304

También se utilizaron los marcadores F-BOX y PaConsI (Cuadro 8), asociados a la autoincompatibilidad gametofítica de la especie, controlado por el S-locus, donde la incompatibilidad está determinada por el genotipo haploide del polen y el genotipo diploide del estilo (Crane y Lawrence, 1929).

Cuadro 8. Caracterización de marcadores SSR asociados al S-locus de 31 genotipos de cerezo.

Nombre marcador	Grupo de ligamiento	N° alelos	Tamaño alelos	N° genotipos observados	PIC
F-BOX	LG6	6	180-185-189-190-191-202	7	0,420
PaConsI	LG6	9	234-345-346-357-380-396-443-451-457	13	0,208

En el análisis de las 31 accesiones, se observaron 9 alelos S, que se presentaron en las frecuencias indicadas: S1 (17), S2 (4), S3 (15), S4 (15), S6 (5), S9 (3), S12 (1), S13 (1) y S19 (1). Así, el alelo más abundante fue S1, seguido de S3 y S4. En el caso de los genotipos observados, éstos fueron 13: S1S9, S1S3, S4S9, S1S4, S1S2, S4S6, S1S6, S3S4, S1S13, S2S4, S3S6, S3S19 y S3S12.

Los mayores valores de PIC calculados, como una medida del polimorfismo del marcador y que depende del número de alelos amplificados y la distribución de sus frecuencias, se presentaron en los marcadores EMPaS01 y CPSCT038, con 0,625 y 0,594, respectivamente; estos fueron los marcadores más informativos, debido a su alto nivel de polimorfismo.

La caracterización de los 13 marcadores se presenta en el Apéndice VI, Cuadro 1.

## Relaciones genéticas

Los fragmentos de SSR amplificados para cada genotipo, escrutado según su tamaño en pares de bases (pb), generó una planilla de doble entrada con la información del genotipo y sus respectivos alelos (especie diploide). Para cada par de accesiones (variedad o selección) se calculó un índice de disimilaridad basado en una fórmula de simple coincidencia entre alelos, generando una matriz diagonal (Apéndice VII, Figura 1). Luego, utilizando el método “Weighted Neighbor-Joining”, se generó un dendrograma, donde se puede observar el agrupamiento de las accesiones según similitud (Figura 8).

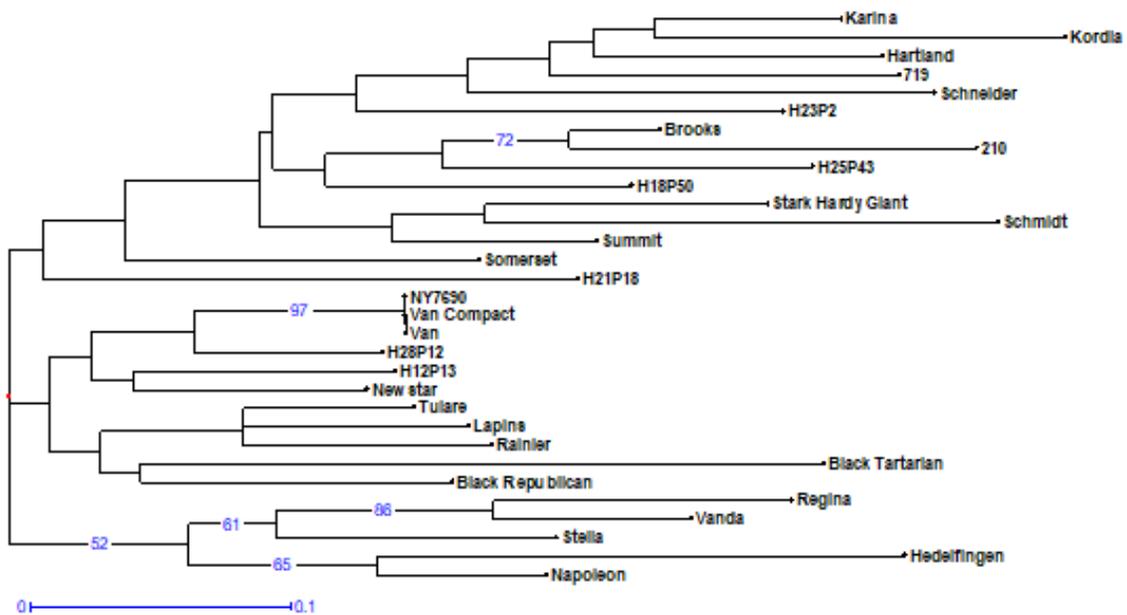


Figura 8. Dendrograma de similitud genética de 31 accesiones de cerezo, por medio de 13 loci SSR.

Para el dendrograma de la Figura 8 fueron considerados los 13 SSR descritos anteriormente. En éste se observan grupos de similitud genética: en la base de la Figura, el primero, formado por ‘Regina’, ‘Vanda’, ‘Stella’, ‘Napoleón’ y ‘Hedelfingen’, de común origen europeo. El segundo, en el centro, formado por ‘NY7690’, ‘Van’, ‘Van Compact’, ‘H28P12’, ‘H12P13’, ‘Newstar’, ‘Tulare’, ‘Lapins’, ‘Rainier’, ‘Black Tartarian’ y ‘Black Republican’.

En la parte superior, se encuentra el tercero, formado por ‘Karina’, ‘Kordia’, ‘Hartland’, ‘719’, ‘Schneider’, ‘H23P2’, ‘Brooks’, ‘210’, ‘H25P43’, ‘H18P50’, ‘Stark Hardy Giant’, ‘Schmidt’, ‘Summit’, ‘Somerset’ y ‘H21P18’.

## DISCUSION

Las plantas presentan a lo largo del año una serie de fenómenos biológicos periódicos que hacen modificar el aspecto de sus órganos. Éstos están íntimamente relacionados con el clima y especialmente con los cambios estacionales. La fenología estudia los aspectos que suceden en la vegetación y fructificación de una manera periódica. El aspecto característico en un momento determinado es lo que se denomina estado fenológico (Urbina, 2001). Respecto a lo observado, '210' fue la primera en presentar el estadio de "puntas verdes", aunque su inicio de brotación no ocurriera de los primeros. El inicio de su floración se presentó de manera muy anticipada (12/09) respecto a la mayoría de las accesiones.

Sólo '719' coincidió con '210' en el estado de "plena flor" (22/09) y de "caída de restos florales" (25/09 y 26/09, respectivamente), teniendo una extensión en su periodo de floración de 12 y 13 días, respectivamente. Moghadam *et al.* (2009) reportaron que, en cerezos, la duración óptima de la floración podría ser de 10 a 14 días, con un mínimo de superposición en la polinización para variedades autoinfértiles de entre 4 y 6 días, con el fin de lograr una eficiente polinización y fertilización. En el caso de 'Regina', su caída de restos florales ocurrió el 19/10, sólo 6 días después del inicio de floración, siendo la accesión con el periodo de floración más corto; ésta, además, presentó su "inicio de floración" casi un mes después que '210' (13/10), siendo una de las últimas accesiones evaluadas. Este contraste entre la fenología de las distintas accesiones se puede observar en la Figura 1 del Apéndice VIII, que muestra que mientras algunos árboles se encontraban en "plena flor", otros aún no iniciaban el estadio de "puntas verdes".

Algunas accesiones, como '210' y 'Somerset', fueron las primeras en cambiar la coloración de la piel del fruto a amarillo (25/10), por otro lado, 'H23P2' fue la última en hacerlo, el 17/11. Sólo 7 días tras este cambio de color, la accesión '210' logró muy anticipadamente, respecto del resto, su madurez de cosecha; una combinación entre color, firmeza y CSS del fruto. Las últimas en ser cosechadas fueron 'Van', 'Napoleón', 'Regina' y 'Vanda', lo que sucedió el 11/12, 35 días después de la cosecha de '210'.

En relación con los parámetros evaluados en fruto, la CSS estuvo entre 14,5% ('SHG') y 21% ('Black Republican' y 'Van'), a excepción de '210' que mostró un valor promedio de 11,9%. Aunque para los cultivares tempranos se considera que niveles sobre 15% son aceptables para el consumo (Kappel *et al.*, 1996), esta accesión no habría logrado esta concentración mínima, lo que podría deberse al corto período (7 días) entre el cambio de color y madurez (debido principalmente por la pérdida de firmeza). Esto debido a que el crecimiento de los frutos de carozo se puede describir como una curva doble sigmoidea con 3 fases (I-III) (Tukey, 1934); en la fase III, que se caracteriza por un intenso crecimiento, los carbohidratos son acumulados y se inicia el proceso de maduración.

Por otro lado, 'H18P50' y 'H12P13' presentaron la mayor relación CSS/AT, lo que las haría muy aceptables, debido a que la CSS y AT están muy relacionados a la intensidad del sabor de la cereza; la aceptabilidad por parte de los consumidores aumentaría con altos niveles de CSS y AT (Kalyoncu *et al.*, 2009).

Las cerezas tienen un aspecto brillante, con una piel delgada, que puede ser descrita como roja caoba, roja, bicolor o blanca. El desarrollo de las características cromáticas depende de las variedades, de las condiciones de crecimiento, del estado de maduración y las condiciones de almacenamiento (Gonçalves *et al.*, 2004). Las antocianinas son las responsables del color rojo; el indicador más importante de madurez y calidad (Gao y Mazza, 1995). En cerezas frescas, especialmente en las de color caoba, el desarrollo del color rojo es usado como un índice para determinar la madurez; a más oscuro el color del fruto, más alto es su contenido de antocianinas (Gao y Mazza, 1995). En este aspecto, 'Van', 'Kordia' y '210' presentaron los menores valores de Hue ( $h^*$ ) en su piel,  $11,2^\circ$ ,  $11,4^\circ$  y  $11,9^\circ$ , respectivamente, lo que indica que están muy cercanos al color rojo ( $0^\circ$ ). Se observó también que éstas tres accesiones presentan los menores valores de Croma ( $C^*$ ), 14,6, 16,3 y 16,4, respectivamente, lo que indicaría colores más saturados o intensos. En la pulpa también se encontraron los menores valores de  $C^*$  en las accesiones '210' y 'Van' (7,6 y 9,0), lo que coincide con los menores valores de  $h^*$  ( $25,9^\circ$  y  $26,1^\circ$ ).

En el caso de 'Napoleón', 'Rainier', 'H28P12' y 'H21P18', se obtuvieron los mayores valores de  $L^*$  en piel, 58,5, 52,1, 42,5 y 40,9, respectivamente. Este resultado era esperado en las accesiones bicoloreadas, debido a que altos valores de  $L^*$  o luminosidad indican "blanco" o transparente (Hutchings, 1994). Al igual que la obtención de altos valores de  $C^*$ , que indican menos saturación o intensidad y mayores valores de  $h^*$ , que estarían más cercanos al color amarillo, sobre todo lo que se observa en 'Napoleón' y 'Rainier'.

Gracias al análisis genético con el marcador PavRf, se pudo confirmar que las accesiones bicolors corresponden a 'Napoleón', 'Rainier' y 'H21P18', las cuales poseen el alelo 370 pb (recesivo), coincidiendo con el fenotipo bicolor, como indica Sandefur *et al.* (2016).

Con el dendrograma basado en el fenotipo, se obtuvo la conformación de 3 grupos, el primero compuesto por 'Napoleón' y 'Rainier', ambas bicolors. El segundo por 'H28P12' y 'H21P18', que son accesiones que presentan fenotipo bicolor y los mayores valores de Hue de pulpa ( $68,5^\circ$  y  $70,6^\circ$ , respectivamente), pero de ambas, sólo 'H21P18' es genéticamente bicolor. El tercer grupo quedó conformado por las otras 27 accesiones, que corresponden, según se indicó, al tipo de color caoba.

Respecto a los niveles de IAD detectados en piel, los valores en promedio estuvieron entre 0,00 ('Rainier') y 0,42 ('Van') y en pulpa entre 0,00 ('Lapins') y 0,41 ('Van'). Hay que mencionar que este índice indica la cantidad de clorofila en una fruta la que disminuye durante el proceso de maduración hasta alcanzar valores muy bajos, cuando la maduración se ha completado. Además, en cerezas, se ha probado predecir la madurez mediante la estimación de las antocianinas de la piel (Nagpala *et al.*, 2013); esto explicaría los valores detectados, los que se encuentran relacionados a los parámetros de color, donde destaca 'Van' por ser la que presenta el color más oscuro e intenso. En el Apéndice IX, figuras 1 y 2, se puede observar la apariencia externa e interna de los frutos de las 31 accesiones de cerezo en estudio, registradas fotográficamente al momento de cosecha y donde se observan los distintos colores de piel y pulpa.

La firmeza del fruto es un importante atributo de calidad, directamente relacionada a la resistencia al daño mecánico y a la pudrición durante la postcosecha (Esti *et al.*, 2002). Se ha visto que variedades tardías de cereza son firmes y densas, comparadas con variedades tempranas que son comúnmente más blandas (Kappel *et al.*, 1996). En este ensayo, las variedades cosechadas más temprano, 'Black Tartarian' y '210', son también las que presentaron menores valores de fuerza máxima para la prueba de compresión, realizada al momento de cosecha (1,44 y 2,02 N respectivamente), confirmando lo que han demostrado otros autores (Kappel *et al.*, 1996). Este comportamiento se mantiene después de 7 días de almacenamiento a 20°C.

En el caso de las accesiones 'H28P12' y 'H18P50', selecciones intermedias del Programa de Mejoramiento Genético, tanto para la evaluación al momento de cosecha como después de 7 días tras almacenamiento a 20°C, presentaron los mayores valores de fuerza máxima, siendo considerablemente mayores a las descritas anteriormente como más blandas, alcanzando los 6,5 y 6,4 N al momento de cosecha y 5,6 y 5,0 N tras 7 días en almacenamiento a 20°C. Ambas accesiones en las pruebas de punción habrían obtenido resultados que indican su mayor dureza y rigidez, lo que resulta bastante interesante además por encontrarse dentro de las primeras accesiones que fueron cosechadas, lo que indica que su obtención ha sido exitosa, en términos de los objetivos del programa.

A pesar que la mayoría de las mediciones que se realizan en fruta fresca llegan, generalmente, hasta el punto de ruptura, la etapa de postruptura del fruto entrega información relevante acerca de la dureza de la pulpa. Además, la cantidad de microfracturas o *peaks* de fuerza que se producen en esta fase estarían asociados al sonido producido al ser penetrado, lo que finalmente podría revelar cuan crocante o crujiente es el alimento en estudio (Foegeding *et al.*, 2011). En promedio, la menor cantidad de *peaks* a la cosecha la obtuvo 'Black Tartarian', con 0,04 *peaks*, mientras que la mayor cantidad la registró 'H18P50', con 2,48 *peaks*.

En el dendrograma (Figura 6) obtenido a partir de las pruebas de compresión y punción, en 2 momentos de evaluación, se conformaron 6 grupos, en donde los más extremos, por un lado, el grupo conformado por 'H28P12' y 'H18P50' y por el otro lado, un grupo compuesto por '210' y otro por 'Black Tartarian', fueron los más fácilmente reconocidos en los PCA presentados (Figuras 4 y 5). De los 13 marcadores tipo SSR utilizados en este estudio, ninguno presenta asociación con los parámetros de textura, no pudiendo identificarse grupos genéticamente diversos.

Para realizar el análisis de identidad genética de los 172 individuos, se buscaron patrones únicos de SSR, homogéneos para cada una de las accesiones. En el caso de existir algún genotipo distinto o fuera de tipo dentro de cada grupo, se procedió a buscar similitud con algún otro de los patrones generados, permitiendo, en todos los casos, la identificación de los genotipos. Se debe mencionar que el análisis completo se realizó para un total de 311 individuos (76 genotipos), desde donde se obtuvieron y enviaron muestras de ADN al laboratorio de referencia del Dr. Cameron Peace (Washington State University, E.E.U.U) para verificar su identidad. Esto fue realizado previamente a esta investigación, lo que, junto a los resultados a partir de los SSR obtenidos en la presente, permitieron la obtención de patrones únicos para la correcta identificación de los individuos.

Del total de individuos caracterizados (172), 20 de ellos presentaron un genotipo distinto al que indicaba la identificación original; dichas diferencias fueron detectadas de manera anticipada, con la caracterización fenológica realizada, por lo tanto, dichos individuos no fueron considerados en la colecta de frutos para su posterior evaluación. Estas incongruencias pudieron deberse a una confusión en el material al momento de injertación de dichos árboles, o a la incorrecta identificación en el huerto de donde se obtuvo dicho material.

Además, se pudo observar que, de los 20 individuos, 11 de ellos tendrían genotipos pertenecientes a este grupo de accesiones del estudio, los otros 9 serían genotipos de la colección y que no estarían dentro de este grupo.

Las relaciones genéticas en este grupo de 31 accesiones se construyeron a partir de las similitudes y disimilitudes entre los distintos genotipos. La matriz obtenida (Apéndice VII, Figura 1) indica en color rojo, los valores más altos, lo que indica accesiones más disimiles o distantes; éstas serían: 'Hedelfingen' y '210', con valor 0,750. También, dentro de los mayores valores (0,708), se encuentra 'Kordia' y 'Black Tartarian', 'Kordia' y 'Rainier', '210' y 'Vanda', 'Hedelfingen' y 'H25P43'; lo anterior puede observarse en el dendrograma de la Figura 8, donde las accesiones indicadas se encuentran en distintos grupos. Respecto a los menores valores (0,167), indicados en color verde en la matriz, se observa que 'Tulare' con 'Van', 'Rainier', 'Lapins' y 'Black Republican' serían muy similares, al igual que 'H28P12' con 'Somerset', 'Van', 'Van Compact' y 'NY7690'. También se observa similitud (0,167) entre 'Summit' y 'Stark Hardy Giant' (SHG). Algunos de los menores valores obtenidos (similitud) pueden explicarse debido al origen de las accesiones, por ejemplo, en el caso de 'Van', parental común de 'Rainier' ('Bing' x 'Van') y 'Lapins' ('Van' x 'Stella'), se observó un valor de 0,292. En el dendrograma de la Figura 8, se observan compartiendo el mismo grupo.

En la base de la Figura 8, se observa a 'Hedelfingen' y 'Napoleón' compartiendo grupo; ambas tienen su origen en Europa central y aunque su relación no está muy clara, ambas aparecen en el mismo grupo coincidiendo en lo obtenido por Wunsch y Hormaza (2002). 'Black Republican' habría sido obtenida a partir del cruzamiento de 'Napoleón' con 'Black Tartarian', lo que explica la cercanía genética que se observa en la misma Figura.

La accesión 'H12P13' fue obtenida a partir de 'Tulare', cercanía que puede observarse en el dendrograma mencionado y en el bajo valor de distancia genética que presentan (0,208). Las accesiones 'H28P12' y 'H21P18' fueron obtenidas desde 'Rainier', por ello los bajos valores obtenidos (0,208 y 0,417, respectivamente); la segunda del tipo "bicolor" al igual que su madre 'Rainier'. En el caso de 'H18P50' y 'H25P43', que se pueden observar en el tercio superior del dendrograma, comparten grupo con 'Somerset', parental común de ambas.

## CONCLUSIONES

1. Las 31 accesiones de cerezo muestran distinta fecha de ocurrencia y duración de los distintos estadios fenológicos.
2. De acuerdo a la caracterización fenotípica de color de piel y pulpa de fruto, las 31 accesiones se separan en 3 grupos: cerezas “bicolor”, formado por las variedades ‘Napoleón’ y ‘Rainier’; las accesiones ‘H21P18’ y ‘H28P12’ de pulpa amarilla y el grupo del tipo “caoba”, formado por las 27 accesiones restantes. El uso del marcador tipo SSR PavRf permite indicar que ‘Napoleón’, ‘Rainier’ y ‘H21P18’, además de contar con fenotipo “bicolor”, presentan el alelo 370 pb recesivo, propio de este tipo de cerezas. Esto permite la conformación de 2 grupos genéticamente diversos, basado en el color de la piel y la pulpa del fruto.
3. De acuerdo a la caracterización fenotípica de textura de fruto, existen 6 grupos distintivos: en un extremo ‘Black Tartarian’ y ‘210’, en grupos distintos y asociadas a menor firmeza, dureza y rigidez. En el otro, un grupo conformado por ‘H28P12’ y ‘H18P50’, accesiones asociadas a la mayor firmeza, dureza y rigidez. El grupo conformado por ‘Hedelfingen’ y ‘Black Republican’ está asociado a una mayor dureza o resistencia a la ruptura, pero menos asociado a crocancia. ‘Regina’, ‘Somerset’ y ‘H25P43’ forman un grupo de comportamiento intermedio, pero que presenta mayor resistencia a la ruptura y a la compresión que el de comportamiento intermedio, conformado por las 22 accesiones restantes. Los marcadores del tipo SSR utilizados en este estudio no permiten establecer asociación con los parámetros de textura, por lo que no se pueden conformar grupos genéticamente diversos.
4. La caracterización genotípica de 172 individuos por medio de 13 SSR permite la identificación de 20 individuos que presentan incongruencias con el etiquetado original y de 152 a los que se corrobora su identidad genética. Algunas de las relaciones genéticas que se establecen en este grupo de accesiones se pueden asociar al hecho de compartir parentales o antepasados comunes.

**LITERATURA CITADA**

- Aranzana, M., J. García-Mas, J. Carbó and P. Arús. 2002. Development and variability analysis of microsatellite markers in peach. *Plant Breed.* 121:87–92.
- Aranzana, M., A. Pineda, P. Cosson, E. Dirlewanger, J. Ascasibar, G. Cipriani, C. Ryder, R. Testolin, A. Abbott, G. King, A. Iezzoni and P. Arús. 2003. A set of simple-sequence repeat (SSR) markers covering the *Prunus* genome. *Theor. Appl. Genet.* 106:819–825.
- Bonnin, E., and M. Lahaye. 2013. Contribution of cell wall-modifying enzymes to the texture of fleshy fruits: the example of apple. *J. Serb. Chem. Soc.* 78: 417–427.
- Bouhadida, M., A.M. Casas, M.J. Gonzalo, P. Arús, M.A. Moreno, and Y. Gogorcena. 2009. Molecular characterization and genetic diversity of *Prunus* rootstocks. *Sci. Hort.* 120:237–245.
- Bourne, M.C. 2002. Food texture and viscosity: concept and measurement. 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press. London, UK.
- Cakir, E., C.J Vinyard, G. Essick, C.R Daubert, M. Drake, and E.A Foegeding. 2012. Interrelations among physical characteristics, sensory perception and oral processing of protein-based soft-solid structures. *Food Hydrocoll.* 29:234–245.
- Casas, A., E. Igartua, G. Balaguer, and M. Moreno. 1999. Genetic diversity of *Prunus* rootstocks analyzed by RAPD markers. *Euphytica* 110:139–149.
- Clarke, J. and K. Tobutt. 2003. Development and characterization of polymorphic microsatellites from *Prunus avium* ‘Napoleon’. *Molecular Ecology.* 3(4): 578-580.
- Crane M. and W. Lawrence. 1929. Genetical and cytological aspects of incompatibility and sterility in cultivated fruits. *J. Pomol. Hortic. Sci.* 7:276–301.
- Crisosto C.H., G.M Crisosto, and P. Metheney. 2003. Consumer acceptance of Brooks and Bing cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biol Tech.*, 28: 159-167.
- Dirlewanger, E., P. Cosson, M. Tavaud, M.J. Aranzana, C. Poizat, A. Zanetto, P. Arús, and F. Laigret. 2002. Development of microsatellite markers in peach *Prunus persica* L. and their use in genetic diversity analysis in peach and sweet cherry *Prunus avium* L. *Theor. Appl. Genet.* 105:127–138.
- Downey, S., and A. Iezzoni. 2000. Polymorphic DNA marker in black cherry (*Prunus 33erotine*) are identified using sequences for sweet cherry, peach and sour cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125:26–30.

- Esti M., L. Cinquanta, F. Sinesio, E. Moneta and M.D Mateo. 2002. Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. *Food Chemistry*, 76: 399-405.
- Facteau T. J, N.E Chestnut, and R.E Rowe. 1983. Relationship between fruit weight, firmness, and leaf/fruit ratio in Lambert and Bing sweet cherries. *Can J Plant Sci.*, 63: 763-765.
- Fang, J., T. Twito, Z. Zhang, and C.T. Chao. 2006. Genetic relationships among fruiting mai (*Prunus mume* Sieb. Et Zucc) cultivars evaluated with AFLP and SNP markers. *Genome* 49: 1256–1264.
- Foegeding E., C. Daubert, M. Drake, G. Essick, M. Trulsson, C. Vinyard and F. Van de Velde. 2011. A comprehensive approach to understanding textural properties of semi and soft solid foods. *J. Texture Stud.* 42 (2): 103-129.
- Gao L. and G. Mazza. 1995. Characterization, quantification and distribution of anthocyanins and colourless phenolics in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 343-346.
- Gonçalves B., A. Landbo, D. Knudsen, A. Silva, J. Moutinho-Pereira, E. Rosa, *et al.* 2004. Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52 (3): 523-530.
- Harker F.R., R. Redgwell, I. Hallett, S. Murray and G. Carter. 2010. Texture of fresh fruit. p. 121-224. *In: Janick, J. (ed.) Horticultural Reviews*. John Wiley and Sons. Inc. New Jersey, USA.
- Hutchings, J.B. 1994. Food colour and appearance. Blackie and Son. Glasgow, UK.
- Iezzoni, A.F., and M.P Pritts. 1991. Application of principal component analysis to horticultural research. *HortScience* 26: 334-338.
- Infante R. 2012. Harvest maturity indicators in the stone fruit industry. *Stewart Postharvest Rev.* 8 (1): 1-6.
- Kalyoncu I., N. Ersoy and M. Yilmaz. 2009. Some physicochemical properties and mineral contents of sweet cherry (*Prunus avium* L.) type grown in Konya. *African Journal of Biotechnology*, 8: 2744-2749.
- Kappel, F., B. Fisher-Fleming and E. Hogue. 1996. Fruit characteristics and sensory attributes of an ideal sweet cherry. *HortScience*. 31: 443-446.
- Khadivi-Khub, A., Z. Zamani, and M. Fatahi. 2011. Multivariate analysis of *Prunus* subgen. *Cerasus* germplasm in Iran using morphological variables. *Genet. Resour. Crop Evol.* 59: 909–926.

- López, G. 2003. Pomological characterization and introduction to the use of molecular genotyping techniques. STSM Scientific report. Institute of Agri-Food Research and Development. Murcia, Spain.
- Lurie, S., H. Friedman, A. Weksler, A. Dagar and P. Eccher Zerbini. 2013. Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach. *Postharvest Biol. Technol.* 76: 10–16.
- Mathias, M., B. Sagredo, and J. Kalazich. 2007. Use of SSR markers to identify potato germplasm in the INIA Chile breeding program. *Chilean J. Agr. Res.* 67: 3–15.
- McGuire R.G. 1992. Reporting of objective colour measurements. *HortScience.* 27 (12): 1254-1255.
- Meier, U., H. Graf, H. Hack, M. Hess, W. Kennel, R. Klose, D. Mappes, D. Seipp, R. Stauss, J. Streif, and T. Van den Boom. 1994. Phänologische Entwicklungsstadien des kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus comunis* L.), des Steinobstes (*Prunus*-Arten), der Johannisbeere (*Ribes*-Arten) und der Erbeere (*Fragaria x Ananassa* Duch.). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 46:141-153.
- Mnejja, M., J. Garcia-Mas, W. Howad, M. Badenes and P. Arús. 2004. Simple-sequence repeat (SSR) markers of Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) are highly polymorphic and transferable to peach and almond. *Molecular Ecology.* 4(2): 163-166.
- Moghadam, E., P. Hosseini and A. Mokhtarian. 2009. Blooming phenology and self-incompatibility of some commercial cherry (*Prunus avium* L.) cultivars in Iran. *Sci. Hortic.* 123(1): 29-33.
- Mohsenin N. 1978. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publisher. New York, USA.
- Mowrey, B.D., and D.J. Werner. 1990. Phylogenetic relationships among species of *Prunus* as inferred by isozyme markers. *Theor. Appl. Genet.* 80: 129–133.
- Nagpala, E.G.L., M. Noferini, B. Farneti, L. Piccinini and G. Costa. 2013. Cherry-meter: An innovative non-destructive device for cherry fruit ripening and quality assessment. VII International Cherry Symposium, June 23-27, Plascencia, Spain.
- Odong, T.I., J. van Heerwaarden, J. Jansen, T.J van Hintum, and F.A van Ecuwijk. 2011. Determination of genetic structure of germplasm collections: are traditional hierarchical clustering methods appropriate for molecular marker data? *Theor. Appl. Genet.* 123: 195-205.
- Oliveira, E.J., N.L Dias, and J.L Dantas. 2012. Selection of morpho-agronomic descriptors for characterization of papaya cultivars. *Euphitica* 185: 253-265.

- Perrier, X., A. Flori and F. Bonnot. 2003. Data analysis methods. p. 43-76. *In*: Hamon, P., M. Seguin, X. Perrier and J.C Glaszmann (eds.) Genetic diversity of cultivated tropical plants. Enfield, Science Publishers, Montpellier, France.
- Rosenthal A.J. y A. Ribas. 2001. Textura de los alimentos: medida y percepción. Acribia, Editorial, S.A.
- Ross, C.F. 2009. Sensory science at the human-machine interface. *Trends Food Sci. Technol.* 20: 63–72.
- Sandefur, P., N. Oraguzie and C. Peace. 2016. A DNA test for routine prediction in breeding of sweet cherry fruit color, Pav-Rf-SSR. *Mol. breeding.* 36:33.
- Sansavini, S., and S. Lugli. 2008. Sweet cherry breeding programmes in Europe and Asia. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 795: 41-58.
- Serrano, M., F. Guillén, D. Martínez-Romero, S. Castillo and D. Valero. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherries at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 53: 2741-2745.
- Sevilla, R., y M. Holle. 2004. Recursos fitogenéticos vegetales. Luís León Asociados Editores. Lima: Azul. 283 p.
- Sirisomboon P., M. Tanaka and T. Kojima. 2012. Evaluation of tomato textural mechanical properties. *J. Food Eng.* 111 (4): 618-624.
- Szczesniak, A.S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Qual. Preference* 13: 215–225.
- Tessier C., J. David, P. This, J. Boursiquot and A. Charrier. 1999. Optimization of the choice of molecular markers for varietal identification in *Vitis vinífera* L. *Theor. Appl. Genet.* 1998. 171-177.
- Testolin, R., T. Marrazzo, G. Cipirani, R. Quarta, I. Verde, M. Dettori, M. Pancaldi and S. Sansavini. 2000. Microsatellite DNA in peach (*Prunus persica* L. Batsch) and its use in fingerprinting and testing the genetic origin of cultivars. *Genome.* 43(3): 512-520.
- Tukey, H. 1934. Growth of the embryo, seed, and pericarp of the sour cherry in relation to season of fruit ripening. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 31:125–144.
- Turner, J, C. Seavert, A.Colonna, and L.E Long. 2007. Consumer sensory evaluation of sweet cherry cultivars in Oregon, USA. *Acta Hortic.*, 795: 781-786.
- Uematsu, C., T. Sasakuma, and Y. Ogihara. 1991. Phylogenetic relationships in the stone fruit group of *Prunus* as revealed by restriction fragment analysis of chloroplast DNA. *Jpn. J. Genet.* 66: 59–69.

UPOV, 2006. Sweet cherry (*Prunus avium* L.) guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. UPOV Code: PRUNU\_AVI.

Urbina V. 2001. Morfología y desarrollo vegetativo de los frutales. Disponible en: <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/fructicultura/continguts-1/1-5/n.o-monografias-de-fructicultura-v.-urbina-web-udl> (Consultado en septiembre 2018).

Usenik V., F. Stampar, M. Mikulic and D. Kastelec. 2015. The effect of fruit size and fruit colour on chemical composition in 'Kordia' sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 38: 121-130.

Vaughan, S. and K. Russell. 2004. Characterization of novel microsatellites and development of multiplex PCR for large-scale population studies in wild cherry, *Prunus avium*. *Molecular Ecology*. 4(3): 429-431.

Vaughan, S., K. Russell, D. Sargent and K. Tobutt. 2006. Isolation of S -locus F-box alleles in *Prunus avium* and their application in a novel method to determine self-incompatibility genotype. *Theor. Appl. Genet.* 112: 856-866.

Voss D.H. 1992. Relating colourimeter measurement of plant colour to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *HortScience* 27 (12): 1256-1260.

Wang H., G. Cao and R.L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 304-309.

Wünsch A. and J. Hormaza. 2002. Molecular characterization of sweet cherry (*Prunus avium* L.) genotypes using peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] SSR sequences. *Heredity*. 89: 56-63.

Zhang, L.F., F.S Chen, H.S Yang, X.Y Sun, H. Liu, X.Z Gong, C Jiang, and C. Ding. 2010. Changes in firmness, pectin content and nanostructure of two crisp peach cultivars after storage. *Lwt-Food Sci. Technol.* 43: 26-32.

Zheng, X., C. Yue, K. Gallardo, V. McCracken, J. Luby and J. McFerson. 2016. What attributes are consumers looking for in sweet cherries? evidence from choice experiments. *Agricultural and Resource Economics Review*. 45 (1): 124-142.

Ziosi, V., M. Noferini, G. Fiori, A. Tadiello, L. Trainotti, G. Casadoro and G. Costa. 2008. A new index based on vispectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 49: 319-329.

## ANEXO I

Cuadro 1. Listado de las 31 accesiones de cerezo utilizadas en la caracterización fenotípica, genotípica y de fruto y su respectivo origen.

N°	Nombre de la accesión	Origen de la accesión
1	´210´	-----
2	´RY0109-47-H18P50´	PMG INIA-Biofrutales, Chile
3	´RY0210-12-H28P12´	PMG INIA-Biofrutales, Chile
4	´RY0109-47-H25P43´	PMG INIA-Biofrutales, Chile
5	´Brooks´	UC Davis, Estados Unidos
6	´Tulare´	Bradford, California, Estados Unidos
7	´Black Tartarian´	Circasia (Noroeste Cáucaso) Europa
8	´Hartland´	-----
9	´719´	-----
10	´Black Republican´	Oregon, Estados Unidos
11	´Somerset´	Estación Geneva, Estados Unidos
12	´Stark Hardy Giant´ (SHG)	Wisconsin, Estados Unidos
13	´Rainier´	Estación Prosser, Estados Unidos
14	´NY7690´	Estación Geneva, Estados Unidos
15	´Karina´	-----
16	´Lapins´	Summerland, Canadá
17	´RY0109-57-H12P13´	PMG INIA-Biofrutales, Chile
18	´RY0210-12-H21P18´	PMG INIA-Biofrutales, Chile
19	´RY0109-7-H23P2´	PMG INIA-Biofrutales, Chile
20	´Van Compact´	Estación Summerland, Canadá
21	´Newstar´	Summerland, Canadá
22	´Stella´	Estación Summerland, Canadá
23	´Summit´	Estación Summerland, Canadá
24	´Schmidt´	-----
25	´Kordia´	República Checa
26	´Hedelfingen´	Alemania
27	´Schneider´	Alemania
28	´Van´	Estación Summerland, Canadá
29	´Napoleón´	Alemania
30	´Regina´	Estación Jork, Alemania
31	´Vanda´	República Checa

## ANEXO II

### Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledóneas cultivadas; escala BBCH extendida

#### Frutales de hueso Meier *et al.*, 1994

Codificación BBCH de los estadios fenológicos del desarrollo de los frutales de hueso (Cerezo = *Prunus cerasus* L., Ciruelo = *Prunus domestica* L. ssp. Doméstica, Melocotonero / Duraznero = *Prunus persica* BATSCH, Albaricoquero / Damasco = *Prunus armeniaca* L.)

#### Código Descripción

##### Estadio principal 0. Desarrollo de las yemas

- 00 Letargo: yemas foliares y florales, cerradas y cubiertas de escamas marrón-oscuro
- 01 Comienzo del hinchado de las yemas foliares: escamas, de marrón claro, visibles; escamas, con fillos ligeramente coloreadas
- 03 Fin del hinchado de las yemas foliares; escamas separadas; secciones de las yemas, verde claro, visibles
- 09 Ápices foliares verdes, visibles; las escamas marrones caen; las yemas florales, encerradas por escamas verde claro

##### Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas

- 10 Primeras hojas se separan; escamas verdes comienzan a abrirse; hojas comienzan a emerger
- 11 Primeras hojas, desplegadas; eje de brote en desarrollo, visible
- 19 Primeras hojas alcanzan tamaño varietal típico

##### Estadio principal 3. Crecimiento longitudinal de los brotes terminales

- 31 Empieza a crecer el brote: los ejes de los brotes en desarrollo, visibles
- 32 Brotes, con 20 % de la longitud varietal final
- 33 Brotes, con 30 % de la longitud varietal final
- 3. Los estadios continúan hasta ...
- 39 Brotes con 90% de la longitud varietal final

##### Estadio principal 5. Aparición del órgano floral

- 51 Yemas de la inflorescencia hinchadas: yemas, cerradas; escamas, de color marrón claro, visibles
- 53 Apertura de la yema: escamas, separadas; sectores de las yemas, verde claro, visibles
- 54 Inflorescencia encerrada por escamas verde claro si las escamas existen (no todas las variedades las tienen)

- 55 Yemas florales simples (aún cerradas) sobre pedúnculos cortos; escamas verdes, ligeramente abiertas
- 56 Los pétalos florales, alargándose; sépalos cerrados; flores simples separándose
- 57 Sépalos, abiertos; ápices de los pétalos, visibles; flores simples con pétalos blancos o rosados
- 59 Estadio de balón: La mayoría de las flores, con pétalos formando una bola hueca

#### **Estadio principal 6. Floración**

- 60 Primeras flores, abiertas
- 61 Comienzo de la floración: alrededor del 10 % de las flores abiertas
- 62 Alrededor del 20 % de las flores abiertas
- 63 Alrededor del 30 % de las flores abiertas
- 64 Alrededor del 40 % de las flores abiertas
- 65 Plena floración: alrededor del 50 % de las flores están abiertas
- 67 Flores marchitándose: la mayoría de los pétalos caídos
- 69 Fin de la floración: todos los pétalos caídos

#### **Estadio principal 7. Formación del fruto**

- 71 Crecimiento del ovario; los frutos no cuajados se caen.
- 72 El ovario verde, rodeado de las coronas de pétalos que mueren; sépalos comienzan a caer
- 73 Segunda caída de frutos
- 75 Frutos alcanzan alrededor del 50 % del tamaño varietal final
- 76 Frutos alcanzan alrededor del 60 % del tamaño varietal final
- 77 Frutos alcanzan alrededor del 70 % del tamaño varietal final
- 78 Frutos alcanzan alrededor del 80 % del tamaño varietal final
- 79 Frutos alcanzan alrededor del 90 % del tamaño varietal final

#### **Estadio principal 8. Maduración del fruto**

- 81 Los frutos comienzan a madurar: comienzo de la coloración del fruto
- 85 Aumento de la coloración
- 87 Madurez de recolección: Frutos tienen sabor varietal típico y firmeza óptima (excepto melocotón (durazno) y nectarinos)
- 89 Madurez de consumo: Frutos tienen sabor varietal y firmeza típicos

#### **Estadio principal 9. Senescencia y comienzo del reposo vegetativo**

- 91 Los brotes han completado su desarrollo; follaje aún verde
- 92 Las hojas comienzan a descolorarse
- 93 Las hojas comienzan a caerse
- 95 50% de las hojas descoloridas o caídas
- 97 Todas las hojas caídas; letargo invernal
- 99 Partes cosechadas (estadio para señalar tratamientos de postcosecha)

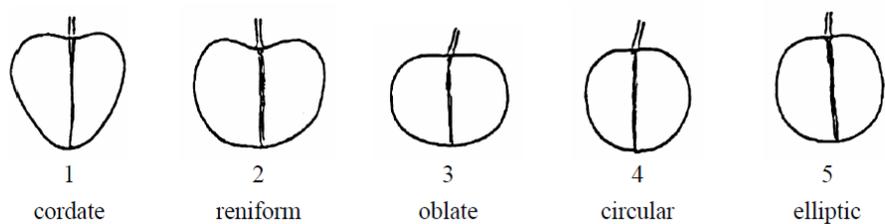
**ANEXO III**Ad. 21: Fruit: shape

Figura 1. Pauta de formas de fruto (1-5) descrita en la guía de UPOV (2006) (International Union for the Protection of New Varieties of Plants).

## ANEXO IV

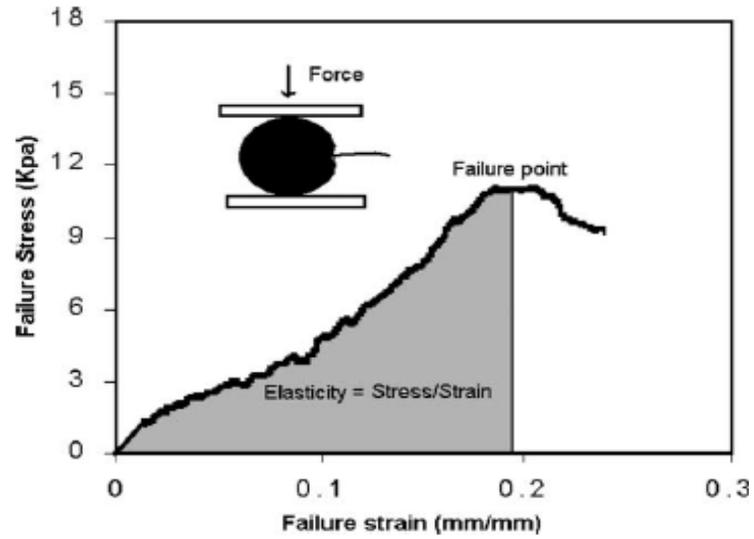


Figura 1. Curva típica de tensión-ruptura de frutos de cerezo (Mohsenin, 1978).



## APÉNDICE II

Cuadro 1. Parámetros de color L\*, C\* y h\* de 31 accesiones de cerezo para color de piel y pulpa, evaluado en la madurez de cosecha.

Nombre Accesoión	Color de piel			Color de pulpa		
	L*	Croma (C*)	Hue (h*)	L*	Croma (C*)	Hue (h*)
´210´	27,2 ± 2,0	16,4 ± 6,0	11,9 ± 2,5	12,8 ± 1,7	7,6 ± 1,5	25,9 ± 4,0
´H18P50´	34,2 ± 4,5	30,3 ± 5,8	18,3 ± 2,9	26,9 ± 3,4	15,3 ± 2,2	54,1 ± 9,6
´H28P12´	42,5 ± 5,9	35,2 ± 2,7	24,8 ± 6,2	41,9 ± 7,2	17,8 ± 1,7	68,5 ± 13,6
´H25P43´	36,7 ± 5,2	32,9 ± 4,2	19,6 ± 3,1	28,4 ± 5,4	16,2 ± 2,7	50,0 ± 11,6
´Brooks´	35,0 ± 6,8	28,5 ± 5,2	20,0 ± 5,6	24,3 ± 3,4	14,2 ± 3,2	40,2 ± 9,6
´Tulare´	36,0 ± 3,3	33,6 ± 2,6	20,8 ± 2,1	33,5 ± 4,5	17,6 ± 2,1	58,8 ± 7,1
´Black Tartarian´	26,3 ± 1,3	17,9 ± 3,7	12,7 ± 2,0	15,9 ± 2,0	10,1 ± 1,5	29,0 ± 2,6
´Hartland´	31,3 ± 2,4	29,8 ± 4,6	16,8 ± 1,6	24,1 ± 3,5	15,0 ± 3,0	41,7 ± 6,3
´719´	28,7 ± 1,5	23,4 ± 4,2	14,6 ± 1,5	21,0 ± 7,1	14,0 ± 3,0	27,2 ± 6,2
´Black Republican´	32,2 ± 2,2	31,7 ± 3,7	18,0 ± 1,6	22,1 ± 3,8	13,8 ± 2,9	34,4 ± 8,9
´Somerset´	29,0 ± 1,5	26,3 ± 3,9	14,8 ± 1,5	32,7 ± 4,4	19,5 ± 2,3	47,8 ± 10,3
´SHG´	29,2 ± 1,9	24,7 ± 4,2	15,4 ± 1,9	29,4 ± 5,3	16,7 ± 2,7	47,1 ± 7,8
´Rainier´	52,1 ± 8,7	24,2 ± 4,6	50,5 ± 21,2	33,9 ± 3,9	16,7 ± 2,1	66,2 ± 6,1
´NY7690´	32,3 ± 2,6	29,5 ± 4,5	18,0 ± 2,0	25,9 ± 3,8	16,6 ± 2,3	39,1 ± 8,1
´Karina´	28,9 ± 2,2	23,3 ± 5,9	14,7 ± 1,9	26,5 ± 6,2	16,9 ± 3,2	41,2 ± 13,7
´Lapins´	33,3 ± 3,1	32,2 ± 3,7	18,6 ± 1,9	28,3 ± 3,5	19,2 ± 3,2	39,8 ± 9,8
´H12P13´	28,0 ± 1,2	19,0 ± 3,7	13,6 ± 1,8	23,4 ± 2,7	13,1 ± 2,0	40,1 ± 8,2
´H21P18´	40,9 ± 7,1	35,1 ± 4,0	23,9 ± 8,0	37,5 ± 4,1	19,1 ± 1,2	70,6 ± 7,0
´H23P2´	29,6 ± 2,6	25,8 ± 5,6	14,6 ± 2,0	22,3 ± 2,8	16,6 ± 2,9	29,2 ± 4,9
´Van Compact´	28,5 ± 3,0	21,9 ± 4,8	14,4 ± 2,2	20,2 ± 3,8	12,9 ± 3,4	26,8 ± 3,9
´Newstar´	27,4 ± 1,9	18,5 ± 4,3	15,3 ± 8,3	19,0 ± 3,3	12,6 ± 3,9	22,5 ± 4,2
´Stella´	28,7 ± 1,8	25,7 ± 3,8	15,2 ± 1,4	23,1 ± 2,5	18,4 ± 2,8	21,4 ± 1,8
´Summit´	32,1 ± 3,7	28,6 ± 5,3	17,4 ± 2,2	27,1 ± 3,8	20,4 ± 2,9	29,2 ± 5,6
´Schmidt´	26,1 ± 1,4	16,4 ± 3,0	13,0 ± 1,6	22,4 ± 3,4	13,1 ± 2,2	33,9 ± 7,9
´Kordia´	26,2 ± 1,2	16,3 ± 4,5	11,4 ± 2,2	22,8 ± 5,8	16,0 ± 4,3	28,2 ± 5,6
´Hedelfingen´	33,8 ± 3,9	32,9 ± 3,6	17,9 ± 2,0	23,4 ± 4,0	15,9 ± 2,3	30,6 ± 6,2
´Schneider´	30,6 ± 3,2	26,5 ± 5,9	16,1 ± 2,6	31,9 ± 4,2	18,2 ± 2,4	47,2 ± 10,8
´Van´	26,1 ± 1,7	14,6 ± 5,3	11,2 ± 2,1	17,0 ± 2,3	9,0 ± 2,7	26,1 ± 3,2
´Napoleón´	58,5 ± 6,1	25,0 ± 3,8	57,2 ± 18,5	31,2 ± 2,5	15,7 ± 1,7	63,0 ± 3,6
´Regina´	37,0 ± 3,6	33,7 ± 2,5	21,0 ± 2,3	27,3 ± 2,2	17,2 ± 1,5	42,9 ± 6,8
´Vanda´	25,7 ± 1,4	16,3 ± 4,1	11,7 ± 1,8	21,7 ± 1,6	15,6 ± 1,9	28,0 ± 2,3

Valores representan promedios ± desviación estándar (D.E)

### APENDICE III

Cuadro 1. Fuerza máxima obtenida en la prueba de compresión en 31 accesiones de cerezo, evaluado en la madurez de cosecha y después de 7 días en almacenamiento a 20°C.

Nombre Accesoión	Fuerza máxima	
	Momento cosecha	Tras 7 días a 20°C
	N	
'210'	2,02 ± 0,48	1,87 ± 0,40
'H18P50'	6,43 ± 0,92	5,00 ± 0,74
'H28P12'	6,46 ± 0,65	5,62 ± 0,63
'H25P43'	4,32 ± 0,72	4,33 ± 0,56
'Brooks'	3,23 ± 0,29	3,90 ± 0,76
'Tulare'	3,80 ± 0,35	4,13 ± 0,57
'Black Tartarian'	1,44 ± 0,30	2,11 ± 0,34
'Hartland'	3,67 ± 0,36	3,24 ± 0,47
'719'	3,51 ± 0,30	3,49 ± 0,52
'Black Republican'	3,50 ± 0,43	4,28 ± 0,66
'Somerset'	4,38 ± 0,50	4,10 ± 0,39
'Stark Hardy Giant'	3,34 ± 0,54	2,83 ± 0,60
'Rainier'	3,14 ± 0,40	3,28 ± 0,43
'NY7690'	4,34 ± 0,42	4,14 ± 0,59
'Karina'	4,11 ± 0,52	4,34 ± 0,59
'Lapins'	3,95 ± 0,40	3,76 ± 0,57
'H12P13'	2,88 ± 0,68	3,43 ± 0,42
'H21P18'	3,61 ± 0,35	4,39 ± 0,43
'H23P2'	3,86 ± 0,67	2,96 ± 0,60
'Van compact'	4,17 ± 0,51	4,18 ± 0,72
'Newstar'	3,05 ± 0,47	3,24 ± 0,56
'Stella'	3,96 ± 0,45	4,01 ± 0,49
'Summit'	3,62 ± 0,31	3,59 ± 0,33
'Schmidt'	2,62 ± 0,30	3,25 ± 0,38
'Kordia'	4,75 ± 0,56	4,11 ± 0,40
'Hedelfingen'	3,57 ± 0,54	2,86 ± 0,65
'Schneider'	3,61 ± 0,50	3,81 ± 0,44
'Van'	3,51 ± 0,65	3,43 ± 0,71
'Napoleón'	2,49 ± 0,39	3,27 ± 0,52
'Regina'	4,40 ± 0,46	4,47 ± 0,58
'Vanda'	3,09 ± 0,32	3,58 ± 0,32

Valores representan promedios ± desviación estándar (D.E)

## APÉNDICE IV

Cuadro 1. Fuerza máxima, área fuerza máxima, módulo de rigidez, n° *peaks*, área total, fuerza final y distancia lineal, obtenidos en la prueba de punción, en 31 accesiones de cerezo, evaluado en la madurez de cosecha.

Nombre Accesoión	Fuerza máxima (N)	Área fuerza máxima (N.mm)	Módulo de rigidez (N/mm)	N° <i>peaks</i>	Área total (N.mm)	Fuerza final (N)	Distancia lineal (N.mm)
'210'	1,95 ± 0,36	3,59 ± 1,11	1,14 ± 2,49	0,92 ± 0,70	5,28 ± 1,16	0,22 ± 0,12	5,77 ± 1,13
'H18P50'	4,75 ± 0,81	6,27 ± 1,53	1,83 ± 0,24	2,48 ± 1,05	12,78 ± 2,11	0,90 ± 0,15	8,78 ± 0,55
'H28P12'	5,00 ± 0,58	6,70 ± 1,32	1,93 ± 0,20	1,54 ± 0,78	12,75 ± 3,13	0,96 ± 0,24	8,73 ± 0,60
'H25P43'	3,85 ± 0,50	6,50 ± 1,93	1,19 ± 0,18	1,28 ± 0,61	11,41 ± 1,39	0,87 ± 0,23	7,14 ± 0,39
'Brooks'	3,16 ± 0,57	6,13 ± 1,98	0,92 ± 0,08	1,16 ± 0,69	8,70 ± 1,73	0,40 ± 0,08	6,71 ± 0,31
'Tulare'	3,77 ± 0,34	7,28 ± 1,46	1,10 ± 0,10	0,63 ± 0,58	9,43 ± 2,19	0,59 ± 0,26	7,51 ± 0,31
'Black Tartarian'	1,98 ± 0,33	4,69 ± 0,98	0,48 ± 0,07	0,04 ± 0,20	5,00 ± 0,87	0,92 ± 0,86	1,30 ± 1,04
'Hartland'	3,68 ± 0,45	7,24 ± 1,33	1,02 ± 0,10	0,76 ± 0,77	9,26 ± 1,21	0,36 ± 0,06	7,27 ± 0,40
'719'	3,47 ± 0,43	7,18 ± 1,52	0,95 ± 0,10	0,96 ± 0,91	8,95 ± 2,30	0,41 ± 0,18	6,98 ± 0,39
'Black Republican'	4,08 ± 0,82	7,90 ± 1,60	1,15 ± 0,23	0,12 ± 0,33	8,97 ± 1,91	0,38 ± 0,11	4,69 ± 0,66
'Somerset'	3,27 ± 0,37	6,29 ± 1,51	1,08 ± 0,17	0,65 ± 0,71	7,97 ± 2,65	0,83 ± 0,60	7,66 ± 0,51
'SHG'	2,85 ± 0,51	5,28 ± 1,65	0,93 ± 0,15	0,52 ± 0,65	7,30 ± 1,30	0,40 ± 0,14	6,93 ± 0,37
'Rainier'	2,88 ± 0,31	5,59 ± 0,91	0,87 ± 0,11	0,36 ± 0,57	7,47 ± 0,69	0,35 ± 0,09	6,70 ± 0,41
'NY7690'	3,17 ± 0,40	5,27 ± 1,20	1,14 ± 0,16	1,08 ± 0,76	7,87 ± 0,98	0,46 ± 0,11	7,60 ± 0,34
'Karina'	3,50 ± 0,45	6,03 ± 1,12	1,16 ± 0,16	1,16 ± 0,80	8,57 ± 1,20	0,41 ± 0,06	7,67 ± 0,39
'Lapins'	3,44 ± 0,42	6,39 ± 1,32	1,07 ± 0,13	0,88 ± 0,73	8,84 ± 1,20	0,63 ± 0,81	7,58 ± 0,75
'H12P13'	2,60 ± 0,38	4,64 ± 1,26	0,86 ± 0,21	1,08 ± 0,86	6,92 ± 0,89	0,45 ± 0,16	6,74 ± 0,61
'H21P18'	3,05 ± 0,37	6,02 ± 1,40	0,93 ± 0,11	0,56 ± 0,58	8,08 ± 1,13	0,46 ± 0,24	6,99 ± 0,37
'H23P2'	4,00 ± 0,66	8,19 ± 1,68	1,10 ± 0,23	1,48 ± 0,87	10,81 ± 1,60	0,47 ± 0,11	7,60 ± 0,80
'Van Compact'	2,76 ± 0,34	4,17 ± 0,78	1,09 ± 0,18	1,48 ± 0,77	6,84 ± 0,92	0,37 ± 0,08	7,34 ± 0,37
'Newstar'	2,37 ± 0,34	3,96 ± 1,09	0,86 ± 0,12	1,36 ± 0,70	6,15 ± 0,97	0,32 ± 0,08	6,76 ± 0,38
'Stella'	2,96 ± 0,39	4,65 ± 1,22	1,09 ± 0,10	1,20 ± 0,82	7,72 ± 0,92	0,38 ± 0,06	7,34 ± 0,35
'Summit'	2,76 ± 0,33	4,63 ± 0,83	0,95 ± 0,08	1,56 ± 0,96	7,17 ± 0,90	0,35 ± 0,05	7,08 ± 0,28
'Schmidt'	3,05 ± 0,32	6,63 ± 1,33	0,80 ± 0,06	0,40 ± 0,58	8,59 ± 1,13	0,41 ± 0,15	6,35 ± 0,29
'Kordia'	3,83 ± 0,48	6,93 ± 1,49	1,21 ± 0,13	1,04 ± 0,75	9,09 ± 2,33	0,41 ± 0,09	7,83 ± 0,47
'Hedelfingen'	4,19 ± 0,86	8,71 ± 2,40	1,08 ± 0,18	0,32 ± 0,56	10,93 ± 2,53	0,55 ± 0,18	7,45 ± 0,66
'Schneider'	3,51 ± 0,50	6,25 ± 1,76	1,09 ± 0,11	0,35 ± 0,49	9,20 ± 1,06	0,45 ± 0,15	7,20 ± 0,34
'Van'	2,59 ± 0,42	4,17 ± 1,19	0,97 ± 0,19	0,80 ± 0,65	6,29 ± 1,08	0,30 ± 0,06	7,04 ± 0,48
'Napoleón'	3,02 ± 0,37	7,42 ± 1,66	0,71 ± 0,09	0,13 ± 0,45	8,26 ± 2,15	0,40 ± 0,20	6,03 ± 0,44
'Regina'	3,99 ± 0,61	6,72 ± 1,84	1,28 ± 0,14	0,28 ± 0,54	10,44 ± 1,49	0,81 ± 0,31	7,76 ± 0,45
'Vanda'	2,89 ± 0,25	5,73 ± 0,87	0,85 ± 0,08	0,68 ± 0,69	7,64 ± 0,77	0,32 ± 0,08	6,69 ± 0,35

Valores representan promedios ± desviación estándar (D.E)

Cuadro 2. Fuerza máxima, área fuerza máxima, módulo de rigidez, n° *peaks*, área total, fuerza final y distancia lineal, obtenidos en la prueba de punción, en 31 accesiones de cerezo, después de 7 días de almacenamiento a 20°C.

Nombre Accesión	Fuerza máxima (N)	Área fuerza máxima (N.mm)	Módulo de rigidez (N/mm)	N° <i>peaks</i>	Área total (N.mm)	Fuerza final (N)	Distancia lineal (N.mm)
‘210’	1,58 ± 0,26	2,87 ± 1,00	0,53 ± 0,07	1,08 ± 0,64	4,65 ± 0,63	0,29 ± 0,06	5,63 ± 0,58
‘H18P50’	4,50 ± 0,78	7,18 ± 2,70	1,56 ± 0,26	1,56 ± 1,00	10,53 ± 2,09	0,58 ± 0,18	8,82 ± 0,52
‘H28P12’	5,16 ± 0,95	7,95 ± 2,55	1,81 ± 0,25	1,00 ± 0,65	12,73 ± 2,49	0,81 ± 0,29	9,04 ± 0,72
‘H25P43’	3,87 ± 0,38	6,48 ± 1,27	1,27 ± 0,16	1,60 ± 0,65	9,83 ± 0,91	0,61 ± 0,11	7,96 ± 0,41
‘Brooks’	3,18 ± 0,62	5,28 ± 1,17	1,08 ± 0,25	1,48 ± 0,77	7,78 ± 1,29	0,44 ± 0,09	7,50 ± 0,65
‘Tulare’	3,82 ± 0,54	7,65 ± 1,54	1,11 ± 0,13	0,72 ± 0,74	9,78 ± 1,40	0,55 ± 0,15	7,76 ± 0,40
‘Black Tartarian’	2,12 ± 0,46	3,77 ± 1,30	0,69 ± 0,09	0,36 ± 0,49	4,47 ± 1,16	0,26 ± 0,09	3,35 ± 0,45
‘Hartland’	3,34 ± 0,39	6,64 ± 1,54	0,97 ± 0,12	0,68 ± 0,94	8,22 ± 1,19	0,37 ± 0,10	7,23 ± 0,34
‘719’	3,32 ± 0,45	6,33 ± 1,27	1,00 ± 0,11	0,96 ± 0,68	8,24 ± 1,13	0,39 ± 0,15	7,34 ± 0,41
‘Black Republican’	4,48 ± 0,79	7,79 ± 1,65	1,43 ± 0,30	0,08 ± 0,28	9,09 ± 1,66	0,39 ± 0,13	5,45 ± 0,83
‘Somerset’	3,02 ± 0,42	4,81 ± 1,52	1,16 ± 0,23	0,74 ± 0,92	7,30 ± 2,38	0,70 ± 0,45	7,46 ± 0,43
‘SHG’	2,72 ± 0,52	5,41 ± 1,47	0,81 ± 0,14	0,67 ± 0,70	6,61 ± 1,86	0,29 ± 0,07	6,64 ± 0,54
‘Rainier’	3,02 ± 0,37	5,74 ± 1,17	0,91 ± 0,11	0,80 ± 0,58	7,69 ± 1,02	0,35 ± 0,07	6,90 ± 0,40
‘NY7690’	3,31 ± 0,41	5,27 ± 1,15	1,21 ± 0,21	0,75 ± 0,79	7,34 ± 1,75	0,43 ± 0,11	7,81 ± 0,46
‘Karina’	3,46 ± 0,48	5,83 ± 1,37	1,19 ± 0,18	1,56 ± 0,87	8,02 ± 1,05	0,38 ± 0,07	7,93 ± 0,52
‘Lapins’	3,68 ± 0,49	7,46 ± 1,64	1,04 ± 0,14	0,84 ± 0,69	9,57 ± 1,27	0,51 ± 0,47	7,50 ± 0,59
‘H12P13’	2,78 ± 0,40	4,35 ± 0,86	1,01 ± 0,15	1,79 ± 0,93	6,73 ± 1,66	0,50 ± 0,12	7,38 ± 0,45
‘H21P18’	3,37 ± 0,25	6,12 ± 0,90	1,08 ± 0,13	0,48 ± 0,51	8,30 ± 0,66	0,48 ± 0,15	7,43 ± 0,27
‘H23P2’	3,80 ± 0,51	8,11 ± 1,89	1,00 ± 0,14	1,24 ± 0,78	10,07 ± 1,48	0,42 ± 0,07	7,36 ± 0,54
‘Van Compact’	3,06 ± 0,33	4,91 ± 1,12	1,13 ± 0,22	1,60 ± 1,04	7,25 ± 0,80	0,41 ± 0,11	7,68 ± 0,39
‘Newstar’	2,55 ± 0,32	4,00 ± 0,80	0,95 ± 0,14	1,36 ± 0,86	6,07 ± 0,68	0,33 ± 0,05	7,24 ± 0,45
‘Stella’	3,08 ± 0,30	4,57 ± 1,01	1,18 ± 0,13	1,16 ± 0,75	7,51 ± 0,66	0,46 ± 0,10	7,64 ± 0,35
‘Summit’	2,69 ± 0,34	4,61 ± 1,07	0,92 ± 0,09	1,16 ± 0,69	7,02 ± 0,76	0,35 ± 0,05	6,93 ± 0,42
‘Schmidt’	3,00 ± 0,33	5,56 ± 1,06	0,92 ± 0,09	1,33 ± 0,76	7,53 ± 1,79	0,44 ± 0,07	6,96 ± 0,34
‘Kordia’	3,56 ± 0,45	6,68 ± 1,60	1,08 ± 0,09	0,76 ± 0,52	8,77 ± 1,07	0,39 ± 0,10	7,44 ± 0,32
‘Hedelfingen’	4,15 ± 0,62	8,83 ± 1,65	1,01 ± 0,17	0,00 ± 0,00	9,37 ± 1,50	0,70 ± 1,20	3,87 ± 1,53
‘Schneider’	3,49 ± 0,39	6,58 ± 1,17	1,03 ± 0,09	0,40 ± 0,75	8,58 ± 1,00	0,47 ± 0,19	7,35 ± 0,37
‘Van’	2,74 ± 0,51	4,66 ± 1,36	0,96 ± 0,21	0,79 ± 0,83	6,57 ± 1,24	0,34 ± 0,15	7,21 ± 0,65
‘Napoleón’	3,51 ± 0,53	7,56 ± 2,00	0,92 ± 0,11	0,63 ± 0,82	8,89 ± 2,53	0,43 ± 0,18	6,99 ± 0,51
‘Regina’	4,22 ± 0,60	8,58 ± 1,95	1,16 ± 0,11	0,29 ± 0,46	10,64 ± 2,75	0,74 ± 0,36	7,78 ± 0,54
‘Vanda’	2,82 ± 0,40	5,19 ± 1,21	0,91 ± 0,10	1,04 ± 1,06	7,14 ± 0,94	0,37 ± 0,07	7,05 ± 0,30

Valores representan promedios ± desviación estándar (D. E).

## APÉNDICE V

Cuadro 1. Matriz de correlaciones para parámetros de color en 31 accesiones de cerezo, evaluados en la madurez de cosecha.

	L* piel	Croma piel	Hue piel	L* pulpa	Croma pulpa	Hue pulpa
L* piel	1,00					
Croma piel	0,49	1,00				
Hue piel	0,96	0,27	1,00			
L* pulpa	0,29	0,38	0,20	1,00		
Croma pulpa	0,34	0,65	0,24	0,29	1,00	
Hue pulpa	0,77	0,57	0,66	0,51	0,45	1,00

Cuadro 2. Matriz de correlaciones para parámetros de textura en 31 accesiones de cerezo, evaluados en la madurez de cosecha.

	Distancia lineal	Fza. final	Área total	N° <i>peaks</i>	Módulo de rigidez	Fza. máx. (Compr.)	Fza. máx.	Área Fza. máx.
Distancia lineal	1,00							
Fza. final	0,05	1,00						
Área total	0,59	0,55	1,00					
N° <i>peaks</i>	0,55	0,13	0,32	1,00				
Módulo de rigidez	0,67	0,46	0,74	0,59	1,00			
Fza. máx. (Compr.)	0,77	0,49	0,75	0,62	0,91	1,00		
Fza. máx.	0,57	0,51	0,96	0,26	0,77	0,80	1,00	
Área Fza. máx.	0,21	0,26	0,73	-0,24	0,22	0,27	0,76	1,00

Cuadro 3. Matriz de correlaciones para parámetros de textura en 31 accesiones de cerezo, después de 7 días de almacenamiento a 20°C.

	Distancia lineal	Fza. final	Área total	N° <i>peaks</i>	Módulo de rigidez	Fza. máx. (Compr.)	Fza. máx.	Área Fza. máx.
Distancia lineal	1,00							
Fza. final	0,34	1,00						
Área total	0,50	0,74	1,00					
N° <i>peaks</i>	0,53	-0,11	-0,09	1,00				
Módulo de rigidez	0,58	0,67	0,77	0,11	1,00			
Fza. máx. (Compr.)	0,73	0,62	0,71	0,16	0,92	1,00		
Fza. máx.	0,38	0,72	0,96	-0,19	0,85	0,74	1,00	
Área Fza. máx.	0,16	0,59	0,89	-0,40	0,51	0,43	0,89	1,00

## APÉNDICE VI

Cuadro 1. Caracterización genotípica utilizando 13 marcadores moleculares del tipo SSR en 31 accesiones de cerezo.

Accesión	Marcadores moleculares tipo SSR													Color de fruto	
	EMPas12	UDP98-412	CPPCT022	EMPas02	EMPas002	CPPCT006	BPPCT037	EMPas01	Tamaño de fruto		Compatibilidad		S-Locus		PavRf
									CPSC038	BPPCT034	F-BOX	PaConSI			
´210´	138:148	119:121	246:254	141:144	111:111	188:188	142:142	154:188	191:191	223:255	189:189	357:380	S1S9	368:368	
´H18P50´	146:148	113:121	254:254	141:144	109:111	188:188	136:140	154:154	191:191	257:257	189:202	234:380	S1S3	368:370	
´H28P12´	146:148	113:121	254:254	144:144	109:111	188:204	140:142	154:154	191:203	233:257	189:202	234:380	S1S3	370:374	
´H25P43´	138:148	113:119	254:254	141:144	109:111	188:204	140:142	154:154	191:191	257:257	189:189	357:451	S4S9	368:368	
´Brooks´	146:148	119:121	246:254	141:144	109:111	188:188	140:142	154:154	191:191	223:257	189:189	357:380	S1S9	368:370	
´Tulare´	146:146	121:121	254:254	141:144	109:111	188:188	142:142	154:154	191:203	233:257	189:189	380:451	S1S4	370:371	
´B. Tartarian´	138:138	121:127	246:254	144:149	109:111	186:200	142:146	154:168	191:203	225:233	189:189	345:380	S1S2	371:371	
´Hartland´	138:146	119:121	246:254	141:150	109:111	186:188	140:142	154:168	191:191	257:257	180:202	234:443	S4S6	368:374	
´719´	140:146	119:121	246:254	146:149	109:109	188:188	142:146	154:168	191:191	257:257	180:189	380:443	S1S6	368:371	
´B. Republ´	140:146	121:121	254:254	144:149	109:111	188:188	142:146	154:154	191:203	225:233	189:189	380:451	S1S4	370:371	
´Somerset´	138:146	113:121	254:254	144:150	109:111	188:204	136:142	154:154	191:203	233:257	189:202	234:451	S3S4	368:370	
´SHG´	138:146	121:121	246:254	144:150	111:111	186:188	136:142	154:154	191:191	257:257	189:189	345:380	S1S2	368:370	
´Rainier´	146:146	121:121	254:254	144:144	109:109	188:204	140:142	154:154	191:203	233:257	189:189	380:451	S1S4	370:370	
´NY7690´	146:146	113:121	254:254	144:149	109:111	188:188	142:142	154:154	191:203	233:257	189:202	234:380	S1S3	370:371	
´Karina´	146:146	113:119	246:254	144:152	-	188:188	142:146	154:168	191:191	257:257	180:202	234:443	S4S6	368:371	
´Lapins´	146:146	121:121	246:254	144:144	109:111	188:188	142:146	154:154	203:203	233:257	189:189	380:451	S1S4	370:371	
´H12P13´	146:146	121:121	254:254	144:144	109:111	188:188	142:142	154:154	191:191	257:257	189:202	234:451	S3S4	370:371	
´H21P18´	138:146	113:121	254:256	144:152	109:111	188:200	140:142	154:154	191:191	233:257	191:191	380:457	S1S13	370:370	
´H23P2´	146:148	119:121	254:254	144:146	109:109	188:188	142:146	154:154	191:191	223:257	180:189	443:451	S4S6	368:374	

ˆVan Compactˆ	146:146	113:121	254:254	144:149	109:111	188:188	142:142	154:154	191:203	233:257	189:202	234:380	S1S3	370:371
ˆNewstarˆ	146:148	113:121	246:254	144:144	109:111	188:188	140:142	154:154	191:191	223:257	189:202	234:451	S3S4	370:374
ˆStellaˆ	146:148	121:121	246:254	144:152	109:111	188:202	140:146	154:164	191:203	223:233	189:202	234:451	S3S4	370:374
ˆSummitˆ	138:146	121:121	246:254	144:144	109:111	188:188	142:146	154:154	191:191	257:257	189:189	345:380	S1S2	368:370
ˆSchmidtˆ	138:146	121:127	246:254	150:152	109:111	186:204	136:152	154:154	191:193	243:257	189:189	345:451	S2S4	368:370
ˆKordiaˆ	140:146	119:121	246:246	146:152	109:111	188:188	140:146	168:168	191:191	257:257	180:202	234:443	S3S6	368:368
ˆHedelfingenˆ	140:140	101:121	246:256	144:146	109:111	186:204	146:152	154:164	191:203	233:257	190:202	234:396	S3S19	370:374
ˆSchneiderˆ	140:146	121:127	246:246	144:152	109:111	188:204	142:146	154:168	191:191	257:259	185:202	234:346	S3S12	368:370
ˆVanˆ	146:146	113:121	254:254	144:149	109:111	188:188	142:142	154:154	191:203	233:257	189:202	234:380	S1S3	370:371
ˆNapoleónˆ	140:140	121:121	254:256	144:146	109:111	188:204	140:146	154:154	191:203	233:257	189:202	234:451	S3S4	370:370
ˆReginaˆ	138:146	121:121	246:258	144:149	111:111	200:204	140:146	164:168	191:203	223:257	189:202	234:380	S1S3	370:371
ˆVandaˆ	138:146	121:121	246:258	149:152	109:111	188:200	140:146	164:168	191:203	233:257	189:202	234:451	S3S4	370:371

## APÉNDICE VII

	'Napoleón'	'Somerset'	'Van'	B. Rep.'	'Schmidt'	'Rainier'	'Lapins'	'Tulare'	'Schneider'	'210'	'Brooks'	'Summit'	'Kordia'	'Stella'	'719'	Hedelf.'	V. Compact'	B. Tartarian'	'Hartland'	'NY7690'	'Vanda'	'Karina'	'Regina'	'New star'	SHG'	'H12P13'	'H18P50'	'H23P2'	'H25P43'	'H21P18'	'H28P12'	
'Somerset'	0,292	-																														
'Van'	0,375	<b>0,208</b>	-																													
B.Republican'	0,333	0,333	0,250	-																												
'Schmidt'	0,542	0,375	0,583	0,542	-																											
'Rainier'	0,333	0,292	0,292	0,250	0,500	-																										
'Lapins'	0,375	0,375	0,292	<b>0,208</b>	0,500	<b>0,208</b>	-																									
'Tulare'	0,375	0,292	<b>0,167</b>	<b>0,167</b>	0,500	<b>0,167</b>	<b>0,167</b>	-																								
'Schneider'	0,458	0,458	0,500	0,542	0,542	0,583	0,542	0,583	-																							
'210'	0,667	0,583	0,500	0,500	0,625	0,583	0,500	0,417	0,625	-																						
'Brooks'	0,500	0,458	0,375	0,375	0,500	0,375	0,333	0,292	0,500	<b>0,208</b>	-																					
'Summit'	0,458	0,417	0,375	0,292	0,417	0,333	<b>0,208</b>	0,292	0,458	0,375	0,250	-																				
'Kordia'	0,500	0,625	0,583	0,625	0,667	<b>0,708</b>	0,625	0,667	0,333	0,667	0,500	0,500	-																			
'Stella'	0,292	0,375	0,417	0,375	0,542	0,417	0,375	0,417	0,458	0,542	0,417	0,458	0,500	-																		
'719'	0,542	0,583	0,458	0,417	0,625	0,500	0,458	0,500	0,458	0,500	0,375	0,333	0,292	0,583	-																	
'Hedelfingen'	0,292	0,500	0,542	0,583	0,583	0,625	0,583	0,625	0,458	<b>0,750</b>	0,667	0,625	0,542	0,458	0,625	-																
'Van Compact'	0,375	<b>0,208</b>	-	0,250	0,583	0,292	0,292	<b>0,167</b>	0,500	0,500	0,375	0,375	0,583	0,417	0,458	0,542	-															
B. Tartarian'	0,542	0,500	0,458	0,333	0,458	0,500	0,417	0,458	0,542	0,500	0,500	0,375	<b>0,708</b>	0,500	0,500	0,542	0,458	-														
'Hartland'	0,542	0,417	0,500	0,625	0,500	0,583	0,583	0,542	0,417	0,500	0,375	0,417	0,292	0,500	0,333	0,583	0,500	0,542	-													
'NY7690'	0,375	<b>0,208</b>	-	0,250	0,583	0,292	0,292	<b>0,167</b>	0,500	0,500	0,375	0,375	0,583	0,417	0,458	0,542	-	0,458	0,500	-												
'Vanda'	0,375	0,417	0,458	0,458	0,542	0,500	0,458	0,500	0,458	<b>0,708</b>	0,583	0,500	0,417	0,250	0,542	0,500	0,458	0,458	0,458	0,458	-											
'Karina'	0,542	0,458	0,375	0,542	0,625	0,583	0,458	0,500	0,333	0,542	0,417	0,375	0,250	0,458	0,292	0,583	0,375	0,583	0,250	0,375	0,500	-										
'Regina'	0,458	0,500	0,500	0,542	0,625	0,542	0,542	0,583	0,500	0,583	0,542	0,500	0,542	0,375	0,583	0,500	0,500	0,458	0,542	0,500	<b>0,208</b>	0,583	-									
'New star'	0,375	0,292	0,292	0,417	0,500	0,375	0,333	0,375	0,417	0,417	<b>0,208</b>	0,292	0,458	0,292	0,458	0,583	0,292	0,583	0,375	0,292	0,458	0,333	0,500	-								
SHG'	0,542	0,375	0,458	0,417	0,333	0,417	0,375	0,375	0,542	0,375	0,333	<b>0,167</b>	0,625	0,542	0,458	0,667	0,458	0,417	0,375	0,458	0,583	0,500	0,500	0,417	-							
'H12P13'	0,375	0,292	<b>0,208</b>	0,333	0,542	0,292	0,292	<b>0,208</b>	0,458	0,500	0,375	0,250	0,500	0,417	0,458	0,625	<b>0,208</b>	0,625	0,417	<b>0,208</b>	0,500	0,333	0,583	<b>0,208</b>	0,375	-						
'H18P50'	0,417	0,292	0,250	0,417	0,542	0,417	0,458	0,333	0,500	0,458	0,250	0,333	0,458	0,417	0,458	0,625	0,250	0,625	0,375	0,250	0,542	0,375	0,542	0,542	0,375	0,250	-					
'H23P2'	0,458	0,417	0,417	0,375	0,583	0,375	0,417	0,375	0,542	0,458	0,292	0,375	0,458	0,458	0,250	0,667	0,417	0,625	0,458	0,417	0,625	0,375	0,667	0,292	0,500	0,333	0,375	-				
'H25P43'	0,458	0,333	0,458	0,458	0,500	0,375	0,500	0,375	0,583	0,375	0,250	0,375	0,625	0,542	0,542	<b>0,708</b>	0,458	0,583	0,417	0,458	0,625	0,458	0,667	0,333	0,417	0,375	0,292	0,375	-			
'H21P18'	0,458	0,375	0,375	0,458	0,542	0,417	0,458	0,417	0,500	0,542	0,375	0,375	0,583	0,500	0,542	0,625	0,375	0,500	0,458	0,375	0,500	0,458	0,583	0,375	0,417	0,458	0,375	0,500	0,417	-		
'H28P12'	0,292	<b>0,167</b>	<b>0,167</b>	0,333	0,542	<b>0,208</b>	0,333	0,292	0,458	0,542	0,333	0,375	0,583	0,333	0,542	0,500	<b>0,167</b>	0,500	0,458	<b>0,167</b>	0,458	0,458	0,458	<b>0,208</b>	0,458	0,292	<b>0,208</b>	0,417	0,333	0,333		

Figura 1. Matriz diagonal de distancias genéticas entre las 31 accesiones de cerezo analizadas; en rojo se destacan las accesiones más distantes y en verde, las menos distantes.

**APÉNDICE VIII**

Figura 1. Contraste entre estadios fenológicos, en un huerto de accesiones de cerezo, localizado en Buin.

## APÉNDICE IX

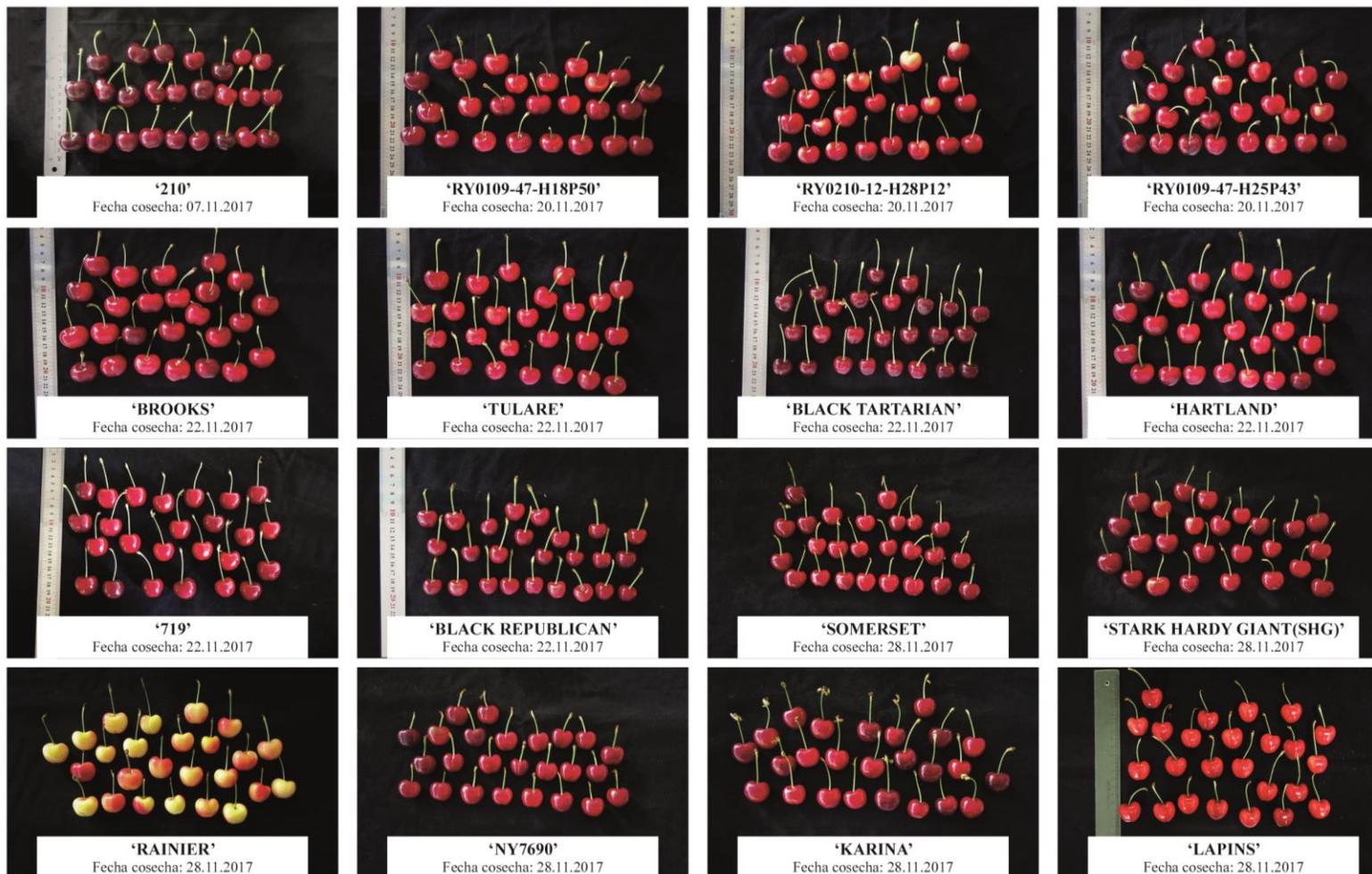
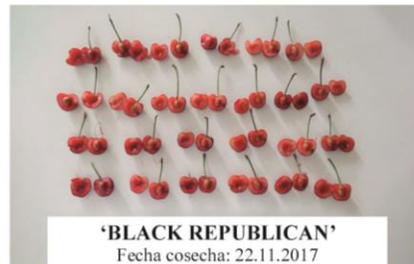




Figura 1. Apariencia externa de 31 accesiones de cerezo, en el momento de cosecha. Autoría propia.



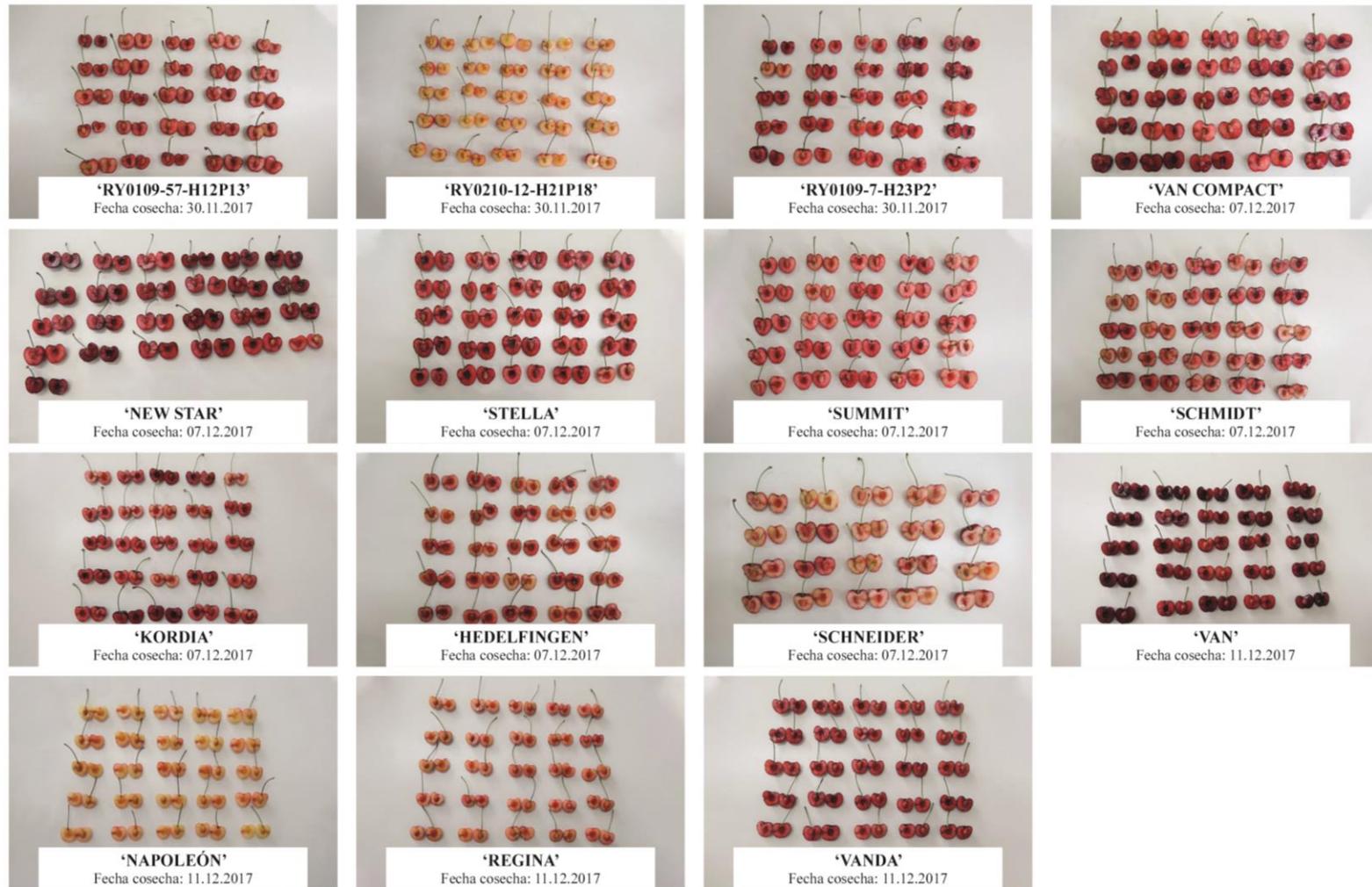


Figura 2. Apariencia interna de 31 accesiones de cerezo, en el momento de cosecha. Autoría propia.