

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**MANEJO DE LA MADURACIÓN EN LA VARIEDAD 'GALA BAIGENT®'
(BROOKFIELD®) EN PRE Y POS-COSECHA**

por

Lucía Patricia BENTANCOR DE LEÓN

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2018**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. MSc. Vivian Severino Ferrer

Ing. Agr. MSc. Danilo Cabrera Bologna

Ing. Agr. Dra. Ana Cecilia Silveira Gómez

Fecha:

17 de diciembre de 2018

Autora:

Lucía Patricia Bentancor de León

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a los que están y ya no están, pero muy en especial a mis padres, por siempre haberme brindado su apoyo incondicional en este camino, y ayudarme a lograr este objetivo.

A mi novio, y a mis amigos, en especial a los que hice en facultad, por haberme acompañado día a día, y hacerme esta carrera más disfrutable de lo que lo es aún, habría sido muy difícil lograrlo sin ellos.

A Martín Achard, por todas sus tantas enseñanzas y aportes para poder llevar a cabo el presente trabajo.

A Vivian Severino, por los aportes y correcciones brindadas en este trabajo, y al equipo de INIA Las Brujas, en especial a Danilo Cabrera, por haberme ayudado y permitido realizar este trabajo

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGÍNA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	 3
2.1. EL CULTIVO DE MANZANOS A NIVEL MUNDIAL.....	3
2.2. PRODUCCIÓN DE MANZANOS EN EL URUGUAY	4
2.2.1. <u>Fecha de cosecha de los cultivares de manzanas</u>	8
2.2.2. <u>Comercialización de las manzanas</u>	9
2.3. GENERALIDADES DE LAS MANZANAS.....	9
2.3.1. <u>Grupo 'Gala'</u>	10
2.3.2. Gala Baigent® (Brookfield®).....	11
2.4. CRECIMIENTO DE LAS MANZANAS.....	11
2.5. MADURACIÓN.....	13
2.5.1. <u>Frutos climatéricos y no climatéricos</u>	14
2.5.2. <u>Regulación de la maduración en frutos climatéricos</u> ..	15
2.5.2.1. Biosíntesis del etileno.....	16
2.5.3. <u>Maduración de las manzanas</u>	18
2.5.3.1. Cambios en el sabor.....	28
2.5.3.2. Cambios en el aroma.....	19
2.5.3.3. Cambios de color.....	19
2.5.3.4. Firmeza de pulpa.....	22
2.6. ÍNDICES DE MADUREZ.....	23
2.6.1. <u>Índices cronológicos</u>	24
2.6.2. <u>Índices físicos</u>	24
2.6.3. <u>Índices químicos</u>	26
2.6.4. <u>Determinación de la fecha de cosecha</u>	28
2.7. CONSERVACIÓN.....	29
2.8. AVG.....	30
2.9. 1-MCP.....	34
 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	 37
3.1. MATERIAL VEGETAL.....	37
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	37
3.2.1. <u>Pre-cosecha</u>	37
3.2.2. <u>Pos-cosecha</u>	38
3.3. VARIABLES EVALUADAS.....	39

3.2.1. <u>Pre-cosecha</u>	39
3.2.2. <u>Cosecha</u>	40
3.2.3. <u>Pos-cosecha</u>	40
3.3. <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	40
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	42
4.1. <u>PRE-COSECHA</u>	42
4.1.1. <u>Evolución de la degradación de almidón</u>	42
4.1.2. <u>Evolución de la firmeza de pulpa</u>	44
4.1.3. <u>Evolución del contenido de sólidos solubles</u>	46
4.1.4. <u>Evolución del color de fondo</u>	47
4.1.5. <u>Tamaño: calibre y peso</u>	50
4.1.6. <u>Evolución del sobre-color</u>	52
4.2. <u>COSECHA</u>	55
4.3. <u>POS-COSECHA</u>	56
4.3.1. <u>Evolución de la firmeza de pulpa</u>	56
4.3.2. <u>Evolución de la degradación de almidón</u>	58
4.3.3. <u>Evolución del contenido de sólidos solubles</u>	59
4.3.4. <u>Evolución del color de fondo</u>	60
5. <u>CONCLUSIONES</u>	63
6. <u>RESUMEN</u>	64
7. <u>SUMMARY</u>	65
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	66
9. <u>ANEXOS</u>	75

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Evolución de la superficie, cantidad de plantas y densidad de plantación en la última década.....	5
2. Superficie, plantas en producción y producción de manzanas según variedad. Año agrícola 2015-2016.....	7
3.Efecto de la aplicación de C ₂ H ₄ o análogos del mismo sobre frutos climatéricos y no climatéricos.....	15
4. Composición de las manzanas (azúcares y ácidos orgánicos)..	18
5. Índices de madurez para inicio de cosecha de las manzanas 'Gala'.....	28
6.Período de almacenamiento, temperatura, concentraciones de CO ₂ y O ₂ para manzanas 'Gala'.....	30
7. Tratamientos realizados a campo.....	38
8. Descripción de los tratamientos en pos-cosecha.....	39
9. Producción promedio por tratamiento.....	55
10. Evolución del índice de almidón durante la pre-cosecha.....	58
11. Evolución de color de fondo, parámetros L*, C* y Hue° durante la pos-cosecha.....	61
 Figura No.	
1. Evolución de la producción y superficie mundial de manzana.....	3
2. Evolución de la producción anual y destinos de producción.....	6
3. Fecha de cosecha de los distintos cultivares cultivados en Uruguay.....	8

4. Esquema de la evolución del desarrollo de los frutos de pepita.....	12
5. Biosíntesis del etileno en relación con el ciclo de la metionina o de Yang.....	17
6. Cambios en los valores del índice de almidón durante la maduración de manzanas 'Granny Smith'.....	27
7. Evolución del índice de almidón durante la pre-cosecha.....	43
8. Evolución de la firmeza de pulpa durante la pre-cosecha.....	45
9. Evolución del contenido de sólidos solubles totales expresados en grados Brix, durante la pre-cosecha.....	46
10. Evolución del color de fondo, parámetros L*, C* y °H durante la pre-cosecha.....	48
11. Evolución del tamaño de fruto durante la pre-cosecha y tamaño promedio de fruto evaluado en pos-cosecha.....	51
12. Evolución de sobre color, parámetros L*, C* y °H durante la pre-cosecha.....	54
13. Evolución de la firmeza de pulpa durante la pos-cosecha.....	56
14. Evolución del contenido de sólidos solubles totales expresados en grados Brix, durante la pre-cosecha.....	59

1. INTRODUCCIÓN

El manzano (*Malus x domestica* Borckh) el segundo frutal caducifolio más cultivado a nivel mundial luego de la vid, superando en el año 2016 las 89 millones de toneladas de manzanas producidas, en un poco más de cinco millones de hectáreas, según datos obtenidos de la FAO (2017). En las últimas décadas su producción incrementó notoriamente, como consecuencia del aumento de la demanda a nivel mundial del consumo de esta fruta. Este aumento en la producción se encuentra vinculado a las nuevas plantaciones de manzanas bicolors, dentro de las cuales se destacan los clones de los grupos 'Gala' y 'Fuji'.

En Uruguay, el manzano es el frutal caducifolio con mayor superficie en producción, siendo el principal destino de la producción el mercado interno para el consumo de fruta fresca. Sin embargo, en este mercado, el volumen de fruta que se puede comercializar es limitado, ya que el volumen de fruta producido supera la demanda de los consumidores uruguayos (Ferraro et al., 2011).

En nuestro país, y siguiendo las tendencias a nivel mundial, las nuevas plantaciones han incorporado cultivares bicolors, siendo este punto imprescindible para lograr una corriente exportadora consistente en cuanto a calidad y cantidad, lo cual presenta especial relevancia teniendo en cuenta las limitantes de la venta de fruta fresca hacia el mercado interno.

Dentro de los cultivares bicolors, los del grupo 'Gala' son los que presentan mayor superficie plantada y en producción en el Uruguay. Una de las principales características de estos cultivares es el corto tiempo de conservación pos-cosecha, lo que hace necesario implementar prácticas de manejo, tales como el uso de antagonistas del etileno, de manera de poder alcanzar el potencial de conservación.

Algunos de los principales productos utilizados a nivel mundial son la amino-etoxi-vinil-glicina (AVG) y el 1-metil-ciclopropeno (1-MCP). El AVG es un antagonista de la síntesis del etileno (C_2H_4), el cual provoca efectos en el crecimiento y la maduración de la fruta cuando se aplica durante la etapa de pre-cosecha. Por otro lado, el 1-MCP, es otro antagonista de la acción del C_2H_4 el cual actúa, aplicado durante la pos-cosecha, enlentece la maduración de los frutos (Sozzi, 2007).

En el presente trabajo se evaluó, durante una temporada, el efecto de la aplicación de ambos reguladores del crecimiento vegetal, aplicados a la variedad 'Gala Baigent®' (Brookfield®). Se entiende que su uso podría tener efectos positivos sobre las manzanas 'Gala Baigent®' (Brookfield®), tanto para

las frutas con destino al mercado interno, como para aquellas comercializadas en el exterior. Por otro lado, se considera importante aportar con este trabajo resultados acerca del uso de estos antagonistas de la maduración, debido a que hay escasa información reportada a nivel nacional sobre el uso de estos productos.

1.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto sobre algunos parámetros vinculados a la calidad en pre y pos-cosecha en manzanas cultivar 'Gala Beigent' (Brookfield ®), ante la aplicación de AVG y 1-MCP.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto que ejerce distintos momentos de aplicación y distintas dosis de AVG, sobre variables vinculadas a la maduración y al crecimiento de los frutos durante las etapas de pre-cosecha y la pos-cosecha.
- Medir el resultado que ejerce la aplicación de 1-MCP, solo o en combinación con la aplicación pre-cosecha de AVG, sobre algunos índices de madurez durante la etapa de pos-cosecha.

2. REVISIÓN BIBLOGRÁFICA

2.1. EL CULTIVO DE MANZANOS A NIVEL MUNDIAL

El manzano es un frutal caducifolio originario de la región ubicada entre el Cáucaso, cadena montañosa de Asia, y el este de China (EPAGRI, 2006). En las últimas décadas la producción de manzanas aumento notoriamente a través del incremento de producción por unidad de superficie, manteniéndose el área cultivada o incluso en algunos años disminuyendo (Figura 1). Estos incrementos en la producción han sido acompañados por un recambio varietal, imponiéndose en el mercado las manzanas bicolors de los grupos 'Gala' y 'Fuji' (Barriga 2003, Toranzo 2016).

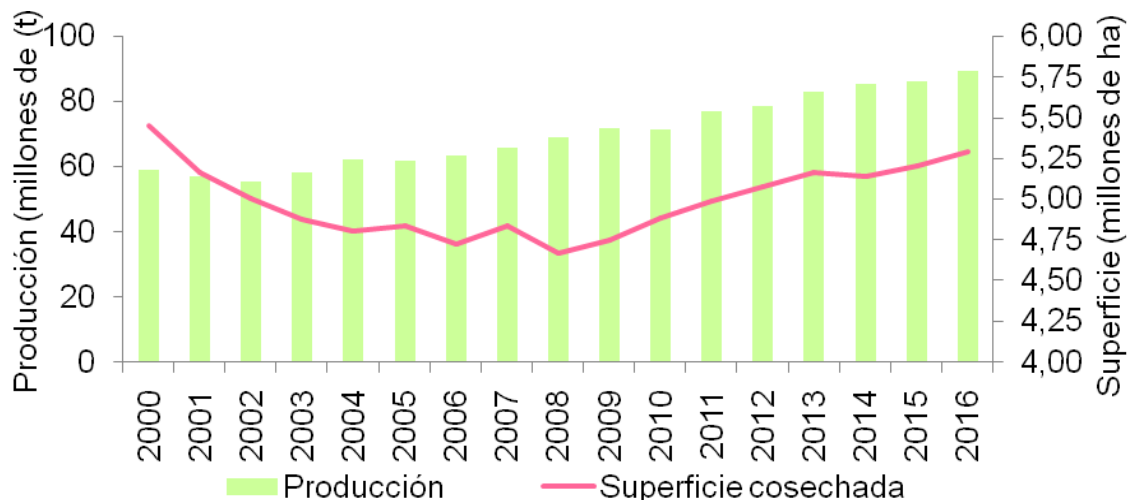


Figura 1. Evolución de la producción y superficie mundial de manzanas
Fuente: elaborado en base a datos de la FAO (2017).

La mayor parte de la superficie destinada al cultivo de manzanos se encuentra en el continente asiático, abarcando aproximadamente tres millones de ha. A su vez el 60% de las manzanas producidas anualmente se obtienen en esta región. China es el principal país productor de manzanas produciendo anualmente en promedio un total de 31 millones de toneladas, en aproximadamente dos millones de ha. En Europa se concentra el 25% de la superficie destinada al cultivo, lográndose el 20% de la producción mundial. América del Norte, por otro lado, aporta el 7% la de producción, mientras que América del Sur aporta el 5%. Por último, África y Oceanía producen alrededor del 3% de la producción mundial anualmente (FAO, 2017).

Los cinco principales países exportadores en la actualidad son China, Polonia, Italia, Estados Unidos y Chile en este orden, destacándose China, Polonia e Italia los cuales exportaron en el año 2016 más de un millón de t, mientras que Estados Unidos y Chile exportaron alrededor de 750.000 t (FAO, 2017).

En la actualidad se denota una tendencia mundial al mayor consumo de frutas y hortalizas, lo cual hace que haya un incremento en la demanda de frutas frescas de calidad por parte de los consumidores (FAO, 2003). Según la RAE (2017), la palabra calidad se define como *"propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor "* o la *"superioridad o excelencia"*, en este caso de un producto. Entre las principales estrategias comerciales a nivel mundial se destacan ofrecer fruta de calidad e inocua para la salud humana y el medio ambiente, ofertar nuevas variedades del tipo bicolor, aumentar las densidades de plantación y obtener plantas de menor tamaño para lograr producciones rentables más anticipadas (Disegna et al., 2003).

La calidad de las manzanas comprende distintos componentes como los son los atributos visuales que contribuyen a su apariencia, tamaño, color, uniformidad y ausencia de defectos, ya sean daños físicos o la presencia de desórdenes fisiológicos. Por otro lado, los componentes no visuales que contribuyen a la calidad de las manzanas son el "flavor", conformado por el gusto y el aroma, la textura, el valor nutritivo y la inocuidad. En lo que respecta al valor nutritivo de las manzanas, las mismas son una fuente rica en fibras, entre las cuales se destacan las pectinas, ácidos orgánicos, taninos flavonoides, además de aportar vitaminas y minerales (Hidalgo et al., 2016). Por otro lado, la inocuidad está dada por la ausencia de sustancias dañinas para la salud, como lo son los agroquímicos, los microorganismos patógenos, las micotoxinas, los metales pesados, etcétera. Siendo imprescindible en nuestro país, respetar los límites máximos de residuos en cuanto al uso de agroquímicos, brindados por el Codex Alimentarius (FAO, 2003).

2.2. PRODUCCIÓN DE MANZANOS EN EL URUGUAY

El manzano es el frutal de hoja caduca más cultivado a nivel nacional, abarcando un total de 2.667 ha, de las cuales 2.481 ha se encontraban en producción en la zafra 2015-2016. La producción se concentra en la zona sur del territorio uruguayo, abarcando los departamentos de Canelones, Montevideo, San José y Colonia (MGAP 2016, MGAP. DIEA 2017) y es llevada a cabo por un total de 472 productores (MGAP, 2016).

En relación con la superficie explotada por el rubro, en el Cuadro 1, se observa como la misma disminuyó a lo largo de la última década, comprendida entre el año 2006 y 2016. La reducción de la superficie fue acompañada por la disminución en el número de plantas menos pronunciado. Sin embargo, se observa que la densidad de plantación se incrementó, lo cual implica un incremento en el número de plantas por unidad de superficie.

Cuadro 1. Evolución de la superficie, cantidad de plantas y densidad de plantación en la última década

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2016
Superficie (ha)	3.885	3.855	3.935	3.596	3.508	3.601	3.347	3.268	2.703	2.677
Plantas (miles)	3.235	3.328	3.917	3.329	3.342	3.452	3.303	3.326	2.885	2.974
Densidad (pl/ha)	833	863	868	926	953	959	987	1.017	1.068	1.100

Fuente: en base MGAP. DIEA (2007, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016).

Por otro lado, la producción tiende a ser fluctuante, observándose en general que a los años de elevadas producciones prosiguen años de baja producción, tendiendo al añerismo (Figura 2). En el año 2016 en particular la producción de 37.675 t fue baja, siendo aproximadamente un 30% inferior a la obtenida en el año 2015 (MGAP, 2016).

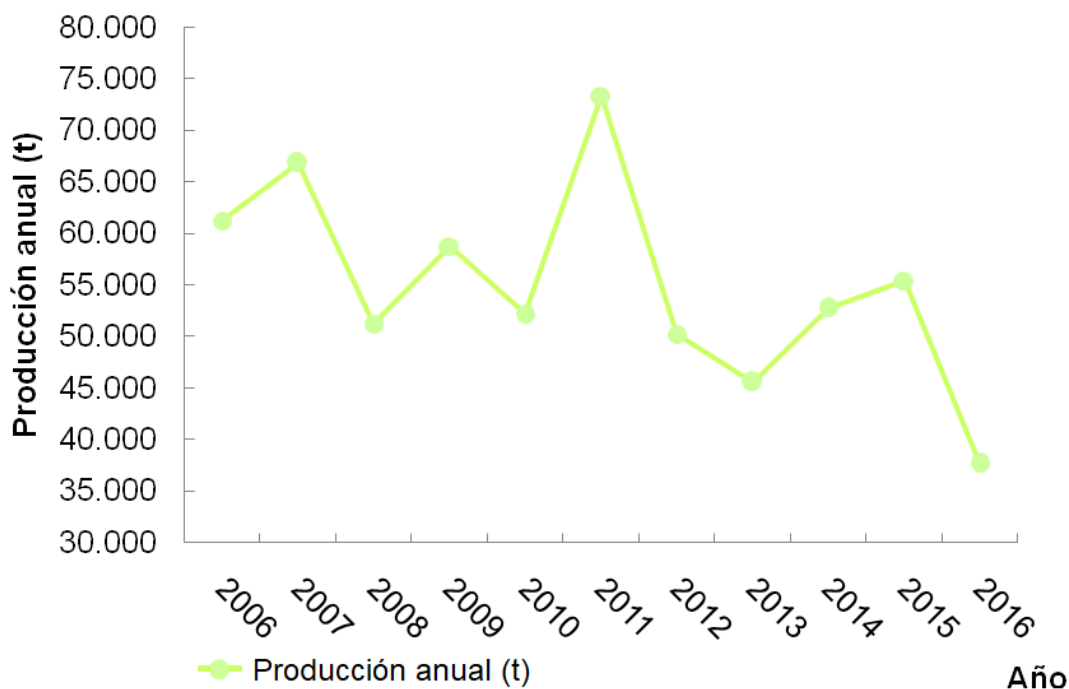


Figura 2. Evolución de la producción anual y destinos de producción
Fuente: en base a MGAP. DIEA (2007, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016).

En el Uruguay, como se puede observar en el Cuadro 2, el principal grupo de cultivares producidos es el de las manzanas 'Red Delicious' (manzanas rojas), representando en la zafra 2015-2016, el 45% de plantas en producción y el 43% de volumen cosechado. Las manzanas bicolores son el segundo grupo de cultivares en importancia contribuyendo con el 42% de plantas en producción y el 37% de la producción total en cuanto a volumen. Este grupo está compuesto por cultivares del grupo 'Gala', 'Fuji' y 'Cripps Pink' y sus clones. En tercer lugar, se producen manzanas verdes 'Granny Smith' (MGAP. DIEA, 2017).

Cuadro 2. Superficie, plantas en producción y producción de manzanas según variedad. Año agrícola 2015-2016

Grupo	Cultivar	Superficie (ha)	Superficie (%)	No. de plantas en producción	Producción (t)
Rojas		1.625	61	1.242	15.800
	Early Red One	300	11	329	4.541
	Oregon Spur	88	3	76	1.081
	Red Chief	489	18	362	4.738
	Red Delicious	398	15	233	1.938
	Red Spur	47	2	35	496
	Royal Red	18	1	14	197
	Scarlet Spur	70	3	76	877
	Starkimson	17	1	10	126
	Top Red	198	7	107	1.806
Bicolores		655	24	1.149	13.604
	Cripps Pink	213	8	397	4.441
	Brasil Gala	62	2	114	1.385
	Gala	44	2	50	738
	Gala Brookfield	26	1	47	656
	Galaxy	17	1	41	493
	Maxigala	17	1	35	340
	Mondial Gala	68	3	146	1.876
	Royal Gala	129	5	191	2.159
	Fuji	67	3	99	1.076
	Fuji Suprema	12	0	29	440
Verdes	Granny Smith	311	12	273	6.385
Otras		88	3	78	886
Total general		2.679	100	2.742	36.675

Fuente: adaptado de MGAP. DIEA (2017).

Actualmente siguiendo las tendencias a nivel mundial en nuestro país las nuevas plantaciones son principalmente de cultivares bicolores, sin dejar de lado las manzanas rojas, la cuales por su color y sabor dulce son preferidas por los consumidores uruguayos (Disegna et al., 2003).

2.2.1. Fecha de cosecha de los cultivares de manzanas

Los cultivares producidos en el país presentan distintas fechas de cosecha. Estas diferencias en las fechas de cosecha se deben a las características genéticas de los cultivares, el manejo diferencial realizado por los productores y el efecto año, dado por las condiciones ambientales del año agrícola. El período de cosecha de las manzanas se concentra entre los meses de enero y mayo. La conservación en cámaras refrigeradas, permiten que la comercialización se vaya fraccionando a lo largo del año. A partir de setiembre, comienzan a ofertarse manzanas conservadas en atmósfera controlada (Ferraro et al., 2011).

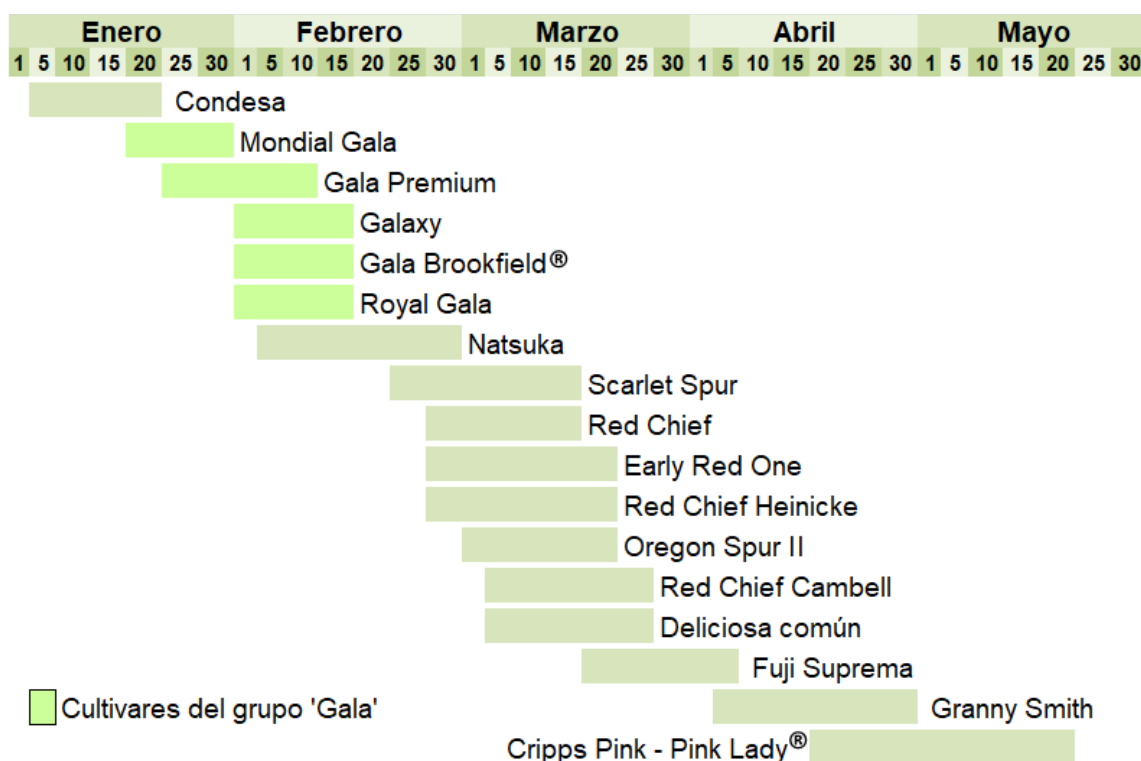


Figura 3. Fecha de cosecha de los distintos cultivares cultivados en Uruguay
Fuente: adaptado de Soria y Pisano (2009).

En la Figura 3, se observan las fechas de cosecha de algunos de los cultivares que se producen actualmente en el país. En general se puede afirmar que la mayoría de los cultivares que presentan una maduración más temprana y por ende una cosecha más anticipada son los que pertenecen al grupo 'Gala'. La fecha de cosecha de los cultivares que conforman dicho grupo abarca el

período que va entre el 25 de enero y el 15 de febrero aproximadamente (Soria y Pisano, 2009).

2.2.2. Comercialización de las manzanas

Entre un 70-75% del volumen producido de manzanas es destinado al mercado interno, siendo éste el principal destino de la producción. La venta se realiza predominantemente de forma directa o indirecta en el comercio mayorista Mercado Modelo (60-70% de la producción total), el cual involucra la acción de comisionistas, compradores minoristas y acopiadores. La venta a otros puntos de venta como supermercados es del entorno a un 6% (Disegna et al., 2003). La manzana, es una de las frutas más comercializada en el Mercado Modelo, ubicándose en el cuarto lugar en cuanto a volúmenes de ingreso luego de la papa, banana, y naranja, siendo la cuarta también en cuanto al monto comercializado en el año 2016 (MGAP. DIGEGRA y CAMM, 2017). Por otro lado, cierta proporción de la producción es destinada a la industrialización, donde la industria de la sidrería es la que demanda más cantidad del producto (Ferraro et al., 2011).

Las exportaciones son variables y discontinuas a lo largo de los años (MGAP. DIEA 2016, Uruguay XXI 2016). Esto tiende a ser una problemática debido a que el consumo de manzanas por parte de los uruguayos es limitado, siendo el mismo de 40.000 t, lo cual hace necesario generar y mantener una corriente exportadora que permita destinar volúmenes al mercado internacional (Ferraro et al., 2011).

Teniendo en cuenta este objetivo, se hace imprescindible contar con cultivares bicolors, como los pertenecientes al grupo 'Gala', los cuales además de tener una buena performance agronómica y fruta de buena calidad, son preferidos por los países del hemisferio norte, como los pertenecientes a la Unión Europea. Por otro lado, la maduración más temprana permite la colocación de determinados volúmenes en el mercado interno, en una época en la cual generalmente no hay grandes cantidades de este producto producido a nivel nacional (Disegna et al., 2003).

2.3. GENERALIDADES DE LAS MANZANAS

El manzano es originario de Asia occidental, más precisamente de la región del Cáucaso. Se cultiva en las regiones templadas, aunque se adapta a lugares fríos como el norte de China o de Siberia, o calurosos como Colombia o Indonesia (Hancock et al., 2008).

Pertenece a la familia Rosaceae, subfamilia Pomoidea, género *Malus*. Se lo puede describir como un árbol de gran vigor. El fruto es un pomo, el cual puede presentar diferentes colores, la forma tiende a ser de achatada a troncocónica. La pulpa es blanca y las semillas son pequeñas de cubierta marrón oscura brillante (Agustí, 2004). Esta especie presenta altos requerimientos de frío. Sozzi (2007) indica que para la salida de dormición requiere acumular en promedio un total de 1.200 horas de frío.

2.3.1. Grupo 'Gala'

Se han reportado más de 6.000 cultivares de manzanos, aunque unos pocos dominan la producción mundial (Hancock et al., 2008). En la actualidad, la mayoría de los cultivares producidos son bicolors con un rango variable de intensidad y calidad del color rojo. La mayor parte de la producción de manzanas del mundo está basada en el cultivo de mutaciones obtenidas de los cultivares bicolors como 'Gala' y 'Fuji'; y mutaciones del cultivar 'Golden' de cascara amarilla (Iglesias et al., 2008).

El cultivar 'Gala' fue obtenido en Nueva Zelanda luego de dos generaciones de cruzamientos dirigidos, realizados por el mejorador J.H. Kidd. 'Gala' fue uno de los productos obtenidos a partir del cruzamiento entre 'Kidd's Orange Red' x 'Golden Delicious', realizado en el año 1934. El cultivar 'Gala' comenzó a plantarse de forma comercial en 1962 en Nueva Zelanda, pero no se hizo popular a nivel mundial hasta la década de los 70's (Hampson y Kemp, 2003).

Los árboles de este cultivar se caracterizan por ser moderadamente a muy vigorosos (Soria y Pisano, 2009), con ramificaciones bien distribuidas y abiertas, y una gran cantidad de hojas (EPAGRI, 2006). El tipo de fructificación del grupo 'Gala' corresponde al tipo III, según el sistema descrito por Lespinasse en 1980, predominando la fructificación en ramas terminales y laterales, siendo menor la fructificación en lamburdas. Este tipo de fructificación también se asocia al cultivar 'Golden Delicious', aunque los ángulos que se forman en las ramas de 'Gala' son más estrechos (Hampson y Kemp, 2003). La maduración de los frutos se da entre la segunda quincena de enero y la segunda quincena de febrero. Argenta, citado por Petri et al. (2010), indica que 'Gala' y sus clones son de maduración rápida en el período de cosecha. Por otro lado, este cultivar se caracteriza por presentar una maduración de los frutos desuniforme, requiriendo varios repases en la cosecha, lo que conlleva a un incremento de los costos de producción (EPAGRI, 2006).

La fruta madura se caracteriza por ser de forma troncocónica de tamaño pequeño a mediano (EPAGRI, 2006). El color de fondo de la cascara,

tiende a ser amarillo, variando de tonos color crema a amarillo dorado, mientras que el sobre color lo generan estrías distribuidas de forma homogénea de color anaranjado-rojo brillante. La pulpa es amarilla pálida, jugosa, y crujiente. El sabor es dulce, ligeramente ácido y la fruta es aromática (Hampson y Kemp, 2003).

Dentro del grupo de manzanas bicolors cultivadas en Uruguay, el grupo 'Gala' es el que presenta una mayor importancia en superficie, ocupando en la zafra 2015-2016, un área de 363 ha y presentando un total de 624 mil plantas en producción (MGAP. DIEA, 2017). A partir de mutaciones del cultivar 'Gala' se han obtenido otros clones, los cuales varían en su estabilidad (Hampson y Kemp, 2003), entre estos, los más cultivados en Uruguay son 'Royal Gala', 'Mondial Gala', 'Brasil Gala', 'Gala', 'Gala Baigent®' y 'Galaxy' (MGAP. DIEA, 2017).

En este país, el grupo 'Gala' logra una buena productividad, y se ha comprobado que los cultivares 'Gala Baigent®' y 'Galaxy Premiun', alcanzan una excelente coloración, en ese orden, mientras que 'Mondial Gala' no llega al color que alcanzan las anteriores (Soria y Pisano, 2009).

2.3.2. Gala Baigent® (Brookfield®)

El cultivar 'Gala Baigent®' marca Brookfield® fue obtenida por Barbara y Paul Brookfield en el año 1985, en la Bahía de Hawkes, Nueva Zelanda. Sus obtentores observaron una mutación en una rama de un árbol del cultivar 'Royal Gala' (Brookfield y Brookfield, 1997). En las condiciones donde fue evaluado el cultivar, se observó que las manzanas 'Gala Baigent®' desarrollaban el sobre-color previamente (comenzando a adquirirlo 20 días antes) a las frutas provenientes de otros cultivares como 'Royal Gala' (Brookfield y Brookfield, 1997).

Otra característica relevante que distingue a este cultivar es que la fruta presenta una sobre coloración roja superior con respecto a otros cultivares como 'Mondial Gala' y 'Galaxy' (Iglesias et al., 2008). Por otro lado, este cultivar alcanza la madurez al mismo tiempo que cultivares como 'Royal Gala' y 'Galaxy' (Brookfield y Brookfield, 1997).

2.4. CRECIMIENTO DEL FRUTO

Previo al crecimiento de frutos se da el cuajado de frutos, este proceso requiere de la presencia de yemas florales maduras, formadas y bien nutridas, condiciones climáticas adecuadas durante el período de antesis que permitan la polinización, y el aporte de fotoasimilados cuando el ovario inicia su desarrollo.

Si estas condiciones no se cumplen, el cuajado de frutos es deficiente, generándose la abscisión de estos (Azcón Bieto y Talón, 2008). Existen dos períodos de caída de fruto, a los 30 y a los 40-52 días pos-plena floración, en este segundo período de caída, caen frutos del entorno de los 30 mm de diámetro (EPAGRI, 2006). En los árboles leñosos la intensidad de abscisión dependerá de la competencia que se da entre frutos, principalmente por carbohidratos (Azcón Bieto y Talón, 2008).

Durante el intervalo entre la fecundación y la madurez, las manzanas experimentan el incremento de tamaño, proceso que ocurre en tres etapas. Los frutos de pepita se caracterizan por tener una curva de crecimiento acumulado de forma sigmoidea, la cual se puede apreciar en la Figura 4. En la etapa I ocurre mayoritariamente la división celular, culminando entre la cuarta y quinta semana pos-floración. Esta etapa se caracteriza por una alta actividad metabólica (EPAGRI, 2006).

En la etapa II, se genera la diferenciación de tejidos, y se produce el mayor crecimiento del fruto a través de la elongación celular y el incremento en volumen de los espacios intercelulares. Esta etapa se caracteriza por un incremento de la materia seca llegando al 18-20% de materia seca acumulada, que corresponde fundamentalmente al almidón, el cual puede alcanzar entre el 2-2,5 % de peso fresco, mientras que se da una caída de la actividad metabólica (EPAGRI 2006, Azcón Bieto y Talón 2008).

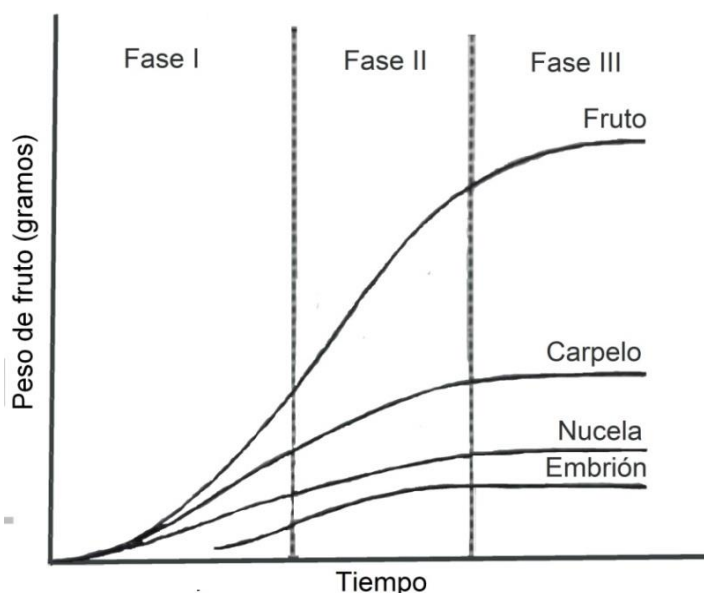


Figura 4. Esquema de la evolución del desarrollo de los frutos de pepita
Fuente: adaptado de Azcón Bieto y Talón (2008).

El peso de los frutos maduros dependerá del número, volumen y de la densidad celular. El número y el volumen de las células a la madurez del fruto está influenciado por el número y el volumen de las células en la antesis, la tasa y duración de la división, y la elongación celular posterior (Coombe, 1976). La competencia por fotoasimilados es uno de los factores que afecta el crecimiento de fruto, esta competencia puede corresponderse con una baja disponibilidad fotoasimilados almacenados en la planta o puede darse debido a que el fruto tiene una fuerza de fosa insuficiente como para acumularlos. En esta etapa, es fundamental el número de frutos, donde un alto número de frutos puede llevar a que la planta no pueda suministrar los carbohidratos suficientes para el crecimiento de estos, generando un menor tamaño de frutos o que se dé el caso contrario, donde un bajo número de frutos implica un mayor tamaño de fruto. La disponibilidad de agua y nutrientes también son factores que afectan fuertemente el crecimiento de los frutos (Azcón Bieto y Talón, 2008).

Por otro lado, la degradación de pectinas es un proceso que también se da durante el crecimiento, esto permite un mayor número de espacios aéreos intercelulares, disminuyendo la densidad del fruto. Los frutos que crecen más son los que tienen una mayor cantidad de espacios intercelulares, ya que estos demandan una menor proporción de carbohidratos en relación con frutos más densos (Azcón Bieto y Talón, 2008). El tamaño también depende del número de semillas en el fruto y de la posición que ocupa en el árbol. Los frutos que provienen de flores, que presentan una antesis temprana o se generan a partir de yemas terminales, en general presentan un tamaño mayor debido al mayor número de células que presentan previo a la antesis (Coombe, citado por EPAGRI, 2006).

En la fase III, el crecimiento del fruto tiende a enlentecerse, predominando la maduración del fruto. Normalmente la maduración comienza antes de que finalice el crecimiento de fruto. En esta fase los frutos sus características distintivas que los hacen aptos para el consumo (EPAGRI, 2006).

2.5. MADURACIÓN

Agustí (2004), define la maduración como el conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que experimentan los frutos una vez finalizado su crecimiento. Estos cambios permiten que los frutos adquieran las características organolépticas distintivas que los hacen aptos para el consumo (Westwood, 1982). El término madurez se refiere al estado final de maduración del fruto, aunque este término puede tener dos interpretaciones distintas. Por un lado, se define la madurez fisiológica, como la etapa consecuente al desarrollo

final del fruto e inmediatamente anterior al comienzo de la madurez de consumo; y por otro lado, la madurez hortícola, es la fase de crecimiento o desarrollo en la cual un fruto se encuentra en un estado de madurez óptimo para determinado objetivo. En base a este objetivo fijado se establecen los criterios de madurez (Westwood 1982, Reid 2002).

El proceso de la maduración se desarrolla de manera distinta según la especie, cultivar y tipo de fruto cosechado. Por ejemplo, en el caso de los pomos se modifican sobre todo características del pericarpio. Los frutos además pueden ser agrupados en dos grandes grupos según el comportamiento fisiológico que presentan durante la maduración: el grupo de los frutos climatéricos y el de los no climatéricos (Agustí, 2004).

2.5.1. Frutos climatéricos y no climatéricos

El término climaterio fue utilizado por primera vez por Kidd y West en la década de los años 20 y refiere a un aumento en la producción de dióxido de carbono (CO_2) durante la maduración de los frutos. Estos investigadores observaron como la respiración se incrementaba en manzanas 'Bramley's Seeding' cuando la fruta estaba por ser cosechada, siendo este incremento respiratorio característico de los frutos climatéricos (Kidd y West 1945, Thompson 1996). La respiración implica la oxidación de azúcares y ácidos orgánicos, lo cual libera energía bajo la forma de adenosina trifosfatasa (ATP), consume oxígeno (O_2) y libera CO_2 (EPAGRI, 2006). Estos frutos acumulan polisacáridos, como el almidón, durante la etapa de crecimiento, los cuales son hidrolizados durante la etapa de maduración produciendo monosacáridos, como la glucosa y fructosa mayoritariamente, en un proceso implica un importante gasto de energía, lo cual conlleva a un aumento significativo de la respiración celular (Agustí, 2004). La manzana, al igual que el tomate y la banana, son algunas de las frutas que conforman dicho grupo (Reid, 2002).

Otra característica que distingue a los frutos climatéricos es la producción auto catalítica de C_2H_4 , la cual acompaña el climaterio. Esta producción auto catalítica puede comenzar antes, durante, o luego del pico climatérico (Sozzi, 2007). En frutos como la manzana, el tomate, la banana y el melón este incremento en la producción de C_2H_4 es necesario para que la maduración de los frutos se desarrolle normalmente (Alexandery Grierson 2002, Azcón Bieto y Talón 2008).

El grupo de los frutos no climatéricos lo conforman los frutos que acumulan directamente monosacáridos durante la etapa de crecimiento, lo cual determina que no se generen incrementos significativos de la tasa respiratoria durante la maduración (Agustí 2004, Azcón Bieto y Talón 2008). Tal es el caso

de los cítricos, la uva, y las aceitunas, entre otros. Por otro lado, hay frutos que no se han logrado clasificar dentro de ninguno de estos grupos debido a que las investigaciones acerca de su comportamiento fisiológico dan resultados erráticos (Thompson, 1996). En este tipo de frutos la producción auto catalítica del C_2H_4 no se da, permaneciendo los niveles bajos durante la maduración (Alexander y Grierson, 2002). Esto hace que la aplicación de C_2H_4 o sus análogos genere efectos diferenciales en los frutos climatéricos y no climatéricos. En el Cuadro 3 se describen algunos de los efectos que ocasiona la aplicación de C_2H_4 en ambos grupos.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de C_2H_4 o análogos del mismo sobre frutos climatéricos y no climatéricos

Característica	Frutos climatéricos	Frutos no climatéricos
Respiración	• Adelanta el pico climatérico	• No afecta de forma significativa
Magnitud de la tasa respiratoria	• Es independiente de la concentración de C_2H_4 aplicada	• Se incrementa a concentraciones crecientes de C_2H_4
Producción auto catalítica de C_2H_4	• Continúa una vez que el tratamiento con C_2H_4 es finalizado	• No continúa cuando el tratamiento es retirado
Índices de madurez	• Afecta los índices de madurez del fruto evaluado	• Solo afecta algunas características como el color

Fuente: elaborado con base en Sozzi (2007).

2.5.2. Regulación de la maduración en frutos climatéricos

El desarrollo de los frutos está regulado tanto por factores externos como internos, destacándose dentro de estos últimos la acción de las hormonas. El C_2H_4 , fue catalogado a lo largo del tiempo como responsable de iniciar la maduración en la mayoría de los frutos, así como de regular la abscisión y senescencia (Agustí, 2004). Se demostró que afecta la transcripción y traducción de varios genes relacionados a la maduración (Deikman 1997, Giovannoni 2001). Es una olefina simple, que se encuentra en estado gaseoso por lo que se difunde fácilmente entre los espacios intercelulares de todos los tejidos, siendo fisiológicamente activo a niveles de parte por millón o billón (Yang y Hoffman 1984, Feippe 2003).

En los frutos climatéricos, el C_2H_4 promueve distintos procesos fisicoquímicos vinculados con la maduración como lo son los cambios del color a través de la degradación de clorofilas y la síntesis de compuestos antociánicos, la disminución en la firmeza de pulpa y la síntesis de compuestos

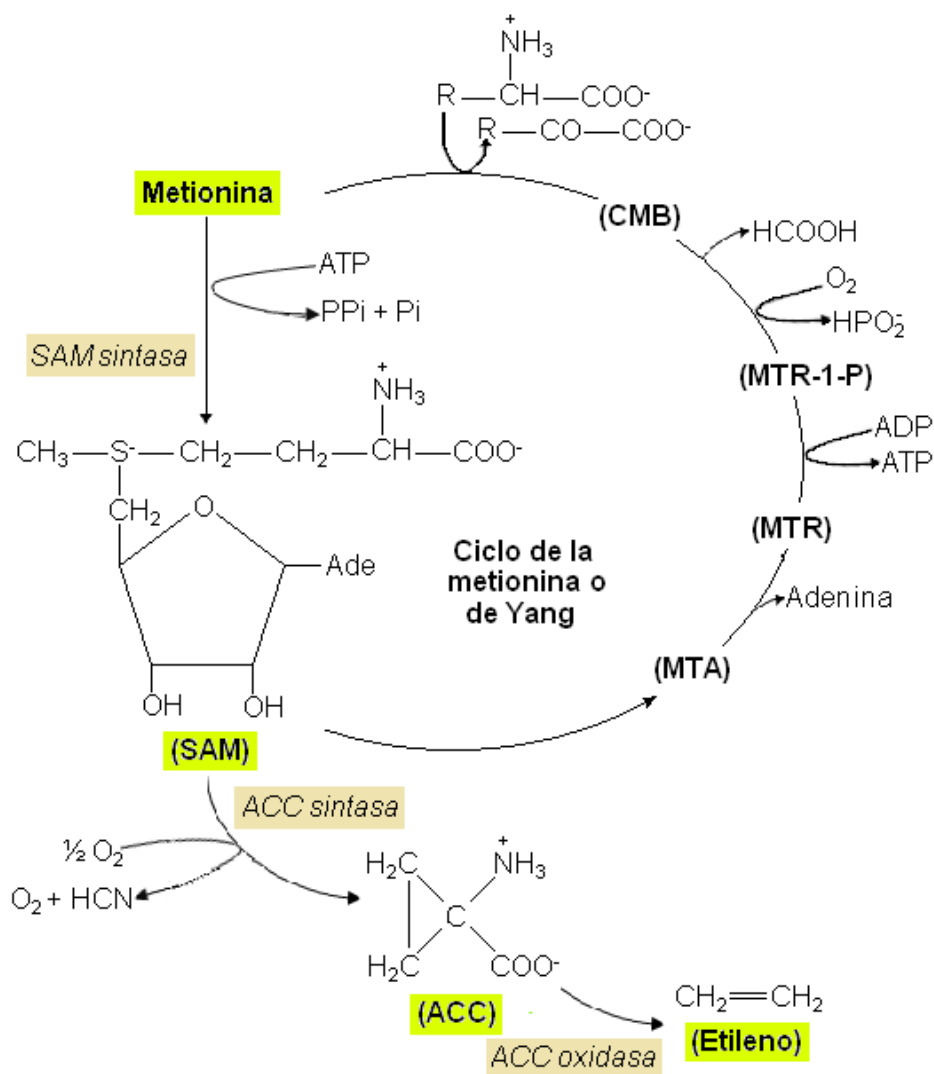
volátiles que afectan el aroma de los frutos el cambio de color de las semillas (Mitcham y Mitchell 2002, Feippe 2003).

Asimismo se ha demostrado que el C_2H_4 se genera en respuesta a ataques de patógenos y heridas, además de producirse en respuesta al estrés generado tanto por factores bióticos como abióticos, al igual que otras hormonas como el ácido abscísico (Alexander y Grierson, 2002).

2.5.2.1. Biosíntesis del etileno

Se han sugerido dos sistemas de producción de C_2H_4 en las plantas que producen frutos climatéricos. Durante el crecimiento del fruto, opera el Sistema 1 el cual implica que el C_2H_4 auto-inhibe su producción, generándose niveles basales, los cuales son detectados por las células de todos los tejidos de la planta. Este sistema es el que se da en frutos no climatéricos. Por otro lado, el Sistema 2 actúa cuando se da la maduración de los frutos climatéricos y la senescencia de algunos pétalos. Este sistema implica que el C_2H_4 ejerce una retroalimentación positiva, estimulando su propia biosíntesis (autocatálisis), incrementando así su producción (Alexander y Grierson, 2002).

La biosíntesis del C_2H_4 (Figura 5), se produce en todas las células de las plantas, y su formación se da a partir del aminoácido L-metionina. La metionina es activada por ATP para formar S-adenosil-L-metionina (SAM), a través de la acción de la enzima S-adenosilmetionina sintasa. A partir del SAM se produce el ácido 1-aminociclopropeno-1-ácido carboxílico (ACC), catalizado por la enzima ACC sintasa. Por último, el C_2H_4 es sintetizado a partir del ACC mediante la ACC oxidasa (Yang y Hoffman 1984, Kende 1993, Feippe 2003). Estas reacciones dependen de la presencia de oxígeno. Además, se ha observado que la presencia de CO_2 aumenta la actividad de la ACC oxidasa. A partir de esto se sugiere que es necesaria la presencia de oxígeno para que se dé la síntesis de C_2H_4 , y la presencia de O_2 y CO_2 para que se dé la actividad biológica del mismo.



Referencias:intermediarios del ciclo de la metionina o de Yang (MTA); 5´metiltioadenocina; MTR 1-P:5´metiltiorribosa-1-fosfato; CMB: 2-ceto-4-metil-tiobutirato.

Figura 5. Biosíntesis del C_2H_4 en relación con el ciclo de la metionina o de Yang
Fuente: adaptado de Wang et al. (2002), Azcón Bieto y Talón (2008).

2.5.3. Maduración de las manzanas

2.5.3.1. Cambios en el sabor

El sabor de los frutos depende principalmente del contenido tanto absoluto como relativo de azúcares y ácidos orgánicos, y del balance entre los mismos (Jackson 2003, Sozzi 2007). Estas moléculas se ubican mayoritariamente en el interior de las vacuolas celulares desde las cuales son liberados de forma controlada, o en reservorios donde se encuentran disponibles para la respiración (Sozzi, 2007).

Los azúcares simples (fructosa, sacarosa y glucosa) son los que brindan la dulzura al fruto, siendo la fructosa la que genera mayor dulzura, mientras que la glucosa es la que aporta menos dulzura (Reid, 2008). La fructosa es el azúcar que se encuentra en mayor cantidad en las frutas maduras de la mayoría de los cultivares de manzanas (Jackson, 2003) y la glucosa la segunda que se encuentra en mayor cantidad (Sadar et al., 2016). Las manzanas acumulan la mayor parte de los azúcares simples durante la etapa de la maduración (Agustí, 2004), a partir de la movilización de reservas de almidón degradadas por las enzimas α y β amilasa (Sadar et al., 2016).

En cuanto a la acidez, en los frutos predominan los ácidos cítrico, málico y tartárico, siendo ese el orden de mayor a menor del aporte de acidez de los mismos (Reid, 2008). En el caso de las manzanas el ácido málico es el que predomina, siendo el 90% de los ácidos totales. El contenido de este ácido se correlaciona positivamente con el contenido de glucosa; y negativamente con el contenido de sacarosa (Sadar et al., 2016). En contraste con los azúcares, la concentración de los ácidos orgánicos disminuye, esto se debe en parte al metabolismo de los frutos ya que los ácidos son uno de los sustratos respiratorios (Sozzi, 2007). En el Cuadro 4, se observa la composición de las manzanas en cuanto a su contenido de azúcares y ácidos orgánicos.

Cuadro 4. Composición de las manzanas (azúcares y ácidos orgánicos)

Azúcares			Ácido predominante
Fructosa	Glucosa	Sacarosa	Málico
(% de peso fresco)			Total ($\mu\text{eq}/100\text{ g}$)
6	4	2	3-19

Fuente: adaptado de Sozzi (2007).

Los frutos presentan un bajo contenido de proteínas, siendo la mayoría enzimas que se utilizan en los procesos metabólicos. El contenido de lípidos en los frutos como la manzana también es bajo, conformando parte de las

membranas celulares, y de las ceras que cubren la parte externa, la cuales además de contribuir con la apariencia del fruto, son una barrera contra la deshidratación y la entrada de patógenos (Agostini et al., 2007). El contenido fenólico también es bajo, siendo de 0,1 a 2 g / 100 g de peso fresco. El ácido clorogénico es uno de los compuestos fenólicos más abundantes y está vinculado al pardeamiento enzimático que se da cuando las frutas son cortadas o dañadas (Sozzi, 2007).

2.5.3.2. Cambios en el aroma

El aroma es particular de cada fruto y está determinado por la síntesis de compuestos volátiles, los cuales contribuyen a la percepción y caracterización del sabor de las manzanas.

El C_2H_4 es el compuesto volátil que se produce en mayor medida (entre un 50-70% del total de volátiles), pero este no tiene un aroma particular. Este compuesto es el que desencadena la síntesis de otros compuestos volátiles en los frutos climatéricos durante la etapa de la maduración (Sozzi, 2007). En las manzanas se han detectado entre 230 y 400 compuestos volátiles (Forney et al., 2009). Estos compuestos en su mayoría son simples y de bajo peso molecular, y en general solo entre unos 20-40 son los responsables del olor característico del fruto (Jackson, 2003). Algunos de estos compuestos volátiles son alcoholes, aldehídos, ésteres, ácidos y cetonas (Sozzi, 2007), siendo los ácidos grasos los principales precursores.

2.5.3.3. Cambios de color

El color de las manzanas rojas y bicolors depende de dos procesos que se dan a lo largo del crecimiento y la maduración del fruto, la degradación de clorofilas y la síntesis de compuestos antociánicos (Westwood 1982, Jackson 2003, Sozzi 2007).

Dentro de las células las clorofilas se ubican en la membrana tilacoides de los cloroplastos. Según Sozzi (2007), la degradación de éstas podría darse en dos fases, la primera incluye la solubilización en el estroma, gracias a enzimas que atacan a la membrana tilacoides, y la segunda fase consistiría en una oxidación química.

Las antocianinas, por otro lado, se ubican en las vacuolas celulares. Estos pigmentos generan colores azules, rojos y púrpura, por lo que son los responsables de generar el sobre color de las manzanas. La cianidina-3-galactósido es una de las principales compuestos antociánicos responsables del color de las manzanas, ciruelas, cerezas y zarzamoras (Sozzi, 2007). Otros

compuestos que se han identificado como responsables del color son la cianidina-3-arabinósido y la cianidina-7-arabinósido (Jackson, 2003). La producción de antocianinas se da en dos momentos: el primer pico de producción se observa en los frutitos durante la etapa elongación, sin embargo, el color rojo que se genera en esta fase no es persistente. El segundo pico se da durante la etapa de maduración e inmediatamente después de la maduración, siendo ésta una etapa importante ya que se definirá el color final del fruto (Jackson, 2003).

El desarrollo de color de los frutos depende de diversos factores, entre los cuales se destacan los ambientales, como la luz y la temperatura, y genéticos, que refieren a la variedad y el portainjerto. El manejo que se le realiza al cultivo también influye en la coloración de la fruta. Prácticas como la poda, el raleo, la fertilización, o la aplicación de productos que regulan el crecimiento afectan de forma importante la coloración (Sozzi, 2007).

La luz afecta directamente la síntesis de antocianinas (Westwood 1982, Jackson 2003, De Angelis 2010). Según Siegelman y Hendricks, citados por Westwood (1982), se entiende que es necesaria para que se dé la formación de idaeina (cianidina-3-galactósido). En principio sería necesaria para una etapa de inducción y para una posterior etapa de producción. La luz incrementa la capacidad de formación de antocianinas, mediante la activación de enzimas como la dihidroflavonol reductasa y la fenilalanina amonioliasa (Jackson, 2003), además de incrementar los sustratos a través de la vía fotosintética. Es importante tanto la intensidad de luz que recibe la planta y los frutos en particular, como la calidad de ésta. Westwood (1982), reporta que frutos que reciben un 70% o más de insolación plena desarrollan una buena coloración, mientras que frutos que reciben entre 40-70% de luz plena desarrollarían una coloración suficiente y frutos que reciben menos de esa intensidad desarrollarían una coloración insuficiente. Por otro lado, las longitudes de onda corta, como la luz azul-violeta o la ultravioleta serían las más efectivas para el desarrollo de las antocianinas (Westwood 1982, Corelli 2003, De Angelis 2010).

La temperatura afecta el desarrollo del color durante el período previo a la cosecha, interfiriendo directamente la síntesis de antocianinas al afectar la actividad de la fenilalanina amonio liasa. Temperaturas menores a 20°C o mayores a 35°C son desventajosas para la catálisis de antocianinas (Jackson, 2003). También afecta indirectamente debido a que bajas temperaturas durante la noche, entre 2 a 5°C según Jackson (2003), y entre 10-15°C según De Angelis (2010), disminuyen el consumo de azúcares ubicados en la piel del fruto, aumentando la disponibilidad de sustratos para la síntesis. Por lo tanto, las noches frescas seguidas de días claros y luminosos previo a la cosecha, son

las condiciones óptimas para promover una buena coloración (Westwood 1982, Jackson 2003, De Angelis 2010).

Las características de los árboles también afectan la coloración de los frutos. Los distintos cultivares presentan distinto potencial de coloración, presentando diferentes requerimientos de luminosidad para adquirir una buena coloración. Por ejemplo, cultivares como 'Red Chief' y 'Super Chief' se colorean en condiciones de escasa luminosidad, a diferencia de 'Gala' y 'Fuji' que requieren mayores cantidades de luz. Los portainjertos también afectan la síntesis de antocianinas. Los portainjertos enanizantes o semi enanizantes, al ser menos vigorosos permiten una mayor intercepción de luz por parte de los frutos al presentar un menor crecimiento vegetativo. Por otro lado, esto también permite que se destinen una mayor cantidad de fotoasimilados a los mismos (De Angelis, 2010). La relación hoja/fruto también afecta la coloración, al haber una mayor cantidad de hojas disponibles por frutos hay una mayor cantidad de fotoasimilados disponibles para la síntesis de antocianinas (Jackson 2003, De Angelis 2010).

En lo que refiere a las prácticas de manejo, la poda determina una mejor iluminación del árbol, permitiendo una mejor llegada de luz a la fruta, siendo importante no realizar podas severas durante el invierno. Este tipo de poda incentiva el crecimiento vegetativo durante la primavera, el cual implica que los frutos se sombreen en mayor medida. El raleo, por otro lado, afecta la relación hoja/fruto, pudiendo aumentar la disponibilidad de fotoasimilados para cada fruto (De Angelis, 2010).

La fertilización excesiva con nitrógeno, sobre todo en el período pre-cosecha afecta negativamente la coloración, debido a que este nutriente genera un exceso de crecimiento vegetativo que sombrea los frutos, además de que el nitrógeno podría interferir en la síntesis de antocianinas (Westwood 1982, Jackson 2003, De Angelis 2010). El potasio afecta de forma positiva la síntesis de antocianinas, ya que este actúa como co-factor (Jackson 2003, De Angelis 2010).

La aplicación de reguladores de crecimiento que simulan la acción del C_2H_4 , como lo es el Etephon, aumentaría la formación de antocianinas. Esta práctica se ha probado sobre todo en cultivares de cosecha temprana, aunque presenta desventajas ya que también incrementa el ablandamiento de los frutos (Jackson 2003, De Angelis 2010). Otras prácticas de manejo que afectan la coloración son aspersión con agua, el embolsado de los frutos y el uso de material reflectivo en la entrefila (De Angelis, 2010). En Uruguay, en manzanas 'Galaxy' se han evaluado distintos tratamientos como el riego por aspersión en el amanecer, el riego por aspersión al mediodía, el riego en ambos momentos,

mallas de cobertura rojas, mallas reflectantes bajo las copas, y mulch de nylon blanco y negro, sin embargo, los resultados obtenidos han variado según las condiciones climáticas ocurrientes en el ciclo de producción (Severino et al., 2014).

2.5.3.4. Firmeza de pulpa

Una de las propiedades físicas que se modifica durante el proceso de maduración es la firmeza de pulpa. En esta etapa del desarrollo el fruto comienza a ablandarse. Este ablandamiento moderado continua durante el proceso de la maduración, pudiendo generar la insatisfacción del consumidor (Jackson, 2003). Puede ser resultado de la pérdida de turgencia de las células (Hatfield y Knee, 1988), la degradación de polisacáridos como el almidón, y de las paredes celulares y al debilitamiento de las fuerzas de cohesión entre las células (Sozzi, 2007). La mayoría de las paredes celulares de los frutos están conformadas por una red de microfibrillas de celulosas, se encuentran interconectadas por hemicelulosas, como los xiloglucanos, y rodeadas por una matriz de polisacáridos pécticos (ácidos galacturónicos), las cuales conforman la lámina media. La celulosa y las pectinas son los componentes que se encuentran en mayor cantidad en las paredes celulares, seguidos de la hemicelulosa y pequeñas cantidades de extensinas (Sozzi, 2007).

El ablandamiento tardío del pericarpo, se debe sobre todo a la degradación de las pectinas, al igual que las hemicelulosas son solubilizadas y despolimerizadas, y a la pérdida de azúcares neutros como la galactosa y la arabinosa. Por otro lado, durante la maduración también se genera un incremento en la producción de enzimas hidrolíticas, las cuales contribuyen a la degradación de las paredes celulares y por ende al ablandamiento. Entre estas enzimas se encuentran las extensinas, la endopoligalacturonasa, la pectinmetilesterasa, la endo 1,4- β -galactosidasa, entre otras (Sozzi, 2007). Estos cambios, conllevan a la separación de las células, lo cual genera texturas secas o harinosas para el consumidor, el cual al morder las manzanas no logra romper las células del pericarpo y posterior liberación de jugo (Jackson, 2003).

Algunos de los factores que afectan la evolución de la firmeza de pulpa están relacionados a decisiones de manejo y a las condiciones ambientales a las cuales es sometido el cultivo. Entre éstos se destacan el genotipo cultivado, al grado de madurez que presenta la fruta al ser cosechada, la fertilización, el riego, la aplicación de reguladores de crecimiento, la incidencia de luz y el estrés asociado a las condiciones ambientales previas a la cosecha. En la etapa de pos-cosecha, la madurez con la cual fue cosechada la fruta determina la firmeza de pulpa inicial, a partir de la cual la firmeza decrecerá. Los factores que la afectan durante la etapa de conservación son la temperatura, el sistema

de conservación (frío convencional, atmósfera controlada, entre otros), y los tratamientos realizados ya sean aplicaciones de antioxidantes como la difenilamina (DPA) o de inhibidores de madurez como el 1-MCP (Sozzi, 2007).

2.6. ÍNDICES DE MADUREZ

La madurez puede ser determinada a través de distintos índices. Esto engloba una serie de mediciones y la aplicación de diferentes técnicas a lo largo del desarrollo de los frutos. Los índices de madurez se definen como una medida o una serie de medidas que permiten determinar si un producto alcanzó su madurez. La utilización de estos índices es importante especialmente en las frutas frescas y en los vegetales (Reid, 2002).

Los índices de madurez se caracterizan por ser mediciones simples, fáciles de realizar en el campo o en los lugares de inspección de la fruta permitiendo determinar la madurez de un fruto en un momento dado y monitorear su avance.

Se prefiere que la medición sea objetiva, capaz de proporcionar datos repetibles, y no destructiva. Es fundamental que a través de las distintas mediciones se obtengan medidas confiables en distintas condiciones ambientales y con distintos manejos. Por último, los índices deben estar relacionados con la calidad y con la vida en pos-cosecha (Reid, 2002).

En el caso de las manzanas, las características evaluadas como índices de madurez son diversas y se pueden agrupar de acuerdo con la naturaleza de la característica analizada. En el caso de las características físicas se consideran: el color de cáscara, el color de las semillas y el color de pulpa, la firmeza de pulpa, el tamaño y la gravedad específica entre otras cosas (Reid 2002, Campana 2007). Los índices morfológicos refieren a la forma del fruto y la suberificación de las lenticelas (Campana, 2007).

Las características químicas incluyen el contenido de almidón, el contenido de azúcares medido a través de los sólidos solubles totales (SST), el contenido de ácidos, la relación entre estos dos últimos parámetros, el porcentaje de jugo entre otras. Los parámetros fisiológicos que se utilizan como índices de madurez son la producción de C_2H_4 y la tasa respiratoria. Por último, también son utilizados índices cronológicos que refieren al intervalo entre plena floración y la madurez comercial, y las unidades de calor (Westwood 1992, Reid 2002, Campana 2007).

Para las manzanas aún no se ha determinado un índice de madurez que cumpla todos los requisitos como para ser satisfactorio. Reid (2002) indica

que la medición de la respiración, la producción de C_2H_4 , el contenido de sólidos solubles, el contenido de almidón y la medición de la firmeza de pulpa son características que no cumplen con todos los requisitos como para ser un índice de madurez adecuado y además los mismos demostraron ser muy variables en cuanto a su certeza para predecir la fecha de cosecha.

2.6.1. Índices cronológicos

Uno de los índices cronológicos utilizados es el tiempo que transcurre entre la fecha de plena floración, la cual se la define como el período en el cual comienza la caída de pétalos, o cuando se encuentran el 75% de flores abiertas (Feippe, 1993), hasta la fecha de madurez óptima de cosecha. Según Westwood (1982), éste sería un índice satisfactorio para determinar la madurez, en especial si se lo asocia con el cambio de color de pulpa de verde a blanco-amarillento, y con la presencia de una cantidad mínima de sólidos solubles en el jugo, siendo para 'Red Delicious' del entorno de un 11%. Reid (2002), sin embargo, señala que el uso de los días desde plena floración hasta la maduración solo permite generar predicciones generales de la fecha de cosecha.

2.6.2. Índices físicos

La evaluación de la firmeza de pulpa es uno de los índices de madurez más utilizados en manzanas. La medición de este parámetro se puede obtener mediante el uso de un penetrómetro o presiómetro (Sozzi, 2007). Feippe (1993) señala que el penetrómetro mide el grado de ablandamiento de la pulpa, al medir la fuerza que ejerce la misma sobre un émbolo de dimensiones conocidas, que posee el instrumento. En el caso de las manzanas, el émbolo a utilizar presenta un diámetro de 11 mm, mientras que, para las peras, duraznos, ciruelas y kiwis, se utiliza un émbolo de 7,9 mm de diámetro. El émbolo presenta una ranura que indica hasta que profundidad se debe introducir el mismo en la pulpa para realizar la medición (Campana, 2007). Las unidades con las cuales el instrumento expresa la medición de la firmeza de pulpa son los kilogramos fuerza (kgf) y libras fuerza (lb), cuanto mayor sea la resistencia que ejerce la pulpa, mayor será el valor registrado.

La medición de la firmeza de pulpa es un método sencillo y rápido, pero destructivo. Para llevar a cabo la medición en primer lugar se debe tomar una muestra representativa, entre 10-20 frutos, los cuales deben ser de tamaño mediano y homogéneo; las mismas no deben estar golpeadas o presentar heridas, ni daño por el sol. Se debe realizar dos cortes equidistantes en el área ecuatorial del fruto eliminando la cáscara de este. Luego se apoya la fruta sobre una superficie firme. Por último, se debe introducir el émbolo hasta la ranura

ejerciendo una presión constante (Feippe 1993, Campana 2007). Es conveniente que las mediciones sean realizadas por una misma persona, y el instrumento debe ser calibrado previamente. La calibración consiste en presionar el émbolo sobre una balanza de precisión conocida, hasta que la lectura de esta coincida con la lectura del penetrómetro en kgf (Feippe, 1993). Actualmente existen diversos equipos electrónicos que permiten realizar mediciones más precisas, al no depender de un operador, por otro lado, permiten registrar y acumular datos en computadoras (Campana, 2007).

Según Westwood (1982) la medición de la firmeza de pulpa no es un buen índice en el caso de cosechas tempranas de manzanas, ya que la evolución de ésta no se relaciona estrechamente con la evolución de la madurez. En el caso de que se realicen recolecciones más tardías o durante el período de conservación, la medición de la firmeza de pulpa se relaciona mejor con la madurez, y su medición es valiosa en especial si es acompañada con la medición de otros índices.

Por otro lado, la evaluación de la coloración de fondo de la fruta puede ser considerado otro índice de madurez, en variedades en las cuales se manifiesta el color de fondo y el color de cubrimiento, como las manzanas 'Gala'. Esto se debe a que la aparición paulatina de colores verde claro o amarillos, como color de fondo de la fruta, es independiente de los factores ambientales y de las características genéticas que si afectan al desarrollo del sobre-color (Reid 2002, Campana 2007).

El color puede ser evaluado a través de distintas metodologías que pueden ser subjetivas como la medición a través de las cartas de color por variedad u objetivas como la evaluación mediante el uso de un colorímetro. La medición mediante el uso de cartas de color dependerá del entrenamiento del observador. Estas cartas están conformadas por un grupo de tarjetas coloreadas con los distintos matices que puede presentar el fruto (Calvo et al., 2012). El colorímetro en cambio es un instrumento que cuenta con sensores que captan la luz reflejada por un objeto dentro del espectro visible (380-700 nm), una vez que interpreta esa información, la devuelve en forma de valores numéricos, los cuales pueden ser comparados entre sí, ya que son independientes a la apreciación humana (Campana, 2007).

La Comisión Internacional de l'Eclairage (CIE) estableció varios métodos para cuantificar el color denominados espacios de color: $L^*a^*b^*$, CIE XYZ, CIE $L^*u^*v^*$, CIE Yxy, y CIE LCH. Estos difieren en la simetría del espacio de color y en las coordenadas del sistema utilizadas para definir puntos dentro de ese espacio (Phatare et al., 2012). El espacio de color CIE LCH es el que se utiliza más frecuentemente para la medición objetiva del color durante la

maduración y la postcosecha de frutas (Campana, 2007). El espacio CIE LCH se describe como:

- Luminosidad (L^*): indica la L^* , la cual se representa a través de una escala de grises la cual va del blanco al negro, con valores que van de 0 al 100. Cuanto mayor sea el valor de L^* , más luminoso es el color.

- Chroma (C^*): es utilizado para determinar la saturación o intensidad del color. Cuanto menor sea el valor de C^* indica que el color es más "opaco", o sea el grado de cercanía al color gris, y en el otro extremo indica que tan próximo es el color al color cromático puro.

- Ángulo Hue ($^{\circ}H$): indica el matiz del color y se usa para definir la diferencia de un cierto color con referencia a color gris con la misma L^* . Este parámetro está relacionado a las diferencias en la absorbencia a diferentes longitudes de onda. Un ángulo de 0° o 360° representa el tono rojo, mientras que los ángulos de 90° , 180° y 270° representan tonos amarillos, verdes y azules respectivamente (Phatare et al., 2012).

2.6.3. Índices químicos

Reid (2002), señala que el índice de degradación de almidón es el método más antiguo para determinar la madurez de las manzanas. Es así como los cambios en el puntaje del que se asignan a los diferentes patrones de almidón previo a la cosecha y la evolución de la madurez se relacionan como una regresión lineal (Figura 6), lo que permite predecir la madurez mínima aceptable con varias semanas de anticipación. Según Drake et al. (2002), el índice de almidón es la medida más confiable para evaluar el estado de madurez y es clave para determinar el potencial de la fruta para ser exportada y almacenada, además de predecir el momento apropiado de cosecha. Campana (2007) señala que, al momento de la cosecha en los frutos climatéricos como la manzana, pera, banana y mango el almidón no se transforma totalmente en azúcares solubles, estando muy correlacionado el nivel de degradación del almidón con el avance de la madurez. Esto resulta en una medida de gran ayuda para la determinación del inicio de la cosecha.

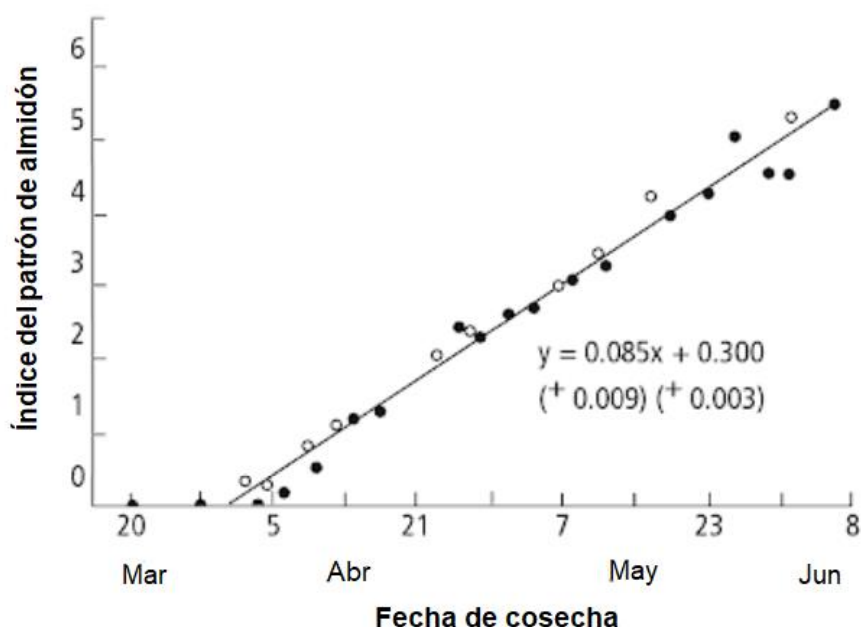


Figura 6. Cambios en los valores del índice de almidón durante la maduración de manzanas 'Granny Smith'

Fuente: adaptado de Reid (2002).

El índice de almidón consiste en la reacción que se da entre las cadenas de amilosa y una solución de yoduro de potasio y yodo metálico, dando como resultado una tinción azul que refleja la presencia de almidón en la fruta. Esta reacción hace posible que el almidón pueda ser detectado en las manzanas. Para ello se corta la manzana transversalmente por la zona ecuatorial y se coloca la pulpa de estas a reaccionar con una solución de yodo y yoduro de potasio durante 30 segundos. El resultado o figura obtenida en la pulpa se compara con un estándar o patrón específico para cada variedad (Feippe 1993, Campana 2007).

La forma en que se degrada el almidón varía según la variedad, por ejemplo, en el caso de manzanas como la 'Granny Smith', 'Red Delicious' y 'Gala' el almidón se degrada en forma circular, expandiéndose la zona incolora en forma de anillo desde la parte central a la forma periférica. En cambio, en variedades como 'Cripps Pink', 'Golden Delicious', y 'Jonagold' la expansión es radial, presentando una forma estrellada la parte incolora, donde los radios se expanden hacia la periferia (Campana, 2007).

La medición de sólidos solubles es otro índice de madurez utilizado en manzanas. Los sólidos solubles están compuestos por azúcares además de aminoácidos, sales y ácidos orgánicos, entre otros sólidos disueltos en agua.

Se puede medir con un refractómetro, obteniéndose su valor en grados Brix (°Brix) (Feippe 1993, Reid 2002, Calvo et al. 2012).

Para llevarse a cabo la medición en primer lugar se debe calibrar el instrumento colocando agua destilada sobre el prisma, y observando que la escala marque cero. Luego se seca el prisma y se coloca el jugo obteniéndose la medida. Se recomienda que entre la medición de distintas muestras se vuelva a limpiar el prisma y a calibrar con agua destilada. En general, se realiza una medición por fruto a una muestra de veinte frutos.

2.6.4. Determinación de la fecha de cosecha

En el Cuadro 5 se pueden observar valores de distintos índices de madurez para iniciar la cosecha señalados por Calvo et al. (2012), en manzanas 'Gala', a partir de los cuales se podría mantener la fruta en condiciones óptimas durante el período de pos-cosecha.

Cuadro 5. Índices de madurez para inicio de cosecha de las manzanas 'Gala'

Variedad	Firmeza de pulpa (N)	Contenido de sólidos solubles (°Brix)	Cantidad de almidón (%)
Gala	75,6-82,3	11-12	25-30

Fuente: adaptado de Calvo et al. (2012).

De acuerdo con Argenta y Mondardo (1994), el período de cosecha óptimo para manzanas 'Gala', se relaciona con una firmeza de pulpa aproximadamente 75 N, en cambio Feippe señala que valores entre 66,7 y 71,1 N son aptos para iniciar la cosecha. Por otro lado, en las condiciones de Uruguay, valores de 12 a 13 °Brix se correlacionan con los valores óptimos de firmeza de pulpa (Feippe, 1993). Según EPAGRI (2006), el contenido de SST que logran las manzanas 'Gala', cuando alcanza la madurez comercial rondan entre los 11,2 a 12,4 °Brix.

Respecto a el índice de almidón, de acuerdo con Feippe (2003), valores promedios de 2 a 3,5, para variedades rojas y manzanas 'Royal Gala' indican que está en el momento óptimo de cosecha en el caso de que la fruta no sea para el consumo inmediato, y por ende deba ser conservada bajo algún sistema de almacenamiento. Valores de 4, indican una firmeza inferior al óptimo de cosecha, mayor contenido de azúcares y menor acidez. La fruta puede ser almacenada por un corto período de tiempo, debido a que es más propensa a presentar desórdenes fisiológicos. Por último, valores entre 4,5 y 5 indican que la fruta ésta apta para el consumo inmediato.

2.7. CONSERVACIÓN

Gran parte de la producción de manzanas es almacenada en recintos refrigerados, permitiendo su comercialización durante largos períodos de tiempo luego de la cosecha. Las condiciones apropiadas de almacenaje permiten disminuir el metabolismo de la fruta, reduciendo por ejemplo la respiración y la síntesis de C_2H_4 . Otro de los procesos que afecta en gran medida la capacidad de mantención de los frutos, es la pérdida de agua de la superficie de los frutos debido a la evaporación (Reid, 2002). Los principales factores que se pueden controlar durante el almacenamiento para disminuir los procesos metabólicos y la transpiración son temperatura, humedad relativa y la composición de los gases de la atmósfera presente en el recinto estanco donde permanece la fruta (EPAGRI, 2006).

Los cultivares de manzanas de cosecha temprana, a los que pertenece el grupo 'Gala', presentan tasas de respiración y producción de C_2H_4 , superiores a las de los de cosecha tardía (Chu, citado por Sozzi, 2007). Según Watkins et al. (1989), la producción de C_2H_4 de 'Royal Gala', puede llegar a $1\mu L/kg/h$, mientras que en 'Fuji' y 'Granny Smith' los valores son inferiores a $0,5\mu L/kg/h$.

Para el cultivar 'Gala', tal y como sucede en todos los productos vegetales, el tiempo de conservación depende del momento de cosecha y de las condiciones de conservación variando entre tres y ocho meses (Cuadro 6). En condiciones de almacenamiento refrigerado las manzanas 'Gala' se pueden conservar períodos relativamente cortos de hasta cuatro meses (Saquet, citado por Corrent et al., 2004) luego de esto ocurren fenómenos de índole fisiológica o sanitaria, que afectan la calidad de los frutos. La pérdida de calidad está relacionada con la alta tasa de producción de C_2H_4 y la alta tasas de respiración (Brackmann, citado por Brackmann et al., 2004).

Por otro lado, en atmósfera controlada (AC) el almacenamiento puede extenderse entre cinco (EPAGRI, 2006) y ocho meses (Saquet, citado por Corrent et al., 2004).

Cuadro 6. Período de almacenamiento, temperatura, concentraciones de CO₂ y O₂ para manzanas 'Gala'

Cultivar	Temperatura		Concentración (%)		Período (meses)	
	AC	AF	CO ₂	O ₂	AC	AF
Gala	0 a 1	0 a 1	1 a 2	1,5 a 2	5	3

Referencias: AC= atmósfera controlada; AF= almacenamiento en frío.

Fuente: tomado de EPAGRI (2006).

La menor conservación potencial que presentan los cultivares del grupo 'Gala', con relación a otros cultivares de manzana, hacen necesario que los productores que solo utilizan conservación refrigerada y/o AC convencional, concentren las ventas en los tres a cinco meses posteriores a la cosecha.

2.8. AVG

La amino-etoxi-vinil-glicina (AVG), es un L-aminoácido no proteico, esta molécula fue descubierta por Hoffman La Roche a inicios de la década de los 70', como un metabolito secundario sintetizado por un microorganismo del suelo, *Streptomyces* spp. (Grenne 2002, Venvurg et al. 2008). El modo de acción del AVG es inhibir la biosíntesis del C₂H₄, actuando específicamente en la enzima ACC sinatasa, que es la que cataliza la conversión enzimática de SAM a ACC (Boller et al. 1979, Yu y Yang 1979). El AVG reduce temporalmente la producción endógena de C₂H₄, pero no afecta la sensibilidad al mismo (Steffens et al. 2005, Venvurg et al. 2008, Petri et al. 2010, Yildiz et al. 2012, 2016).

Entre los principales efectos fisiológicos que se reportan a partir de la aplicación de AVG en manzanas, se destacan el enlentecimiento de la maduración y el control de la caída de frutos inmaduros, aumento de la fructificación efectiva, aumento del crecimiento vegetativo, aumento en la relación longitud/diámetro de los frutos, aumento de tamaño de éstos, y una reducción de la producción de C₂H₄, mejorando el potencial de almacenamiento de los frutos (Vernburg et al. 2008, Petri et al. 2016). Esto permite la manipulación de la maduración de las manzanas lo cual es importante, en especial en regiones donde se cultivan grandes extensiones de un mismo cultivar. En estas regiones, la aplicación de AVG permite optimizar el proceso de cosecha, al prolongar el periodo de la misma por el retraso del proceso de la maduración (Vernburg et al., 2008).

Respecto al efecto sobre la maduración, la disminución de la producción de C₂H₄ implica un retraso en el inicio del climaterio, ocasionando

que todos los procesos vinculados con la acción del C_2H_4 se vean enlentecidos (Wang y Dilley, 2001). El efecto sobre la maduración depende de la dosis aplicada, el momento de aplicación y la sensibilidad de los diferentes cultivares hacia el mismo, entre otros factores (Greene 2005, Petri et al. 2010).

La aplicación de AVG cercana al punto de cosecha retrasa la maduración de los frutos (Byers 1997, Greene 2002). Grenne (2002) indica que la aplicación a las ocho semanas pre-cosecha no retrasó la madurez, ni redujo la incidencia de corazón acuoso. En cambio, aplicaciones realizadas entre la cuarta y sexta semanas previas a cosecha, lograron retrasar más los parámetros asociados a madurez como ablandamiento, degradación de almidón, y desarrollo del color rojo, que aplicaciones realizadas en fechas más cercanas (Greene, 2002, 2005). Una posible explicación es que las aplicaciones tempranas reducen los niveles de C_2H_4 antes en el proceso de maduración, mientras que aplicaciones realizadas una a dos semanas previo a cosecha tuvo el mismo efecto o mejor en controlar la caída pre-cosecha, que las aplicaciones realizadas cuatro semanas antes (Greene, 2002, 2005).

Respecto a la sensibilidad diferencial que presentan los cultivares Vidal et al. (2002), sugieren que las manzanas 'Gala' presentan una mayor sensibilidad ante la aplicación de AVG, en cuanto al retraso en la madurez, con respecto al cultivar 'Fuji'. Esto se reflejó en distintos índices de madurez, principalmente en una mayor retención del color de fondo verde. Por otro lado, Byers (1997) señala que los cultivares 'Redfree', 'Golden Delicious' y 'Rome', respondieron mejor que 'York' y 'Delicious'. Phan-Tien et al. (2004) también reportaron respuestas diferenciales entre manzanas 'Gala' y 'Pink Lady' retrasando la madurez entre nueve y doce días para manzanas 'Gala', y cinco días en manzanas 'Pink Lady' basándose en el índice de almidón, con respecto a fruta sin tratar. Se cree que el nivel de C_2H_4 que produce cada cultivar influencia la sensibilidad al AVG, sin embargo 'Gala' y 'Pink Lady' producen altos niveles de C_2H_4 durante el climaterio. Otra posible explicación es que la menor densidad y por ende menor espacio intercelular de 'Pink Lady' comparado con 'Gala' inflencie la penetración del AVG al tejido y culmine en respuestas diferentes según cultivar (Phan-Thien et al., 2004).

Uno de los efectos que han sido reportados como producto de la aplicación de AVG es el retraso en la degradación de almidón (Wang y Dilley 2001, Grenne 2002, 2005, Petri et al. 2010, Yildiz et al. 2012, 2016). Respecto a este parámetro Greene (2002) señala que se observaron diferencias en manzanas 'Delicious' tratadas con AVG y sin tratar, al momento de cosecha, lográndose diferencias superiores, en evaluaciones posteriores sobre fruta que permaneció en los árboles. Phan-Thien et al. (2004), lograron retardar la degradación de almidón, al aplicar AVG tres a cuatro semanas previas de la

primera fecha de cosecha en manzanas 'Gala'. Por otro lado, Greene (2005) reporta que las aplicaciones de AVG disminuyeron la tasa de degradación de almidón, sin embargo las aplicaciones más cercanas a la fecha de cosecha son las que fueron menos efectivas en retardar la degradación de almidón. Petri et al. (2010), reportaron resultados similares, independientemente de la dosis y la fecha de aplicación, donde evaluaciones realizadas en la fecha de cosecha óptima para la fruta sin tratar, y a los días 19 y 30 después de esta fecha, se observó que el AVG promueve una menor degradación de almidón, al mostrar las frutas tratadas un menor índice de almidón.

La aplicación de AVG también conlleva a un retraso en la pérdida de firmeza de pulpa (Wang y Dilley 2001, Vidal et al. 2002, Steffens et al. 2005, Argenta et al. 2006, Petri et al. 2010, Yildiz et al. 2012, 2016). Petri et al. (2010), en un experimento sobre manzanas 'Imperial Gala', reportaron que se obtuvieron diferencias en la firmeza de pulpa entre la fruta tratada con 120 mg.ha⁻¹ de AVG cuatro semanas previas a cosecha, con respecto al tratamiento testigo, en la fecha de cosecha de éste último. Estas diferencias fueron de 4 N, y no se mantuvieron en las siguientes evaluaciones realizadas en frutas que permanecieron en los árboles.

En relación con la síntesis de sólidos solubles, los resultados obtenidos en distintos estudios difieren. Algunos autores reportan que el contenido de sólidos solubles tratados con AVG fue inferior al de los frutos no tratados. Por ejemplo, Vidal et al. (2002), indican que la aplicación de 125-250 mg.L⁻¹ de AVG en manzanas 'Gala' generó un atraso en el cambio del contenido de sólidos solubles, señalando que según modelos lineales ajustados de la evolución de sólidos solubles, la fruta necesitarían 40 días para alcanzar los mismos niveles que presentaba el testigo en la fecha de cosecha comercial. En este mismo sentido, Petri et al. (2010), Yildiz et al. (2012), señalan que para manzanas 'Gala' y 'Red Chief' obtuvieron menor contenido de SST en la fecha de cosecha comercial con respecto a la fruta no tratada con AVG. Por otro lado, otros autores reportan que el AVG no afectó diferencias el contenido de SST (Grenne 2002, Phan-Thien et al. 2004, Grenne 2005).

Respecto a la coloración de fondo algunos autores han reportado que el AVG afecta negativamente la pérdida de clorofila. Wang y Dilley (2001), reportaron que el AVG aplicado 4 a 5 semanas antes de cosecha sobre manzanas 'Gala' y 'Jonagold', a una dosis de 124 g.ha⁻¹, afectó negativamente el desarrollo de la coloración roja y la pérdida de clorofila con respecto a la fruta testigo. Esto coincide con lo descrito por Vidal et al. (2002), los cuales obtuvieron como resultado que la aplicación de AVG afectó la coloración al retener el color verde de fondo en manzanas 'Gala'. Steffens et al. (2005), obtuvieron resultados similares, señalando que el AVG inhibe la síntesis y la

actividad de las clorofilasas, pero el mecanismo no está del todo claro aún (Ferri et al., citados por Steffens et al., 2005). Probablemente el efecto sea indirecto, debido a la menor producción de C_2H_4 .

En relación con el desarrollo del sobre-color se reportó que las aplicaciones de AVG ocasionan un retraso en el desarrollo de la coloración roja (Byers 1997, Wang y Dilley 2001, Vidal et al. 2002, Greene 2005, Steffens et al. 2005, Argenta et al. 2006) debido a una reducción en la acumulación de pigmentos antociánicos en la epidermis de los frutos (Wang y Dilley 2001, Vidal et al. 2002). Wang y Dilley (2001) señalan que la aplicación de 124 g.ha^{-1} cuatro a cinco semanas antes de cosecha, enlenteció el desarrollo de la coloración roja en manzanas 'Gala', afectando negativamente la calidad de la fruta. Vidal et al. (2002) reportaron resultados similares para este mismo cultivar. Por otro lado, Petri et al. (2010), reportaron que para manzanas 'Imperial Gala', el AVG retrasa el desarrollo de la coloración roja, sin embargo, cuando los frutos fueron cosechados en el punto de cosecha comercial no se observaron diferencias en el sobre-color entre frutos tratados y no tratados. Yildiz et al. (2012, 2016), reportaron que solo la aplicación 600 mg.l^{-1} incremento significativamente el parámetro L^* y el $^{\circ}H$, y que ninguna de las concentraciones de AVG afectaron el C^* , en relación al manzanas 'Red Chief' no tratadas. Grenne (2005), señala que aplicaciones realizadas entre cuatro a seis semanas previas cosecha en manzanas 'McIntosh' también retrasaron el desarrollo del color rojo.

Se sugiere que la aplicación de AVG puede provocar un incremento en el tamaño y el rendimiento (Venburg, 2008). Vidal et al. (2002), obtuvieron que luego de 30 días de haber aplicado AVG no se observaron diferencias significativas en cuanto al tamaño, siendo el peso promedio de 151 g. Sin embargo, logró un incremento de peso a los 35 días posteriores a la aplicación de AVG (125 mg.l^{-1}), de 12,5% con respecto al testigo. En este mismo sentido, Petri et al. (2010), obtuvieron un incremento de la masa de manzanas 'Imperial Gala', posiblemente en respuesta a un incremento de 20 días del ciclo floración-maduración con respecto al testigo. Por otro lado, Vidal et al. (2002) señalan que obtuvieron un incremento en el rendimiento con el tratamiento con AVG posiblemente debido a que la aplicación redujo la abscisión de fruta inmadura.

Por otro lado, otros autores no lograron diferencias significativas en tamaño en frutos tratados con AVG en manzanas 'Ace Delicious ' y ' Early Red One' (Grenne, 2002), 'Fuji ' (Vidal et al., 2002) 'McIntosh' (Grenne, 2005). Phan-Thien et al. (2004), reportaron que el tratamiento con AVG no afectó el peso, ni la tasa de crecimiento de manzanas 'Gala' y 'Pink Lady'. Concentraciones de 250 mg.l^{-1} parecieron ser tóxicas para 'Gala', ya que detuvieron su crecimiento, lográndose un tamaño menor de fruta a cosecha (Williams, citado por Vidal et al., 2002).

Algunos autores han evaluado la calidad de manzanas tratadas con AVG luego de ser almacenadas. Wang y Dilley (2001) indicaron que luego de seis meses más siete días vida de estante a 20°C, se logró una inhibición de la producción de C_2H_4 , ya que las manzanas presentaban niveles pre-climatéricos de C_2H_4 , y una mantención de la firmeza de pulpa. Steffens et al. (2005), lograron mantener la calidad de manzanas 'Gala' luego de ser conservadas en atmósfera controlada durante ocho meses y ser expuestas siete días a 20°C con la aplicación de AVG en pre-cosecha. Otros efectos que se han logrado luego de la aplicación de AVG son la disminución de algunos desórdenes fisiológicos y patologías como el "corazón acuoso" (Venburg et al., 2008) y la ocurrencia de podredumbres (Steffens et al., 2005).

2.9. 1-MCP

El 1-metil-ciclopropeno (1-MCP) es una molécula simple, la cual bajo forma gaseosa inhibe la acción del C_2H_4 al competir con este por su sitio de acción. Una vez que el 1-MCP se une a los receptores del C_2H_4 , el mismo bloquea la acción de éste, siendo la unión del 1-MCP y el receptor prácticamente irreversible (Sozzi, 2007). Sisler y Serek (1997), sugieren que el 1-MCP se liga fuertemente al sitio de acción del C_2H_4 , con una vida media de difusión de 7 a 12 días. Este tiempo de difusión indica que la unión del 1-MCP al sitio de acción del C_2H_4 es irreversible. Esto provoca el retraso la maduración de las manzanas cuando es aplicado en pre y pos-cosecha.

Estos efectos que ejerce el producto dependen de la concentración y condiciones de aplicación del producto, así como de la variedad y el estado de madurez de frutos (Fan et al. 1999, Watkins et al. 2000, Brackmann et al. 2004).

La maduración de los frutos luego de la aplicación del 1-MCP, dependerá de la capacidad de éstos de generar nuevos receptores (Sozzi, 2007). Posiblemente las bajas temperaturas durante la conservación no permiten que se generaran nuevos receptores de C_2H_4 . En estudios en el que se evaluó su eficacia en manzanas expuestas a 1-MCP por 24 horas y almacenadas a 1°C, no respondieron a la acción del C_2H_4 por meses, sin embargo cuando fueron almacenadas a 20°C, respondieron a los 12-14 días (Sisler y Serek, 1997). Esto indica que los receptores del 1-MCP en manzanas, se metabolizan o nuevos receptores son sintetizados con altas temperaturas, haciendo que el proceso de acción de inhibición del C_2H_4 sea revertido, pudiendo retornar la maduración.

Respecto a la firmeza de pulpa Fan et al. (1999), demostraron que la aplicación de este producto permite mantener una firmeza de pulpa superior

con respecto a la fruta no tratada en cinco cultivares diferentes: 'Ginger Gold', 'Delicious', 'Jonagold' y 'Gala', almacenados a 0°C por 6 meses y luego de ser mantenidas de 20 a 24°C por 60 días. Las diferencias en 'Gala' se observaron solo luego de los seis meses de almacenamiento. Watkins et al. (2000), reportaron que lograron mantener la calidad de la fruta en cuatro cultivares distintos: 'McIntosh', 'Empire', 'Delicious', 'Law Rome' mediante la aplicación de 1-MCP. La calidad fue evaluada a través de distintos índices de madurez y a través de desórdenes fisiológicos, dependiendo la respuesta del cultivar y del sistema de almacenamiento.

Por otro lado, Feippe y Chiessa (2003), señalan que la aplicación de 1000 ppb de 1-MCP durante 24 horas, aplicado a temperatura ambiente sobre manzanas Pink Lady™, permitió mantener valores similares de firmeza de pulpa a los obtenidos durante la cosecha (75,62 N), luego de tres meses de almacenamiento en cámara de frío convencional. Brackmann et al. (2004), reportaron que para manzanas 'Gala', la una aplicación inicial de 625 nLL⁻¹ de 1-MCP permitió lograr una mayor firmeza de pulpa, luego de ser almacenadas en un depósito refrigerado durante 4 meses, y posteriormente expuestas a temperaturas de 20°C durante 14 días, con respecto a la fruta no tratada. Corrent et al. (2004), lograron mantener la firmeza de pulpa luego de ocho meses de almacenamiento, con un valor igual o superior 60 N, nivel mínimo para comercializar manzanas para consumo.

En cuanto a la degradación de almidón Calvo (2002), señala que el 1-MCP aplicado sobre manzanas 'Red Delicious' almacenadas durante seis meses, redujo la degradación del almidón, pero este efecto dependió de la fecha de cosecha, además de que las mayores diferencias en este parámetro con respecto a la fruta no tratada se obtuvieron durante el período de vida en estante y no durante el período de conservación. Por otro lado, Fan et al. (1999), reportaron que en el cultivar 'Fuji' obtuvieron diferencias significativas en el contenido de SST, presentando los tratamientos que no recibieron la aplicación de 1-MCP, mayores contenidos de SST, mientras que el contenido de SST de las manzanas 'Gala' se mantuvo igual al de la fruta no tratada. En cambio, Brackmann et al. (2004), señalan que la aplicación de 1-MCP en manzana 'Gala' luego de ser cosechada no causó diferencias significativas en el contenido de SST durante los cuatro meses de almacenamiento.

En cuanto al color de fondo Brackmann et al. (2004), reportaron que la aplicación de 1-MCP sobre manzanas 'Gala', luego de haber estado durante cuatro meses en almacenamiento refrigerado y 14 días a 20°C, logró retener el color de fondo verde. Por otro lado, la respiración y la producción de C₂H₄ fue menor en los frutos tratados con 1-MCP. Esta retención del color verde puede deberse a que la falta de acción del C₂H₄ por la acción del 1-MCP, impide la

acción de las clorofilasas, disminuyendo la degradación de las clorofilas (Serek, 1995).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIAL VEGETAL

El ensayo se realizó en un establecimiento comercial ubicado en la zona de Melilla, Montevideo (LS 34°45'59"; LW 56°16'27"), en la temporada 2016-2017. Los árboles utilizados correspondieron a manzanos cultivar 'Gala Baigent' (Gala Brookfield®), injertados sobre portainjerto Malling 9 (M9), de trece años de edad con un 5% de polinizadores, cultivar 'Granny Smith '. El cuadro se encontraba plantado en orientación este-oeste, conducidos como líder central, con un marco de plantación es de 4,5 metros por 1 metro, siendo la densidad de plantación de 2.222 plantas.ha⁻¹. Éste contaba con un sistema de riego por goteo localizado. La lámina de riego aplicada se calculaba según la etapa fenológica del cultivo y la demanda atmosférica.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

3.2.1. Pre-cosecha

Los tratamientos realizados a campo consistieron en la aplicación de distintas dosis de AVG (Retain®) en dos fechas diferentes (Cuadro 7). Las fechas de las aplicaciones de cada tratamiento se establecieron a partir de la fecha de cosecha más probable, estimándose esta última a partir de la fecha de plena floración y la fecha de cosecha previa, 20 de setiembre y 15 de enero del 2016 respectivamente.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se eligieron seis filas del cuadro, conformando cada media fila una repetición. En estas filas se seleccionaron cinco árboles, correspondiendo cada uno a una unidad experimental (Anexo I, Figuras 1 y 2). Se seleccionaron unidades experimentales homogéneas, siendo el diámetro de cada árbol de 6,9 cm $\pm$ 0,8cm. Para ello se midió el diámetro a los 20 cm por encima de la unión del injerto con un calibre manual.

Cuadro 7. Tratamientos realizados a campo

Fecha de aplicación/ Tratamiento	22/12/2016 (30 dpcp)	05/01/2017 (15 dpcp)
	Dosis (ppm/ha)	
T1	125	-
T2	62,5	62,5
T3	-	-

Referencias: dpcp= días previos a la fecha de cosecha prevista. -: sin aplicación.

Las aplicaciones se realizaron a primera hora de la mañana con una pulverizadora (Berthoud, Francia). La calibración de la misma se realizó en el monte a evaluar, obteniéndose un gasto total de 1.010 L.ha⁻¹. Se utilizó también un coadyuvante tensoactivo (Silwet L* Ag, Momentive, Estados Unidos) (50 cm³ / 100 L). El manejo que se les realizó a las plantas del ensayo durante la etapa pre-cosecha fue de acuerdo a las decisiones tomadas por el productor.

La cosecha fue realizada tomando como criterio el índice de almidón, con valores entre 4 y 4,5 utilizando la escala "Grado de madurez en manzanas 'Royal Gala' en base a la reacción almidón-iodo, en una escala de 1 a 5" (inia, s.f.), y en segundo lugar la firmeza de pulpa, con valores entre 66,7 y 71,1 N. La fruta se almacenó en una cámara de frío convencional a una temperatura de 0°C y con 90% de humedad relativa, durante 105 días. Los frutos obtenidos de cada árbol se conservaron en envases con una capacidad de 18 kg (Mercobox, Uruguay), mientras que el resto de la fruta del ensayo se conservó en bins (400 kg).

3.2.2. Pos-cosecha

Durante la etapa de pos-cosecha se realizó un segundo ensayo en el cual se aplicaron distintos tratamientos a manzanas cosechadas del cuadro donde se habían aplicado los tres tratamientos en pre-cosecha. El 6 de febrero del 2017 se aplicó 1 ppm de 1-MCP (Fysium™) a los frutos cosechados, dejando un total de 50 frutos por tratamiento sin aplicar.

El diseño utilizado fue el de parcelas divididas en bloques completos al azar, donde la parcela mayor consistió en la fruta que recibió los distintos tratamientos en la etapa de pre-cosecha, y la parcela menor fue la fruta tratada durante la pos-cosecha con el producto 1-MCP. Esto provocó que en la etapa de pos-cosecha se realizaron seis tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. En el Cuadro 8, se describe la combinación de los tratamientos realizados en pre y pos-cosecha.

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos en pos-cosecha

Producto y fecha de aplicación	AVG		1-MCP
	22/12/2016	5/01/2017	6/02/2017
Tratamientos	Dosis (ppm/ha)		Dosis (ppm)
T1	125	-	-
T2	62,5	62,5	-
T3	-	-	-
T4	125	-	1
T5	62,5	62,5	1
T6	-	0	1

La aplicación de 1-MCP se realizó en una cámara de frío multipropósito sellada para atmósfera controlada, a una temperatura de 0°C donde la fruta ocupó un 80% del volumen para asegurar una distribución homogénea del producto. Es así, que siendo la capacidad total de la cámara de unos 90 envases de 400 kilogramos cada uno, se aplicó el producto a un total de 75 envases.

3.3. VARIABLES EVALUADAS

3.3.1. Pre-cosecha

A partir del 19 de enero del 2017, se realizaron muestreos de frutos con el objetivo de determinar el momento óptimo de cosecha para cada tratamiento evaluándose para ello, diferentes índices de madurez y de cosecha en la Estación Experimental de INIA Las Brujas. Las evaluaciones se realizaron cada cuatro días a partir de la fecha y se muestrearon cinco frutos por repetición. Vale destacar que el T3 se cosechó en una única fecha (24 de enero del 2017). Por otro lado, el T1 y el T2 se continuaron evaluando en la planta durante el 27 de enero y el 31 de enero. La cosecha de estos tratamientos se llevó a cabo el 2 de febrero del 2017.

Al total de frutos de cada tratamiento se les determinó el tamaño individual a través del peso medido mediante una balanza de precisión (Precisa, XB 4200C, Suiza) y el diámetro medido con un calibre digital (Jomarca, Stainles Shardened ®, Países Bajos). También se midió la firmeza de pulpa, utilizando un penetrómetro digital (53205, tr® Turoni, Italia); los SST por refractometría (ACT-1, Atago, Estados Unidos) y el contenido de almidón a través del test de yodo (ver Anexo II). Adicionalmente se midió el color de fondo (superficie calicinal del fruto) y el sobre-color (zona superior al ecuador del fruto), con un medidor de colorimetría (CR-400, Konica Minolta, Estados Unidos). El espacio

de color utilizado para medir fue L^* , índice rojo-verde (a^*), índice amarillo-azul (b^*). A partir de estas coordenadas se determinaron el C^* y el H° .

El H° se calculó mediante la formula arcotangente de b^*/a^* . Donde: si $a > 0$ y $b \geq 0$, $^\circ H = \text{arcotangente de } b^*/a^*$; si $a < 0$ y $b \geq 0$, $^\circ H = 180 + \text{arcotangente de } b^*/a^*$; si $a < 0$ y $b < 0$, $^\circ h = 180 + \text{arcotangente de } b^*/a^*$ y si $a > 0$ y $b < 0$, $^\circ H = 360 + \text{arcotangente de } b^*/a^*$. El C^* se calculó a través de la ecuación $[(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$ (Mc.Guire, 1992).

3.3.2. Cosecha

Durante ambos días de cosecha se evaluó la producción de los árboles seleccionados en cada tratamiento. Para ello se registró el número total de frutos por árbol y el peso de estos con una balanza con variación de $\pm 0,01g$.

3.3.3. Pos-cosecha

El día posterior a la cosecha de cada tratamiento, se evaluaron los índices de madurez, el tamaño y el sobre-color tomando cinco frutos por parcela. Se debe considerar que durante la primera fecha de evaluación se evaluaron tres tratamientos, como consecuencia de que aún no se había aplicado el producto 1-MCP.

A los 35 días pos-cosecha, se prosiguió con las evaluaciones descriptas en pre-cosecha, con el fin de monitorear la evolución de la madurez de los seis tratamientos durante el almacenaje. Dichas mediciones se llevaron a cabo cada 35 días, y en las mismas se midieron cinco frutos por parcela.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de todas las variables, se utilizó el software estadístico Infostat (versión estudiantil, Universidad Nacional de Córdoba).

En el caso de las variables evaluadas durante la pre-cosecha y cosecha se planteó el siguiente modelo general:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} es la variable de respuesta

μ es la media poblacional

τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento

β_j es el efecto del j -ésimo bloque

ϵ_{ij} es el error experimental asociado al i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición

Para variables evaluadas en pos-cosecha, se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + \delta_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} es la variable de respuesta

μ es la media poblacional

β_k es el efecto del k-ésimo bloque

A_i es el efecto del i-ésimo tratamiento

δ_{ik} es el error experimental asociado al i-ésimo tratamiento en la k-ésima repetición

B_j es el efecto del j-ésimo tratamiento

$(AB)_{ij}$ interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} es el error experimental asociado al i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición

Para determinar si existían diferencias entre los tratamientos se realizaron análisis de la varianza (ANAVA). La comparación entre las medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRE-COSECHA

4.1.1. Evolución de la degradación de almidón

En este experimento se definió cosechar todos los tratamientos en un mismo estado de madurez. La evolución de la maduración se evaluó a través de la medición de los índices de madurez en las distintas fechas de evaluación. Los índices de madurez que tomaron especial relevancia para definirla fueron el índice de almidón y la firmeza de pulpa.

Se seleccionó el índice de almidón para definir el inicio de la cosecha debido a que según Drake et al. (2002), el índice de almidón es la medida más confiable para evaluar el estado de madurez, además de ser clave para la determinación del potencial de la fruta a ser exportada y almacenada. Por otro lado, Sozzi (2007) señala que, al momento de la cosecha, en los frutos climatéricos, el almidón no se transforma totalmente en azúcares solubles, estando muy correlacionado el nivel de degradación del almidón con el avance de la madurez.

Respecto a este índice, el mismo se incrementó a lo largo del periodo de evaluación como se muestra en la Figura 7. Además de la tendencia a presentar una disminución en el contenido de almidón se observó que el 23 de enero, el índice de almidón fue mayor en el tratamiento testigo, respecto a los dos tratamientos con AVG. A partir del resultado obtenido en esta fecha, se tomó la decisión de cosechar el tratamiento testigo (T3).

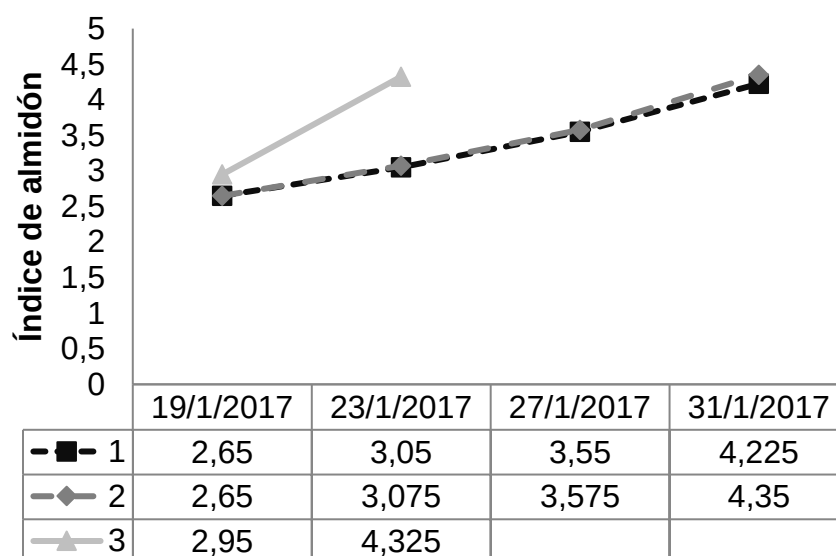


Figura 7. Evolución del índice de almidón durante la pre-cosecha

Por otro lado, en todas las fechas de evaluación se observaron valores similares de este índice en los tratamientos 1 y 2. Estos tratamientos lograron niveles similares de degradación de almidón, a los obtenidos el 23 de enero por el T3, el 31 de enero del 2017 (ocho días después que el tratamiento testigo). Esto determinó que la cosecha de ambos tratamientos se llevará a cabo el 2 de febrero del 2017.

De acuerdo con Feippe (2003), los valores promedio de índice de almidón con los cuales se cosecharon los tres tratamientos (4,325-4,35) coinciden con valores que indican una firmeza inferior al óptimo de cosecha, mayor contenido de azúcares y menor acidez indicando que la fruta puede ser almacenada por un corto período de tiempo, debido a que es más propensa a presentar desórdenes fisiológicos.

El atraso en la maduración de la fruta tratada con AVG con respecto al testigo, coincide con los resultados obtenidos por diferentes autores como Wang y Dilley (2001), los cuales señalan que la aplicación de AVG retrasó la degradación de almidón aproximadamente una semana. Phan-Thien et al. (2004) obtuvieron resultados similares, indicando que, al aplicar AVG, 3-4 semanas antes de la primera fecha de cosecha en manzanas 'Gala', la cosecha de la fruta tratada con AVG se retrasó 5 a 12 días basándose en el índice de almidón. Petri et al. (2010), reportaron resultados similares, independientemente de la dosis y la fecha de aplicación donde evaluaciones realizadas en la fecha de cosecha óptima del testigo, y los días 19 y 30 después de la cosecha de la

fruta sin tratar, mostraron que el AVG promueve una menor degradación de almidón.

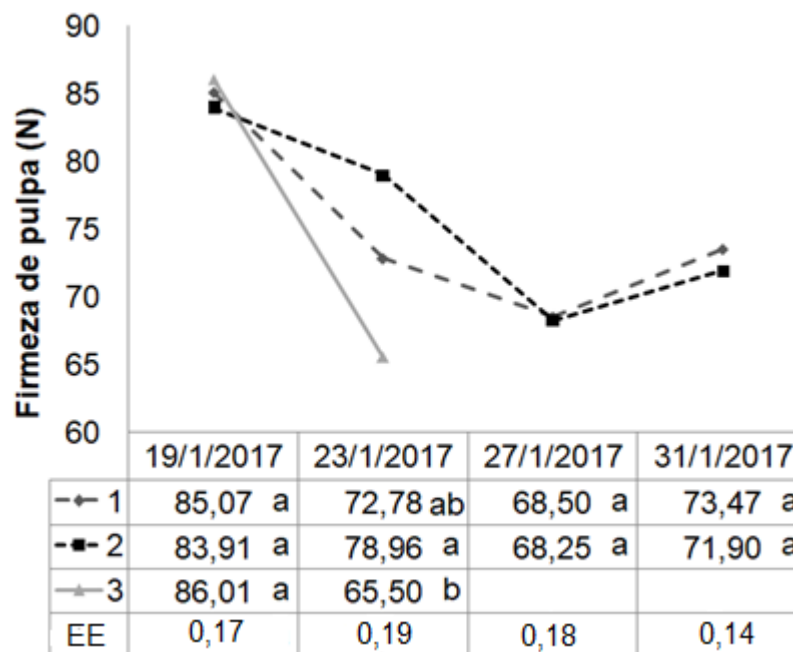
Otro factor para considerar es que Greene (2005) señala que a pesar de que la aplicación de AVG redujo significativa y linealmente la degradación del almidón hasta la fecha de cosecha de la fruta sin tratar, las diferencias entre las frutas tratadas con AVG y la fruta control que quedaron en los árboles se hicieron mayores en las evaluaciones posteriores. En este caso, la cosecha de la fruta no tratada con AVG se realizó en una única fecha por lo que este efecto no se pudo evaluar en la etapa pre-cosecha.

4.1.2. Evolución de la firmeza de pulpa

La firmeza de pulpa disminuyó a lo largo del período pre-cosecha (Figura 8). Esta es una de las propiedades físicas que se modifica durante el proceso de maduración siendo el C_2H_4 el que promueve su disminución en manzanas, al igual que promueve otros procesos que se dan durante esta etapa (Mitcham y Mitchell 2002, Feippe 2003).

En la segunda fecha de evaluación, se encontraron diferencias significativas en este parámetro entre la fruta proveniente del T2 y del T3 (tratamiento testigo). La magnitud de la reducción de los valores de firmeza de pulpa motivó la cosecha del T3. Pese a no presentarse diferencias entre T1 y T3, el T1 no fue cosechado por no tener diferencias con el T2. En las fechas posteriores los tratamientos 1 y 2, no presentaron diferencias significativas en cuanto a niveles de firmeza de pulpa y fueron cosechados el 2 de febrero del 2017. Además, se puede observar que los tratamientos que consistieron en la aplicación de AVG (T1 y T2), durante el período de evaluación, nunca llegaron a alcanzar los valores de firmeza de pulpa que logró el T3 el 23 de enero.

La firmeza de pulpa a cosecha de todos los tratamientos fue inferior a la establecida como valores óptimos (75,6-82,3 N) por Calvo et al. (2012). Según Feippe (1993), quien señala que valores entre 66,7 y 71,1 N son óptimos para iniciar la cosecha, el T3 se habría comenzado a cosechar con valores inferiores a los indicados y los tratamientos T1 y T2 con valores levemente superiores.



Referencias: letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0,05$). EE: error estándar.

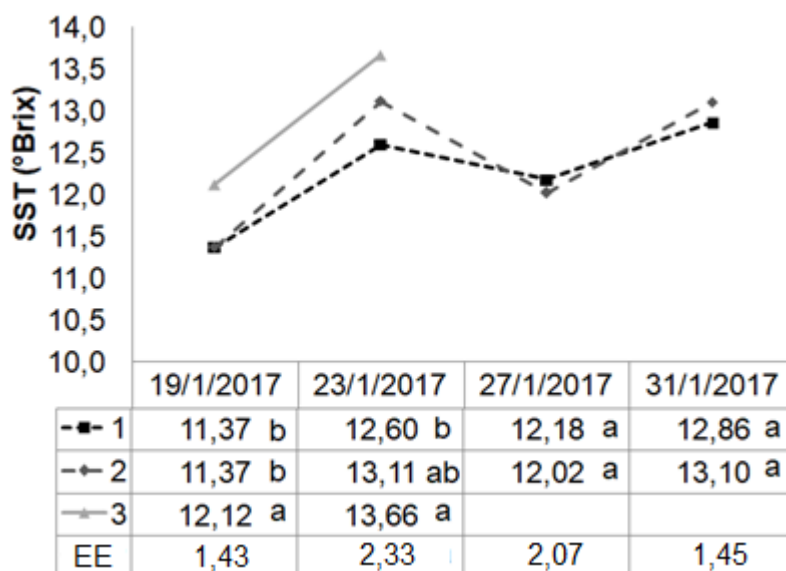
Figura 8. Evolución de la firmeza de pulpa durante la pre-cosecha

Se han reportado diferencias en la firmeza de pulpa ante la aplicación de AVG por diversos autores (Wang y Dilley 2001, Vidal et al. 2002, Steffens et al. 2005, Petri et al. 2010, Yildiz et al. 2012, 2016). Según Steffens et al. (2005), la respuesta de la firmeza de pulpa al AVG está relacionada con la reducción de la síntesis de C_2H_4 y la actividad de las enzimas relacionadas a la disminución de este índice. Esto se explica debido a que el AVG inhibe la biosíntesis del C_2H_4 , al inhibir competitivamente la síntesis de la enzima ACC sintasa (Boller et al. 1979, Yu y Yang 1979), disminuyendo temporalmente la producción endógena de C_2H_4 , sin afectar la sensibilidad al mismo (Venvurg et al., 2008).

Petri et al. (2010), en un experimento sobre manzanas 'Imperial Gala', observaron diferencias en la firmeza de pulpa en la fruta tratada con AVG con respecto al testigo en la fecha de cosecha de este último solo cuando se aplicaron $120 \text{ mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de AVG cuatro semanas previas a cosecha, estas diferencias fueron de aproximadamente 4 N a la cosecha, y no se mantuvieron en evaluaciones posteriores. A diferencia de este resultado, en este ensayo llevado a cabo sobre 'Gala Baigent' (Brookfield ®) se observaron diferencias solo en una de las fechas de evaluación, mostrando que el T2 (aplicación en dos fechas) presentaba una firmeza de pulpa significativamente superior con respecto al T3.

4.1.3. Evolución del contenido de sólidos solubles

Durante el periodo de evaluación se observaron variaciones en el contenido de sólidos solubles (Figura 9). El T3, tratamiento testigo, presentó un contenido significativamente superior en la fecha 19 de enero, en comparación a los otros dos tratamientos. En la fecha de evaluación siguiente, estas diferencias se mantuvieron entre el T3 y el T1 (tratamiento con una única fecha de aplicación) presentando un menor contenido de sólidos solubles este último tratamiento. Por otro lado, en las fechas siguientes de evaluación no hubo diferencias estadísticas entre el T1 y T2.



Referencias: letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0,05$). EE: error estándar.

Figura 9. Evolución del contenido de sólidos solubles totales expresados en grados Brix, durante la pre-cosecha

Según EPAGRI (2006) los tenores de sólidos solubles que presentan las manzanas 'Gala', cuando alcanzan la madurez comercial son de 11,2 a 12,4 °Brix. En Uruguay en cambio, valores entre 12 a 13° Brix se correlacionan con valores óptimos de firmeza de pulpa (Feippe, 1993).

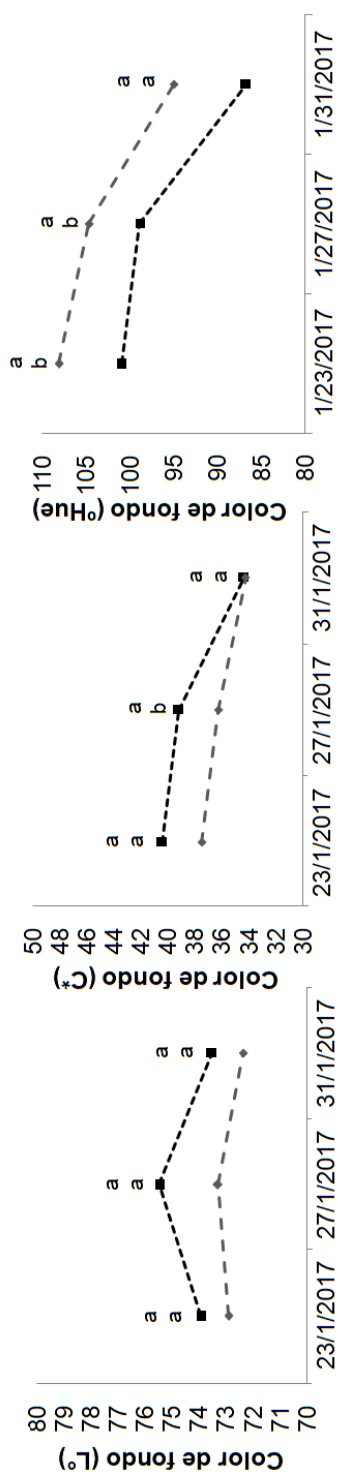
Considerando este último punto la fruta proveniente del T1, fue la única que mantuvo contenidos de sólidos solubles en este rango en todas las fechas de evaluación. De acuerdo con Grenne (2005), la aplicación de AVG puede reducir los tenores de SST en los frutos, posiblemente debido a un atraso en la hidrólisis de almidón.

Vidal et al. (2002), reportaron un atraso en los cambios en el contenido de sólidos solubles en manzana 'Gala' tratada con AVG, donde señalan que manzanas tratadas con dosis de entre 125-250 mg.l⁻¹, según modelos lineales ajustados para la evolución de sólidos solubles, necesitarían 40 días para alcanzar el mismo contenido de sólidos solubles que presentaba el testigo en la fecha de cosecha comercial. Petri et al. (2010), indican que en un ensayo sobre manzanas 'Gala' obtuvieron diferencias en el contenido de sólidos solubles al evaluar los diferentes tratamientos aplicados con este producto, en la fecha de cosecha comercial de la fruta no tratada, siendo menores los contenidos de sólidos solubles en la fruta tratada con AVG con respecto al testigo. Yildiz et al. (2012), también señalan que manzanas 'Red Chief' tratadas con este producto presentaron menores contenidos de sólidos solubles que la fruta no tratada.

En este ensayo, se observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles entre el testigo y ambos tratamientos en los cuales se aplicó AVG solo en la primera fecha de evaluación. Estas diferencias se mantuvieron en la segunda fecha de evaluación, entre el T1 (tratamiento con una única fecha de aplicación) y el T3.

4.1.4. Evolución del color de fondo

La evaluación del color de fondo se realizó a partir de la fecha 23 de enero, obteniéndose solo una medición de este parámetro para el tratamiento testigo. Debido a este suceso se tomó la decisión de no analizar las medidas del T3 ya que no se pudo evaluar la evolución de la coloración en dicho tratamiento. En la Figura 10 se puede apreciar la evolución de L*, el C* y H° medidos en la zona calicinal de la fruta obtenida de los tratamientos 1 y 2, por otro lado en el Anexo III se puede observar el error estándar de las medias.



Referencias: (■) T1; (♦) T2. Letras iguales en una misma columna indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0.05$).

Figura 10. Evolución del color de fondo, parámetros L^* , C^* y $^{\circ}H$ durante la pre-cosecha

En el caso de los cultivares pertenecientes al grupo 'Gala', la desaparición del color de fondo verde varia como producto de la degradación de clorofilas, y la aparición acompañada de colores verde claro o amarillos, esta variación permite que la evolución del color de fondo sea considerada un índice de madurez, siendo el desarrollo de esta característica, independiente de los factores ambientales y de las características genéticas que afectan al desarrollo del sobre-color (Reid 2002, Sozzi 2007). Acerca de este índice, no hubo diferencias significativas en ninguna de las fechas de evaluación con respecto a L^* . En cuanto al C^* solo se registraron diferencias significativas entre ambos tratamientos en la segunda fecha de evaluación presentando el T1, correspondiente a la aplicación de 125 ppm de AVG cuatro semanas previas a cosecha, un C^* significativamente mayor con respecto al T2, esto implica que el T1 presentaba un color de fondo más saturado con respecto al T2.

En relación con el $^{\circ}H$, ambos tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas en las dos primeras fechas de evaluación, donde el T1 presentó niveles superiores de $^{\circ}H$. En la última fecha de evaluación, sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre ambos tratamientos. Los valores de $^{\circ}H$ cercanos a 90° indican que el color es próximo al amarillo, mientras que valores cercanos al 180° son cercanos al color verde (Phatare et al., 2012). En este caso el T1 presentó en las dos primeras fechas de evaluación valores de 108,07 y 104,63 $^{\circ}H$ indicando tonalidades más verdosas en relación con el tratamiento 2, donde los valores indicaron tonalidades más amarillas. En la última fecha de evaluación, ambos tratamientos mostraron valores $^{\circ}H$ relacionados con el color amarillo.

El C_2H_4 promueve distintos procesos fisicoquímicos vinculados con la maduración. Algunos de estos cambios se corresponden con los cambios de color en el fruto, promoviendo la degradación de clorofilas y la síntesis de compuestos antocianicos (Mitcham y Mitchell 2002, Feippe 2003). En este sentido, Johnston et al. (2002), constataron que el inicio del amarillamiento en las manzanas coincide con un incremento en la concentración interna de C_2H_4 , y que los frutos expuestos al C_2H_4 presentan mayor actividad de las enzimas que degradan clorofilas.

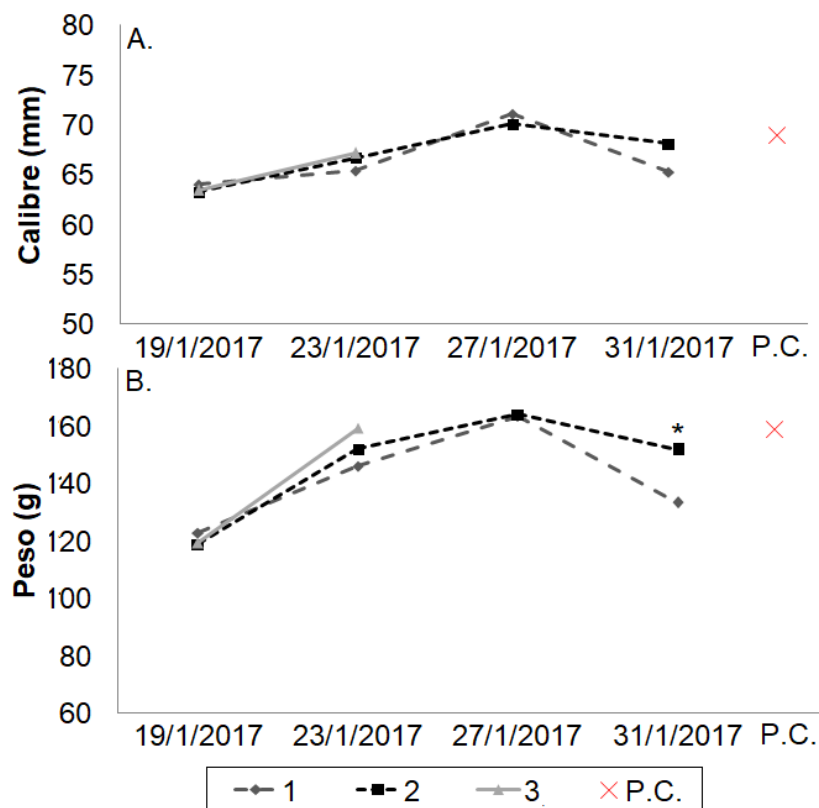
Respecto a la aplicación de AVG, Wang y Dilley (2001), reportaron que aplicado 4 a 5 semanas antes de cosecha sobre manzanas 'Gala' a una dosis de $124 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, este producto, retrasó la maduración de los frutos, señalando que afecta negativamente el desarrollo de la coloración roja y la pérdida de clorofila. Esto coincide con lo descrito por Vidal et al. (2002), los cuales obtuvieron como resultado que la aplicación de AVG tuvo efecto en la retención del color de fondo verde en manzanas 'Gala'. Steffens et al. (2005), señalan que la aplicación pre-cosecha de AVG mantiene la epidermis de los frutos más

verde principalmente cuando la dosis aplicada fue de 125 g.ha^{-1} (donde CIE:a+b fue igual a 41,2). Ferri et al., citados por Steffens et al. (2005), indican que el AVG inhibe la síntesis y la actividad de las clorofilasas, probablemente el efecto sea indirecto, debido a la menor producción de C_2H_4 .

En este sentido, en el ensayo descrito en este trabajo, se observaron diferencias en las dos primeras fechas de evaluación obteniéndose con la aplicación del T1, tonalidades más verdosas en relación con el T2, sin embargo, no se puede afirmar que el AVG aplicado cuatro semanas previas a cosecha mantiene el color de fondo, debido a que no se cuenta con la evolución de la coloración del tratamiento testigo.

4.1.5. Tamaño: calibre y peso

Durante la etapa de pre-cosecha hasta la fecha 27 de enero el tamaño de frutos presentó una tendencia positiva, debido al crecimiento de los mismos, tanto al evaluar calibre como peso (Figura 11, Anexo III). En las tres primeras fechas de muestreo no se observaron diferencias de masa y diámetro entre los tratamientos evaluados, vale decir que en la fecha 27 de enero, el tratamiento testigo ya se había cosechado.



Referencias: A. Evolución del calibre (mm) B. Evolución de la masa (g). PC=Pos-cosecha. (*) indica que hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0,05$).

Figura 11. Evolución del tamaño de fruto durante la pre-cosecha y tamaño promedio de fruto evaluado en pos-cosecha.

Solo en la fecha 31 de enero se observa un menor peso y calibre en los frutos tratados con el T1, en comparación a los tratados con el T2. Este último resultado no coincide con la evolución del crecimiento de frutos descrita por Azcón Bieto y Talón (2008), donde se observa que la masa de frutos se incrementa en medida que la fruta crece respetando una curva de forma sigmoidea. Este resultado posiblemente se deba a un error de muestreo o a que el tamaño de la muestra no fue suficientemente representativo como para evaluar la evolución de crecimiento de los frutos.

Los resultados obtenidos en las dos primeras fechas de evaluación coinciden con los de Vidal et al. (2002), quienes señalan que no obtuvieron diferencias en la masa de manzanas 'Gala' tratadas con AVG cuatro semanas antes de la fecha de cosecha, luego de los primeros 30 días de aplicado el

tratamiento, con respecto a la fruta no tratada, siendo el promedio de masa de 151 g. Diversos autores reportaron que no lograron diferencias significativas en tamaño en frutos tratados con AVG en manzanas de distintas variedades como 'Ace Delicious' y 'Early Red One' (Grenne, 2002), 'Fuji' (Vidal et al., 2002) 'McIntosh' (Grenne, 2005). Yildiz et al. (2016), no obtuvieron diferencias en el peso y diámetro con respecto al testigo al aplicar 125 mg.l^{-1} de AVG.

Los resultados obtenidos se contradicen con los reportados por Vidal et al. (2002), quienes a partir de la aplicación de 125 mg.l^{-1} en 'Gala', y luego de los 30 días de aplicado el tratamiento, concluyeron que el rendimiento podría incrementarse debido a la reducción de la abscisión de fruta prematura y al incremento de tamaño de fruta en la última fecha de cosecha. En ese mismo ensayo observaron un incremento de 12,5% del peso promedio de la fruta en relación con la fruta no tratada. Petri et al. (2010), en este mismo sentido señalan que, un atraso de 20 días en el inicio de la cosecha, dado por la aplicación de 120 g.ha^{-1} de AVG dos semanas antes de cosecha prevista, determinó un aumento en la masa media del 26,5%, en relación a los tratamiento testigo, estos resultados se explicarían por un aumento del ciclo floración-maduración.

A diferencia de lo reportado por algunos investigadores, no se obtuvo un incremento en tamaño significativo en los tratamientos donde se aplicó AVG con respecto al testigo, evaluado hasta el 23 de enero. Sin embargo, vale destacar, que en los ensayos donde se encontraron diferencias entre la fruta tratada con AVG y la fruta no tratada, las diferencias de tamaño se reportaron con un período de tiempo de estudio mayor, ya que las diferencias de tiempo entre la fecha de cosecha óptima del testigo y la fruta tratada con AVG fue superior. En el caso de Vidal et al. (2002), las diferencias significativas en tamaño se observaron 35 días después de aplicado el producto, con respecto al testigo. Mientras que en el caso de Petri et al. (2010), las diferencias se observaron 20 días después con respecto al punto de cosecha del testigo.

4.1.6. Evolución del sobre-color

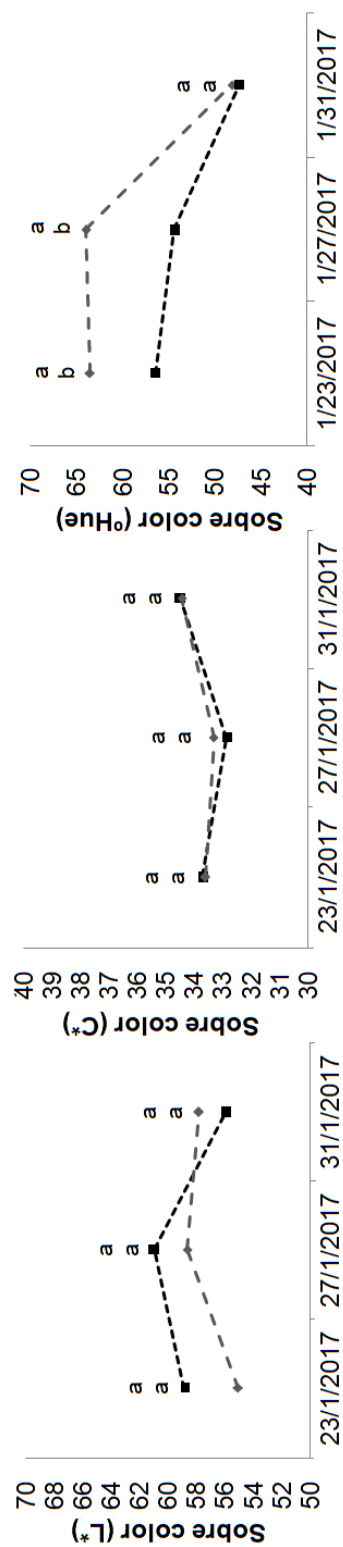
Al igual que la evaluación del color de fondo, la evaluación del sobre-color se llevó a cabo sobre los tratamientos 1 y 2. En la Figura 12 se puede observar las mediciones del sobre-color en las diferentes fechas de evaluación y en el Anexo III se puede apreciar el error estándar. En las mismas no se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos con respecto al parámetro L^* y C^* , ubicándose los valores en niveles de L^* intermedia y los niveles de C^* fueron bajos indicando, una baja saturación.

Respecto al °H se observaron diferencias significativas en las dos primeras fechas de evaluación, donde los valores del T1 fueron superiores a los del T2. En este caso en todas las fechas de evaluación los valores fueron intermedios entre 0° y 90°, indicando coloraciones amarillo-rojizas. El T1 mostró valores aproximados a 63 °H en las dos primeras fechas de evaluación relacionándose con tonalidades amarillas, mientras que el T2 mostró tonalidades de color amarillo-rojizas con valores en torno a 55 °H. En las dos últimas fechas de evaluación, la coloración de la fruta obtenida de ambos tratamientos tendió a ser más rojiza sin evidenciarse diferencias con respecto a esta variable.

Respecto a la evaluación de la coloración, Wang y Dilley (2001), Vidal et al. (2002), señalaron que la aplicación de 124 g.ha⁻¹ cuatro a cinco semanas antes de cosecha, retrasó el desarrollo de la coloración roja en manzanas 'Gala'. Petri et al. (2010), señalan que en manzanas 'Imperial Gala', el AVG retrasó el desarrollo de la coloración roja, sin embargo, cuando los frutos fueron cosechados en la fecha de cosecha óptima para cada tratamiento, no se evidenciaron diferencias significativas en la coloración roja entre frutos tratados con AVG y los no tratados.

En relación con las manzanas rojas, Grenne (2005), reportó que aplicaciones realizadas entre cuatro a seis semanas previas cosecha en manzanas 'McIntosh' también retrasaron el desarrollo del color rojo. Por otro lado, en la variedad 'Red Chief' se comprobó que solo las concentraciones de 600 mg.l⁻¹ de AVG aplicado cuatro semanas pre-cosecha, incrementan significativamente el parámetro L* y el °H en relación al tratamiento control (Yildiz et al., 2012, 2016).

A diferencia de los experimentos descriptos anteriormente, en este ensayo, el T3 no fue evaluado para esta variable, por lo que no se pudo comprobar si en las condiciones de este ensayo la aplicación de AVG retrasó la coloración roja. Si se puede asegurar que en la evaluación previa a la cosecha no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos donde la fruta fue sometida a los efectos del AVG. Por otro lado, los resultados obtenidos dependieron además de la temperatura (Westwood 1982, Jackson 2003, De Angelis 2010), la cual afecta la síntesis de antocianinas (Jackson, 2003), las características de la planta, cultivar y portainjerto, y la llegada de luz a las mismas (Jackson 2003, De Angelis 2010) y la fertilización (Westwood 1982, Jackson 2003, De Angelis 2010).



Referencias: (■) T1; (◆) T2. Letras iguales en una misma columna indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0,05$).

Figura 12. Evolución de sobre color, parámetros L^* , C^* y Hue° durante la pre-cosecha

4.2. COSECHA

En la cosecha se observó que el T1 y el T2 se diferenciaron en el número de frutos por planta, donde el T1 presentó la mayor cantidad de frutos con un total de 186 frutos, mientras que el T2 presentó un total de 139 frutos. El peso promedio de fruto fue significativamente mayor en las manzanas obtenidas del T2, con respecto al T3, entre ambos tratamientos las diferencias de peso fueron de 11,98 g. En este ensayo no se obtuvieron diferencias en cuanto a la producción (Cuadro 9).

Cuadro 9. Producción promedio por tratamiento

Tratamiento	No. de frutos promedio / planta	Peso de fruto promedio (g)	Producción (kg)
1	185,90 a	130,70 ab	23,82 a
2	138,15 b	138,33 a	21,72 a
3	174,40 ab	126,35 b	19,43 a
EE	12,51	3,18	1,62

De acuerdo con Vidal et al. (2002), mediante el tratamiento de 125 mg.l⁻¹ de AVG sobre manzanas 'Gala' cuatro semanas previas a la cosecha estimada se obtuvo un rendimiento superior en comparación a la fruta no tratada, explicado en parte por la reducción de la abscisión de fruta prematura y al incremento de tamaño de la fruta cosechada de forma más tardía. Yildiz et al. (2016), en cambio, no obtuvieron diferencias en el peso y diámetro con respecto al testigo al aplicar 125 mg.l⁻¹ de AVG. Sin embargo, dosis mayores de entre 300 a 600 mg.l⁻¹ redujeron significativamente el peso de la fruta tratada con respecto al testigo.

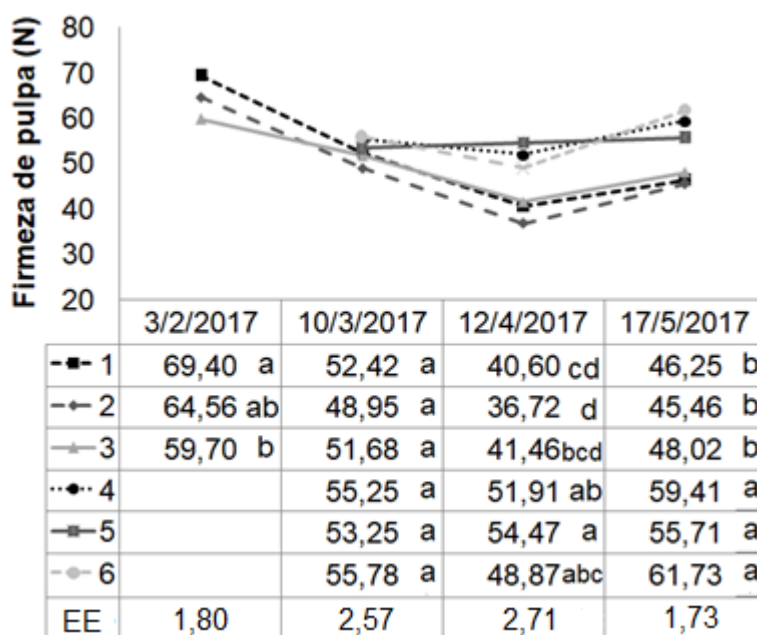
Petri et al. (2010), señalan que el aumento de masa de la fruta tratada con AVG se debe a un incremento del largo de ciclo floración-maduración. En un ensayo lograron un 26,5% de incremento de la masa media de los frutos tratados con 120 g.ha⁻¹ dos semanas antes de la cosecha con respecto a la fruta no tratada con AVG, logrando el tratamiento testigo una masa media de 117 g y en la fruta tratada con AVG unos 148,4 g. Estas diferencias de tamaño fueron observadas, debido a que la fruta tratada con AVG fue cosechada 20 días después que la fruta sin tratar. Vidal et al. (2002), observaron un aumento del 12,5% de la masa media de los frutos a los 35 días de haber aplicado 125 g.ha⁻¹. A diferencia de estos resultados, en este trabajo solo se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la variable peso de fruto entre las manzanas tratadas con el T2 (dos fechas de aplicación), y el T3.

4.3. POS-COSECHA

En la etapa de pos-cosecha se midió la evolución de diferentes índices de madurez en las manzanas, con el objetivo de analizar el comportamiento de la fruta según el tratamiento aplicado. Dichas evaluaciones se realizaron una vez al mes durante cuatro meses en la fruta que fue conservada en una cámara de frío. En la primera fecha de medición se evaluaron un total de tres tratamientos, debido a que aún no se había aplicado el producto 1-MCP, ya en la segunda fecha de evaluación si se muestrearon los seis tratamientos.

4.3.1. Evolución de la firmeza de pulpa

La firmeza de pulpa tendió a disminuir hasta la fecha 12 de abril en todos los tratamientos, excepto en el T5 (dos fechas de aplicación de AVG más 1-MCP). En este último tratamiento los valores de firmeza de pulpa se mantienen en todas las fechas de evaluación. Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticamente significativas en las distintas fechas de evaluación y entre los tratamientos, excepto el 10 de marzo donde no se observaron diferencias (Figura 13).



Referencias: letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0,05$). EE: error estándar.

Figura 13. Evolución de la firmeza de pulpa durante la pos-cosecha

El 3 de febrero las manzanas tratadas con el T1, correspondiente a la aplicación de 125 ppm de AVG cuatro semanas antes de la cosecha presentaron una firmeza de pulpa superior con respecto al T3, al cual no se le aplicó AVG. El 12 de abril el T5 fue el único que se diferenció significativamente de los tratamientos realizados a campo (tratamientos 1, 2 y 3), mientras que el T4 se diferenció del T1 y el T2, y el T5 fue diferente al T2. En la última fecha de evaluación, los tratamientos que recibieron la aplicación de 1-MCP obtuvieron una firmeza de pulpa significativamente superior, a los tratamientos 1, 2 y 3.

Respecto a los efectos que ejerce la aplicación de AVG en pre-cosecha, durante la etapa de pos-cosecha, Wang y Dilley (2001), reportaron que luego de seis meses más siete días vida de estante a 20°C, se inhibió la producción de C₂H₄, ya que las manzanas emitían niveles pre-climatéricos del mismo además de que se mantuvo la firmeza de pulpa. Por otro lado, Steffens et al. (2005), lograron mantener la calidad de manzanas 'Gala' luego de ser conservadas en atmósfera controlada durante ocho meses y ser expuestas siete días a 20°C con la aplicación de AVG en pre-cosecha. A diferencia de estos resultados, en este ensayo ninguno de los tratamientos que consistieron solo en la aplicación de AVG (T1 y T2) se diferenciaron del testigo (T3) luego de tres meses en almacenamiento en cámara de frío convencional, siendo más efectivos en mantener la firmeza de pulpa, los tratamientos que incluyeron la aplicación de 1-MCP.

La aplicación de 1-MCP en manzanas permite mantener una mayor firmeza de pulpa, con respecto a fruta no tratada tal como fue demostrado por Fan et al. (1999), al mantener frutos de cinco cultivares diferentes almacenados a 0°C por 6 meses y luego de ser mantenidas de 20 a 24°C por 60 días. Las diferencias en firmeza de pulpa se observaron en 'Gala' solo luego de seis meses almacenadas a 0°C. Watkins et al. (2000), reportaron que lograron mantener la calidad al evaluar firmeza de pulpa, acidez titulable y desórdenes fisiológicos en manzanas tratadas con 1-MCP, de los cultivares 'McIntosh', 'Empire', 'Delicious' y 'Law Rome' cuando fueron conservadas en cámara de frío convencional o en cámara de atmósfera controlada 1-MCP. Sin embargo, estas respuestas dependieron del sistema de almacenamiento y del cultivar.

Feippe y Chiesa (2003), aplicaron 1000 ppb de 1-MCP durante 24 horas y en condiciones de temperatura ambiente a manzanas Pink Lady™, las cuales luego de transcurrido ese período fueron almacenadas en cámara de frío convencional. Luego de tres meses de almacenamiento la fruta tratada con 1-MCP mantuvo valores de firmeza de pulpa similares a los registrados en el momento de cosecha los cuales fueron en promedio 75,62 N.

Brackmann et al. (2004), reportaron que se logró mantener una firmeza de pulpa superior en manzanas 'Gala', las cuales fueron tratadas con 1-MCP, siendo almacenadas cuatro meses en un depósito refrigerado, y posteriormente expuestas a temperaturas de 20°C durante 14 días, con respecto a la fruta no tratada. Corrent et al. (2004), lograron mantener la firmeza de pulpa luego de ocho meses de almacenamiento, con un valor igual o superior 60 N, siendo este el nivel mínimo para comercializar manzanas para consumo.

En este ensayo las mayores diferencias de firmeza de pulpa se obtuvieron a los tres meses de la aplicación de 1-MCP (17 de mayo), donde los diferentes tratamientos que recibieron la aplicación de 1-MCP, lograron una firmeza de pulpa significativamente superior con respecto a los tratamientos que no recibieron 1-MCP.

4.3.2. Evolución de la degradación de almidón

El índice de almidón se evaluó durante el 3 de febrero y el 10 de marzo. En la Cuadro 10 se observa la evolución de ese parámetro, donde el tratamiento testigo en primera instancia presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los otros tratamientos. En este caso el testigo presentó un valor superior de índice de almidón (5,10), determinando que el contenido de almidón en estos frutos era inferior al de los otros tratamientos.

Por otro lado, en la segunda instancia de evaluación los únicos tratamientos que se diferenciaron estadísticamente fueron T2 y T5, Presentando el primero un índice de almidón más elevado. El rango de valores para esa fecha fue 4,40 a 4,88.

Cuadro 10. Evolución del índice de almidón durante la pos-cosecha

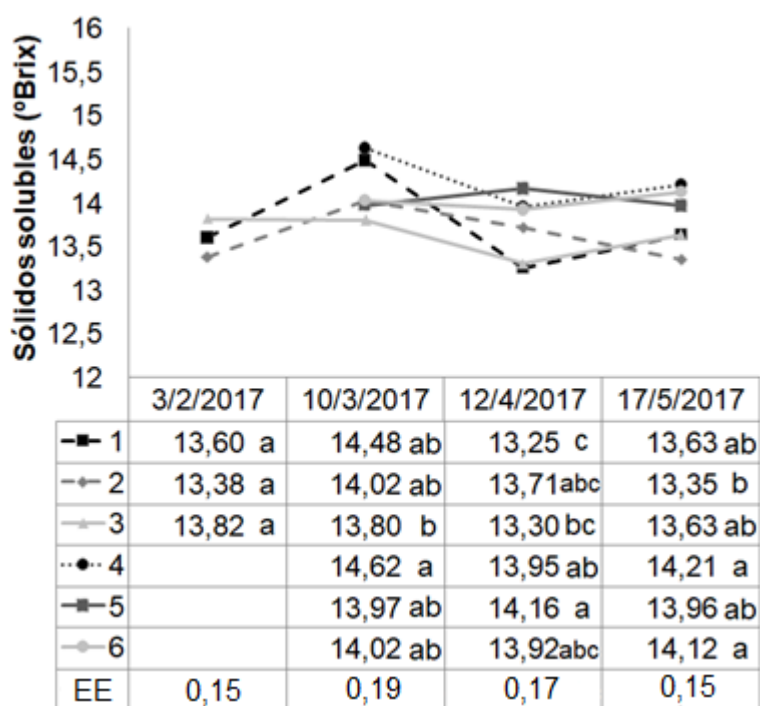
Tratamiento	3/2/2017	10/3/2017
1	4,125	4,725
2	4,225	4,875
3	5,100	4,725
4		4,825
5		4,400
6		4,800

Según Calvo (2002), el 1-MCP aplicado sobre manzanas 'Red Delicious' almacenadas durante seis meses, redujo la degradación del almidón, pero este efecto dependió de la fecha de cosecha, además de que las mayores diferencias en este parámetro con respecto a la fruta no tratada se obtuvieron durante el período de vida en estante y no durante el período de conservación.

En este trabajo, la evaluación de almidón se llevó a cabo solo luego de haber aplicado el 1-MCP y se observaron diferencias entre el T5 y el T2, con esta única medición no se puede afirmar que el 1-MCP afectó la degradación de almidón, por lo que se debería haber continuado evaluando esta variable.

4.3.3. Evolución de los sólidos solubles

La evolución del contenido de sólidos solubles muestra variaciones, observándose diferencias mínimas en las fechas de evaluación, entre los tratamientos, esto se puede observar en la Figura 14.



Referencias: letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0,05$). EE: error estándar.

Figura 14. Evolución del contenido de sólidos solubles totales expresados en grados Brix, durante la pos-cosecha

En la primera fecha el contenido de SST fue similar para todos los tratamientos. El 10 de marzo se encontraron diferencias entre los tratamientos T4 (una única aplicación de AVG más 1-MCP), y T3. Por otro lado, el 12 de abril las diferencias se dieron entre el T5 que mostró un mayor contenido de SST (14,16 °Brix) con respecto a los tratamientos 3 y 1, mientras que el T4 con un

contenido de 13,95 °Brix se diferenció del T1 el cual mostró un contenido de 13,25 °Brix. En la última fecha de evaluación los tratamientos 6 y 4 se diferenciaron estadísticamente del T2, presentando este último tratamiento los menores contenidos de SST (13,35 °Brix).

Fan et al. (1999), reportaron que solo en el cultivar 'Fuji' obtuvieron diferencias significativas en el contenido de SST, donde los tratamientos que no recibieron la aplicación de 1-MCP, presentaron mayores contenidos de SST, mientras que el contenido de SST de las manzanas 'Gala' se mantuvo igual al de la fruta no tratada. Por otro lado, de acuerdo con Brackmann et al. (2004), la aplicación de 1-MCP en manzana 'Gala' luego de ser cosechada no causó diferencias significativas en el contenido de SST durante los cuatro meses de almacenamiento.

A diferencia de lo reportado por algunos autores, en este trabajo, en la primera instancia de evaluación no se obtuvieron diferencias significativas respecto a esta variable. Sin embargo, luego de la aplicación de 1-MCP no se observó ninguna tendencia clara respecto a la evolución del contenido de SST.

4.3.4. Evolución del color de fondo

Respecto a la evolución del color de fondo durante la pos-cosecha, la evolución del parámetro L^* no mostró una tendencia clara, observándose diferencias significativas solo en las dos últimas fechas de evaluación (Cuadro 11, Anexo III). El 12 de abril, el T4 se diferenció significativamente de los tratamientos 1, 2 y 3 mostrando una mayor L^* . En esta misma fecha los tratamientos 5 y 6 obtuvieron una L^* significativamente superior con respecto al T1. Respecto a este mismo parámetro, en la última fecha de evaluación el T3 se diferenció significativamente de los tratamientos 4, 5 y 6, observándose en estos últimos tres una menor L^* . Por otro lado, el T2 se diferenció del T5 y el T6, y el T1 del T6.

Cuadro 11. Evolución de color de fondo, parámetros L*, C* y °H durante la poscosecha

Tratamiento	L*			
	3/2	10/3	12/4	17/5
1	71,98 a	66,46 a	55,73 c	64,76 abc
2	70,56 a	70,71 a	59,14 bc	65,64 ab
3	68,52 a	68,42 a	58,67 bc	66,10 a
4		69,74 a	67,31 a	59,02 bcd
5		69,68 a	65,14 ab	58,40 cd
6		69,40 a	65,01 ab	55,60 d

Tratamiento	C*			
	3/2	10/3	12/4	17/5
1	38,72 a	37,60 a	27,97 b	41,86 a
2	38,24 a	39,67 a	28,07 b	41,39 a
3	37,12 a	37,80 a	28,92 b	41,53 a
4		40,93 a	41,87 a	27,93 b
5		38,69 a	40,61 a	27,73 b
6		39,45 a	39,48 a	28,15 b

Tratamiento	Hue°			
	3/2	10/3	12/4	17/5
1	98,26 a	76,21 a	70,06 b	83,37 a
2	96,53 a	81,52 a	80,53 ab	87,89 a
3	80,74 b	74,61 a	81,81 ab	87,13 a
4		81,51 a	88,93 a	85,06 a
5		81,88 a	80,51 ab	87,08 a
6		81,63 a	86,02 ab	77,50 a

Referencias: letras iguales en una misma columna indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en las diferentes fechas de evaluación ($p < 0,05$).

El parámetro C*, al igual que en el parámetro L* presentó diferencias significativas en las dos últimas fechas de evaluación. El 12 de abril los tratamientos 1, 2 y 3 presentaron valores significativamente inferiores de C*, en comparación a los otros tres tratamientos. El 17 de mayo estos resultados se invirtieron, siendo los tratamientos 1, 2 y 3 significativamente superiores en cuanto a valores de C* con respecto a los otros tratamientos.

En todos los casos, las coloraciones logradas tendieron a tonalidades amarillas-opacas, excepto en la primera fecha de evaluación, donde los T1 y T2 mostraron valores cercanos a los 100 °H y el tratamiento testigo valores cercanos a los 80 °H. Por otro lado, en la segunda y cuarta fecha de evaluación no se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos

mientras que el 12 de abril, el T4 se diferenció con respecto al T1, logrando este último valores cercanos a 70 °H.

En este experimento no se observaron resultados claros respecto a la aplicación de los distintos tratamientos. De acuerdo con algunos autores la aplicación de AVG en pre-cosecha retrasa la degradación de clorofilas (Wang y Dilley 2001, Vidal et al. 2002, Steffens et al. 2005). En este sentido, en el ensayo llevado a cabo, en la primera fecha de evaluación, se constató que los tratamientos que conllevaron la aplicación de AVG presentaron valores de °H cercanos a 100, lo que indica que las tonalidades del color tendían al amarillo-verde. Respecto al testigo, este presentó °H cercanos a 80° tendiendo a tonalidades amarillo-anaranjado. Sin embargo, estas diferencias no se observaron en las siguientes fechas de evaluación entre los tratamientos que recibieron AVG y los que no.

En cuanto a la aplicación de 1-MCP, Brackmann et al. (2004), reportaron que la aplicación a manzanas 'Gala', logró retener la coloración de fondo verde. La retención del color verde puede deberse a que la falta de acción del C_2H_4 , impide la acción de las clorofilasas, disminuyendo la degradación de las clorofilas (Serek, 1995). En este experimento, el T6 (sin AVG y con 1-MCP) presentó una coloración de fondo, la cual tendió a tonalidades amarillas (valores aproximados a los 80 °H) al igual que el resto de los tratamientos. El 12 de abril, la tonalidad de T4 tendió al amarillo-anaranjado, diferenciándose del T1.

En relación con los resultados obtenidos de esta variable, en las sucesivas evaluaciones no se observaron diferencias significativas en el color de fondo al comparar los distintos tratamientos en pos-cosecha, ni se detectan modificaciones evidentes en la evolución del color, en el periodo en el cual transcurrió el ensayo.

5.CONCLUSIONES

- El AVG retrasó ocho días la cosecha de la fruta tratada con respecto al testigo, en base al índice de almidón. Estas diferencias fueron observadas independientemente de la dosis y el momento de aplicación del producto.
- En la fecha de cosecha del testigo, la fruta tratada con AVG logró una mayor firmeza de pulpa y un menor contenido de SST, presentando diferencias significativas el T2 y el T1 para cada variable respectivamente con respecto a la fruta sin tratar.
- La fruta tratada con 1-MCP presentó mayores niveles de firmeza de pulpa en las sucesivas evaluaciones realizadas durante el almacenamiento de la fruta, con respecto a fruta que no recibieron 1-MCP.
- No se observaron modificaciones consistentes en el índice de almidón, el contenido de sólidos solubles y el color de fondo, en las distintas fechas de evaluación entre los distintos tratamientos aplicados en pos-cosecha.

6.RESUMEN

El manzano es uno de los frutales más importantes a nivel mundial y nacional. El crecimiento en producción que ha tenido en las últimas décadas está asociado a la plantación de las manzanas bicolors como los clones de 'Gala'. Una de las principales limitantes de este tipo de cultivares de cosecha temprana, es su tiempo de conservación. Una herramienta clave para lograr una mejor calidad en pre-cosecha o mantener la misma en pos-cosecha es el uso antagonistas del etileno. En Uruguay existen pocos estudios acerca del uso de antagonistas del etileno como el AVG y el 1-MCP. Uno de los momentos de aplicación del AVG es en pre-cosecha, con el objetivo de disminuir la síntesis del etileno, generando un retraso en la maduración de los frutos. El 1-MCP puede ser usado en pos-cosecha con el objetivo de mantener la calidad de la fruta durante el almacenamiento. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las respuestas de las manzanas cultivar 'Gala Baigent®' (Brookfield®) ante la aplicación de dos antagonistas del etileno, con el objetivo de mejorar la calidad pre-cosecha y mantener la calidad pos-cosecha. Para ello se evaluó la eficiencia del uso de AVG en pre-cosecha, a través de la aplicación de tres tratamientos: 125 ppm de AVG aplicados en la cuarta semana de la cosecha prevista, 62,5 ppm de AVG aplicados en la cuarta y la segunda semana de la cosecha prevista y un tratamiento testigo. Por otro lado, se evaluó la combinación de los tratamientos anteriores evaluados en pre-cosecha más la aplicación de 1-MCP. Los parámetros relevados y analizados fueron: a) durante la pre-cosecha: firmeza de pulpa, degradación de almidón, contenido de sólidos solubles, color de fondo, sobre-color, diámetro y peso; a la cosecha: el peso y el número de frutos cosechados en árboles seleccionados de cada tratamiento; c) y en pos-cosecha: firmeza de pulpa, degradación de almidón, contenido de sólidos solubles, color de fondo. La aplicación de AVG retraso la maduración de ocho días, basándose en la evaluación de la degradación de almidón y firmeza de pulpa. Los tratamientos que constaron con la aplicación de 1-MCP mantuvieron los niveles de firmeza de pulpa obtenidos en cosecha, durante los tres meses de almacenamiento de la fruta.

Palabras clave: *Malus domestica* Borkh.; Antagonistas del etileno; Calidad de fruta; AVG, 1-MCP.

7.SUMMARY

The apple tree is one of the most important fruit trees worldwide and nationally. The growth in production which has had in the last decades is associated with the planting of the bicoloured apples as the clones of 'Gala'. One of the main limitations of this type of early harvest cultivars is their conservation time. A key tool to achieve a better quality in pre-harvest or maintain it in post-harvest is the use of antagonists of ethylene. In Uruguay there are few studies about the use of antagonists of ethylene such as AVG and 1-MCP. One of the moments of application of the AVG is in pre-harvest, with the aim of reducing the synthesis of ethylene, generating a delay in the maturation of the fruits. The 1-MCP can be used in post-harvest in order to maintain the quality of the fruit during storage. The objective of the present work was to evaluate the responses of the 'Gala Baigent®' cultivar apples (Brookfield®) before the application of two antagonists of ethylene, in order to improve the pre-harvest quality and maintain the post-harvest quality. For this, the efficiency of the use of AVG in pre-harvest was evaluated, through the application of three treatments: 125 ppm of AVG applied in the fourth week of the expected harvest, 62,5 ppm of AVG applied in the fourth and the second week of the expected harvest and a control treatment. On the other hand, the combination of the previous treatments evaluated in pre-harvest plus the application of 1-MCP was evaluated. The parameters surveyed and analyzed were: a) during pre-harvest: pulp firmness, starch degradation, soluble solids content, background color, over-color, diameter and weight; to the harvest: the weight and the number of fruits harvested in selected trees of each treatment; c) and post-harvest: pulp firmness, starch degradation, soluble solids content, background color. The application of AVG delayed the maturation of eight days, based on the evaluation of starch degradation and pulp firmness. The treatments that were established with the application of 1-MCP maintained the levels of firmness of pulp obtained in harvest, during the three months of storage of the fruit.

Keywords: *Malus domestica* Borkh.; Antagonists of ethylene; Fruit quality; AVG, 1-MCP.

8.BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí, M. 2004. Fruticultura. Barcelona, Mundi-Prensa. 493 p.
2. Alexander, L.; Grierson, D. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. (en línea). Journal of Experimental Botany. 53 (337): 2039 - 2055. Consultado 25 mar. 2017. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jxb/erf072>
3. Argenta, L.; Mondardo, M. 1994. Maduração na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. 6 (2): 135-140.
4. _____.; Vieira, M.; Krammes, J.; Petri, J.; Basso, C. 2006. AVG and 1-MCP Effects on Maturity and Quality of Apple Fruit at Harvest and After Storage. Acta Horticulturae. no. 727: 495 - 504.
5. Azcón Bieto, J.; Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2a. ed. Barcelona, McGraw Hill. 656 p.
6. Barriga, I. 2003. Tendencia en el mercado de la manzana en los últimos 20 años. (en línea). Talca, Chile, Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. 47 p. Consultado abr. 2013. Disponible en <http://dspace.utalca.cl/bitstream/1950/812/3/IBarrigaM.pdf>
7. Boller, T.; Herner, R.; Kende, H. 1979. Assay for and Enzymatic Formation of an Ethylene Precursor, 1-Aminocyclopropane-l-Carboxylic Acid. Planta. 145: 293 - 303.
8. Brackmann, A.; Sestari, I.; Steffens, C.; Hettwer, R. 2004. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. Ciência Rural. 34(5): 1415 - 1420.
9. Brookfield, B.; Brookfield, P. 1997. Apple variety Baigent: patent 10016. (en línea). Alexandria, VA, USPTO. s.p. Consultado 19 mar. 2013. Disponible en <http://www.google.es/patents/USPP10016?printsec=claims&hl=es&dq=Gala+Baigent#v=onepage&q=Gala%20Baigent&f=false>
10. Byers, R. 1997. Effects of Aminoethoxyvinylglycine (AVG) on Preharvest Fruit Drop, Maturity, and Cracking of Several Apple Cultivars. Journal of Tree Fruit Production. 2(1): 77 - 97.

11. Calvo, G.; Colodner, A; Candan, A. 2012. Cosecha y postcosecha de frutales de pepita. Alto Valle, INTA. 41 p.
12. Campana, B. 2007. Índices de madurez, cosecha y empaque de frutas. In: Sozzi, G. ed. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. pp. 707 - 766 .
13. Coombe, B. 1976. The development of fleshy fruits. Annual Review Plant Physiology. 27: 207–228.
14. Corelli, L. 2003. Light Relations. In: Ferree, D.; Warrington, I. eds. Apples: botany, Production and Uses. London, CABI. pp. 195 - 216.
15. Corrent, A.; Parussolo, A.; Girardi, C.; Rombaldi, C. 2004. Efeito do 1-metilciclopropeno na conservação de maçãs 'Royal Gala' emarrefrigerado e atmósfera controlada. Revista Brasileira de Fruticultura. 26(2): 217 - 221.
16. De Angelis, V. 2010. Factores que influyen en el color de las manzanas. Fruticultura y Diversificación. 62: 12-17.
17. Deikman, J. 1997. Molecular mechanisms of ethylene regulation of gene transcription. Physiologia Plantarum. 100: 561-566.
18. Disegna, E.; Cabrera, D.; Soria, J.; Feippe, A. 2003. La salud está a la vuelta de la manzana: producción, desarrollo del cultivo, estrategias comerciales en el mundo, el enfoque uruguayo. El País Agropecuario. 9(98): 25 - 28.
19. Drake, S.; Elfving, D.; Eisele, T. 2002. Harvest maturity and storage affect quality of Crisp Pink (Pink Lady®) apples. Hort Technology. 12(3): 388 - 391.
20. EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, BR). 2006. A cultura da macieira. Florianópolis. 743 p.

21. Fan, X.; Blankenship, S.; Mattheis, J. 1999. 1-Methylcyclopropene Inhibits Apple Ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124(6): 690 - 695.
22. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. (en línea). Roma. s.p. (Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO no. 151). Consultado 20 mar. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/Y4893S00.HTM>
23. _____. 2017. FAOSTAT. (en línea). Roma. s.p. Consultado abr. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
24. Feippe, A. 1993. Momento óptimo de cosecha en manzana. Montevideo, INIA. 16 p. (Boletín de Divulgación no. 33).
25. _____.; Chiesa, N. 2002. Efecto de la aplicación de 1-methylcyclopropeno (1-MCP) sobre las características físico químicas de manzana Pink Lady™. *In*: Resultados experimentales prácticas culturales cosecha y poscosecha en manzana "Pink Lady™". Montevideo, INIA. pp. 12- 13 (Actividades de Difusión no. 322).
26. _____. 2003. Evaluación de madurez en manzana sobre base del contenido y degradación de almidón (test de yodo). Montevideo, INIA. 4 p. Consultado 27 abr. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez_yodo.pdf
27. _____. 2003. Fisiología de la maduración. *In*: Carballo, S.; Feippe, A. eds. Actualización técnica en fisiología de manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Montevideo, INIA. pp. 63 - 67.
28. Ferraro, B.; Lanfranco, B.; Rava, C. 2011. Beneficios privados y beneficios sociales en la cadena de la manzana para exportación en el Uruguay. Montevideo, INIA. 29 p. (Serie Técnica no. 192).
29. Forney, C.; Mattheis, J.; Baldwin, A. 2009. Effects on flavor. *In*: Yahia, E. ed. Modified and Controlled Atmospheres for the Storage, Transportation and Packaging of Horticultural Commodities. Boca Ratón, FL, CRC. pp.119 -158.

30. Giovannoni, J. 2001. Molecular biology of fruit maturation and ripening. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 52: 725 - 740.
31. Greene, D. 2002. Preharvest Drop Control and Maturity of 'Delicious' Apples as Affected by Aminoethoxyvinylglycine (AVG). Journal of Tree Fruit Production. 3(1): 1-10.
32. _____. 2005. Time of Aminoethoxyvinylglycine Application Influences Preharvest Drop and Fruit Quality of 'McIntosh' Apples. HortScience. 40(7): 2056 - 2060.
33. Hampson, C.; Kemp, H. 2003. Characteristics of Important Comercial Apple Cultivars. In: Ferree, D.; Warrington, I. eds. Apples: botany, Production and Uses. Wallingford, CABI. pp. 61-91.
34. Hancock, J.; Luby, J.; Brown, S., Lobos, G. 2008. Apples. In: Hancock, J. ed. Temperate Fruit Crop Breeding Germplasm to Genomics. East Lansing, University Estatal of Michigan. pp. 1 - 39.
35. Hatfield, S.; Knee, M. 1988. Effects of water loss on apples in storage. International Journal of Food Science and Technology. 23: 575 - 583.
36. Hidalgo, R.; Gómez, M.; Escalera, D.; Rojas, P.; Moya, V.; Delgado, P.; Mamani, C.; Hinojosa, J. Beneficios de la manzana (*Malus domestica*) en la salud. Revista de Investigación e Información en Salud. 11 (22): 58 – 64.
37. Iglasias, I.; Echeverria, G.; Soria, Y. 2008. Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight 'Gala' apple strains. Scientia Horticulturae. 119: 32 - 40.
38. Jackson, J. 2003. Biology of Apples and Pears. Cambridge, Cambridge University Press. 488 p.
39. Johnston, W.; Hewett, W.; Hertog, M.; Harker, F. 2001. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. Postharvest Biology and Technology. 23: 185 - 196.
40. Kende, H. 1993. Ethylene biosynthesis. Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology. 44: 283 - 307.

41. Kidd, F.; West, C. 1945. Respiratory activity and duration of life of apples gathered at different stages of development and subsequently maintained at constant temperature. *Plant Physiology*. 20: 467 - 504.
42. Kingston, M. 2010. Maturity Indices for Apple and Pear. *Horticultural Review: Journal of the American Society for Horticultural Science*.13: 407- 432.
43. Mc. Guire, R. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*. 27(12): 1.254 - 1.255.
44. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2007. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea). Montevideo. 31 p. (Serie Encuestas no. 254). Consultado 20 abr. 2017. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/fruticola_de_hoja_caduca_-_zafra_2006_-_2007_-_octubre_2007_-_no_254.pdf
45. _____.2009. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea). Montevideo. 28 p. (Serie Encuestas no. 280). Consultado 20 abr. 2017. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/fruticola_de_hoja_caduca_-_zafra_2008_-_2009_-_septiembre_2009_-_no_280.pdf
46. _____.2010. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea). Montevideo. 28 p. (Serie Encuestas no. 294). Consultado 20 abr. 2017. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_fruticola_de_hoja_caduca_zafra_2009_-_2010_no294.pdf
47. _____.2012. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea). Montevideo. 12 p. (Serie Encuestas no. 308). Consultado 20 abr. 2017. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_fruticola_de_hoja_caduca_-_zafra_201112_no_308.pdf
48. _____.2014. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea). Montevideo. 12 p. (Serie Encuestas no. 317). Consultado 20 abr. 2017. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_fruticola_de_hoja_caduca_-_zafra_2013_-_no_317.pdf

49. _____. 2015. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea).
Montevideo. 27 p. (Serie Encuestas no.332). Consultado 20 abr.
2017. Disponible en
http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_fruticola_de_hoja_caduca_2015.pdf
50. _____. 2016. Encuesta frutícola de hoja caduca. (en línea).
Montevideo. 12 p. (Serie Encuestas no. 338). Consultado 20 abr.
2017. Disponible en
http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_fruticola_de_hoja_caduca_zafra_2016_1.pdf
51. _____. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY).
2017. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 214 p.
52. _____. DIGEGRA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
Dirección General de la Granja, UY); CAMM (Comisión
Administradora del Mercado Modelo, UY). 2017. Anuario estadístico
Mercado Modelo. Montevideo. 23 p.
53. Mir, N.; Curell, E.; Khan, N.; Withaker, M.; Beaudry, M. 2001. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 126(5): 618 - 624.
54. Mitcham, E.; Mitchel, G. 2002. Sistema de manejo de postcosecha: frutos Pomo. *In*: Kader, A. ed. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. Davis, Universidad de California. pp. 373 - 386.
55. Musacchi, S.; Serra, S. 2018. Apple fruit quality: overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*. 234: 409 - 430.
56. Petri, J.; Hawerroth, F.; Leite, G. 2010. Maturação, qualidade e queda pré-colheita de maçãs 'imperial gala' em função da aplicação de aminoetoxivinilglicina. *Bragantia*. 69(3): 599 - 608.
57. _____.; _____.; _____.; Sezerino, A.; Couto, M. 2016.
Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado.
Florianopolis, EPAGRI. 141 p.

58. Phan-Thien, K.; Wargo, J.; Mitchell, L.; Collett, M.; Rath, A. 2004. Delay in ripening of Gala and Pink Lady apples in commercial orchards following pre-harvest applications of aminoethoxyvinylglycine. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44: 807 - 812.
59. Phatare, P.; Opara, U; Al-Said, F. 2012. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: a Review. *Food Bioprocess Technology*. 6 (1): 26 - 60.
60. RAE (Real Academia Española, ES). 2017. Diccionario de la lengua española. (en línea). Madrid. s.p. Consultado abr. 2017. Disponible en <http://www.rae.es/>
61. Reid, D. Maduración e índices de madurez. 2002. Sistema de manejo de postcosecha: frutos Pomo. In: Kader, A. ed. Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Davis, Universidad de California. pp. 55 - 62.
62. Sadar, N.; Urbanek, A.; Tojnko, S.; Tijssens, L.; Schouten, R.; Unuk, T. 2016. Faculty Development and distribution of quality related compounds in apples during growth. *Scientia Horticulturae*. 213: 222 - 231.
63. Serek, M.; Tamari, G.; Sisler, E.; Borochoy, A. 1995. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. *Physiologia Plantarum*. 94: 229 - 232.
64. Severino, V.; Ferenczi, A.; Galiger, S.; González, J.; Mara, V.; Urraburu, M.; Arias, M. 2014. Medidas de manejo para aumentar el sobrecolor de manzanas en montes instalados. In: Seminario de Actualización Técnica Frutales de Pepita (2014, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 85-92 (Actividades de Difusión no. 739).
65. Sisler, E.; Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene response in plants at receptor level: recent development. *Physiologia Plantarum*. 100: 577 - 582.
66. Soria, J.; Pisano, J. 2009. Comportamiento de variedades de manzano y polinizadores ornamentales (crabs) en INIA Las Brujas. In: Día de Campo (2009, Las Brujas, Canelones). Comportamiento de variedades de manzana. Montevideo, INIA. pp. 1-13 (Actividades

de Difusión no. 561).

67. Sozzi, G. 2007. Fisiología de la maduración de los frutos de especies leñosas. In: Sozzi, G. ed. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. pp. 669 - 686.
68. Steffens, C.; Hettwer, R.; Brackmann, A. 2005. Maçã 'Gala' armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 40 (9): 837 - 843.
69. Thompson, A. 1996. Postharvest technology of fruits and vegetables. Oxford, Blackwell. 393 p.
70. Toranzo, J. 2016. Producción mundial de manzanas y peras. General Roca, INTA. 41 p.
71. Uruguay XXI. 2016. Producción y comercio exterior frutas frescas. Montevideo. 13 p.
72. Venburg, G.; Hopkins, R.; Retamales, J.; Lopez, J.; Hansen, J.; Clarke, G.; Schröder, M.; Rath, A. 2008. Recent Developments in AVG Research. Acta Horticulturae. no. 796: 43-549.
73. Vidal, C.; Simioni, A.; Megguer, C.; Bassay, L. 2002. Effect of aminoethoxyvinylglycine (avg) on preharvest fruit drop and maturity of apples. Revista Brasileira de Fruticultura. 24(3): 661 - 664.
74. Wang, Z.; Dilley, D. 2001. Aminoethoxyvinylglycine, Combined with Ethephon, Can Enhance Red Color Development without Over-ripening Apples. Hortscience 36(2): 328 - 331.
75. Wang, K.; Li, H.; Ecker, J. 2002. Ethylene Biosynthesis and Signaling Networks. Plant Cell. 14: 131 - 151.
76. Watkins, C.; Bowen, J.; Walker, V. 1989. Assessment of ethylene production by apple cultivars in relation to commercial harvest dates. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 17(4): 327-331.
77. _____; Nock, J.; Whitaker, B. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-

methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*. 19: 17 - 32.

78. _____. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*. 24: 389 - 409.
79. Westwood, M. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Madrid, Mundi-Prensa. 461 p.
80. Yang, S.; Hoffman, N. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 35: 155-180.
81. Yildiz, Y.; Ozturk, B.; Ozkan, Y. 2012. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Red Chief' apple. *Scientia Horticulturae*. 144: 121 - 124.
82. _____.; _____.; _____. 2016. Effects of aminoethoxyvinylglycine and naphthaleneacetic acid on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop and fruit quality of apple. *Pakistan Journal Agricultural Sciences*. 53 (4): 893 - 900.
83. Yu, Y.; Yang, S. 1979. Auxin-induced Ethylene Production and Its Inhibition by Aminoethoxyvinylglycine and Cobalt Ion. *Plant Physiology*. 64: 1074 - 1077.

9. ANEXOS

Anexo I. Mapa del experimento

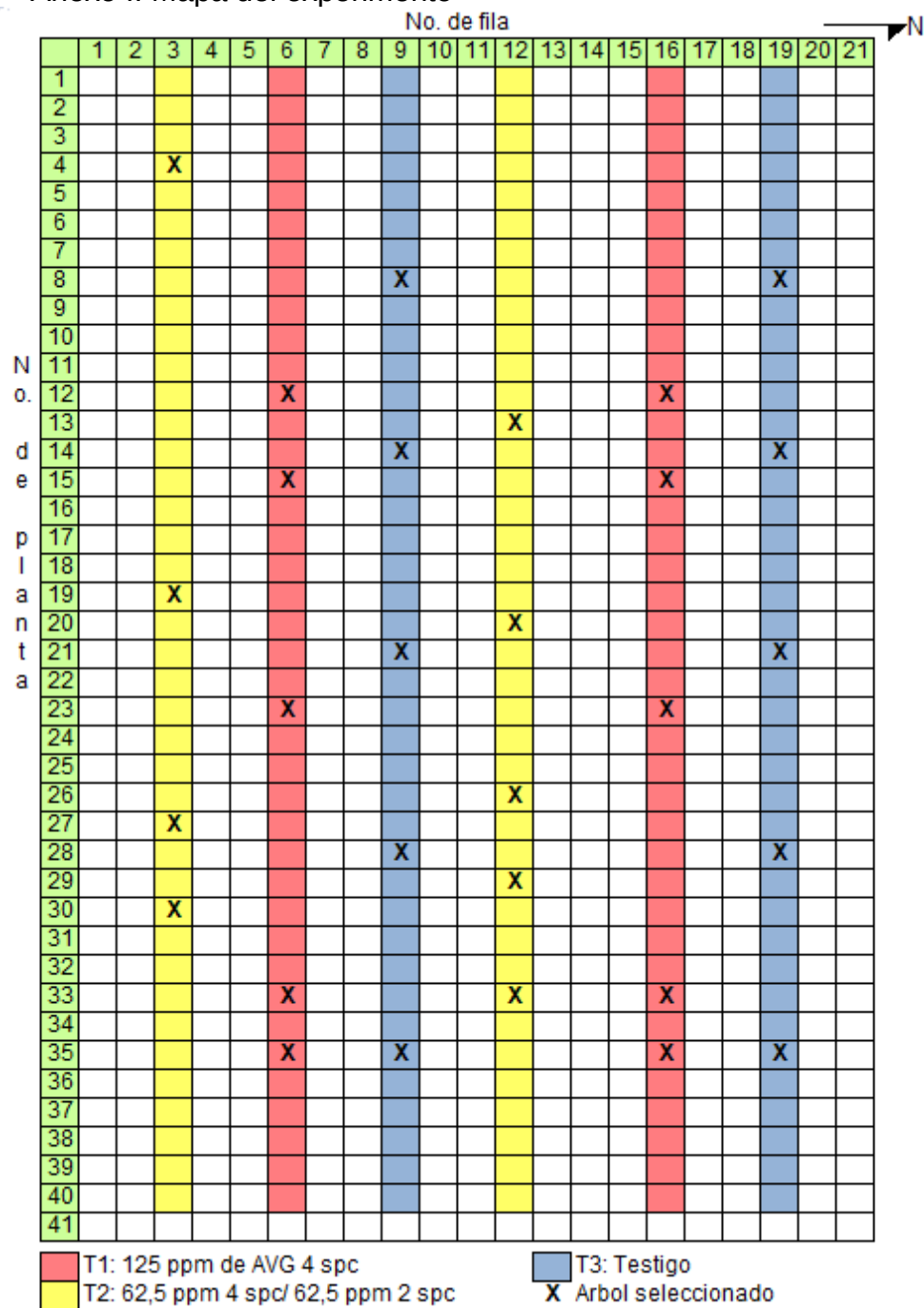


Figura 1. Mapa del experimento (parte 1)

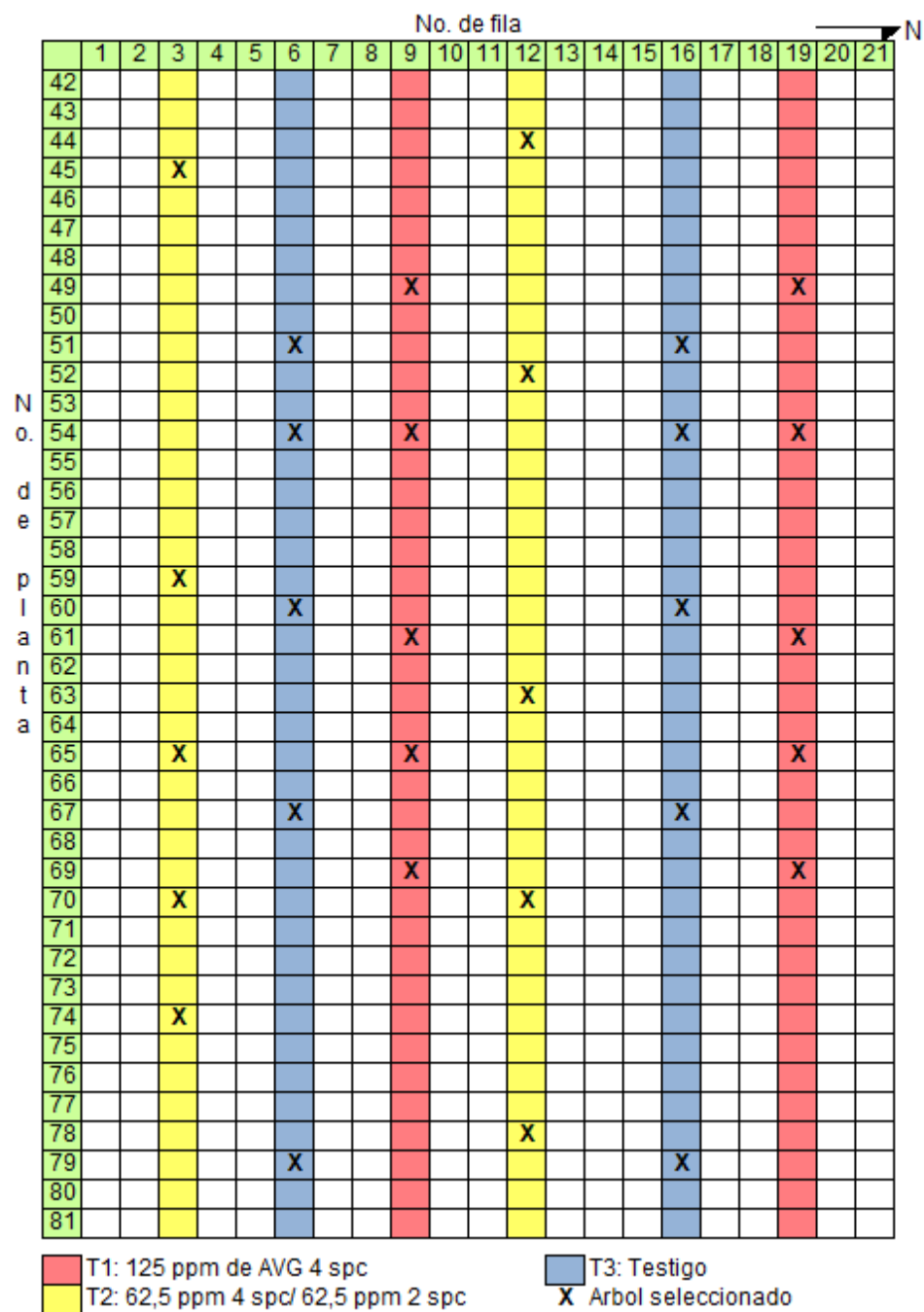


Figura 2. Mapa del experimento (parte 2)

Anexo II. Índice de almidón.

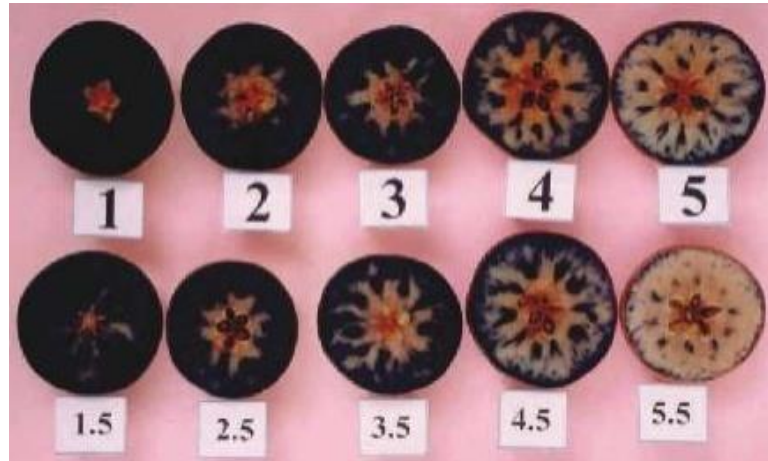


Figura 3. Grado de madurez en manzanas 'Royal Gala' en base a la reacción almidón-iodo, en una escala de 1 a 5

Fuente: tomado de INIA (s.f.).

Anexo III. Error estándar

Cuadro 1. Error estándar

Fecha	Calibre (mm)	Peso (g)	Color Fondo (L*)	Color Fondo (C*)	Color Fondo (°Hue)	Sobre- color (L*)	Sobre- color (C*)	Sobre- color (°Hue)
19/1/2017	0,68	3,14						
23/1/2017	0,88	1,88	0,82	0,82	2,10	1,50	0,93	4,05
27/1/2017	1,05	5,96	0,60	0,71	1,83	1,38	0,74	3,29
31/1/2017	1,03	4,40	0,88	0,83	3,00	1,20	0,77	2,39
3/2/2017	2,34	4,81	1,09	0,97	2,97	1,52	0,83	2,24
10/3/2017	0,76	4,79	1,32	0,84	2,96			
12/4/2017	0,69	3,4	1,68	0,67	3,96			
17/5/2017	1,08	6,74	1,69	0,74	3,56			