



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias

**EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES  
APLICADOS EN POST-RECOLECCIÓN SOBRE LA  
VIDA EN POSCOSECHA DE FRUTOS CLIMATÉRICOS  
Y NO CLIMATÉRICOS**

**LAURA VIRGINIA TAMIOZZO**

D.N.I. 28.821.161

Director: Ing. Agr. M. Sc. Susana Viale

Codirector: Dra. Viviana N. Grosso

Río Cuarto- Córdoba

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

***CERTIFICADO DE APROBACIÓN***

EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES APLICADOS EN POST-  
RECOLECCIÓN SOBRE LA VIDA EN POSTCOSECHA DE FRUTOS  
CLIMATÉRICOS Y NO CLIMATÉRICOS

**LAURA VIRGINIA TAMIOZZO**

**D.N.I. 28.821.161**

**Tesista**

Director: Ing. Agr. M. Sc. Susana Viale

Codirector: Dra. Viviana N. Grosso

**JURADO**

Jurado 1.....

Jurado 2.....

Jurado 3.....

***DEDICATORIA (opcional)***

## ***AGRADECIMIENTOS (opcional)***

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>MARCO TEÓRICO</b>	3
❖ Clasificación de frutos por su madurez	3
❖ Madurez de cosecha (índices)	4
❖ Postcosecha y calidad	5
❖ Deterioro de la calidad en postcosecha	5
❖ Tecnologías de conservación de frutos en postcosecha	7
❖ Recubrimientos comestibles de frutos en postcosecha	8
❖ Recubrimientos a base de <i>Aloe vera</i>	9
❖ Recubrimientos a base de <i>Stevia rebaudiana</i>	11
❖ Recubrimientos a base de <i>Caléndula officinalis</i>	12
<b>HIPÓTESIS</b>	14
<b>OBJETIVOS</b>	14
General	14
Específicos	14
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	15
1- Primera etapa: evaluación del efecto de los recubrimientos comestibles (RC) sobre la calidad poscosecha	16
1.1. Material vegetal	16
1.1.1. Fruto climatérico: <i>Prunus persica</i> L.	16
1.1.1.1. Ensayo 1: durazno var. Elegant lady	16
1.1.1.2. Ensayo 2: nectarina var. Flamekist	17
1.1.2. Fruto no climatérico: <i>Fragaria x ananassa</i>	17
1.1.2.1 Ensayo 3: frutilla var Albion	17
1.2. Recubrimientos comestibles y su aplicación	18
1.2.1. Recubrimientos comestibles	18
1.2.1.1. Gel de aloe estabilizado ( <i>Aloe vera</i> )	18
1.2.1.2. Extracto acuoso de hojas secas de stevia ( <i>Stevia rebaudiana</i> )	19
1.2.1.3. Extracto glicólico de la flor de la caléndula ( <i>Caléndula officinalis</i> )	19
1.2.2. Aplicación de los tratamientos	20
1.2.2.1. Recubrimientos comestibles	20
1.2.2.2. Testigo (frutos sin recubrimientos)	22
1.3. Almacenamiento postcosecha de los frutos	23
1.4. Evaluaciones	23
1.4.1. Frutos climatéricos	23
1.4.1.1. Duraznos	23

1.4.1.2. Nectarinas	24
1.4.2. Fruto no climatérico	24
1.4.2.1 Frutillas	24
1.5. Instrumentos de medición	25
1.6. Análisis y presentación de los resultados	25
2. Segunda etapa: evaluación del efecto de los RC sobre los hongos habituales en la postcosecha de los frutos	26
2.1. Obtención de hongos fitopatógenos y aplicación de tratamientos	26
2.2. Análisis y presentación de resultados	27
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	28
1- Primera etapa: evaluación del efecto de los RC sobre la calidad postcosecha	28
1.1. Material vegetal	28
1.1.1. Fruto climatérico: <i>Prunus persica</i> L.	28
1.1.1.1. Ensayo 1: durazno var. Elegant lady	28
1.1.1.2. Ensayo 2: nectarina var. Flamekist	43
1.1.2. Fruto no climatérico: <i>Fragaria x ananassa</i>	48
1.1.2.1 Ensayo 3: frutilla var Albión	48
2. Segunda etapa: evaluación del efecto de los RC sobre los hongos habituales en la postcosecha de los frutos	53
<b>CONCLUSIONES</b>	60
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	63
<b>ANEXOS</b>	74
Anexo 1: publicaciones derivadas de la tesis	74
Anexo 2: análisis estadísticos	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1:	Plantación de durazneros en el sector frutícola del Camdoxex sur de la UNRC	15
Figura 2:	Cosecha de duraznos a granel (a), armado de lotes homogéneos (b) y cajones utilizados para el ensayo (c)	17
Figura 3:	Nectarina var <i>Flamekist</i> utilizada en el ensayo	17
Figura 4:	Frutillas en envase comercial (a) y lotes del ensayo con los tratamientos (b)	18
Figura 5:	Recubrimientos comestibles utilizados en los ensayos	20
Figura 6:	Evaluación de adherencia de los RC mediante tinción, en frutillas (arriba) y duraznos (abajo)	20
Figura 7:	Aplicación del tratamiento con aloe por inmersión, en duraznos (a), nectarinas (b) y frutillas (c) y colocación en los recipientes de almacenamiento	21
Figura 8:	Aplicación del tratamiento con stevia por inmersión, en duraznos (a), nectarinas (b) y frutillas (c) y colocación en los recipientes de almacenamiento	21
Figura 9:	Aplicación del tratamiento con caléndula por inmersión, en duraznos (a), nectarinas (b) y frutillas (c) y colocación en los recipientes de almacenamiento	22
Figura 10:	Lotes de frutos con los RC y el testigo	22
Figura 11:	Secado de frutos	22
Figura 12:	Cajones de duraznos almacenados en cámaras de frío del MARC	23
Figura 13:	Nectarinas y frutillas almacenadas en heladera	23
Figura 14:	Recolección semanal de los frutos para toma de datos	24
Figura 15:	Medición del peso de los frutos con balanza de precisión (gr)	25
Figura 16:	Medición del diámetro ecuatorial de los frutos con calibre (cm)	25
Figura 17:	Medición de sólidos solubles en frutos con refractómetro (°Brix)	25
Figura 18:	Medición de firmeza en frutos con presiómetro (kg.cm <sup>-2</sup> )	25
Figura 19:	Frutillas con presencia de <i>Botrytis</i> (a), hifas (b) y conidióforos (c)	26
Figura 20:	Duraznos con presencia de <i>Penicillium</i> (a), hifas (b) y conidióforos (c)	26
Figura 21:	Esquema de distribución de los tratamientos y repeticiones en los ensayos realizados	27
Figura 22:	Evolución del diámetro promedio de duraznos en postcosecha	29
Figura 23:	Evolución del diámetro promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos	31
Figura 24:	Gráfico de dispersión del diámetro versus el peso de los frutos	33
Figura 25:	Evolución del peso promedio de duraznos en postcosecha	34
Figura 26:	Evolución del peso promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos	35
Figura 27:	Evolución de la firmeza promedio de duraznos en postcosecha	37
Figura 28:	Evolución de la firmeza promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos	38
Figura 29:	Evolución de los sólidos solubles promedio de duraznos en postcosecha	40

Figura 30:	Evolución de los sólidos solubles promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos	41
Figura 31:	Diámetro promedio de nectarinas en dos tiempos de evaluación (0 y 29 días) en los cuatro tratamientos	43
Figura 32:	Peso promedio de nectarinas en dos tiempos de evaluación de (0 y 29 días) en los cuatro tratamientos	44
Figura 33:	Firmeza promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	46
Figura 34:	Sólidos solubles promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	47
Figura 35:	Diámetro promedio de frutillas en los dos tiempos de evaluación (0 y 7 días) en los cuatro tratamientos	48
Figura 36:	Peso promedio de frutillas en los dos tiempo de evaluación (0 y 7 días) en los cuatro tratamientos	49
Figura 37:	Firmeza promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatros tratamientos	50
Figura 38:	Sólidos solubles promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	51
Figura 39:	Desarrollo de colonias de <i>Botrytis</i> sp. aislado de muestras de frutilla, en cajas de petri con los tres recubrimientos comestibles (AV, C y ST) en cuatro diluciones	54
Figura 40:	Cantidad y tamaño de colonias de <i>Botrytis</i> sp. en los tres tratamientos de RC	54
Figura 41:	Cantidad y tamaño de colonias de <i>Botrytis</i> sp. en las diluciones de los RC	55
Figura 42:	Desarrollo de colonias de <i>Penicillium</i> sp. aislado de muestras de duraznos, en cajas de petri con los tres recubrimientos comestibles (AV, C y ST) en cuatro diluciones	56
Figura 43:	Cantidad y tamaño de colonias de <i>Penicillium</i> sp. en los tres tratamientos de RC	57
Figura 44:	Cantidad y tamaño de colonias de <i>Penicillium</i> sp. en las diluciones de los RC	58

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1:	Agentes estabilizantes agregados al gel de <i>Aloe vera</i>	19
Tabla 2:	Resultados del análisis microbiológico del gel de <i>Aloe vera</i>	19
Tabla 3:	Tiempos de muestreo con su correspondiente fecha y cantidad de días acumulados a partir de la aplicación de los tratamientos	24
Tabla 4:	Análisis estadístico del diámetro ecuatorial promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado	29
Tabla 5:	Análisis estadístico del diámetro ecuatorial promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	32
Tabla 6:	Diámetro ecuatorial de frutos, expresado en porcentaje respecto a la fecha 1 de evaluación, en los cuatro tratamientos	32
Tabla 7:	Análisis estadístico del peso promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado	34
Tabla 8:	Análisis estadístico del peso promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	36
Tabla 9:	Análisis estadístico de la firmeza promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado	38
Tabla 10:	Análisis estadístico de la firmeza promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	39
Tabla 11:	Análisis estadístico de los sólidos solubles promedio de duraznos en almacenaje refrigerado	41
Tabla 12:	Análisis estadístico de los sólidos solubles promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	42
Tabla 13:	Análisis estadístico de la reducción del diámetro ecuatorial promedio de nectarinas en los dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos	44
Tabla 14:	Análisis estadístico del peso promedio de nectarinas en los dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos	45
Tabla 15:	Análisis estadístico de la firmeza promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	46
Tabla 16:	Análisis estadístico de sólidos solubles promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	47
Tabla 17:	Correlación de Pearson coeficientes/probabilidades en nectarinas	47
Tabla 18:	Análisis estadístico del diámetro ecuatorial promedio de frutillas en dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos	49
Tabla 19:	Análisis estadístico del peso promedio de frutillas en los dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos	50
Tabla 20:	Análisis estadístico de la firmeza promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	51
Tabla 21:	Análisis estadístico de los sólidos solubles promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos	52
Tabla 22:	Correlación de Pearson coeficientes/probabilidades en frutillas	52
Tabla 23:	Valores medios del diámetro y numero de colonias de <i>Botrytis</i> sp. en los tratamientos	55
Tabla 24:	Valores medios del diámetro y numero de colonias de <i>Penicillium</i> sp. en los tratamientos	58

## RESUMEN

### EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES APLICADOS EN POST-RECOLECCIÓN SOBRE LA VIDA EN POSCOSECHA DE FRUTOS CLIMATÉRICOS Y NO CLIMATÉRICOS

Actualmente, es creciente el interés de los consumidores por productos saludables, sanos y seguros, lo que ha impulsado el estudio de diversas tecnologías en la postcosecha de frutos de consumo en fresco, que preserven la calidad e inocuidad de los mismos. Los recubrimientos comestibles naturales pueden ser utilizados en postcosecha para reducir las pérdidas de calidad, a la vez de actuar como barreras sanitarias previniendo el desarrollo de patologías, prolongando la vida útil de los frutos. Un recubrimiento comestible (RC), es una matriz continua y delgada que puede adherirse alrededor del fruto generando diversos efectos. Debido a la variabilidad de la composición de estos recubrimientos y a las diferencias fisiológicas entre frutas, conocer el efecto de estos compuestos en la postcosecha requiere de estudios específicos. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de tres RC, desarrollados a partir de *Aloe vera* (AV), *Stevia rebaudiana* (ST) y *Caléndula officinalis* (C), sobre la calidad poscosecha de frutos climatéricos y no climatéricos almacenados en frío y sobre hongos patógenos que afectan la sanidad de los frutos en la postcosecha. El estudio se realizó en la UNRC y el Mercado de Abasto de Rio Cuarto y consto de dos etapas, la primera evaluó el efecto de los RC sobre características organolépticas de frutos frescos y la segunda evaluó el efecto sobre el desarrollo de patógenos de postcosecha. En la primera etapa se usaron tres tipos de frutos, dos climatéricos: durazno (*Prunus persica* var. *Elegant lady*) y nectarina (*Prunus pérsica* var. *Flamekist*) y uno no climatérico: frutilla (*Fragaria x ananassa* var. *Albion*). Cada especie fue dividida en cuatro lotes, tres de ellos recibieron los tratamientos de RC (AV, ST y C) por inmersión y el cuarto fue el testigo (T) y fueron almacenados en cámara. Se evaluaron peso, diámetro, firmeza y sólidos solubles. En la segunda etapa se utilizaron dos hongos patógenos de frutos: *Botrytis* y *Penicillium*, los que fueron aislados a partir de frutos afectados y sembrados en cajas de Petri conteniendo los RC en tres dosis (0,5; 1,5 y 2,5 ml) y un T (0 ml). Se registró el número y tamaño de las colonias. Se utilizó un DCA con 12 tratamientos (3 RC, 3 diluciones y 1 T) y 3 repeticiones. La comparación de tratamientos en las dos etapas se realizó mediante ANOVA y prueba LSD Fisher ( $p < 0,05$ ). Los resultados obtenidos muestran que los **duraznos** tratados con AV presentaron una menor reducción de diámetro y peso y también una mayor firmeza en los 4 primeros tiempos de almacenaje respecto a ST, C y T. Se encontró una alta correlación entre diámetro y peso. Los frutos tratados con los tres RC presentan una tendencia a un mayor contenido de sólidos solubles en postcosecha respecto al T. En las **nectarinas**, el RC con AV presento la menor disminución de diámetro y peso promedios, pero sin diferencia con el T. Los

frutos tratados con AV presentaron la mayor firmeza y los tratados con ST presentaron la menor firmeza. Los mayores valores de sólidos solubles se observaron en los frutos tratados con C, seguidos por los tratados con AV, ST y finalmente el T. Las **frutillas** tratadas con ST y AV presentaron la menor reducción de diámetro, mientras que el tratamiento con AV presentaron el mayor peso a los 7 días de almacenamiento. La mayor firmeza se observó en los frutos tratados con ST y en el T y los mayores valores de sólidos solubles se observaron en los frutos tratados con C. En esta primera etapa los resultados indican que en los frutos climatéricos, el RC a base de AV fue el que presentó un mejor comportamiento en el diámetro, peso y firmeza, mientras que en el fruto no climatérico el RC a base de ST fue el que se comportó mejor. En todos los frutos, el RC a base de C presentó mayores valores de sólidos solubles. Se concluye que existe un efecto positivo de los RC en los parámetros evaluados en los frutos en postcosecha, pero a modo de tendencia y no siempre en forma significativa. Respecto a la segunda etapa y vinculado a *Botrytis*, ST y C muestran un número y tamaño de colonias significativamente menor en todas sus diluciones, mientras que AV no presentó un efecto claro. ST presentó el mejor comportamiento en las dos variables evaluadas. La dosis de 2,5 ml presentó el menor tamaño de colonias y el número de colonias fue significativamente mayor en el T respecto a las 3 diluciones restantes. Se encontró significancia en la interacción de recubrimientos y dosis ( $p < 0,05$ ). Relacionado a *Penicillium*, se observó un importante efecto inhibitorio de los 3 RC en el desarrollo de colonias en las diluciones 0,5; 1,5 y 2,5 ml., respecto al T. No se encontraron diferencias significativas entre los RC para ninguna de las dos variables. C presentó un diámetro de colonias menor que AV y ST y un número de colonias igual que ST e inferior que AV. El diámetro y número promedio de colonias en el T fue significativamente mayor que las 3 diluciones restantes. El efecto inhibitorio de los RC a base de ST, C y AV fue significativo sobre el desarrollo de *Botrytis* y *Penicillium* en las tres dosis evaluadas. Este estudio permitió avanzar en el conocimiento del efecto de los recubrimientos comestibles naturales sobre la calidad y sanidad postcosecha de frutos frescos, lo que resulta de gran interés dado el creciente interés de los consumidores hacia productos sanos, nutritivos, naturales y beneficiosos para la salud.

**Palabras clave:** recubrimientos comestibles, aloe vera, stevia, caléndula, durazno, nectarina, frutilla, *Penicillium*, *Botrytis*.

## ***SUMMARY***

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, los consumidores prefieren el consumo de frutas frescas en lugar de enlatados o congelados. Sin embargo, los frutos de consumo en fresco son muy perecederos debido a su rápido metabolismo después de la cosecha. Esta rápida evolución está determinada por la tasa de respiración, la susceptibilidad a las altas temperaturas y la descomposición por hongos, incluso cuando se almacenan a bajas temperaturas (Robertson *et al.*, 1990).

Al mismo tiempo, como el mercado de productos frescos crece de manera constante, aumenta también la necesidad de garantizar la calidad de las frutas, lo que es cada vez más exigido en todos los mercados, especialmente los de exportación (Ruiz Altisent *et al.*, 2006).

Los frutos se componen fundamentalmente de agua, vitaminas, minerales, azúcares, ácidos, proteínas, taninos, ácidos grasos, entre otros. El principal componente del fruto fresco en peso es el agua, que por ejemplo representa el 86% en duraznos y hasta el 95% en manzanas. Esto es importante ya que permite mantener en disolución muchos de los demás componentes y hace posibles las reacciones orgánicas. Los azúcares son componentes importantes del fruto que condicionan, además, su calidad gustativa (Gil Albert Velarde, 1989).

Esta composición interna de los frutos depende de las variedades dentro de una misma especie. Cada variedad tiene un comportamiento diferente, lo que es necesario tener en cuenta para ajustar el manejo y lograr reducir al mínimo las pérdidas de calidad del producto durante la postcosecha (Villarreal y Santagni, 2005).

Además de las propiedades nutritivas, los frutos poseen también propiedades funcionales, que son aquellas vinculadas a la disminución del riesgo de padecer enfermedades, es decir se asocia el consumo de frutas con un buen estado de salud (Bonghi *et al.*, 1999).

En el proceso de adquisición de frutos, el consumidor considera determinados parámetros de calidad e inocuidad, ya que la calidad determina el grado de excelencia o superioridad del producto y es indicativo del valor comercial. La calidad de un fruto se genera en el campo y debe mantenerse en la postcosecha y en la cadena de comercialización para que sea óptima en el momento del consumo (Sozzi, 2007; Viale *et al.*, 2014).

Para alcanzar la calidad requerida por los consumidores, las frutas son sometidas a cuidadosos procesos de cosecha, clasificación, empaque, conservación y distribución. Esto requiere, además,

una importante interrelación entre los sectores productivo, industrial y de servicios. La fruticultura regional se orienta fuertemente a los mercados externos, por lo cual la actividad se encuentra inmersa en un contexto de cambios globales que han generado diversos impactos en el sistema en su conjunto, así como en cada uno de sus actores. (Calvo *et al.*, 2012)

En la plantación frutal, la última etapa de crecimiento del fruto corresponde a la maduración y es el momento en que se produce el desarrollo de las características que determinan su calidad organoléptica. Este proceso de maduración depende del tipo de fruto y se distinguen dos grupos: frutos climatéricos y no climatéricos.

La fruta está un 90% del tiempo en el campo, pero es en el 10% restante, desde que se cosecha hasta que llega a destino, donde realmente 'se juega el partido'. "La postcosecha puede durar entre una semana y hasta 45 días, lo que hace que sea sumamente gravitante para el negocio de exportación", sostiene el experto y añade que la labor de cosecha debiese estar considerada en el ámbito propio de la postcosecha, "sobre todo porque los técnicos y trabajadores en campo no tienen el conocimiento necesario para saber qué es lo que impacta o no a la fruta para evitar su posterior deterioro". (Luchsinger, 2017)

En los últimos años se ha intensificado la búsqueda por desarrollar alternativas amigables con el ambiente que disminuyan las pérdidas postcosecha y prolonguen la vida de almacenamiento de las frutas y hortalizas. El uso de recubrimientos vegetales a base de polisacáridos contribuye a prolongar la vida útil de los productos hortofrutícolas, por la permeabilidad selectiva a los gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) que presentan y su capacidad para formar películas. (Bautistas Baños *et al.*, 2018)

Una alternativa con potencial viable para la conservación de frutas y vegetales frescos es la utilización de recubrimientos comestibles multicomponentes, los cuales pueden elaborarse con ingredientes básicos adecuados al producto para brindarle la protección de barrera deseada y además, sirven como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos, con la utilización de estos últimos se evitaría el crecimiento de microorganismos patógenos en la superficie de los productos vegetales (De Lorena Ramos García *et al.*, 2010)

## MARCO TEÓRICO

### ❖ Clasificación de frutos por su madurez

Los frutos climatéricos son aquellos que pueden madurar no sólo adheridos a la planta, sino también después de la cosecha, cuando son cortados en la etapa pre climatérica (Martínez González *et al.*, 2017).

En estos frutos la maduración está controlada por el etileno y presentan una evolución de la curva respiratoria. Un pequeño aumento de la producción de etileno estimula la producción autocatalítica del mismo, mientras que una aplicación de etileno exógeno provoca un adelanto en la maduración. Asociado al pico de concentración de etileno se produce un pico de respiración que se conoce como respiración climatérica. Esta maduración es la típica en durazno, damasco, manzana, tomate, banana, kiwi, mango y otros (Navarro Martínez, 2013).

Por otro lado, los frutos no climatéricos como la fresa (*Fragaria* spp.), la uva (*Vitis vinifera* L.) y los cítricos, solo alcanzan la maduración cuando aún están unidos a la planta, ya que no presentan un aumento en la respiración y en la producción de etileno después de la cosecha (Martínez González *et al.*, 2017).

Los frutos no climatéricos son aquellos en los que el proceso madurativo no está controlado hormonalmente por el etileno. En estos frutos hay una disminución gradual de la respiración asociada a lentos cambios bioquímicos conducentes a la maduración. Este proceso madurativo ocurre en cítricos en general, uva, cereza, frutilla y otros (Navarro Martínez, 2013).

Crisosto *et al.*, (1995) mencionan que el estado de madurez del fruto en el momento de la cosecha, determinará su calidad de consumo, su susceptibilidad a daños mecánicos y en general su potencial vida útil de comercialización. Así, los frutos recolectados demasiado maduros serán incapaces de resistir las exigencias de la comercialización y son susceptibles de ser atacados por microorganismos que les causen podredumbres. Estos frutos tendrán una vida útil en postcosecha corta y desarrollarán sabores y olores indeseables, además de una textura inadecuada. Por otra parte, los frutos recolectados demasiado temprano serán incapaces de madurar y obtener su mejor calidad organoléptica (Mitchell *et al.*, 1991).

### ❖ **Madurez de cosecha (índices)**

El fruto comienza a desarrollarse poco tiempo después de la polinización y la fertilización a través de la división celular, fenómeno que se presenta en las primeras etapas del desarrollo. Después de este periodo, el crecimiento ocurre debido al aumento de tamaño de la célula al aparecer las vacuolas. Esta etapa se caracteriza por el crecimiento y alargamiento del fruto, seguida por una fase de maduración, donde el número de células se mantiene relativamente constante, observándose un aumento en el tamaño de las mismas. Esta expansión aumenta en la última etapa de crecimiento, donde el fruto es capaz de madurar aún adherido a la planta (González y Baloiz Morales 2017).

Los frutos son cosechados en el momento de madurez comercial para lograr la mayor vida en postcosecha o vida de estante manteniendo calidad, para lo cual se utilizan **los índices de cosecha**. Firmeza, color, sólidos solubles, ratio, edad del fruto son, entre otros, índices utilizados para definir el momento de cosecha de los frutos según el destino de los mismos (Knee, 2007).

Para determinar el momento óptimo de cosecha, conocer la calidad y evaluar la capacidad de conservación de la fruta es necesario definir una serie de variables conocidas como **índices de cosecha**. Estos índices varían a medida que el fruto madura en el árbol o durante la conservación. Son **ejemplos el color, peso, diámetros, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la acidez**, etc. Un buen índice de madurez es aquel que presenta una variación importante a lo largo del proceso de maduración. En general, no se utiliza uno solo, sino que es deseable emplearlos conjuntamente con el fin de tener un conocimiento más certero del estado del fruto (Calvo *et al.*, 2012).

El contenido de azúcares totales en un fruto se determina a través del índice refractométrico (IR, grados Brix) que representa el porcentaje de los sólidos solubles. El IR se obtiene vertiendo unas gotas de jugo en la ventana del refractómetro; una vez leída la cifra de °Brix se puede convertir el resultado de % sólidos solubles a «azúcares totales» (en gramos/litro de jugo) mediante la aplicación de tablas de conversión incluidas con el instrumento (Valero Ubierna y Ruiz Altisent, 1998).

Los azúcares presentes en frutos de durazno son sacarosa, glucosa, fructosa y en menores cantidades sorbitol e inositol. Los frutos maduros presentan un alto contenido de sacarosa 50-75% por lo que es considerado el azúcar predominante en este fruto (Africano *et al.*, 2016).

### ❖ **Postcosecha y calidad**

Luego de la cosecha, los frutos climatéricos continúan madurando, lo que implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y físicos. Los frutos respiran, transpiran y producen etileno, que es la hormona de maduración que potencia la respiración (Arias Velázquez y Toledo Hevia, 2007).

Durante la postcosecha de los frutos, existen situaciones de acortamiento de la vida útil y pérdidas importantes por descomposición. Estas situaciones están vinculadas también a la respiración, transpiración y al efecto del etileno, que generan cambios composicionales, descomposiciones fisiológicas y patológicas (Kader, 1992; Budde *et al.*, 2006; Jin *et al.*, 2009).

Durante la respiración, las sustancias orgánicas de reservas (carbohidratos complejos, proteínas, grasas, ácidos) son transformados a compuestos más simples, con liberación de energía (calor vital). Este proceso consume  $O_2$  y libera  $CO_2$ , favorece la senescencia del producto, disminuye la calidad nutritiva y organoléptica, aumenta la pérdida de peso y el calor liberado favorece el desarrollo de patógenos. La vida útil en postcosecha generalmente es inversamente proporcional a su ritmo respiratorio (Ke y Kader, 1992).

El etileno ejerce gran influencia sobre los procesos de maduración y senescencia, influyendo en la calidad de los frutos. El nivel de etileno aumenta con la madurez del producto, el daño físico, incidencia de enfermedades y temperaturas altas. El almacenamiento refrigerado y en atmósferas con menos de 8% de  $O_2$  y más de 2% de  $CO_2$ , mantienen bajos los niveles de etileno (Arias Velázquez y Toledo Hevia, 2007).

Respiración y producción de etileno son factores que promueven la madurez del fruto y determinan su calidad, sin embargo son también factores de pérdidas en postcosecha.

### ❖ **Deterioro de la calidad en postcosecha**

Los frutos en la postcosecha pueden desarrollar patologías debidas a hongos y bacterias, que reducen la vida útil en almacenamiento. Algunas alternativas usadas en el control de microorganismos en la postcosecha son el ozono, carragenano y glicerol y también películas de recubrimiento biodegradables entre otros. Estas últimas han mostrado tener buenos resultados para proteger frutos y extender la vida de almacenamiento por la inhibición de los microorganismos (Hernández López *et al.*, 2018).

El deterioro postcosecha se ve influenciado también por el ambiente de almacenaje. La temperatura actúa acelerando los procesos biológicos de descomposición. En general, el ritmo de deterioro es 2-3 veces mayor por cada incremento de 10°C por encima de la temperatura óptima de conservación (Kader, 2007).

Los duraznos y nectarinas son frutos climatéricos que tienen una vida postcosecha que varía de 1 a 5 semanas si son mantenidos en almacenajes apropiados. Bajas temperaturas, de alrededor de 2°C y 95% humedad reducen la actividad metabólica y prolongan la vida postcosecha. Por otro lado, las prácticas culturales tienen un rol importante en la determinación de la calidad de fruta y su potencial de almacenamiento al modificar el metabolismo interno del fruto (Gratacós, 2004).

Los duraznos almacenados a temperatura ambiente, tienen una vida útil corta de menos de 7 días, ello genera la necesidad de adecuar el manejo en el transporte y almacenamiento para llegar con óptima calidad al consumidor. Algunas de las estrategias citadas para alargar la vida en postcosecha de duraznos incluyen el almacenamiento en frío, modificación gaseosa de la atmósfera de almacenamiento y la modificación de la atmósfera interna del fruto a través de recubrimientos comestibles, entre otras (Girardi *et al.*, 2005; Ruoyi *et al.*, 2005; Ortiz *et al.*, 2009).

La frutilla, es un fruto no climatérico que presenta una elevada actividad respiratoria que determina una alta perecibilidad. Los frutos deben cosecharse con mucho cuidado y durante las horas más frescas del día para evitar daños. Uno de los factores importantes a tener en cuenta es el índice de cosecha, que en este fruto es el color. Específicamente, el índice de cosecha para mercados lejanos es cuando el fruto presenta color rosado en tres cuartas partes de la superficie sobre un fondo blanquecino; para mercados cercanos, el color rosado debe cubrir toda la superficie del fruto y el color rojo indica un fruto para consumo directo o para su procesamiento industrial. El óptimo de madurez de esta especie tiene un impacto significativo sobre el valor nutritivo y calidad postcosecha del producto (Moccia *et al.*, 2007).

La frutilla tiene una vida postcosecha muy corta, 7 a 10 días si es conservada a 2°C y 90% de humedad. A temperatura ambiente, se produce el deterioro del 80% del fruto en sólo 8 horas, lo que es resultado de su elevada tasa respiratoria y por ser un fruto muy susceptible a daños mecánicos y a la invasión de algunos organismos patógenos (Miserendino y Esquel, 2007).

Un factor de pérdidas en postcosecha importante son las pudriciones producidas por hongos; dentro de los patógenos más importantes encontramos *Penicillium*, *Botrytis* *Alternaria*,

*Aspergillus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Gloeosporium*, *Mucor*, *Monilinia*, *Rhizopus* y otros (Barkai Golan, 2001).

Entre los agentes causales de las principales patologías de postcosecha de duraznos se encuentran *Penicillium sp.* (podredumbre mohosa azul-verdosa) que afecta la fruta lastimada, sobremadura y a la fruta conservada a bajas temperaturas; *Rhizopus stolonifer* (podredumbre blanda y húmeda de evolución muy rápida o podredumbre de “nido”); frecuente en plantas de empaque con falta de higiene y *Colletotrichum gloesporioides* (podredumbre firme de evolución lenta) de aparición esporádica (Mitidieri, 2003).

Entre las principales causas de pérdida de calidad en postcosecha de la frutilla, se encuentran el deterioro por hongos. Los más comunes son *Botrytis cinerea*, causante del moho gris, favorece la infección debido a que es hábil colonizador en temperaturas de almacenamiento bajas y también *Rhizopus stolonifer* (Choquer *et al.*, 2007).

Una característica física de las frutillas es que poseen una pulpa relativamente blanda, cubierta con una fina y delicada cobertura, muy susceptible a la rotura. Estas características hacen que la frutilla se magulle por efecto de presiones de intensidad relativamente baja. Como consecuencia de ello, el fruto presenta una gran facilidad para sufrir lesiones durante la cosecha y posterior manipulación postcosecha. Dichas lesiones se convierten en puntos de ataque preferenciales de diferentes microorganismos patógenos entre los que destaca fundamentalmente el hongo *Botrytis cinerea* (Domini, 2018).

Las pudriciones se acentúan con altas temperaturas que prevalecen en el campo, durante la espera para el transporte de la fruta hacia su destino de comercialización o en el mercado, durante su venta. Para disminuir las enfermedades en pre y postcosecha se hace uso de diversas estrategias en campo como son el uso de fungicidas, variedades tolerantes, cubiertas plásticas entre otros (Cordero *et al.*, 2003).

#### ❖ **Tecnologías de conservación de frutos en postcosecha**

Para reducir las pérdidas de postcosecha de los frutos en general, se utilizan distintas estrategias de almacenamiento específicas. El propósito, es conservar la calidad y disponer de frutos por períodos más prolongados que los normales, ello permite ofrecer productos frescos a mercados distantes y durante mayor tiempo. Dentro de las técnicas más utilizadas para la conservación de frutas y hortalizas encontramos la refrigeración, el uso de atmósferas controladas, atmósferas modificadas, absorbentes de etileno, aplicación exógena de

fitorreguladores, aplicación de recubrimientos como las ceras y otros (Gatti y Escudero, 1985; Seibertl *et al.*, 2008).

Los consumidores día a día exigen que los alimentos frescos y mínimamente procesados estén exentos de sustancias de síntesis y buscan aquellos enriquecidos con sustancias de origen natural que traigan beneficios para su salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos. Por lo tanto se ha prestado una mayor atención en la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos (Ponce *et al.*, 2008).

### ❖ **Recubrimientos comestibles de frutos en postcosecha**

La aplicación de recubrimientos comestibles formulados con compuestos naturales o sustancias GRAS (generally recognized as safe) ha cobrado un especial interés en los últimos años en el sector de la postcosecha como una tecnología innovadora, segura y respetuosa del medio ambiente que permite mejorar la calidad y seguridad de la fruta fresca, extendiendo la vida útil de los productos. Estos recubrimientos actúan creando una barrera a la humedad y al intercambio gaseoso, lo que produce un retraso en la senescencia de los productos hortofrutícolas. Debido a la variabilidad de los ingredientes que pueden utilizarse para la formulación de estos productos y las diferencias fisiológicas entre frutas, el desarrollo de los recubrimientos requiere de estudios específicos que permitan seleccionar aquellas formulaciones que se adapten a las necesidades y características específicas de las frutas a recubrir (Villamón *et al.*, 2018).

Un recubrimiento comestible (RC), constituye una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en la solución. El uso de un RC aplicado en frutos perecederos debe considerar ciertas características tales como el costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto como barrera al intercambio de gases y agua, su efecto sobre microorganismos patógenos, su aceptabilidad sensorial y finalmente que estos recubrimientos sean inocuos para la salud (Picco, 2012).

Uno de los posibles mecanismos por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, permitiendo modificar la atmósfera interna de la fruta y de esta manera retardar la maduración y senescencia (Rojas Grau *et al.*, 2009).

Una de las tendencias actuales en la industria alimenticia consiste en la substitución de aditivos químicos por compuestos naturales, especialmente en el área de conservación de alimentos. Recientemente la explotación de compuestos naturales de origen vegetal, como los aceites esenciales, para su uso en alimentos ha recibido una especial atención y buena aceptación por parte de los consumidores (Rodríguez Hernández *et al.*, 2011).

En numerosas investigaciones, se han empleado productos naturales como recubrimientos comestibles para la conservación de los alimentos, aprovechando básicamente su actividad antimicrobiana y antifúngica, manteniendo las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, prolongando la vida útil y reteniendo vitaminas en frutos (Sánchez González *et al.*, 2008).

Los autores Barrazueta Rojas *et al.* (2018) en su investigación, estudiaron el efecto de tres recubrimientos comestibles a base de gelatina, pectina y cera de abeja, enriquecidos con aceite esencial de clavo de olor, en la conservación postcosecha de la frutilla variedad Oso Grande proveniente la provincia de Chimborazo en Ecuador. Con los resultados obtenidos comprobaron que el empleo de recubrimientos comestibles afectó estadísticamente en las características físico-químicas de la frutilla, mostrando la eficacia de los recubrimientos comestibles en la prolongación de la vida en postcosecha.

Cada vez hay más interés en el uso de compuestos antimicrobianos naturales, especialmente extraído de las plantas, para la preservación de alimentos. Actualmente los consumidores tienden a cuestionar la seguridad de aditivos sintéticos y prefieren los naturales. Por ello, existe una necesidad cada vez mayor de encontrar plantas cuyos productos actúen manteniendo la calidad postcosecha de frutos (Tadhani y Subhash, 2006).

En la actualidad hay investigadores que llevan adelante estudios de plantas o partes de éstas, conteniendo compuestos antimicrobianos naturales, tales como compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y fitoalexinas producidas en plantas. Estos compuestos no solo mejorarían la seguridad, sino también la calidad de los alimentos (Rodríguez Hernández *et al.*, 2011).

#### ❖ **Recubrimientos a base de *Aloe vera***

Recientemente, se han intensificado estudios sobre el uso de gel de aloe como recubrimiento comestible. Guillen *et al.* (2013) citan al gel de *Aloe vera* como un recubrimiento que logra una postcosecha segura y respetuosa con el medio ambiente, con buena eficacia en mantener la calidad postcosecha de varias frutas. El gel de *Aloe arborescens* muestra una eficacia similar al *A. vera* aplicado como un recubrimiento en el climaterio de frutos como duraznos y ciruelas. Los

frutos de cereza dulce tratada con gel de *A. vera* retrasaron significativamente las pérdidas de calidad postcosecha, mejorando la capacidad de almacenamiento. Los análisis sensoriales revelaron efectos beneficiosos en términos del mantenimiento del aspecto visual de los frutos, sin ningún efecto perjudicial en el sabor y aroma.

Martínez Romero *et al.* (2006) mencionan que de ser efectivo el efecto del gel de *A. vera* como recubrimiento comestible de fruta, este tratamiento constituiría una tecnología innovadora e interesante para aplicación comercial fundamentalmente como alternativa a la utilización de tratamientos químicos postcosecha.

El gel de *Aloe vera* como recubrimiento comestible se considera un excelente conservante comestible y biológicamente seguro para diferentes frutas y hortalizas. Esta aseveración se sustenta en su propiedad de formación de película alrededor del fruto, a su acción antimicrobiana, a la biodegradabilidad y propiedades bioquímicas. Se compone principalmente de polisacáridos y actúa como una barrera natural a la humedad y el oxígeno, que son los principales agentes de deterioro de frutas y verduras. Este gel tendría la capacidad de prolongar la vida útil de las frutas y verduras al reducir la tasa respiratoria manteniendo los atributos de calidad (color, sabor, presión, tamaño). Tiene propiedades antifúngicas y antibacterianas que proporciona una barrera defensiva contra la contaminación (Jawadul *et al.*, 2014).

Valero *et al.* (2002), encontraron que el gel de aloe vera es comestible, invisible, inodoro y no afecta el sabor de frutas y verduras en el que se aplica. Tampoco supone ningún riesgo para la salud humana.

El extracto de hojas frescas de *Aloe vera* fue probado en el crecimiento micelial de *Botrytis gladiolorum*, *Fusariumf.sp.*, *Oxysporum gladiolos*, *Heterosporium Pruneti* y *Penicillium gladiolos* con buenos resultados (Yolanta y Rivka, 1995).

Entre los componentes presentes en el gel de aloe se encuentran: antraquinonas (aloína, barb-aloína y otras); vitaminas (B1, B2, B6,  $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -caroteno, colina, ácido fólico, ácido ascórbico); enzimas (Ciclo oxigenasa, oxidasa, amilasa, catalasa, lipasa, fosfatasa alcalina, carboxipeptidasa); monosacáridos (manosa, glucosa, L-ramnosa, aldo-pentosa); polisacáridos (celulosa, manano acetilado, arabinogalactan, xilano, manano, glucomanano, glucogalactomanano, galactano); compuestos Inorgánicos (calcio, sodio, cloro, manganeso, zinc, cromo, cobre, magnesio, hierro) y algunos aminoácidos. Las antraquinonas presentan actividad antimicrobiana, actuando contra varios géneros de hongos y bacterias (Jawadul *et al.*, 2014).

Los polisacáridos del gel de aloe son los que actúan como una barrera de intercambio gaseoso y de agua entre la fruta y el ambiente circundante por lo que evitaría la pérdida de agua del fruto. Este efecto positivo, en términos de reducción de la pérdida de humedad, puede ser debido a las propiedades higroscópicas de los polisacáridos (Jawadul *et al.*, 2014).

Jawadul *et al.* (2014) mencionan también una reducción en la permeabilidad al O<sub>2</sub> que retrasa la reacción oxidativa del ácido ascórbico, por lo cual el recubrimiento con aloe reduce la respiración de los frutos y retiene el ácido ascórbico.

Otras sustancias de origen natural presentan capacidad antioxidante y pueden actuar como antifúngicos y antibacterianos; entre ellas se encuentran los extractos elaborados a base de stevia.

#### ❖ **Recubrimientos a base de *Stevia rebaudiana***

*Stevia rebaudiana* Bertoni es un arbusto perteneciente a la familia Asterácea, nativo de Paraguay, pero también presente en zonas colindantes de Brasil y Argentina (Lemus Mondaca *et al.*, 2012). Sus hojas han sido utilizadas desde antaño por los indios Guaraníes para endulzar diversos alimentos porque su poder endulzante es muy superior al de la sacarosa. Ello se debe a la presencia de los compuestos tales como steviósido y el rebaudiósido A (hasta 300 y 450 veces más dulces que la sacarosa, respectivamente). Recientemente se ha propuesto el uso de distintos extractos de stevia como conservante de alimentos, por lo cual se han desarrollado estudios en los que se evalúa su actividad antimicrobiana empleando diversas metodologías (Sanz Puig, 2013).

El extracto de las hojas de stevia contiene glucósidos diterpeno dulces, flavonoides, alcaloides, clorofilas solubles en agua, xantófilas y ácidos hydroxycynamic (Tadhani y Subhash, 2006).

Las hojas de stevia contienen una alta proporción de compuestos fenólicos y flavonoides que se caracterizan por poseer propiedades antioxidantes. Estos compuestos se encuentran en una proporción de 24 mg y 18,93 mg por gramo de hoja seca, respectivamente.

Las propiedades anti fúngicas y antibacterianas de extractos de hoja seca de stevia pueden diferir de acuerdo a los solventes utilizados (Abou Arab y Abu Salem, 2010; Muanda *et al.*, 2011).

La actividad antioxidante de extractos metabólicos de raíz, hoja, tallo y flor de la stevia son indicativos de actividad antibacteriana eficaz (Singh *et al.*, 2012).

### ❖ **Recubrimientos a base de *Caléndula officinalis***

Otro producto natural con capacidad antioxidante puede obtenerse a partir de la flor de la caléndula (*Caléndula officinalis* L.). Tiene propiedades funcionales importantes para la industria alimenticia derivadas de su composición química. Entre los compuestos antioxidantes que posee y que son de interés se encuentran los carotenos, flavonoides y compuestos fenólicos. El uso de los antioxidantes naturales previene o disminuye el desarrollo de las enfermedades degenerativas en el humano y la formación de colores y olores desagradables en los alimentos, derivados de la peroxidación lipídica. Entre los antioxidantes identificados en la caléndula se encuentran flavoxantina, luteoxantina,  $\beta$ -caroteno, licopeno,  $\alpha$ -caroteno, rutinósido, isorhamnetina y narcisina. Adicionalmente esta flor presenta otros compuestos de interés, como aceites esenciales, luteína, ésteres de luteína, xantofilas, alcoholes triterpénicos, ácidos fenólicos y taninos entre otros (Domínguez Marín, 2012).

La flor de caléndula es tradicionalmente conocida por sus propiedades farmacológicas, medicinales y cosméticas, actualmente es utilizada como suplemento dietario, pigmento para alimentos y fuente de luteína. Cuenta con una compleja composición química: antioxidantes, luteína, ésteres de luteína, xantofilas, alcoholes triterpénicos, ácidos fenólicos, taninos, polisacáridos y saponinas. El contenido de antioxidantes en la flor varía de acuerdo a su color aumentando gradualmente desde el amarillo claro hasta el naranja oscuro dependiendo del contenido de carotenos, compuesto de gran interés en la alimentación como precursor de la vitamina A y antioxidante natural. También se han encontrado propiedades muy importantes en la flor como actividad antibacteriana frente a bacterias gram negativas y actividad antifúngica (Domínguez Marín, 2012). Estos compuestos presentes en la caléndula, dadas sus propiedades, podrían ser activos en la preservación de los frutos en la postcosecha.

Las economías regionales de nuestro país, pueden verse seriamente afectadas por las pérdidas de producciones de frutas en los distintos puntos de la cadena. Existen antecedentes de importantes pérdidas en postcosecha por falta de adecuación de técnicas que permitan prolongar la vida postcosecha manteniendo calidad comercial de los frutos. Los recubrimientos comestibles podrían constituir una excelente alternativa para prolongar la vida postcosecha de los frutos frescos manteniendo su calidad y fundamentalmente considerando que estos recubrimientos son inocuos y respetuosos del ambiente.

La utilización de **recubrimientos** como los propuestos en este trabajo, presentarían una interesante alternativa debido a su fácil procesamiento, bajo costo, nula toxicidad y fácil manipulación (Fernández Valdés *et al.*, 2015).

Estudios conducentes a determinar el efecto de estos recubrimientos sobre la postcosecha de los diferentes frutos, podrían beneficiar a todos los integrantes de la cadena de fruta fresca ya que mejoraría la postcosecha de los frutos, alargando la vida útil y manteniendo calidad e inocuidad hasta el momento de consumo y ello acorde a las actuales demandas de los consumidores.

## HIPÓTESIS

Los recubrimientos comestibles aplicados en postrecolección de frutos interfieren los procesos biológicos de deterioro modificando las características organolépticas de los mismos.

Los recubrimientos comestibles aplicados a un medio de cultivo generará una actividad anti fúngica sobre los hongos patógenos presentes en la postcosecha de los frutos.

## OBJETIVOS

### General

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de tres recubrimientos comestibles, desarrollados a partir de Aloe vera, Stevia rebaudiana y Caléndula officinalis, sobre la calidad frutos climatéricos y no climatéricos almacenados en frío y sobre hongos patógenos que afectan la sanidad de los frutos en la postcosecha.

### Específicos

- Evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles sobre la calidad organoléptica de duraznos, nectarinas y frutillas en postcosecha, considerando los siguientes parámetros: sólidos solubles, firmeza, diámetro ecuatorial y el peso de los frutos.
- Determinar el efecto in vitro de los recubrimientos comestibles sobre el crecimiento de colonias de hongos responsables de pudriciones en postcosecha de los frutos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Campo de Docencia y Experimentación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, sector frutícola (figura 1) ubicado sobre la Ruta Nacional N° 36, Km 601 (33° 07' Latitud Sur, 64° 14' Longitud Oeste, 421 msnm), Depto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.



Figura 1: Plantación de durazneros en el sector frutícola del Camdocex sur de la UNRC

El clima de la región es templado-subhúmedo con un régimen de precipitaciones de tipo monzónico, concentrado en el período primavera-verano (el 80% de las lluvias ocurre entre octubre y abril), con una precipitación media anual de 801 mm. La temperatura máxima media anual: 23,1°C; temperatura mínima media anual: 10,2 °C; temperatura media anual: 16,3 °C. El período libre de heladas en Río Cuarto es de 256 días y se extiende desde mediados de septiembre a mediados de mayo (ADESUR, 1999).

En el presente trabajo se plantearon dos etapas de evaluación de los recubrimientos comestibles, en la primera se analizó el efecto sobre la calidad organoléptica de los frutos en postcosecha y en la segunda, el efecto anti fúngico sobre los patógenos de frutos en de postcosecha.

## **1- Primera etapa: evaluación del efecto de los recubrimientos comestibles RC sobre la calidad postcosecha**

Se utilizaron dos especies de frutos representativos de los dos tipos de maduración:

### **1.1. Material vegetal**

#### **1.1.1. Fruto climatérico: *Prunus persica* L.**

##### **1.1.1.1. Ensayo 1: durazno var. *Elegant lady***

Durazno var *Elegant lady*, es un fruto de calibre mediano a grande, de forma redondeada, prisco y con carozo pequeño. El color de fondo es amarillo-anaranjado, color de cobertura rojo carmín luminoso, liso y la pulpa es amarilla. Tiene textura firme, poco fibrosa y jugosa. Posee buen sabor, elevado contenido de azúcares y un aroma intenso (Gratacós, 2004). Los frutos para el ensayo se obtuvieron de una plantación de 11 años de edad ubicada en el campus de la UNRC, cuya fecha promedio de cosecha es la primera quincena de enero (INTA, 2010).

Los índices de cosecha utilizados fueron color, tamaño, firmeza y sólidos solubles, estos últimos constituyen un indicador del contenido de azúcares de los frutos. Los frutos fueron cosechados con un color de cobertura del 80-90%, color de fondo amarillento, tamaño presión y sólidos solubles característicos de la variedad en inicio de la etapa 3 de crecimiento del fruto, acorde a estándares de cosecha (Rivero y Quiroga, 2005).

Para determinar el momento de cosecha se prosiguió de la siguiente manera: semanalmente se tomó una muestra de 7 frutos al azar y cuando los índices alcanzaron las características definidas para la variedad se inició la cosecha (Rivero y Quiroga, 2005).

Posteriormente se seleccionó una población uniforme de frutos, con buen estado sanitario y sin daños físicos que puedan interferir con la vida en postcosecha. Se recolectaron 224 frutos los cuales fueron separados en 4 lotes de 56 frutos cada uno y colocados en 8 cajones comerciales de madera N° 3 (46 x 29 x 22 cm) (SAG, 1983), con 28 frutos cada uno para evitar el contacto entre ellos.

Tres lotes recibieron los tratamientos de recubrimientos comestibles y el cuarto lote fue el testigo (figura 2).



Figura 2: Cosecha de duraznos a granel (a), armado de lotes homogéneos (b) y cajones utilizados para el ensayo (c)

### 1.1.1.2. Ensayo 2: nectarina var. Flamekist

Nectarina var. Flamekist (figura 3) es un fruto prisco de calibre grande, de color amarillo, la pulpa y piel rojiza sin pilosidad. Requiere 600 hs de frío y la fecha aproximada de maduración es en febrero (INTA 2010). Los frutos para el ensayo fueron comprados en el Mercado de Abasto de Rio Cuarto (MARC), siendo su destino directo el comercio minorista. Se utilizaron 80 frutos separados en 4 lotes de 20 frutos cada uno, a los que se les aplicaron los tres tratamientos y un testigo. Se realizó una caracterización de 8 frutos iniciales.



Figura 3: Nectarina var. *Flamekist* utilizada en el ensayo

### 1.1.2. Fruto no climatérico: *Fragaria x ananassa*

#### 1.1.2.1 Ensayo 3: frutilla var. Albión

Las frutillas utilizadas en el ensayo provinieron de la producción del cinturón verde local y fueron adquiridas en el MARC.

La var. Albion tiene muy buena aptitud para mercado fresco, acumula elevadas cantidades de azúcar y tiene una elevada demanda para congelados. El fruto es de color rojo externo de

hombros más claros y pulpa de color moderado, con gran acumulación de azúcar. Fruto muy firme, con excelente vida de postcosecha. Tiene una elevada tolerancia a enfermedades fúngicas (Morales *et al.*, 2017)

Var *Albion*: Fruto cónico de color rojo intenso y 16.3 gr de peso promedio, con alto valor de sólidos solubles (10-14 °Brix). Centro blanco y con bordes rojos y muchos frutos huecos. Mejor performance en propiedades organolépticas (sabor, textura y baja acidez).

Se utilizaron 128 frutos separados en 4 lotes de 70 cada uno y colocados en 8 bandejas con 35 frutos cada una, para impedir el roce entre los mismos (figura 4). Tres de los lotes recibieron los tratamientos con RC y el cuarto lote fue el testigo.

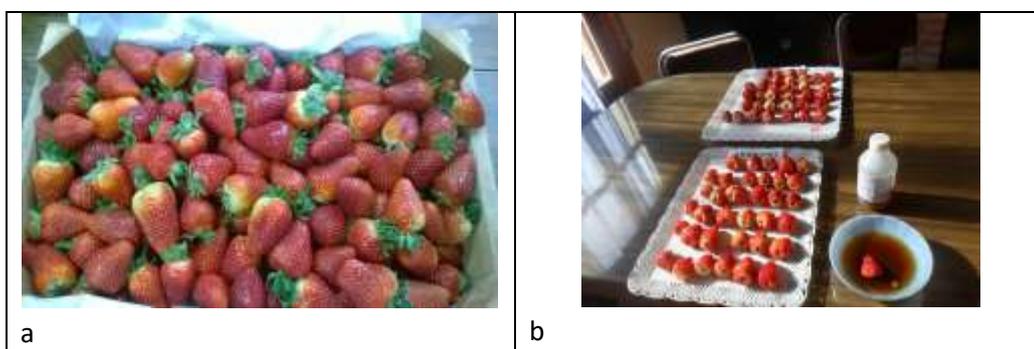


Figura 4: Frutillas en envase comercial (a) y lotes del ensayo con los tratamientos (b)

## 1.2. Recubrimientos comestibles y su aplicación

### 1.2.1. Recubrimientos comestibles

#### 1.2.1.1. Gel de aloe estabilizado (*Aloe vera*)

Se utilizó un gel de aloe estabilizado obtenido en el Laboratorio de Desarrollo y Vinculación Tecnológica del Dpto. de Química de la Facultad Ciencias Exactas de la UNRC. El gel fresco sufre un deterioro muy rápido con la consiguiente pérdida de sus propiedades beneficiosas, por lo cual fue necesario utilizar un producto estabilizante. Las vías de degradación pueden ser por acción de microorganismos, por oxidación de sustancias contenidas en el gel o enzimática con la consiguiente degradación de los polisacáridos activos presentes en el gel. Por esta razón y para evitar esta degradación el gel se sometió a un proceso previo de estabilización que involucra el agregado de sorbato de potasio, ácido ascórbico, alcohol cetílico y tocoferol. Las cantidades máximas de estas sustancias, presentes por cada 100 ml de gel, se detallan en la tabla 1. Como consecuencia del proceso de estabilización, se genera la inactividad enzimática del gel.

Tabla 1: Agentes estabilizantes agregados al gel de *Aloe vera*

Estabilizante	Cantidad máxima /100ml de gel
Sorbato de potasio	6mg
Ácido ascórbico	3mg
Alcohol cetílico	1,1 mg
Tocoferol	30 mg

Luego del proceso de lavado y extracción del material vegetal, el gel podría contener trazas de bisulfito de sodio y no presentaría aloína (por el lavado previo a la extracción). La cantidad de antraquinonas que pueden actuar como un agente antimicrobiano, es muy reducida.

Un análisis microbiológico característico del gel de aloe obtenido, arroja los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Resultados del análisis microbiológico del gel de *Aloe vera*

Microorganismos totales (aerobios y anaerobios facultativos)	3x10 <sup>2</sup> Ufc/ml
Hongos y levaduras	Sin desarrollo

El recuento total de microorganismos aerobios y anaerobios facultativos mesófilos viables se realizó en agar para recuento con incubación a 30°C durante 24-48-72 h, mientras que el recuento de hongos y levaduras se realiza luego de una incubación a 25°C por 5 días. El gel estabilizado se conserva en heladera hasta los análisis microbiológicos.

#### **1.2.1.2. Extracto acuoso de hojas secas de stevia (*Stevia rebaudiana*)**

Se utilizó un extracto acuoso de hojas secas de stevia preparado en el Laboratorio de Desarrollo y Vinculación Tecnológica de la Facultad de Ciencias Exactas (UNRC).

Se preparó por extracción, teniendo en cuenta una proporción aproximada de 125 g de hojas secas por litro de agua, sin purificación adicional para conservar todos los principios activos de la hoja, además de los componentes con propiedades edulcorantes tales como los esteviósidos y rebaudiósidos.

#### **1.2.1.3. Extracto glicólico de la flor de la caléndula (*Caléndula officinalis*.)**

Se utilizó de un producto comercial al 10% adquirido en una farmacia de la ciudad y elaborado según directrices de Farmacopea Argentina<sup>1</sup> (ANMAT, 2003).

<sup>1</sup> Sr. Héctor Ficco. Farmacia Ficco, Buenos Aires 297, Río Cuarto. Comunicación personal

## 1.2.2. Aplicación de los tratamientos

### 1.2.2.1. Recubrimientos comestibles

La aplicación de los recubrimientos (figura 5), se realizó por inmersión de los frutos en un recipiente, mojando la totalidad de cada uno de los frutos de las distintas especies. Posteriormente se colocaron sobre una mesa en la que recibieron una corriente de aire a temperatura ambiente hasta el secado de los mismos



Figura 5: Recubrimientos comestibles utilizados en los ensayos

Paralelamente a la aplicación de los tratamientos y a los fines de verificar el cubrimiento de los frutos por parte de los RC, se realizó una prueba de tinción.

Para ello, se procedió a incorporar un colorante a los RC a base de azul de metileno  $1 \times 10^{-2}$  M (peso molecular: 316,85 g/ mol).

Una muestra de cada fruto fue inmersa en una solución de cada RC con el colorante, lo que permitió observar el grado de adherencia de los mismos (figura 6).

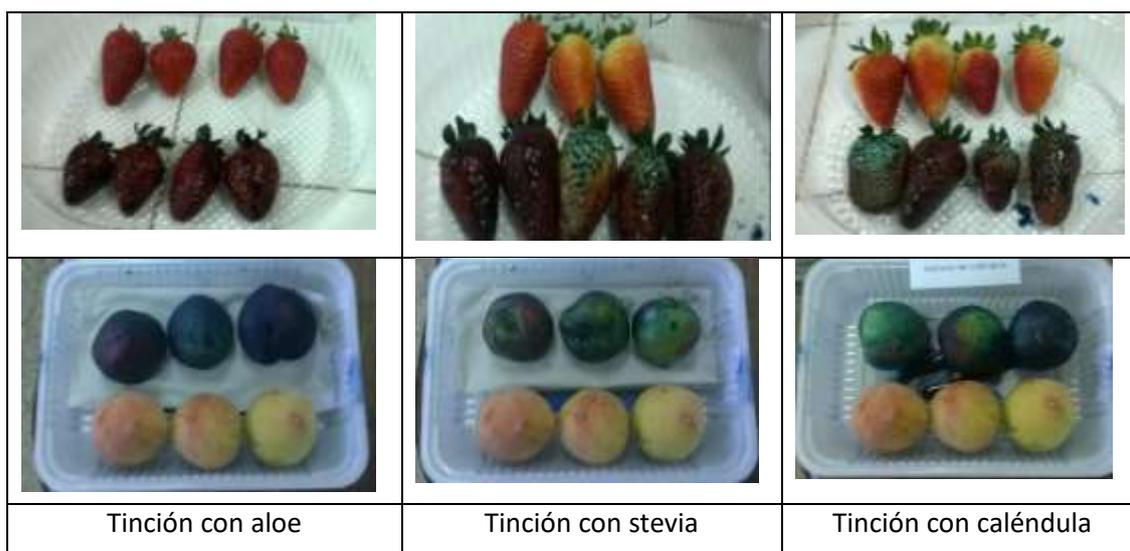


Figura 6: Evaluación de adherencia de los RC mediante tinción, en frutillas (arriba) y duraznos (abajo)

Cada tipo de frutos, se mojaron por inmersión en el RC correspondiente conteniendo el colorante. Los duraznos se colocaron en cajones de madera y las frutillas y nectarinas en bandejas plásticas, simulando en ambos casos un almacenamiento comercial. Las nectarinas se colocaron en heladera en forma individual sin envase (figuras 7, 8 y 9).

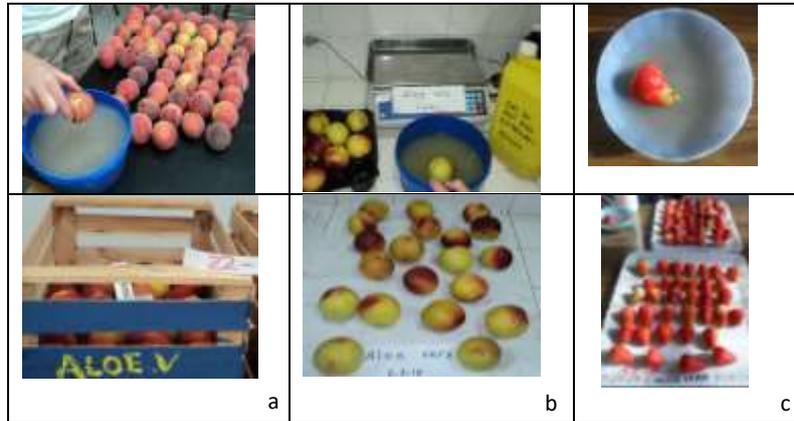


Figura 7: Aplicación del tratamiento con aloe por inmersión, en duraznos (a), nectarinas (b) y frutillas (c) y colocación en los recipientes de almacenamiento

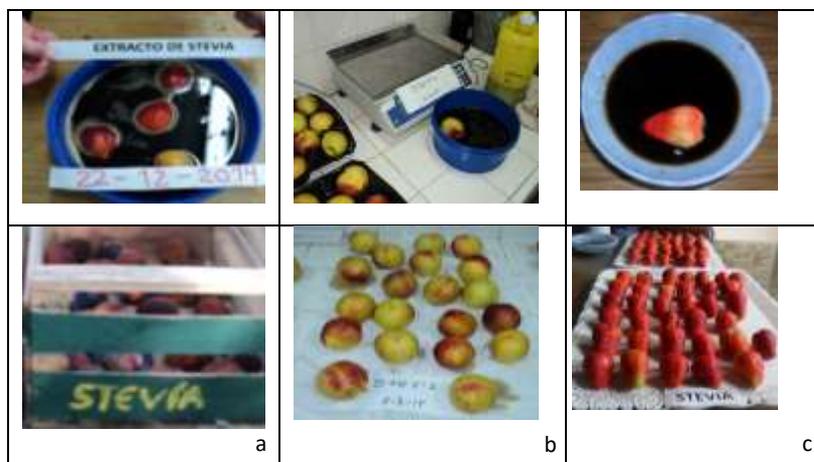


Figura 8: Aplicación del tratamiento con stevia por inmersión, en duraznos (a), nectarinas (b) y frutillas (c) y colocación en los recipientes de almacenamiento

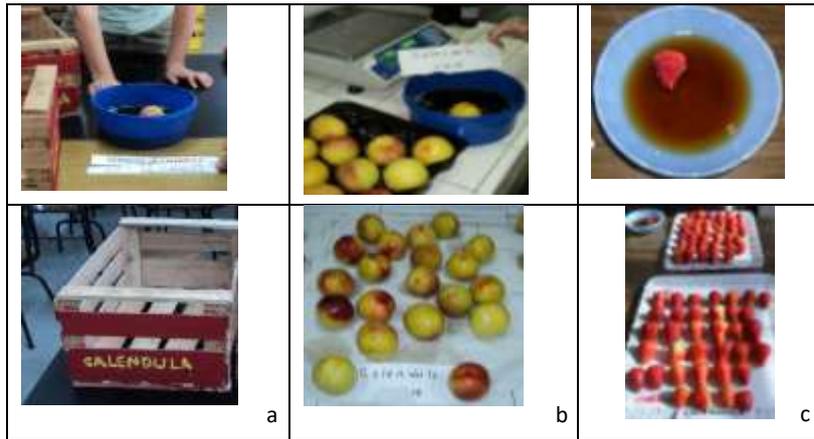


Figura 9: Aplicación del tratamiento con caléndula por inmersión, en duraznos (a), nectarinas (b) y frutillas (c) y colocación en los recipientes de almacenamiento

#### 1.2.2.2. Testigo (frutos sin recubrimientos)

Se dejó un lote de frutos testigos de duraznos, nectarinas y frutillas y se colocaron en cajones y bandejas según el tipo de fruto (figura 10).



Figura 10: Lotes de frutos con los RC y el testigo

Los frutos tratados con los RC se secaron con aire forzado por un periodo de 5 minutos previo a ser colocados en cajones y las bandejas (figura 11).



Figura 11: Secado de frutos

### 1.3. Almacenamiento post cosecha de los frutos

Luego de aplicados los tratamientos, los frutos de duraznos fueron distribuidos en envases y se almacenaron en cámara de frío del MARC a una temperatura de 2°C y 95% HR, imitando condiciones de almacenamiento realizadas por los productores, hasta el momento en que se realizaron las evaluaciones (figura 12).



Figura 12: Cajones de duraznos almacenados en cámaras de frío del MARC

Las frutillas, luego de aplicar los tratamientos, se distribuyeron en bandejas y se almacenaron en heladera. Las nectarinas se identificaron individualmente y se colocaron en heladera. Las condiciones de almacenaje fueron 3°C y 85% HR (figura 13).



Figura 13: Nectarinas y frutillas almacenadas en heladera

### 1.4. Evaluaciones

#### 1.4.1. Frutos climatéricos

**1.4.1.1. Duraznos:** dos veces por semana y durante cuatro semanas (tabla 3), se tomaron muestras de 6 frutos a los que se les registraron el peso, el diámetro, la firmeza y los sólidos solubles (figura 14).



Figura 14: Recolección semanal de los frutos para toma de datos

Tabla 3: Tiempos de muestreo con su correspondiente fecha y cantidad de días acumulados a partir de la aplicación de los tratamientos

Tiempos de muestreo	Fechas	Días
Cosecha y aplicación de tratamientos	23-12-2014	0
1	29-12-2014	6
2	02-01-2015	10
3	06-01-2015	14
4	09-01-2015	17
5	13-01-2015	21
6	16-01-2015	24
7	20-01-2015	28
8	23-01-2015	31

**1.4.1.2. Nectarinas:** la totalidad de los frutos fueron identificados y se registró inicialmente el peso y diámetro en la primera fecha de muestreo (2-3-2015) y se caracterizó una muestra inicial de 8 frutos para firmeza y SST. A los 29 días (31-3-2015) se les registraron el peso, el diámetro, la firmeza y los sólidos solubles.

#### 1.4.2. Fruto no climatérico

**1.4.2.1 Frutillas:** dada la elevada perecibilidad de este fruto, a los 7 días de aplicar los tratamientos se tomaron los registros organolépticos sobre la totalidad de 70 frutos de cada tratamiento.

### 1.5. Instrumentos de medición

Se utilizó una balanza de precisión, calibre, refractómetro y presiómetro para registrar el peso (figura 15), el diámetro (figura 16), los sólidos solubles (figura 17) y la firmeza (figura 18).



Figura 15: Medición del peso de los frutos con balanza de precisión (g)

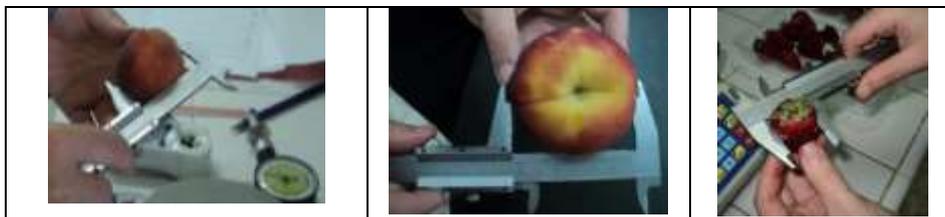


Figura 16: Medición del diámetro ecuatorial de los frutos con calibre (cm)



Figura 17: Medición de sólidos solubles en frutos con refractómetro (°Brix)



Figura 18: Medición de firmeza en frutos con presiómetro ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ )

### 1.6. Análisis y presentación de resultados

Los parámetros organolépticos se graficaron para visualizar su evolución en el tiempo. Estadísticamente, se evaluó la significancia de las diferencias entre los tratamientos mediante

ANOVA y prueba LSD Fisher de comparación de medias con un nivel de confianza de 95% con el programa estadístico Infostat (Balzarini *et al.*, 2009).

## 2. Segunda etapa: evaluación del efecto de los RC sobre los hongos habituales en la postcosecha de los frutos

Se realizó la evaluación del efecto de los RC sobre los hongos patógenos de postcosecha en frutas de frutillas y duraznos, en el laboratorio de Fitopatología y Microbiología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria UNRC.

### 2.1. Obtención de hongos fitopatógenos y aplicación de tratamientos

Se utilizaron duraznos y frutillas de las poblaciones iniciales de frutos con presencia de hongos fitopatógenos. Los frutos afectados se colocaron en una cámara húmeda para favorecer el desarrollo de los patógenos en un medio artificial, los que fueron identificados por medio de microscopio óptico y clave taxonómica (Barnett, 1998). En frutillas se observaron estructuras características del género *Botrytis* (figura 19) y en duraznos estructuras del género *Penicillium* (figura 20).

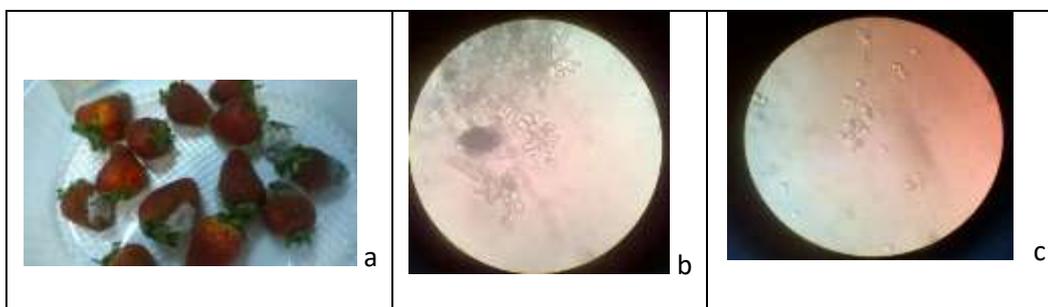


Figura 19: Frutillas con presencia de *Botrytis* (a), hifas (b) y conidióforos (c)



Figura 20: Duraznos con presencia de *Penicillium* (a), hifas (b) y conidióforos (c)

Se prepararon 36 cajas de Petri con medio de cultivo, separándolas en 12 grupos correspondientes a 3 diluciones (0,5 ml 1,5 ml y 2,5 ml), 3 RC y el testigo y 3 repeticiones (figura 21).

Los registros de color y forma de las colonias se colocaron en un cuadro para poder comparar las características de las colonias de cada tratamiento.

<i>Dilución (ml)</i>	<i>Aloe</i>	<i>Stevia</i>	<i>Caléndula</i>
<b>0,0</b> <i>(Testigo)</i>			
<b>0,5</b>			
<b>1,5</b>			
<b>2,5</b>			

Figura 21: Esquema de distribución de los tratamientos y repeticiones en los ensayos realizados

Una vez que el patógeno colonizó el tejido de las frutillas y duraznos, se retiró una sección del tejido afectado, seleccionando la zona de avance del patógeno y se colocó un trozo en cajas de Petri con medio de cultivo PDA (potato dextrosa agar, DIFCOTM) con un PH de 5,8-6 para producir el aislamiento e identificación y el desarrollo de la colonia. Se incubaron en estufa durante 7 días a 28°C.

## 2.2. Análisis y presentación de resultados

La evaluación de la inhibición de crecimiento de los patógenos, por parte de los RC, se realizó mediante el registro del número y tamaño de las colonias (Viuda Martos *et al.*, 2008).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 12 tratamientos (3 RC, 1T x 3 diluciones de cada uno) y 3 repeticiones.

El número de colonias y el diámetro de cada tratamiento, se compararon mediante ANOVA y prueba LSD Fisher de comparación de medias con un nivel de confianza de 95% con el programa estadístico Infostat (Balzarini *et al.*, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1- Primera etapa: evaluación del efecto de los RC sobre la calidad postcosecha

#### 1.1. Material vegetal

##### 1.1.1. Fruto climatérico: *Prunus persica* L.

##### 1.1.1.1. Ensayo 1: durazno var. Elegant lady

Los estándares determinan el grado de calidad de los frutos en relación a su uso y valor comercial. Constituyen un lenguaje común de comercialización, definen la selección y acondicionamiento de los frutos a la vez que proporcionan criterios de negociación. En la actualidad la calidad de los frutos se convierte en el principal factor de preferencia del consumidor, de quien va a depender la aceptación final del fruto. En este sentido cada vez son más considerados los atributos nutricionales y organolépticos.

La finalidad del manejo postcosecha está orientado a preservar la calidad e inocuidad del fruto obtenida a campo y a minimizar las pérdidas entre la producción y el consumo. Esta situación define la necesidad de adecuar el manejo de la fruta a lo largo de toda la cadena, para mantener parámetros de calidad demandados por el consumidor (Flores Rojas, 2009). Definir correctamente el momento de la cosecha y las tecnologías aplicadas en la postcosecha es fundamental para mantener adecuadas características en los frutos, tales como tamaño, color, sabor y firmeza, entre otros.

Son muchas las tecnologías en uso y en estudio tendientes a prolongar la vida postcosecha de frutos manteniendo calidad e inocuidad. Una de estas tecnologías en estudio es la de recubrimientos comestibles analizados en este trabajo.

Los duraznos utilizados en esta investigación fueron cosechados el 23 de diciembre de 2014 con un 80% de color de cobertura y una presión de 6,2-7,7 kg cm<sup>2</sup>, de acuerdo a lo planteado por Rivero y Quiroga (2005) y un diámetro promedio de 7 cm. El momento de cosecha es importante ya que de ello depende que en su evolución posterior se definan las características organolépticas de consumo (Bastidas Parrado *et al.*, 2016).

Analizando la evolución postcosecha del fruto, la figura 22 presenta el diámetro ecuatorial promedio de los frutos durante el tiempo de almacenamiento. En esta curva es posible observar una tendencia de disminución del diámetro en los tiempos de evaluación, con etapas de distinta intensidad.

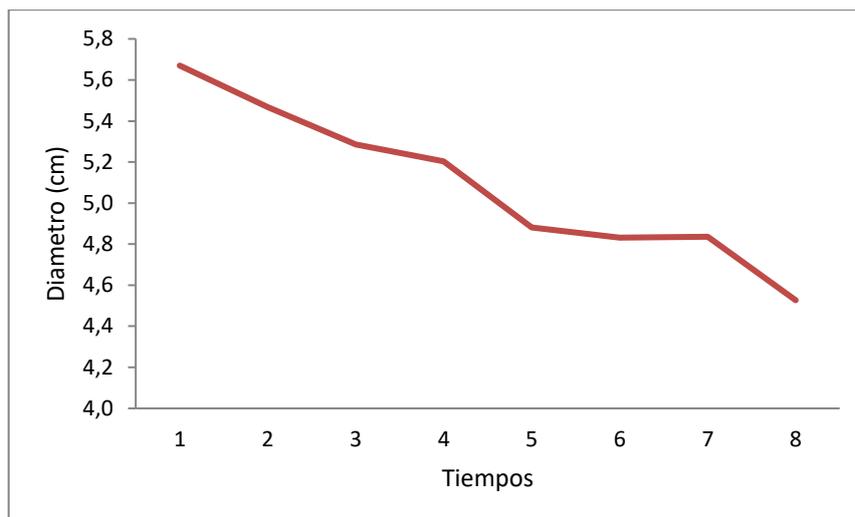


Figura 22: Evolución del diámetro promedio de duraznos en postcosecha

Si bien se observa una disminución gradual del diámetro de los frutos, se encontraron diferencias significativas entre las dos primeras y dos últimas evaluaciones y entre los diámetros de los tiempos 4 y 5 (tabla 4). A partir del tiempo 4 (17 días postcosecha) los diámetros presentan una disminución significativa, indicaría que, bajo las condiciones de almacenaje planteadas en el presente trabajo, la mejor calidad de los frutos se mantuvo hasta los 17 días luego de cosecha.

Tabla 4: Análisis estadístico del diámetro ecuatorial promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado

Tiempo de almacenaje	Diámetro de frutos (cm)	
1	5,7	a
2	5,5	b
3	5,3	bc
4	5,2	c
5	4,9	d
6	4,8	d
7	4,8	d
8	4,5	e

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

El tiempo 4 mostró un 8,7% de reducción del diámetro respecto al tiempo 1, mientras que en el tiempo 5 la reducción fue del 14%. A los 21 días postcosecha, los frutos ya presentaban un aspecto arrugado, propio de la deshidratación. Este aspecto fue mencionado por Viale *et al.* (2014) ya que afecta directamente la calidad de los frutos al presentarse menos consistentes y es un atributo de elección del consumidor al momento de adquirir los frutos en un comercio. Por ello

definir el tiempo máximo de vida en postcosecha con calidad adecuada es de fundamental importancia.

El tiempo 4 de almacenamiento es similar al considerado por Yommi *et al.* (2002), quienes mencionan que los duraznos se mantienen en buenas condiciones entre 7 y 14 días de permanencia en cámara de frío. Flores Lazo (2011), analiza 15 días de postcosecha con buena calidad de durazno variedad conservero amarillo en dos tipos de ambientes.

Alarcón Castrillejo (2005) menciona que el diámetro de los frutos se ve afectado más por el tiempo de almacenaje y no tanto por la condición de la cámara, presentando una tendencia a disminuir a medida que pasa el tiempo tal lo observado en este trabajo.

Para explicar porque se produce la disminución del diámetro de los frutos cosechados en el tiempo, estudios realizados por varios autores citados por Alarcón Castrillejo (2005), indican que ello se debe a la deshidratación y cambios sufridos por la fruta en la postcosecha, como la degradación de azúcares y ácidos.

Por otro lado, Mahajan *et al.* (2014) mencionan que al ser los frutos cosechados metabólicamente activos, los procesos de maduración y senescencia deben ser controlados para prolongar la calidad postcosecha. Una gestión inadecuada de estos procesos puede dar lugar a importantes pérdidas de calidad física y nutricional, desarrollo de patógenos y pérdidas financieras para todos los actores a lo largo de la cadena, desde los productores hasta los consumidores.

La dificultad en la postcosecha de los duraznos reside en que son frutos climatéricos que presentan una elevada producción de etileno y una evolución de la respiración, fenómeno que motiva que su maduración tenga lugar en corto periodo de tiempo una vez que han sido recolectados. Desde aquí se inician rápidamente los procesos de senescencia con pérdida de calidad total tanto sensorial como nutritiva. Incluso en refrigeración, la vida comercial útil de estos frutos no supera unas pocas semanas dependiendo de las variedades (Egea *et al.*, 2006). La aplicación de recubrimientos comestibles como los planteados en este trabajo, son esfuerzos encaminados a prolongar la vida comercial útil de estos frutos, manteniendo su calidad nutritiva y sensorial (diámetro, peso, firmeza y otros).

Como se mencionó, la pérdida de calidad de los frutos a través de una pérdida de agua, se produce a través de los procesos de respiración y transpiración. La transpiración se produce por la diferencia de presión de vapor entre la atmósfera saturada del interior del fruto y la atmósfera que lo rodea y es variable con la especie y variedad del fruto (Calvo *et al.*, 2012). Si bien la tendencia general en postcosecha es la reducción paulatina del diámetro de los frutos, los

embalajes o coberturas de los frutos, como revestimientos comestibles, podrían reducir significativamente la tasa de transpiración marcando diferencias con aquellos frutos sin coberturas (Fernández Valdés *et al.*, 2015).

En la figura 23 se puede observar la evolución del diámetro de los frutos que recibieron los 3 tratamientos de recubrimientos comestibles y el testigo. Es posible visualizar que todos los tratamientos presentan una reducción del diámetro ecuatorial con el tiempo de almacenaje. Los quiebres en las curvas son debidas al efecto de muestreo ya que al realizar evaluaciones destructivas, se requiere utilizar valores promedio de frutos en cada medición.

El tratamiento con caléndula presentó una importante pero no significativa reducción del diámetro en la segunda evaluación. En el tiempo 4 (17 días postcosecha) el testigo y los tratamientos con caléndula y stevia presentan una reducción significativa del diámetro respecto al tratamiento con aloe (Tabla 5). Este último tratamiento presentó una reducción lenta y constante hasta los 21 días postcosecha, para luego caer.

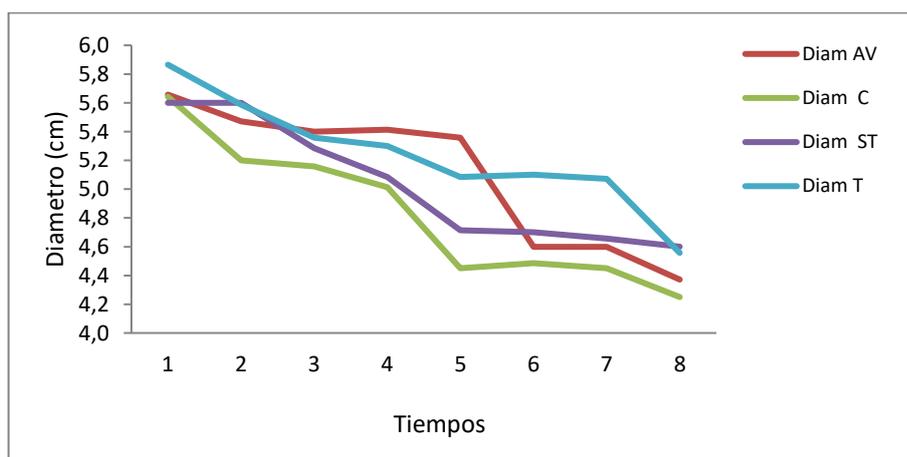


Figura 23: Evolución del diámetro promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos. Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

La tabla 5 muestra los valores de diámetro ecuatorial de los frutos en cada tratamiento y el análisis estadístico en cada tiempo en particular. Los frutos tratados con aloe se mantuvieron en mejores condiciones durante 4 días más en postcosecha respecto a los demás tratamientos.

Tabla 5: Análisis estadístico del diámetro ecuatorial promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Diámetro de frutos en cada tratamiento (cm)			
	AV	C	ST	T
1	5,7 a	5,6 a	5,6 a	5,9 a
2	5,5 a	5,2 a	5,6 a	5,6 a
3	5,4 a	5,1 a	5,2 a	5,4 a
4	<b>5,4 b</b>	<b>5,0 a</b>	<b>5,0 a</b>	<b>5,3 ab</b>
5	5,4 d	4,4 a	4,7 b	5,1 c
6	4,6 ab	4,4 a	4,7 b	5,1 b
7	4,6 a	4,4 a	4,6 a	5,1 a
8	4,4 a	4,2 a	4,6 b	4,6 a

En cada tiempo de almacenaje, medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).  
Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

Analizando los diámetros ecuatoriales expresados en porcentaje respecto a la fecha 1 (Tabla 6), se observa que los frutos tratados con aloe presentaron en la cuarta fecha una reducción del 5% del diámetro respecto a la fecha 1, mientras que la reducción fue de 10,7; 10,7 y 10,3 % en los tratamientos de caléndula, stevia y testigo respectivamente. Esta diferencia se acentúa aún más en la fecha 5 donde la reducción del diámetro de frutos tratados con aloe, caléndula, stevia y testigo fue de 5,2; 21,4; 16 y 12% respectivamente. Esto indicaría una tendencia positiva de la cobertura con aloe sobre el diámetro de los frutos almacenados.

Tabla 6: Diámetro ecuatorial de frutos, expresado en porcentaje respecto a la fecha 1 de evaluación, en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Diámetro de frutos en cada tratamiento (%)			
	AV	C	ST	T
1	100,0	100,0	100,0	100,0
2	96,5	92,9	100,0	94,9
3	94,7	91,1	92,9	91,5
4	94,7	89,3	89,3	89,8
5	94,7	78,6	83,9	86,4
6	80,7	78,6	83,9	86,4
7	80,7	78,6	82,1	86,4
8	77,2	75,0	82,1	77,96

Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

Los frutos tratados con stevia no presentaron reducción del diámetro entre la primera y segunda fecha de evaluación. En la cuarta fecha se observó una reducción del 5,3% del diámetro de frutos tratados con aloe respecto a la fecha 1, mientras que el resto de los tratamientos mostraron una reducción entre el 10 y 11%. Esta diferencia se acentúa aún más en la fecha 5

donde la reducción del diámetro de frutos tratados con testigo, stevia y caléndula fueron de 13,6; 16,1 y 21,4% respecto a la fecha 1 respectivamente. En aloe se mantiene.

Otra variable que se modifica durante el proceso de maduración en postcosecha, es el peso de los frutos. Analizando el diámetro en relación al peso, se encontró una correlación del 88% entre ambas variables. Obviamente la pérdida de diámetro ocurrida por pérdida de agua y otros compuestos, se traduce en un menor peso fresco. La transpiración es una causa de deterioro, que da como resultado pérdidas cuantitativas (pérdida de peso) (Ramírez Acero, 2013; Loor Cusme *et al.*, 2016) y cualitativas (pérdidas en apariencia mediante una menor firmeza).

Analizando el diámetro en relación al peso, en la figura 24 se observan que las líneas de tendencia muestran una disminución de las dos variables en los 8 tiempos de almacenaje, con una caída levemente mayor en el caso del peso en relación al diámetro.

Se encontró una correlación del 88% entre las variables diámetro y peso promedios de los frutos. Obviamente la reducción del peso fresco en gramos ocurrida principalmente por pérdida de agua, explica en gran parte la reducción del diámetro en cm de los frutos.

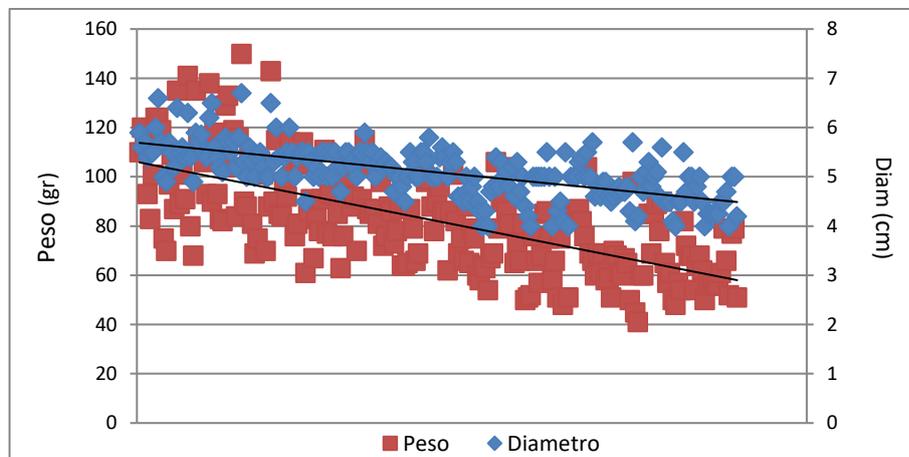


Figura 24: Gráfico de dispersión del diámetro versus el peso de los frutos

La figura 25 muestra una disminución del peso promedio de los frutos en los diferentes tiempos de almacenamiento, lo que fue descrito también por Alarcón Castrillero (2005).

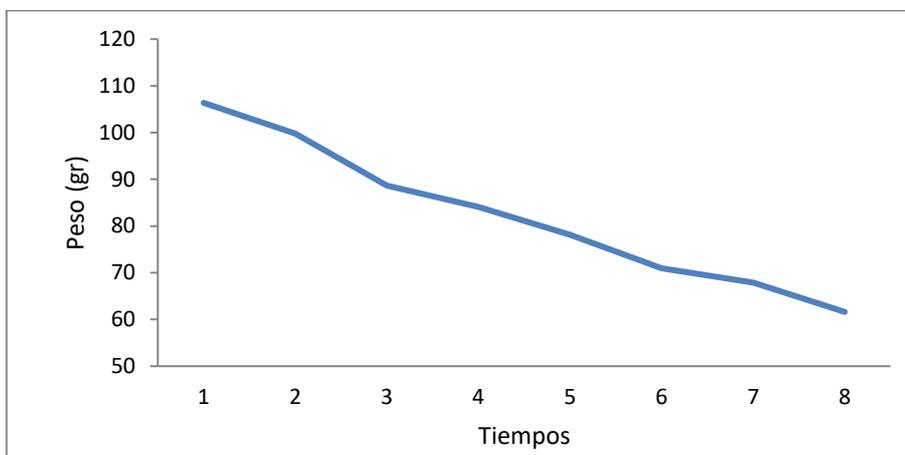


Figura 25: Evolución del peso promedio de duraznos en postcosecha

Existen diferencias significativas entre los dos primeros pesos con respecto a los últimos registrados a los 28 y 31 días postcosecha (tabla 7).

Tabla 7: Análisis estadístico del peso promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado

Tiempo de almacenaje	Peso de frutos (gr)
1	109,4 a
2	97,3 b
3	88,7 bc
4	84,1 cd
5	78,1 de
6	71,0 ef
7	67,0 f
8	61,6 f

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Woods (1990) observó pérdidas de peso de frutos similares y menciona que ello ocurre por el intercambio de agua entre la atmósfera interna del producto y las condiciones externas, llegando a producir ruptura celular cuando se presenta alta deshidratación, lo cual también conlleva a aumentar la tasa de respiración.

Por otro lado, Parra Coronado *et al.* (2008) asocia a la reducción del peso con la temperatura de almacenamiento, que no inhibe el proceso de respiración, y también a valores de humedad

relativa del ambiente que permitan que el intercambio de agua ocurra desde el fruto hacia el medio ambiente. Concordante con lo anterior, Barrera Bello *et al.* (2012) menciona que la pérdida de peso al igual que la reducción del diámetro, ocurren principalmente por la eliminación de agua mediante la transpiración y a cambios estructurales, bioquímicos y organolépticos.

La figura 25 muestra la tendencia general de reducción del peso en postcosecha, sin embargo, las curvas correspondientes al testigo y los recubrimientos aplicados muestran variaciones (Figura 26). Estas variaciones entre tratamientos pueden representar una mayor vida postcosecha comercial manteniendo la calidad de los frutos, como lo describen Báez *et al.* (2000) y Cáceres *et al.* (2015).

Las curvas correspondientes al testigo y con recubrimiento de caléndula presentan una reducción más acentuada del peso que con stevia y aloe hasta el tiempo 2 (10 días). El gel de aloe y el extracto de stevia podrían ejercer una mejor protección actuando como barrera, restringiendo la transferencia de agua y mostrando una menor pérdida de peso en la primera fase de la postcosecha. El tiempo 3 (14 días) es el momento en que los tratamientos evidencian una reducción importante del peso, excepto con caléndula que se mantiene sin disminución.

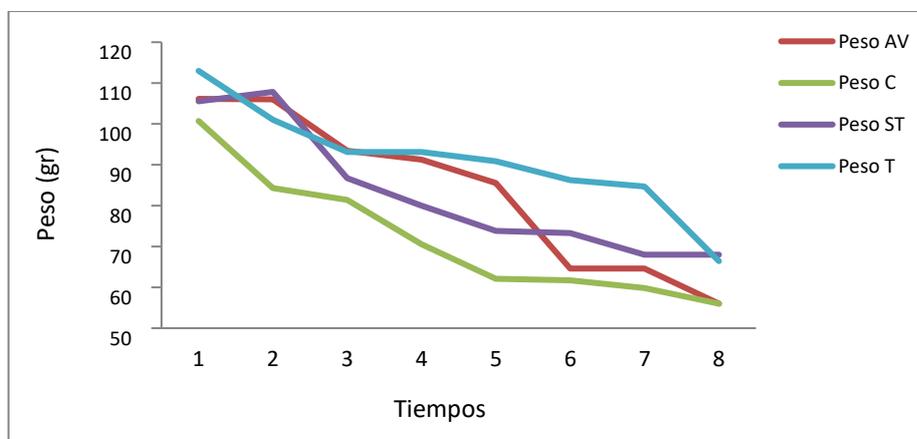


Figura 26: Evolución del peso promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos. Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

La mejor calidad de frutos en relación al peso de los mismos, se presentó hasta el tiempo 2 (10 días de almacenaje) en los tratamientos con aloe y stevia. El tratamiento con aloe continúa manteniendo buen peso de frutos hasta el tiempo 4 (17 días de almacenamiento).

Las diferencias entre tratamientos solo evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en los tiempos 4, 5, 6, 7 y 8 (Tabla 8).

En la fecha 4 los frutos tratados con aloe presentaron una reducción del peso equivalente al 13,9 % respecto a la fecha 1, mientras que el testigo y los tratamientos con stevia y caléndula fueron de 17,6; 24,9 y 29,8% respectivamente.

Tabla 8: Análisis estadístico del peso promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Peso de frutos en cada tratamiento (gr)			
	AV	C	ST	T
1	106,1 a	100,7 a	106,6 a	113,0 a
2	106,0 ab	84,3 a	106,0 ab	101,0 ab
3	93,4 a	81,4 a	86,7 a	93,1 a
4	<b>91,3 b</b>	<b>70,6 a</b>	<b>80,0 a</b>	<b>93,1 b</b>
5	85,6 c	62,1 a	73,9 b	90,9 c
6	64,6 a	61,7 a	73,3 a	86,3 b
7	64,6 a	59,9 a	68,0 a	84,7 b
8	56,0 a	56,0 a	68,0 b	66,4 b

En cada tiempo de almacenaje, medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
Referencias: AV (aloe), C (caléndula), St (stevia), T (testigo).

Flores Lazo (2011) señala que en almacenamiento bajo refrigeración y alta humedad relativa es posible encontrar mermas de peso de hasta un 10% en frutos succulentos y mantener en ellos las propiedades físicas, químicas y nutricionales que los caracterizan. Esta situación coincidiría con la fecha 3 (14 días de postcosecha) de almacenamiento con aloe, tiempo 2 (10 días de postcosecha) para stevia y testigo y tiempos 1 (7 días de postcosecha) para los frutos con recubrimiento con caléndula. Esto indicando una tendencia positiva de la cobertura con aloe sobre el peso de los frutos en los primeros 14 días de almacenaje en postcosecha.

A medida que la fruta va alcanzando su madurez de consumo, se va ablandando o perdiendo firmeza (Kader y Mitchel, 1989), esto ocurre por disolución de la lámina media de sus paredes celulares. Este ablandamiento puede valorarse objetivamente obteniendo una expresión numérica de su consistencia, mediante un penetrómetro o un medidor de presión. El ablandamiento está relacionado con los compuestos de las paredes celulares, como la celulosa, hemicelulosa y pectina y es medible constituyéndose en un índice de madurez (Ramírez Acero, 2013).

Otros investigadores como Barbosa Cánovas *et al.* (2003), Gutiérrez *et al.* (2007), Crisosto *et al.* (1998), Valero Ubierna y Ruiz Altisent (1996) definen la firmeza como el mejor indicador a nivel

práctico para determinar la maduración de una fruta en sus diferentes etapas, niveles óptimos de consumo y transporte, sistemas de procesamiento y manejo del producto.

Los frutos bajo ensayo fueron cosechados con 6,2-7,7 kg. cm<sup>2</sup> de presión, valores que fueron en descenso hasta la fecha 8 (figura 27).

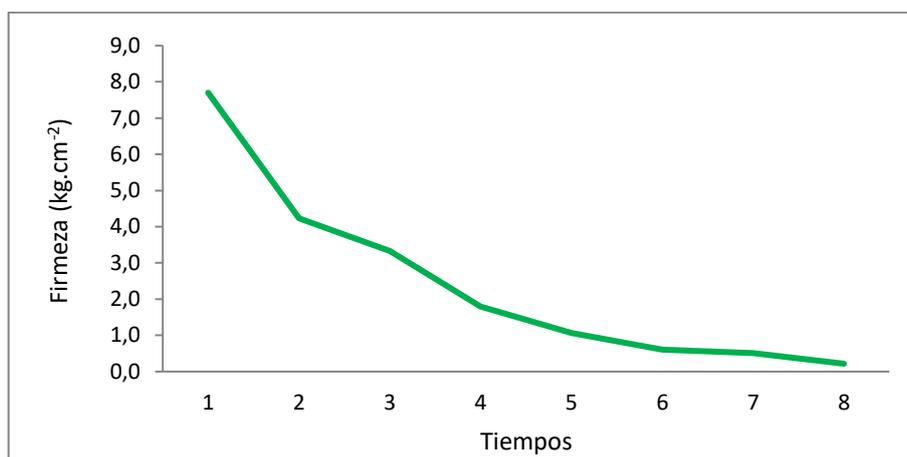


Figura 27: Evolución de la firmeza promedio de duraznos en postcosecha

Entre los tiempos 1 y 2 se aprecia una disminución significativa de 3,5 kg. cm<sup>2</sup> de presión, variando desde 7,7 en la primera fecha hasta 4,2 en la segunda fecha (Tabla 9).

Esto es coincidente a lo hallado por Argenta *et al.* (2003); Serrano *et al.* (2004); Valera *et al.* (2011) quienes encontraron una disminución constante de la presión de prunus durante el tiempo de almacenaje.

Africano *et al.* (2016) citan una disminución lineal de la firmeza de duraznos variedad Caterin, desde 14 kg.cm<sup>-2</sup> a 4,5 kg.cm<sup>-2</sup> durante el periodo de maduración en postcosecha. Ferrer *et al.* (2005) encontraron en duraznos cv. Calanda una disminución lineal de la firmeza con valores de 14 kg. cm<sup>-2</sup> a 4,5 kg.cm<sup>-2</sup> durante el periodo de maduración.

La firmeza de los frutos es el indicador utilizado con preferencia por productores y empacadores, dada su simplicidad y que define el grado de cuidado o manejo postcosecha a que deben ser sometidos los frutos (Crisosto, 2002) y podría ser también, un indicador del efecto de coberturas comestibles en la vida postcosecha de los frutos.

Tabla 9: Análisis estadístico de la firmeza promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado

Tiempo de almacenaje	Firmeza de frutos (kg.cm <sup>-2</sup> )	
1	7,7	a
2	4,2	b
3	3,3	b
4	1,8	c
5	1,1	cd
6	0,6	de
7	0,5	de
8	0,2	e

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Las velocidades de ablandamiento observadas en el presente ensayo, resultaron bajas ( $0,3 \text{ .cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$  en promedio) en comparación con otras variedades de duraznos cultivados en California (Crisosto, 1994), siendo esto un atributo deseable (Badenes *et al.*, 1998).

En la figura 28 se puede observar la evolución de la firmeza de los frutos que recibieron los 3 tratamientos de recubrimientos y el testigo. Es posible visualizar que todos los tratamientos presentan una reducción de la firmeza con el tiempo de almacenaje en concordancia con la evolución de la maduración de los frutos (Kader y Mitchel, 1989).

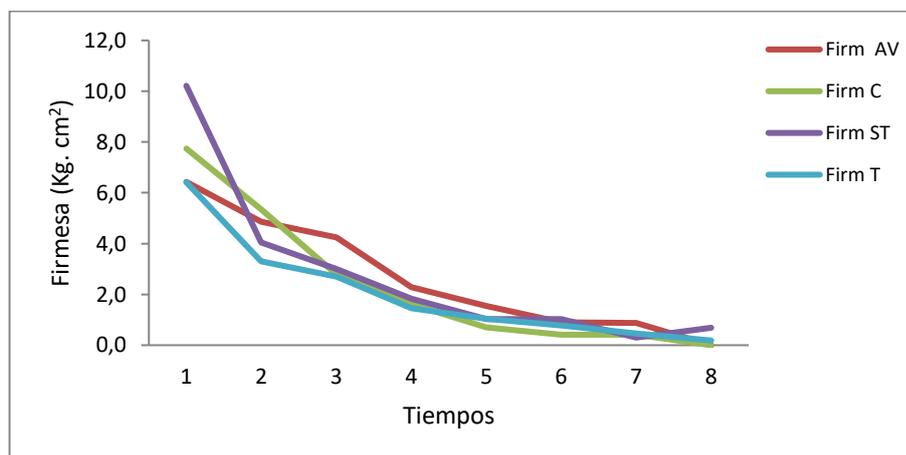


Figura 28: Evolución de la firmeza promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos. Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el tiempos 6 de conservación (Tabla 10). Los otros tiempos de almacenaje no mostraron significancia en la diferencia de la presión, sin embargo las presiones de compra de frutos se ubicarían en los

tiempos 2 y 3 y tiempo 4 de frutos con recubrimiento con aloe (Crisosto, 1994; Africano *et al.*, 2016).

Por su parte, Africano *et al.* (2016) presentan en su trabajo una clasificación de los frutos de duraznero en tres clases con respecto a la firmeza: frutos con una firmeza mínima de 3,9 kg .cm<sup>-2</sup> son los que pueden cosecharse y manipularse sin presentar daño mecánico en el manejo postcosecha, frutos con 2,04-3,9 kg.cm<sup>-2</sup> son catalogados como listos para comprar y frutos con 0,9-2,04 kg.cm<sup>-2</sup> de firmeza son aquellos listos para consumo. Estos últimos valores de consumo son coincidentes con trabajo en la fecha 4, donde la firmeza es de 1,5 y 2,3 kg.cm<sup>2</sup> estos frutos presentan estado de madurez de consumo.

Tabla 10: Análisis estadístico de la firmeza promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Firmeza de los frutos en cada tratamiento (kg.cm <sup>-2</sup> )			
	AV	C	ST	T
1	6,4 a	7,7 ab	10,2 b	6,4 a
2	4,8 ab	5,3 b	4,1 ab	3,0 a
3	4,3 b	2,8 a	3,0 ab	3,0 ab
4	2,3 b	1,6 a	1,8 ab	1,5 a
5	1,5 b	0,7 a	0,9 ab	1,1 ab
6	0,7 b	0,4 a	0,9 b	0,8 b
7	0,7 b	0,4 ab	0,3 a	0,5 ab
8	0,0 a	0,0 a	0,3 b	0,2 a

Medias en cada tiempo de almacenaje con letra diferente son significativamente diferentes (p > 0,05).  
Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

En la segunda fecha de almacenaje, la pérdida de firmeza respecto a la fecha 1 fue de 25, 31, 53 y 60 % en AV, C, T y ST respectivamente. En la tercera fecha el recubrimiento de aloe continuo siendo el tratamiento con menor pérdida de firmeza: un 33% en relación a los otros tratamientos los que superaron el 50% de pérdida.

Finalmente la cuarta y quinta fecha muestran que los frutos tratados con aloe perdieron entre el 60 y el 77% de la firmeza, mientras el resto de los tratamientos incluyendo el testigo, presentan pérdidas del 77 al 91%.

Los frutos tratados con aloe mantuvieron mayor firmeza en los 4 primeros tiempos de almacenaje. Tiempos posteriores presentaron valores de firmeza inferiores a los óptimos de adquisición o compra.

La firmeza de la pulpa no es el único índice de madurez a considerar, ya que el mismo se puede modificar con las variedades y para una misma variedad, puede cambiar con el tamaño de la

fruta, condiciones climáticas y prácticas culturales. La firmeza ha sido citada como un carácter dominante, controlado por un único gen aunque su expresión se vería afectada por otros factores (Badenes *et al.*, 1998).

En la maduración de los frutos van ocurriendo muchos cambios entre ellos en el contenido de azúcares que contribuyen al sabor. Durante la maduración, ocurren cambios a nivel de carbohidratos que derivan de la conversión del almidón en azúcares solubles, incrementándose el sabor dulce en los frutos (Hiwasa y Ezura, 2014).

Una forma de medición de los azúcares es a través de los sólidos solubles totales (SST) expresados en °Brix.

La figura 29 presenta la variación de los sólidos solubles de los frutos en las 8 fechas de muestreo.

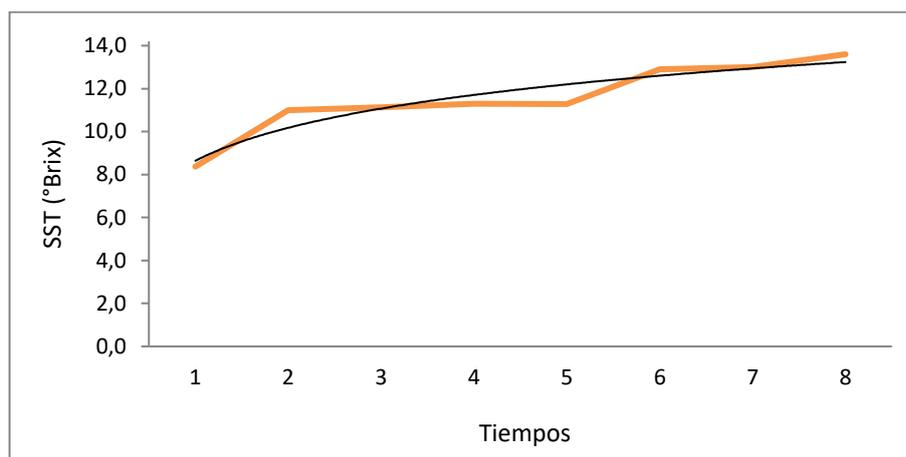


Figura 29: Evolución de los sólidos solubles promedio de duraznos en postcosecha

El aumento en los sólidos solubles se debe a la respiración propia de un fruto climatérico. Por otro lado, al disminuir el contenido hídrico se produce una concentración de los azúcares aumentando los °Brix de los frutos.

La evolución de los valores promedio de sólidos solubles aumentó de 8,4 a 13,6°Brix, en forma no uniforme. Esto concuerda con Lill *et al.* (1989), quienes afirmaron que el contenido de SST cambia muy poco y en forma errática a medida que los frutos maduran. Este aumento en la cantidad de azúcares al avanzar la madurez de los frutos fue registrado y explicado por muchos autores. Altube *et al.* (2001) mencionan que los sólidos solubles en postcosecha varían con el

estado de madurez con que el fruto es cosechado, afirmando también que presentan ligeros cambios durante la madurez y de manera no uniforme y que por ello, los SST son más bien considerados índice de calidad más que índice de cosecha para duraznos.

Marilyn Florido *et al.* (2008) encontró un aumento en la concentración de SST entre 3 a los 7 días del periodo de exposición y venta de los frutos. Lizana y Ruiz Tagle (1983), Ryugo (1993) y Brady (1996) mencionan que el aumento de azúcares en frutos en la comercialización puede deberse también a la pérdida de humedad y al aumento de la respiración por estar expuestos a temperatura ambiente.

Se encontró diferencias significativas en la concentración de sólidos solubles entre los tiempos 1 y 2 y entre los tiempos 5 y 6, correspondientes a 6-10 y 21-24 días de almacenaje (Tabla 11).

Tabla 11: Análisis estadístico de los sólidos solubles promedio de duraznos en almacenaje refrigerado

Tiempo de almacenaje	Sólidos solubles de frutos (°Brix)
1	8,4 a
2	11,0 b
3	11,1 b
4	11,1 b
5	11,3 b
6	12,9 c
7	13 c
8	13,6 c

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Analizando la evolución de sólidos solubles de los frutos en los diferentes tratamientos con RC y el testigo, se observa que los cuatro tratamientos muestran un aumento con los tiempos de almacenaje (figura 30).

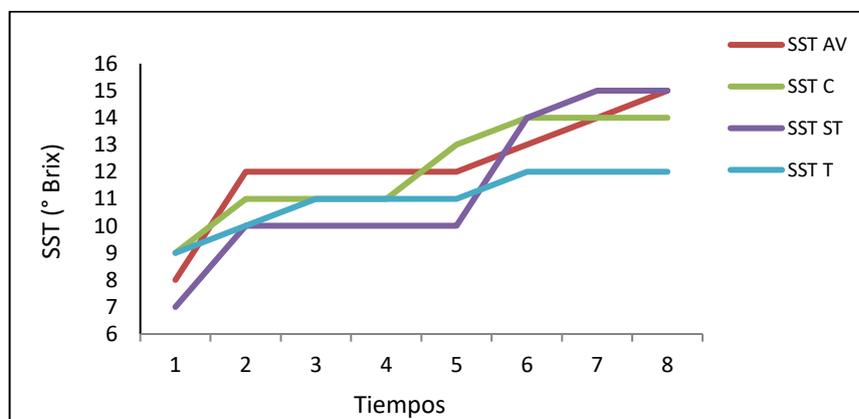


Figura 30: Evolución de los sólidos solubles promedio de duraznos en postcosecha en los cuatro tratamientos. Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

Los 3 tratamientos de RC presentaron un aumento de los SST en el 8 tiempo y estos valores son mayores al del testigo. Comparando los tratamientos entre sí, se puede observar que aloe, caléndula y stevia presentaron un aumento en los últimos tiempos. El testigo fue el que presentó la menor tasa de evolución de los sólidos solubles. Estadísticamente, no se encontraron diferencias entre tratamientos hasta el tiempo 8 tiempos de almacenaje.

Tabla 12: Análisis estadístico de los sólidos solubles promedio de duraznos durante el almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Sólidos solubles de los frutos en cada tratamiento (°Brix)			
	AV	C	ST	T
1	8 a	9 a	7 a	9 a
2	12 a	11 a	10 a	10 a
3	12 a	11 a	10 a	11 a
4	12 a	11 a	10 a	11 a
5	12 a	13 a	10 a	11 a
6	13 a	14 a	14 a	12 a
7	14 a	14 a	15 a	12 a
8	15 b	14ab	15 b	12 a

Medias en cada tiempo de almacenaje con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

En los últimos tiempos de almacenaje (31 días) los porcentajes de aumento de los SST fueron de 87,5; 55,5; 114,3y 33,3% para aloe, caléndula, stevia y testigo respectivamente.

En el último tiempo de almacenaje, el testigo presentó una concentración de sólidos solubles 20% menor a la concentración de los frutos tratados con aloe y stevia (Tabla 12).

Los SST son un parámetro de calidad de gran importancia, ya que los frutos con alta cantidad de sólidos solubles y por lo tanto más dulces, son en general los de mayor aceptación por el consumidor (Crisosto y Kader, 2000). A pesar de ello, no se ha establecido un nivel mínimo para este parámetro (Crisosto y Crisosto, 2005 y Kader, 2007).

Los resultados hallados indican que los frutos con recubrimientos comestibles presentan una tendencia a un aumento de SST en postcosecha respecto al testigo.

### 1.1.1.2. Ensayo 2: nectarina var Flamekist

En el ensayo 1 se utilizaron duraznos, cuya característica es presentar piel con aspecto aterciopelado con una pilosidad característica. En este segundo ensayo se utilizaron nectarinas, *Prunus persica* var Flamekist que corresponden a duraznos sin pubescencia que es una característica otorgada por un gen recesivo (Cárdenas y Fischer, 2013). El objetivo de probar una nectarina fue determinar posibles diferencias en la adherencia de los RC por efecto de la presencia o ausencia de pilosidad.

Como se explicó en materiales y métodos, en este fruto se tomaron dos registros iniciales: peso y diámetro, y posteriormente a los 29 días se les registró peso, diámetro, firmeza y sólidos solubles a la totalidad de los frutos. Se caracterizó una muestra de 8 frutos para tener un dato inicial de firmeza ( $10,6 \text{ kg cm}^{-2}$ ) y SST ( $13,6^\circ \text{ Brix}$ ).

En la figura 31 se observan los valores de diámetro de las nectarinas en los dos tiempos evaluados, en los 3 tratamientos de RC y el testigo, se observó una disminución significativamente diferente ( $p > 0,05$ ) del diámetro en el segundo tiempo de almacenaje, lo que es consistente con lo hallado para duraznos en el primer ensayo.

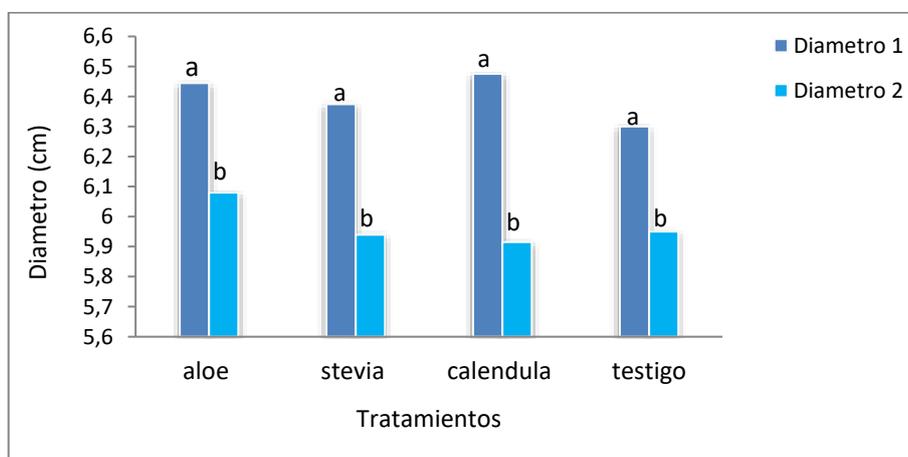


Figura 31: Diámetro promedio de nectarinas en dos tiempos de evaluación (0 y 29 días) en los cuatro tratamientos

Con el recubrimiento con aloe se presentó una menor disminución del diámetro promedio en el segundo tiempo de observación, con una reducción del diámetro del 5,7%.

En la tabla 13 se presenta el análisis estadístico de las diferencias entre los diámetros 1 y 2 de cada tratamiento y el testigo. Es posible observar que AV y T presentaron la menor reducción de diámetro, seguido de ST y finalmente C, con una diferencia significativa entre C y AV.

Tabla 13: Análisis estadístico de la reducción del diámetro ecuatorial promedio de nectarinas en los dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Diámetro ecuatorial de los frutos en cada tratamiento (cm)			
	AV	C	ST	T
1	6,45	6,48	6,38	6,30
2	6,08	5,92	5,94	5,93
<b>Reducción del diám. (%)</b>	5,7 a	8,6 b	6,8 ab	5,7 a

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Referencias: AV (aloe), C (Caléndula), ST (Stevia), T (Testigo).

Comparando los recubrimientos comestibles, el que presentó mejor comportamiento fue aloe. Esto fue encontrado también por Jawadul *et al.* (2014), quienes mencionan que este efecto benéfico se debería a que el gel de aloe vera se compone principalmente de polisacáridos, que actuarían como una barrera natural frente a la pérdida de humedad y a la reducción de la tasa de respiración. También menciona en su trabajo que este efecto es importante, ya que el diámetro es uno de los atributos de calidad de los frutos, al igual que peso, color y presión.

Otra variable de clasificación que ayuda a definir la calidad de los frutos en postcosecha es el peso. En la figura 32 se observan los valores de peso promedio de las nectarinas en los dos tiempos de evaluación.

La diferencia de peso en los dos tiempos de evaluación en cada tratamiento y testigo fueron significativamente diferentes. Esta reducción del peso con el tiempo de almacenaje fue también descrita por varios autores, entre ellos Africano *et al.* (2016) y Parra Coronado *et al.* (2008).

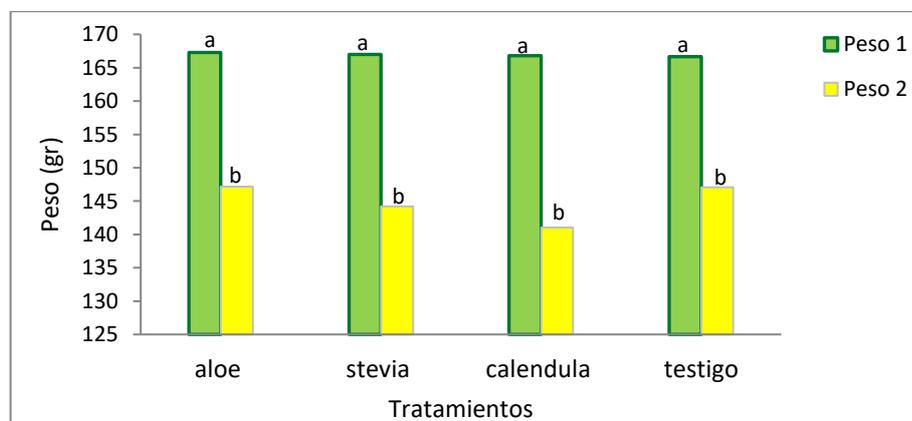


Figura 32: Peso promedio de nectarinas en dos tiempos de evaluación de (0 y 29 días) en los cuatro tratamientos

Comparando los tratamientos, en la tabla 14 puede observarse que los pesos no son diferentes en el tiempo 1, y tampoco se encontraron diferencias en el segundo tiempo de almacenaje.

Tabla 14: Análisis estadístico del peso promedio de nectarinas en los dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Peso de los frutos en cada tratamiento (gr)			
	AV	C	ST	T
1	167,30	166,80	167,00	166,65
2	147,15	141,05	144,20	147,10
<b>Reducción del peso (%)</b>	12 a	15 a	13,6 a	12 a

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Referencias: AV (aloe), C (Caléndula), ST (Stevia), T (Testigo).

Comparando los recubrimientos comestibles, el que mostró una mejor performance fue aloe con una reducción del peso en el segundo tiempo del 12%, comparado con el 13,6 y 15% en stevia y caléndula respectivamente.

Un atributo de calidad de frutos muy utilizado por productores y empacadores, es la firmeza. Se determina mediante un método físico sencillo, y se relaciona muy bien con el estado de madurez de la fruta (Brezmes Llecha, 2001). Crisosto (2002) cita a la firmeza como uno de los parámetros que ayuda a definir el cuidado y manejo que deberán ser sometidos los frutos en postcosecha. Candan y Romero (2007) consideran a la firmeza como uno de los mejores indicadores para definir el momento de cosecha en nectarinas.

Navarro Martinez (2013) menciona que la firmeza de los frutos a lo largo de su conservación presenta un descenso gradual, lo que fue hallado en forma coincidente en este trabajo con duraznos y nectarinas. La firmeza promedio de nectarinas en el tiempo 1 fue de 10,6 kg cm<sup>-2</sup> y en el tiempo 2 fue de 5,98 kg cm<sup>-2</sup>.

En la figura 33 se observan los valores promedios de firmeza en los tres tratamientos y el testigo en la segunda fecha de evaluación. En la figura es posible observar un mayor valor de firmeza promedio en los frutos tratados con aloe. Esto es coincidente con lo descrito por Martínez Romero *et al.* (2006), quienes encontraron en cerezas y uvas tratadas con aloe una mayor firmeza respecto a los frutos sin este tratamiento. Guillen *et al.* (2013) consideran al gel de aloe como un recubrimiento eficaz, que logra una postcosecha de frutos segura.

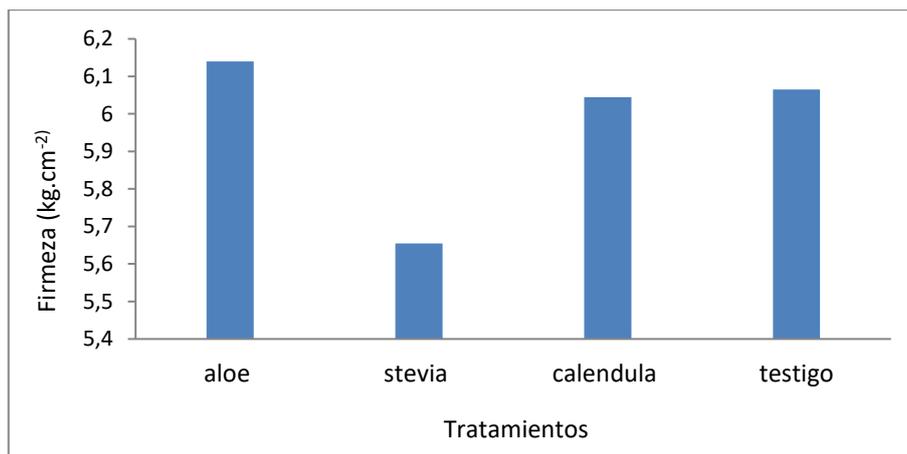


Figura 33: Firmeza promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

La tabla 15 presenta la comparación de los valores promedios de firmeza de los tres tratamientos y el testigo, los cuales no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos. El tratamiento con aloe presentó una mayor firmeza promedio y el tratamiento con stevia presentó la menor firmeza.

Tabla 15: Análisis estadístico de la firmeza promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Variable	Firmeza de los frutos en cada tratamiento (kg.cm <sup>-2</sup> )			
	AV	C	ST	T
Firmeza	6,14 a	6,05 a	5,66 a	6,07 a

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Referencias: AV (aloe), C (Caléndula), ST (Stevia), T (Testigo).

Otro parámetro utilizado en postcosecha para caracterizar la calidad de nectarinas es el contenido de sólidos solubles totales (SST), que representan principalmente el contenido de azúcares y cuya expresión son los °Brix.

En la figura 34 se muestran los valores de SST promedios en el segundo tiempo de evaluación en los tres tratamientos de RC y el testigo. Se observó que los mayores valores de SST promedios corresponden a los frutos tratados con caléndula: 14,9 °Brix, seguidos por los tratados con aloe: 14,21 °Brix, luego stevia y finalmente el testigo

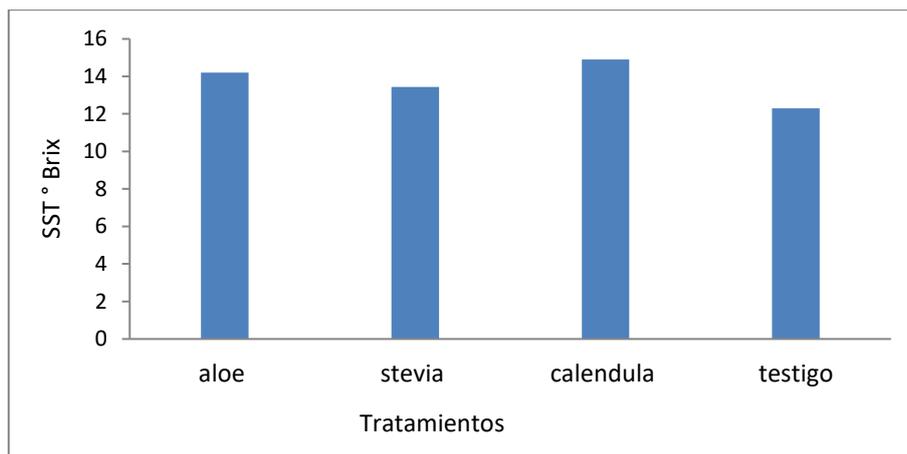


Figura 34: Sólidos solubles promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

La tabla 16 muestra que los SST presentan una leve variación entre los tratamientos, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre AV y C con el testigo. En la postcosecha de los frutos, los azúcares totales van aumentando hasta el momento de la recolección, para luego ir sufriendo leves oscilaciones durante el período de conservación o postcosecha. La sacarosa (disacárido de fructosa y glucosa) es el azúcar que más incide en las propiedades organolépticas de los frutos Valero Ubierna y Ruiz Altisent (1998).

Tabla 16: Análisis estadístico de sólidos solubles promedio de nectarinas a los 29 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Variable	Sólidos solubles de los frutos en cada tratamiento (° Brix )			
	AV	C	ST	T
SST	14,21 b	14,90 b	13,45 ab	12,30 a

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
Referencias: AV (aloe), C (Caléndula), ST (Stevia), T (Testigo).

Analizando los cuatro parámetros de caracterización de calidad de nectarinas en postcosecha: peso, diámetro, firmeza y azúcares, la tabla 17 presenta el valor p de Pearson, donde se aprecia una asociación positiva significativa entre peso y diámetro, entre peso y diámetro con firmeza y una asociación negativa entre sólidos solubles y peso ( $p < 0,05$ ).

Tabla 17: Correlación de Pearson: coeficientes/probabilidades en nectarinas

	Peso	Sólidos solubles	Diámetro	Firmeza
Peso	1,0000	0,2938	0,0000	0,0216
Sólidos solubles	-0,1188	1,0000	0,4777	0,5042
Diámetro	0,8367	-0,0805	1,0000	0,0102
Firmeza	0,2566	-0,0758	0,2859	1,0000

### 1.1.2. Fruto no climatérico: *Fragaria x ananassa*

#### 1.1.2.1 Ensayo 3: frutilla var Albión

La frutilla tiene una vida postcosecha muy corta, estimada en 7 a 10 días si es conservada a 2°C y 90% de humedad. A temperatura ambiente, se produce el deterioro del 80% del fruto en sólo 8 horas, lo que es resultado de su elevada tasa respiratoria y por ser muy susceptible a daños mecánicos y a la invasión de algunos organismos patógenos (Miserendino y Esquel, 2007; Cantillano *et al.* 2012).

Las frutillas del ensayo correspondieron al calibre Nº 3 o superior, según la Reglamentación de Frutas y Hortalizas de Argentina (SAG, 1983).

En la figura 35 se observan los valores de diámetros promedios de las frutillas en los dos tiempos evaluados, en los 3 tratamientos de RC y el testigo. Se observó una disminución significativamente diferente ( $p > 0,05$ ) del diámetro en los tiempos de almacenaje.

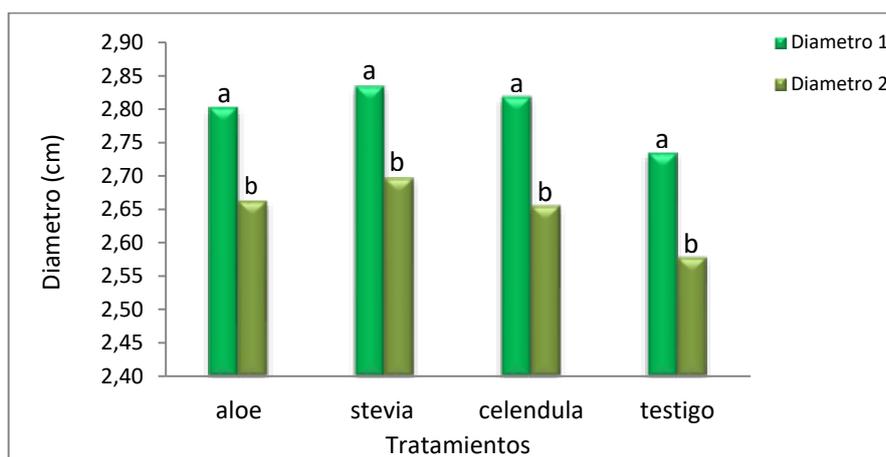


Figura 35: Diámetro promedio de frutillas en los dos tiempos de evaluación (0 y 7 días) en los cuatro tratamientos

La tabla 18 presenta el análisis estadístico de los diámetros en los tratamientos. En el segundo tiempo de evaluación se observó una diferencia significativa entre ST y el testigo.

La reducción de diámetro en porcentaje no muestra diferencias significativas, sin embargo las menores reducciones de diámetro correspondieron a stevia y aloe. Resultados similares fueron hallados por Ruiz Medina (2015) quien encontró mejor respuesta en frutillas tratadas con recubrimientos, respecto a un testigo sin tratar.

Tabla 18: Análisis estadístico del diámetro ecuatorial promedio de frutillas en dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Diámetro ecuatorial de los frutos en cada tratamiento (cm)			
	AV	C	ST	T
1	2,80 ab	2,83 b	2,83 b	2,73 ab
2	2,66 ab	2,65 ab	2,7 b	2,58 a
<b>Reducción del diám. (%)</b>	<b>4,90 a</b>	<b>5,97 a</b>	<b>4,73 a</b>	<b>5,69 a</b>

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Referencias: AV (aloe), C (Caléndula), ST (Stevia), T (Testigo).

El peso es otra de las variables a considerar en postcosecha en los frutos de frutillas.

En la figura 36 se observan los valores de peso promedios de las frutillas almacenadas a una temperatura y humedad constante para cada uno de los dos tiempos de evaluación. Como es de esperar, la tendencia con los cuatro tratamientos es la disminución del peso en el tiempo 2.

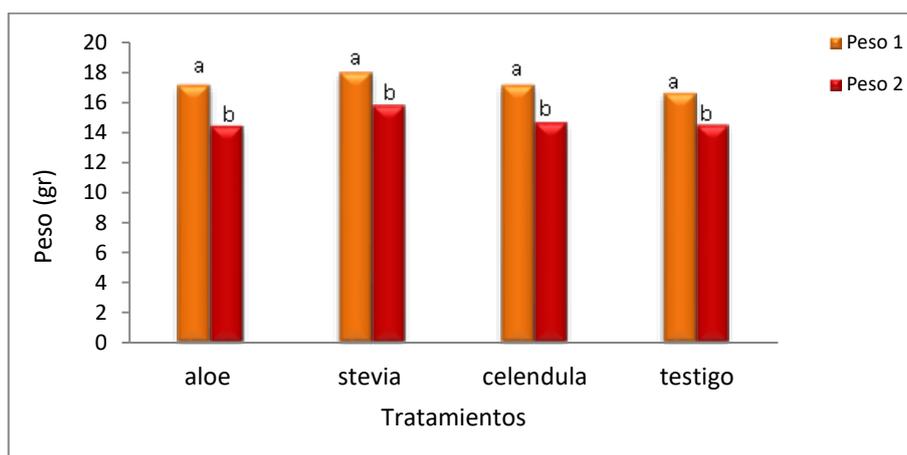


Figura 36: Peso promedio de frutillas en los dos tiempos de evaluación (0 y 7 días) en los cuatro tratamientos

En la tabla 19 se presenta el análisis estadístico del peso promedio de frutillas en los tratamientos, en los 2 tiempos de evaluación.

Los frutos tratados con stevia presentaron la menor reducción del peso a los 7 días de cosechados (tiempo 2). La diferencia de peso entre los 2 tiempos fue de 2,21 gr. Aguagallo Hipo (2015) encontraron una reducción de peso de 2,35 gr en frutillas almacenadas durante 8 días.

Tabla 19: Análisis estadístico del peso promedio de frutillas en los dos tiempos de evaluación en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Peso de los frutos en cada tratamiento (gr)			
	AV	C	ST	T
Peso1	17,11 ab	17,74 ab	17,97 a	16,58 bc
Peso2	14,37 a	14,61 ab	15,76 bc	14,43 ab
<b>Reducción de peso (%)</b>	<b>16,32 b</b>	<b>18,13 c</b>	<b>12,59 a</b>	<b>13,32 a</b>

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Referencias: AV (aloe), C (Caléndula), ST (Stevia), T (Testigo).

En este ensayo el mejor tratamiento para la variable peso fue el recubrimiento con stevia ya que al cabo de 7 días presentó menor pérdida de peso, seguido por el testigo, aloe y el de mayor pérdida de peso fue caléndula.

Maccapa Pocco (2015) menciona que las frutillas en poscosecha presentan una elevada tasa transpiratoria que se traduce en un aspecto envejecido o arrugado de los frutos y en una disminución del peso, lo cual afecta la apariencia, textura y jugosidad. En este ensayo, a pesar de registrarse una disminución de peso en el segundo tiempo de almacenaje, en una evaluación visual no se observaron los aspectos de deterioro mencionado por Maccapa Pocco.

Referido a la firmeza de los frutos, en la figura 37 se observan los valores promedios de frutillas a los 7 días de evaluación. Los mayores valores de firmeza se observaron en stevia y el testigo; comparando los recubrimientos, las frutillas tratadas con stevia presentan mayor firmeza promedio ( $0,87 \text{ kg. cm}^{-2}$ ) respecto a aloe y caléndula.

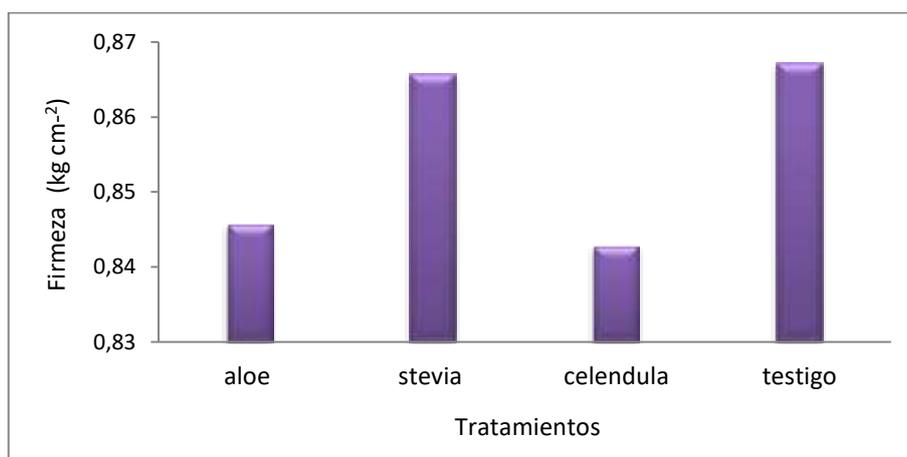


Figura 37: Firmeza promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

En la Tabla 20 se observa el análisis estadístico de la firmeza en los tres tratamientos y el testigo en el segundo tiempo de evaluación. No se presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para esta variable.

Tabla 20: Análisis estadístico de la firmeza promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Variable	Firmeza de los frutos en cada tratamiento (kg.cm <sup>-2</sup> )			
	AV	C	ST	T
Firmeza	0,85 a	0,84 a	0,87 a	0,87 a

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Referencias: AV (aloe), C (Caléndula), ST (Stevia), T (Testigo).

Velickova *et al.* (2013) y Restrepo Fernández y Aristizábal T. (2010) reportan efectos benéficos de ciertos recubrimientos sobre la firmeza de frutilla. En este trabajo el testigo sin tratar presentó resultados equivalentes al recubrimiento de mejor comportamiento que fue stevia.

En la figura 38 se presentan los valores promedio de sólidos solubles totales (SST en °Brix) en frutillas registrados en los tres tratamientos y el testigo a los 7 días de poscosecha.

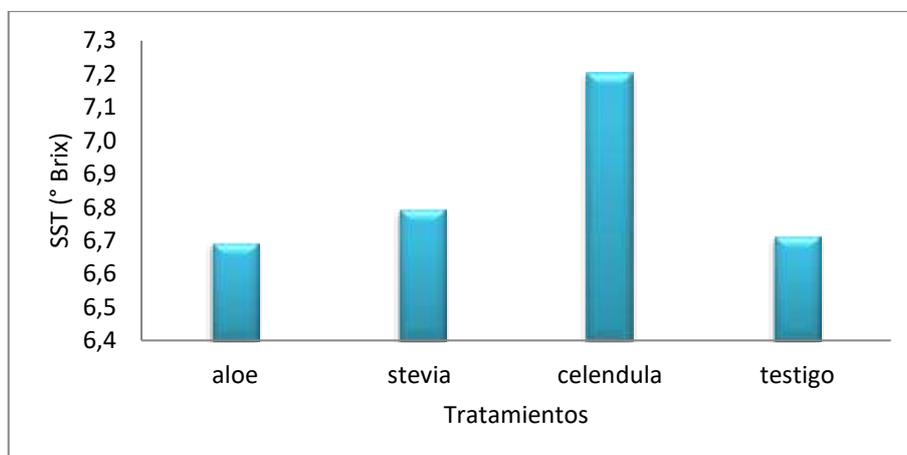


Figura 38: Sólidos solubles promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Los valores registrados son consistentes con Adlercreutz (2012) y Lado *et al.* (2012), quienes mencionan valores de SST de 6-8°Brix en diferentes variedades de frutilla en poscosecha.

En la tabla 21 se observa el análisis estadístico de los valores promedios de sólidos solubles, donde es posible observar que existen diferencias significativas entre tratamiento. Caléndula fue el tratamiento que presentó el mayor valor de SST (7,20 ° Brix).

Tabla 21: Análisis estadístico de los sólidos solubles promedio de frutillas a los 7 días de almacenaje refrigerado en los cuatro tratamientos

Tiempo de almacenaje	Sólidos solubles de los frutos en cada tratamiento (°Brix)			
	AV	C	ST	T
SST	6,69 a	7,20 b	6,8 a	6,71 a

Medias en cada tiempo de almacenaje con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Referencias: AV (aloe), C (caléndula), ST (stevia), T (testigo).

Los RC tendrían la capacidad de formar películas que actuarían como barreras en el intercambio gaseoso (Trejo *et al.*, 2007). De esta manera, se produciría un ambiente modificado al interior del fruto, retardándose el proceso de senescencia de forma similar al de una atmósfera modificada, pero a más bajo costo. En este trabajo solo caléndula presentó un mejor comportamiento en cuanto a los SST de las frutillas evaluadas, los otros dos recubrimientos presentaron un comportamiento similar al testigo.

Analizando los cuatro parámetros de caracterización de calidad de frutillas en postcosecha: peso, diámetro, firmeza y sólidos solubles, la tabla 22 presenta el valor p de Pearson de correlación entre variables. Se observa una asociación significativa ( $p < 0,05$ ) entre peso y diámetro; peso y sólidos solubles; diámetro y sólidos solubles.

Tabla 22: Correlación de Pearson: coeficientes/probabilidades en frutillas

	Peso	Diámetro	Sólidos Solubles	Firmeza
Peso	1,00000	0,00000	0,0000023	0,50498
Diámetro	0,81294	1,00000	0,00520	0,66385
Sólidos Solubles	0,27804	0,16658	1,00000	0,09875
Firmeza	0,04000	0,02609	0,09886	1,00000

## **2. Segunda etapa: evaluación del efecto de los RC sobre los hongos habituales en la postcosecha de los frutos**

Un factor importante de pérdidas de frutos en postcosecha, son las pudriciones producidas por hongos. Estas pudriciones reducen la vida útil y afectan negativamente el valor comercial de las frutas causando importantes pérdidas económicas. Las pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas causadas por microorganismos están por el orden de 5-25% en países desarrollados y en un 40% en países en desarrollo. Dentro de los patógenos más importantes encontramos los géneros *Penicillium*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Gloeosporium*, *Mucor*, *Monilinia*, *Rhizopus* y otros (Barkai Golan, 2001).

El control de las enfermedades causadas por hongos postcosecha se ha basado principalmente en el uso de fungicidas sintéticos, con efectos nocivos para seres humanos y ambiente (Guédez *et al.*, 2014). Los recubrimientos comestibles pueden representar una importante alternativa Congo Contreras y Reyes Mendo (2018); Pérez Uribe Arroyo (2019).

Entre las principales causas de pérdida de calidad en postcosecha de la frutilla, se encuentran el deterioro por hongos. Uno de los más comunes es *Botrytis cinérea*, causante del moho gris (Choquer *et al.*, 2007), del que se realizó el aislamiento para probar el efecto de los tratamientos de RC.

En la figura 39 se presenta en fotografía el desarrollo de las colonias en cada revestimiento comestible, 3 diluciones y un testigo. Los resultados muestran el efecto in vitro de las pruebas de inhibición de los RC a base de aloe, stevia y caléndula sobre el crecimiento de colonias de *Botrytis*, donde se observa que stevia y caléndula muestran un menor desarrollo de *Botrytis* en todas sus diluciones, mientras que aloe no presentó un efecto claro sobre el patógeno.

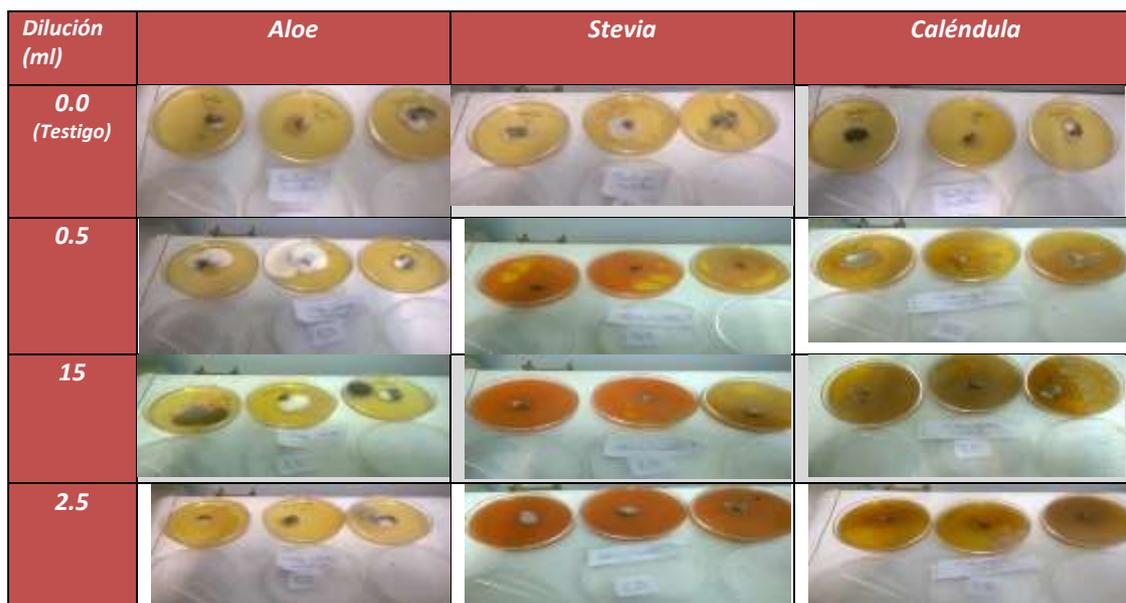


Figura 39: Desarrollo de colonias de *Botrytis* sp. aislado de muestras de frutilla, en cajas de petri con los tres recubrimientos comestibles (AV, C y ST) en cuatro diluciones

La figura 40 muestra la comparación de la cantidad y tamaño de colonias de *Botrytis* encontrada en cada tratamiento. Se encontró diferencias significativas entre stevia y caléndula que con aloe para las variables diámetro y número de colonias. Stevia mostró el mejor control de *Botrytis* en las dos variables evaluadas.

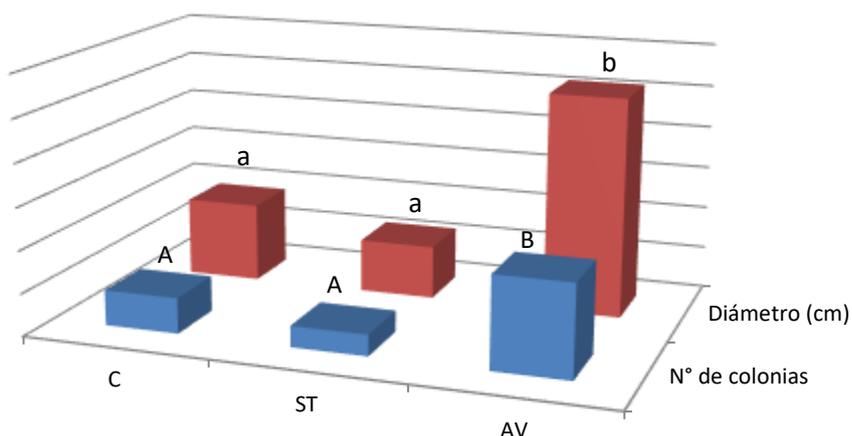


Figura 40: Cantidad y tamaño de colonias de *Botrytis* sp. en los tres tratamientos de RC

La figura 41 presenta la comparación entre las 3 diluciones de los RC y el testigo, considerado dilución 0. Se observa una diferencia significativa en el tamaño de las colonias en diámetro en las

diluciones 0 y 2,5 ml. Respecto al número de colonias de *Botrytis*, el mismo fue significativamente mayor en el testigo respecto a las 3 diluciones restantes.

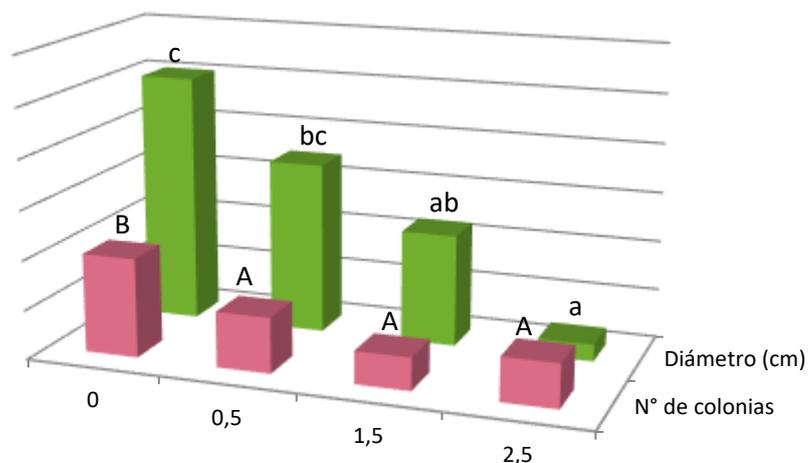


Figura 41: Cantidad y tamaño de colonias de *Botrytis* sp. en las diluciones de los RC

La tabla 23 presenta el análisis estadístico del número y diámetro de las colonias en las distintas diluciones. Se encontró significancia en la interacción de recubrimientos y dosis ( $p < 0,05$ ).

Tabla 23: Valores medios del diámetro y número de colonias de *Botrytis* sp. en los tratamientos

Recubrimiento comestible	Diluciones	Diámetro promedio (cm)	Recubrimiento comestible	Diluciones	Nº de colonias
Stevia	2,5	0,00 a	Caléndula	1,5	0,00 a
Caléndula	2,5	0,00 a	Caléndula	2,5	0,00 a
Stevia	1,5	0,00 a	Stevia	0,5	0,00 a
Caléndula	1,5	0,00 a	Stevia	1,5	0,00 a
Stevia	0,5	0,00 a	Stevia	2,5	0,00 a
Aloe vera	2,5	0,50 a	Caléndula	0,5	0,67 b
Caléndula	0,5	1,27 ab	Aloe vera	0,0	1 bc
Caléndula	0,0	2,50 bc	Stevia	0,0	1 bc
Stevia	0,0	2,53 bc	Caléndula	0,0	1 bc
Aloe vera	0,0	2,53 bc	Aloe vera	0,5	1 bc
Aloe vera	1,5	3,40 c	Aloe vera	1,5	1 bc
Aloe vera	0,5	3,93 c	Aloe vera	2,5	1,33 c

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La menor cantidad de colonias se observó en las 3 diluciones de stevia y las dos diluciones mayores de caléndula. Aloe presentó la mayor cantidad de colonias en todas las diluciones. Este registro es importante dado que cada colonia es un punto de inicio de pudrición en los frutos, sin

embargo el diámetro a la que llegan las mismas es de relevancia, ya que en algunos casos se observaron colonias que abarcaban diámetros significativos.

Los menores tamaños de colonias se observaron en stevia en las 3 diluciones, caléndula en las 3 diluciones y aloe al 2,5. Por otro lado los mayores tamaños de colonias se presentaron en aloe en las tres diluciones menores (0; 0,5; 1,5).

Consistente con lo hallado en este trabajo, Domínguez Marín (2012) menciona que compuestos de la flor de caléndula poseen propiedades anti fúngicas muy importantes y que estos compuestos podrían ser activos en la preservación de los frutos en la postcosecha.

Por otro lado, Tadhani y Suchash (2006) mencionan en su trabajo una posible acción antimicrobiana del extracto de hoja de *Stevia rebaudiana*, lo cual fue observado en este trabajo.

Otro agente causal de importantes patologías de postcosecha en duraznos y nectarinas es *Penicillium sp.*, causal de la podredumbre mohosa azul-verdosa que afecta la fruta madura y aun conservada a bajas temperaturas (Mitidieri, 2003).

En la figura 42 se pueden observar la cantidad y tamaño de colonias de *Penicillium sp.* desarrolladas en cajas de Petri conteniendo medio de cultivo y los revestimientos comestibles en 3 diluciones y un testigo (dilución 0).

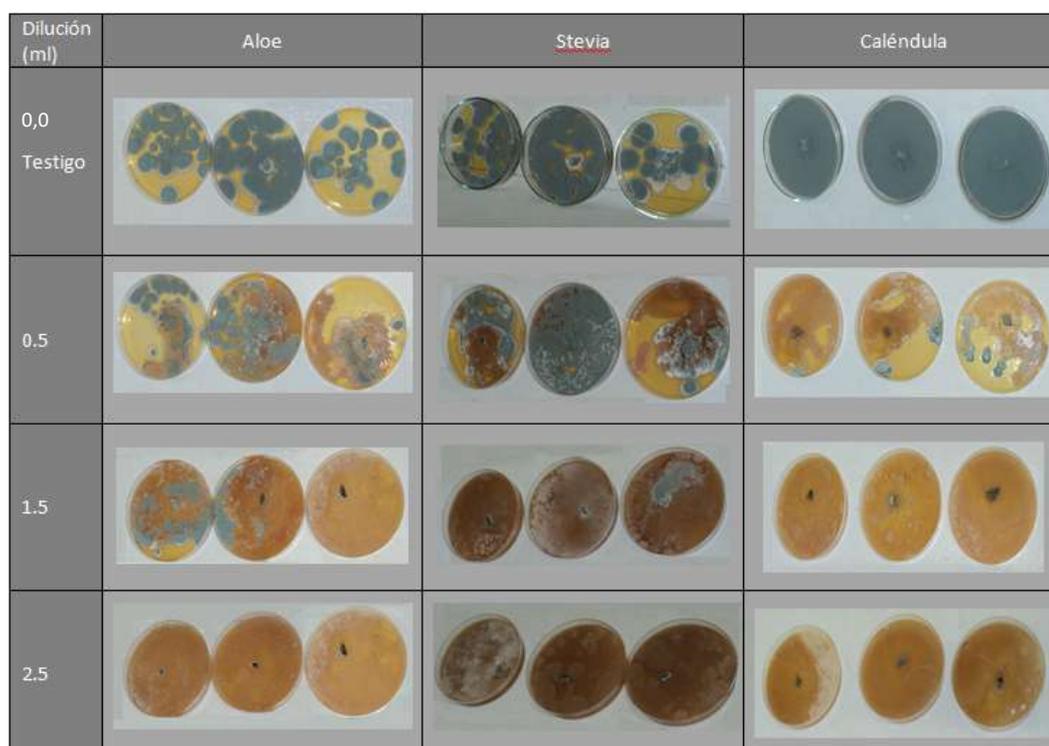


Figura 42: Desarrollo de colonias de *Penicillium sp.* aislado de muestras de duraznos, en cajas de petri con los tres recubrimientos comestibles (AV, C y ST) en cuatro diluciones

En la figura 42 se presenta en fotografía el desarrollo de las colonias en cada revestimiento comestible en 3 diluciones y un testigo, donde se puede observar un efecto inhibitorio del desarrollo de *Penicillium* en los 3 revestimientos comestibles en las diluciones 0,5; 1,5 y 2,5 ml. En el testigo se observa un importante desarrollo del hongo.

La figura 43 muestra la comparación de la cantidad y tamaño de colonias de *Penicillium*. No se encontraron diferencias significativas entre los recubrimientos para ninguna de las dos variables. Caléndula presentó un diámetro promedio de colonias 15% inferior que aloe y 11,5% menor que stevia y un número promedio de colonias igual que stevia y 9,3% inferior que aloe.

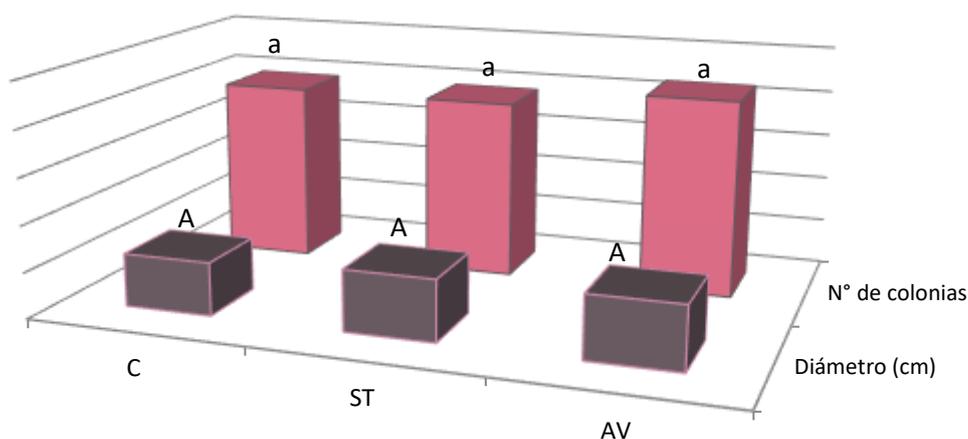


Figura 43: Cantidad y tamaño de colonias de *Penicillium* sp. en los tres tratamientos de RC

La figura 44 presenta la comparación entre las 4 diluciones. Se observa una diferencia significativa en el tamaño de las colonias en las diluciones 0 y 0,5 ml. El diámetro promedio en el testigo (dilución 0) fue de 7,5 cm; mientras que para las diluciones 0,5; 1,5 y 2,5 fue de 2,4; 0,3 y 0 cm respectivamente. El número de colonias de *Penicillium* fue significativamente mayor en el testigo (dilución 0) respecto a las 3 diluciones restantes, presentando 28,2 colonias promedio mientras que las diluciones 0,5; 1,5 y 2,5 presentaron 3,1; 1 y 0 colonias promedio respectivamente.

Los tres recubrimientos, en todas sus diluciones, presentaron menor desarrollo de *Penicillium* sp. comparado con el testigo (dilución 0). Las diluciones 1,5 y 2,5 ml de los recubrimientos, prácticamente no permitieron el desarrollo del hongo.

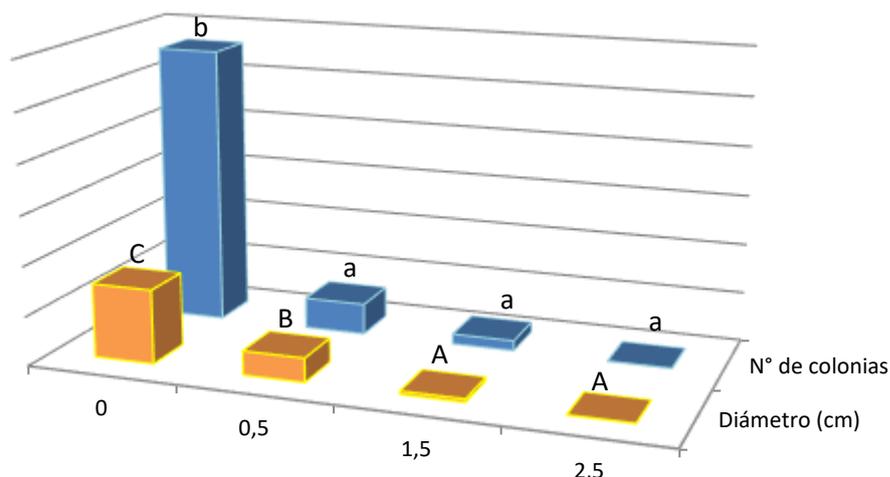


Figura 44: Cantidad y tamaño de colonias de *Penicillium* sp. en las diluciones de los RC

Hernández López *et al.* (2018) trabajaron con productos naturales encontrando que las mayores diluciones lograron reducir significativamente el tamaño de las colonias de *Penicillium digitatum* in vitro.

La tabla 24 presenta el análisis estadístico del número y diámetro de las colonias. Se encontró significancia en la interacción de recubrimientos y dosis ( $p < 0,05$ ).

Tabla 24: Valores medios del diámetro y numero de colonias de *Penicillium* sp. en los tratamientos.

Recubrimiento comestible	Diluciones	Diámetro promedio (cm)	Recubrimiento comestible	Diluciones	Nº de colonias
Caléndula	2,5	0,00 a	Caléndula	2,5	0,00 a
Caléndula	1,5	0,00 a	Stevia	2,5	0,00 a
Aloe vera	2,5	0,00 a	Caléndula	1,5	0,00 a
Stevia	2,5	0,00 a	Aloe vera	2,5	0,00 a
Stevia	1,5	0,27 ab	Stevia	1,5	0,33 a
Aloe vera	1,5	0,70 ab	Aloe vera	1,5	2,67 a
Caléndula	0,5	1,73 bc	Stevia	0,5	2,67 a
Aloe vera	0,5	2,67 c	Aloe vera	0,5	3,33 a
Stevia	0,5	2,83 c	Caléndula	0,5	3,33 a
Stevia	0,0	7,45 d	Caléndula	0,0	28 b
Caléndula	0,0	7,45 d	Stevia	0,0	28,16 b
Aloe vera	0,0	7,47 d	Aloe vera	0,0	28,33 b

Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Los valores indican un importante efecto inhibitorio de los tres recubrimientos comestibles sobre el desarrollo de colonias de *Penicillium* sp., especialmente el extracto de caléndula y stevia , que presentó los menores valores de número y diámetro de colonias.

Resultados similares fueron hallados por Hernández López *et al.* (2018) quienes utilizaron recubrimientos comestibles a base de aceites esenciales de aromáticas, cera de abeja y otros, encontrando una reducción en el desarrollo varias especies de hongos, entre ellos *Penicillium* sp., en frutos de papaya. Por otro lado Rosca Casian *et al.* (2007) encontraron también que el gel de *Aloe vera* inhibió el crecimiento del micelio hongos fitopatógenos.

Rodríguez Frías y Kozusny Andreani (2009) encontraron que extractos de hojas de caléndula no presentaron actividad anti fúngica cuando trabajaron con cepas de *Aspergillus niger*, pero si cuando lo hicieron con otras especies entre ellos *Botrytis* y *Penicillium*.

## CONCLUSIONES

En relación al primer objetivo específico “Evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles sobre la calidad organoléptica de duraznos, nectarinas y frutillas en postcosecha, considerando los siguientes parámetros: sólidos solubles, firmeza, diámetro ecuatorial y el peso de los frutos”, se concluye lo siguiente:

### **Fruto climatérico:** durazno (*Prunus persica* L. var. Elegant lady)

- Todos los tratamientos presentaron una reducción del diámetro ecuatorial durante el almacenaje, pero fue el tratamiento con aloe el que presentó un mejor comportamiento.
- Los frutos tratados con aloe presentaron una menor reducción de peso respecto al testigo y los recubrimientos con stevia y caléndula. La mejor calidad de frutos en relación a su peso, se observó hasta los 10 días de almacenaje en el tratamiento con stevia y hasta los 17 días con aloe.
- Se encontró una alta correlación entre diámetro y peso.
- Los frutos tratados con aloe mantuvieron mayor firmeza en los 4 primeros tiempos de almacenaje. Tiempos posteriores presentaron valores de firmeza inferiores a los óptimos de adquisición o compra.
- Los frutos tratados con los recubrimientos comestibles a base de aloe, stevia y caléndula presentan una tendencia a un mayor aumento de sólidos solubles en postcosecha respecto al testigo.

### **Fruto climatérico:** nectarina (*Prunus persica* L. var. Flamekist)

- Comparando los RC, aloe presentó una menor disminución del diámetro y peso promedios, pero sin diferencia con el testigo.
- Los frutos tratados con aloe presentaron una mayor firmeza promedio, mientras los tratados con stevia fueron los que evidenciaron la menor firmeza.
- Los mayores valores de sólidos solubles correspondieron a los frutos tratados con caléndula, seguidos por los tratados con aloe, stevia y finalmente el testigo.

### **Fruto no climatérico:** frutilla (*Fragaria x ananassa* var Albión)

- La menor reducción de diámetro se observó en los frutos tratados con stevia y aloe.
- Los frutos tratados con stevia presentaron a los 7 días de almacenamiento la menor pérdida de peso, seguidos por el testigo, aloe y caléndula.

- La mayor firmeza se observó en los frutos tratados con stevia y en el testigo.
- Los mayores valores de sólidos solubles se observaron en los frutos tratados con caléndula, los otros dos recubrimientos presentaron un comportamiento similar al testigo.

En relación al segundo objetivo específico “Determinar el efecto in vitro de los recubrimientos comestibles sobre el crecimiento de colonias de hongos responsables de pudriciones en postcosecha de los frutos”, se concluye lo siguiente:

#### ***Botrytis sp.***

- Stevia y caléndula muestran un menor desarrollo del hongo en todas sus diluciones, mientras que aloe no presentó un efecto claro sobre el patógeno.
- Stevia mostró el mejor comportamiento en las dos variables evaluadas (número y tamaño de colonias).
- Se observa una diferencia en el tamaño de las colonias en las diluciones 0 y 2,5 ml. siendo significativamente menor en 2,5 ml. El número de colonias fue significativamente mayor en el testigo respecto a las 3 diluciones restantes
- Se encontró significancia en la interacción de recubrimientos y dosis ( $p < 0,05$ ).
  - La menor cantidad de colonias se observó en las 3 diluciones de stevia y las dos diluciones mayores de caléndula. Aloe presentó la mayor cantidad de colonias en todas las diluciones.
  - Los menores tamaños de colonias se observaron en stevia en las 3 diluciones, caléndula en las 3 diluciones y aloe en 2,5 ml. Los mayores tamaños de colonias se presentaron en aloe en las tres diluciones menores (0; 0,5; 1,5).

#### ***Penicillium sp.***

- Se observó un importante efecto inhibitorio en el desarrollo del hongo en los 3 revestimientos comestibles en las diluciones 0,5; 1,5 y 2,5 ml., mientras que en el testigo se observa un importante desarrollo del hongo.
- No encontraron diferencias significativas entre los recubrimientos para ninguna de las dos variables. Caléndula presentó un diámetro promedio de colonias menor que aloe y stevia y un número promedio de colonias igual que stevia e inferior que aloe.
- El diámetro y número promedio de colonias en el testigo (dilución 0) fue significativamente mayor que las 3 diluciones restantes.

- Los tres recubrimientos, en todas sus diluciones, presentaron menor desarrollo de *Penicillium* sp. que el testigo (dilución 0).
- Los registros indican un importante efecto inhibitorio de los tres recubrimientos comestibles sobre el desarrollo de colonias de *Penicillium* sp., especialmente el extracto de caléndula y stevia, que presentaron la menor cantidad y tamaño de colonias.

Referido a las hipótesis planteadas, se concluye lo siguiente:

- No se acepta la hipótesis 1 “Los recubrimientos comestibles aplicados en post-recolección de frutos interfieren los procesos biológicos de deterioro modificando las características organolépticas de los mismos”, dado que los resultados obtenidos solo muestran una tendencia pero no un efecto claro y significativo de los recubrimientos sobre los parámetro organolépticos evaluados.
- Se acepta la hipótesis 2 “Los recubrimientos comestibles aplicados a un medio de cultivo generará una actividad anti fúngica sobre los hongos patógenos presentes en la postcosecha de los frutos”, ya que el efecto inhibitorio de los recubrimientos a base de stevia, caléndula y aloe fue significativo sobre el desarrollo de *Botrytis* y *Penicillium* en las tres dosis evaluadas.

Finalmente, el estudio realizado permitió avanzar en el conocimiento del efecto de los recubrimientos comestibles naturales en la calidad y sanidad postcosecha de frutos frescos, lo que resulta de gran interés dado el creciente interés de los consumidores hacia productos sanos, nutritivos, naturales y beneficiosos para la salud.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Abou Arab, E. y F. Abu Salem (2010) Evaluation of bioactive compounds of Stevia rebaudiana leaves and callus. African Journal of Food Science 4 (10): 627-634.

ADESUR (1999) Asociación interinstitucional para el sur de Córdoba. Plan Director. Secretaría Extensión. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. Argentina. 99 p.

Adlercreutz, E. (2012) Evaluación de variedades de frutilla de día neutro en el cinturón hortícola de mar del plata (2011/2012) en Boletín INTA AER Mar del plata.

Africano, K.; P. Almansa Merchand; E. Criollo; A. Hernando Herrera y H. Balaguera López (2016) Caracterización poscosecha del fruto de durazno (*Prunus pérsica* (L.) Batch) cv. Dorado producido bajo condiciones de trópico alto. Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas 10(2): 232-240.

Alarcón Castrillejo, S. (2005) Efecto del oxígeno ionizado sobre la conservación de frutos de níspero (*Eriobotrya japónica* Lindl.) cv. Golden nugget en almacenaje refrigerado. En: [http://ucv.altavoz.net/prontus\\_unidadacad/site/artic/20061205/asocfile/20061205173329/alarcon\\_sebastian.pdf](http://ucv.altavoz.net/prontus_unidadacad/site/artic/20061205/asocfile/20061205173329/alarcon_sebastian.pdf). Consultado: 5/11/17.

Altube, H.; C. Budde; M. Ontivero Urquiza y R. Rivata, (2001). Determinación de los índices de cosecha de duraznos cvs. Flordaking y San Pedro 16-33. Agricultura Técnica, 61(2), 140-150.

ANMAT (2003) Farmacopea Argentina. 7<sup>ma</sup> Ed. Vol. 1. Ministerio de Salud de la Nación. Argentina. 2745 p.

Aguagallo Hipo W. (2015) Determinación del índice de madurez para el empaqueo de frutilla (*Fragaria vesca*) variedad Albión en dos tipos de ambiente en el agro. Centro Guaslán Del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (Magap). Tesis de Licenciatura. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Ecuador. 121p.

Argenta, L.; X. Fan y J. Mattheis (2003) Influence of 1-methylcyclopropene on ripening, storage life, and volatile production by d'Anjou cv. pear fruit. Journal of agricultural and food chemistry, 51(13): 3858-3864.

Arias Velázquez, C. y J. Toledo Hevia (2007) Manual de manejo poscosecha de frutas tropicales. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma Italia. En: [www.fao.org](http://www.fao.org). Consultado: 8/11/17.

Badenes, M.; J. Martínez-Calvo y G. Llácer (1998) Estudio comparativo de la calidad de los frutos de 26 cultivares de melocotonero de origen norteamericano y dos variedades-población de origen español. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 13: 56-70.

Báez, R.; E. Bringas; A. Mendoza; A. González y J Ojeda (2000). Recubrimientos de tratamientos especiales en frutos de mango tratados hidrotérmicamente. Págs. 71-74 en: Villamizar, F.; Báez, R. (eds), Segundo Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá, Colombia.

Balzarini, M.; F. Casanoves; J. Di Rienzo; I. González; C. Robledo y M. Tablada (2009) Software estadístico INFOSTAT. Manual de usuario. Versión 1. Córdoba Argentina.

Barbosa Cánovas, G.; J. Fernández Molina; S. Alzamora; M. Tapia; A. López Malo y J. Welti Chanes (2003) Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural áreas. Technical manual 149 FAO. Roma. 99 p.

Barnett, H. (1998) Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 4<sup>o</sup> Edición, American Phytopathological Society (APS) Prees. Minnesota EEUU. 218 p.

Barkai Golan, R. (2001) Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control. Elsevier Sciences B.V., Amsterdam. 418 p.

Barrazueta Rojas, S.; J. Falconí; M. Navarro Ojeda; J. Oleas López, y G. Mendoza Zurita (2018) Pysicochemical properties and application of edible coatings in strawberry (*Fragaria x Ananassa*) preservation. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 71(3): 8631-8641.

Barrera Bello, E.; M. Gil Loaiza; C. García Pajón; D. Durango Restrepo y J. Gil González (2012) Empleo de un recubrimiento formulado con propóleo para el manejo poscosecha de frutos de papaya (*Carica papaya* L. cv. Hawaiana). *Rev. Fac. Agr. Medellín* 65 (1).6506 p.

Bastidas Parrado, L.; G. Puentes Montañez y A. Lemus Ceron (2016) Parámetros de calidad durante la cosecha de durazno (*Prunus persica* L. Bastch cv. "Rubidoux"). *Rev. Inv. Agraria y Ambiental* 6(1): 145-153.

Bautista Baños. S; R. González Soto y M. Ramos García (2018) Propiedades físicas de películas de quitosano adicionadas con aceite esencial de limón y su impacto en la vida de anaquel del tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 17(1): 1-11.

Bonghi, C.; A. Ramina; B. Ruperti; R. Vidrih y P. Tonutti (1999) Peach fruit ripening and quality in relation to picking time, and hypoxic and high CO<sub>2</sub> short-term postharvest treatments. *Postharvest Biology and Technology* 16(3): 213-222.

Brady, C. (1996) Stone fruits. En: Seymour, G.; J. Taylor y G. Tucker eds. Biochemistry of fruit ripening. 442 p. United kingdom. Publisher chapman y hall: 379-404.

Brezmes Llecha, J. (2001) Diseño de una nariz electrónica para la determinación no destructiva del grado de la maduración de la fruta. Tesis doctoral, UPC, Departamento de Teoría del Senyal i Comunicaciones. Universitat Politècnica de Catalunya. En: <http://hdl.handle.net/2117/94188>. Consultado: 22/3/2019.

Budde, C.; G. Polenta; C. Lucangeli y R. Murray (2006) Air and immersion heat treatments affect ethylene production and organoleptic quality of 'Dixiland' peaches. *Postharvest Biology and Technology* 41(1): 32-37.

Cáceres, I.; T. Mulkay; J. Rodríguez y A. Paumier (2015) Conservación de productos hortofrutícolas. Instituto de investigaciones en fruticultura tropical FAO. En: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5012/cuf0127s.pdf>. Consultado: 11/11/2017.

Calvo, G.; A. Colodner y A. Candan (2012) Cosecha y poscosecha de frutos de pepita. Ediciones INTA. General Roca. Argentina. 40 p.

Candan, A. y S. Romero (2007) Uso de atmosfera controlada para el control de daño por frio en durazno y nectarines. *Fruticultura y diversificación* 12(51): 42-47.

Cango Contreras, K. y S. Reyes Mendo (2018) Efecto del aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller L.) y aceite de rosa mosqueta como recubrimiento en rabanitos (*Raphanus sativus* L.) de IV gama. Tesis de Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa. Perú. 216 p.

Cantillano, R.; Ávila, J.; Peralba, M.; Pizzolato, T. y R. Toralles (2012) Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Hortic. Bras.* 30 (4): 620-626.

Cárdenas, J. y G. Fischer (2013) Clasificación botánica y morfología de manzano, peral, duraznero y ciruelo. En: Miranda, D.; G. Fischer y C. Carranza (eds). Los frutales caducifolios en Colombia: Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo. *Soc. Col. Cienc. Hort.*: 24-25.

Choquer, M.; E. Fournier; C. Kunz; C. Levis; J. Pradier; A. Simon y M. Viaud (2007) *Botrytis cinerea* virulence factors: new insights into a necrotrophic and polyphageous pathogen. *FEMS Microbiology Letters* 277(1): 1-10.

Cordero, M.; M. Morales; D. Angel y G. Gálvez (2003) Hongos patógenos en fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en poscosecha. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 21(3): 285-291.

Crisosto, C. (1994) Stone fruit maturity indices: a descriptive. *Postharvest News and Information* 5(6): 65N-68N.

Crisosto, C. (2002) How do we increase peach consumption. *Proc. 5th IS on Peach. Acta Hort.* 592:601-605.

Crisosto, C. y G. M. Crisosto (2005) Relationship between ripe soluble solids concentration (RSSC) and consumer acceptance of high and low acid melting flesh peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 38(3): 239-246.

Crisosto, C.; F. Mitchell y S. Johnson (1995) Factors in fresh market stone fruit quality. *Postharvest News and Information* 6(2): 17-21.

Crisosto, C.; K. Sheaffer; J. Boyd; D. Garner; J. Labavitch y K. Shackel (1998) Improving the ripening protocol for warehouses and retail stores. Delayed cooling. 1998 Research Report, California Peaches, Plums, and Nectarines. California: Tree Fruit Agreement: 30-46.

Crisosto, C. y A. Kader (2000) Plum and fresh prune postharvest quality maintenance guidelines. Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA, 95616: 1-8.

De Lorena Ramos García, M; S. Bautista Baños; L. L. Barrera Necha; E. Bosquez Molina; I. Alia-Tejagal; y M. Estrada Carrillo (2010) Antimicrobial Compounds Added in Edible Coatings for Use in Horticultural Products. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28(1).P 44 51. 14p

Domínguez Marín, L. (2012) Efecto de la aplicación del extracto hidroalcohólico de flores de caléndula (*Calendula officinalis*) en la estabilización del color y vida útil en pulpa de frutas. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Bogota Colombia. 135 p.

Domini, A. (2018) Potencialidades del quitosano para la fresa. Usos en la mejora y conservación de los frutos. Ministerio de Educación Superior. Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales* 39(1): 134-142.

Egea, M.; F. Almela y M. Espinoza (2006) El 1-MCP, una prometedora alternativa para la conservación de frutos de hueso. *Phytoma España: la revista profesional de sanidad vegetal* (181): 43-53.

Fernández Valdés, D.; S. Bautista Baños; D. Fernández Valdés; A. Ocampo Ramírez; A. García Pereira y A. Falcón Rodríguez (2015) Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Rev. Cs. Téc. Agr.* 24(3).

Flores Lazo, J. (2011) Determinación de los índices de madurez para la comercialización de durazno (*Prunus persicae*) variedad conservero amarillo en dos tipos de ambientes para mercados

de las zona central del país. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 95 p.

Flores Rojas, K. (2009) Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano. Tesis Ph. D. Córdoba España Disponible en <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/2070/9788478019427.pdf?sequence=1>. Consultado: 28/12/2016.

Gatti, R. y P. Escudero (1985) Pardeamiento interno en frutales de carozo. Revista frutícola 6(2): 45-48.

Gil Albert Velarde, F. (1989) Tratado de arboricultura frutal, Volumen 1: Morfología y Fisiología del Árbol Frutal. 2ª Ed. Ediciones Mundi Prensa. España. 103 p.

Girardi, C.; A. Corrent; L. Lucchetta; M. Zanuzo; T. Costa; A. Brackmann; R. Twyman; F. Nora; L. Nora; J. Silva y C. Rombaldi (2005) Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. Postharvest Biology and Technology 38(1): 25-33.

González, M. y R. Balois Morales (2017) Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. Revista mexicana de ciencias agrícolas (19): 4075-4087.

Gratacós, E. (2004) El cultivo del duraznero *Prunus persica* (L.) Batsch. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile. 108 p.

Guédez, C.; Cañizalez, L.; Avendaño, L.; Scorza, J.; Castillo, C.; Olivar, R.; Méndez, J. y L. Sánchez (2014) Actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) sobre hongos postcosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.). Rev. Soc. Ven. Microbiol. 34(2): 81-85.

Guillen, F.; H. Diaz-Mula; P. Zapata; D. Valero; M. Serrano; S. Castillo y D. Martinez Romero (2013) *Aloe arborescens* and *Aloe vera* gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. Postharvest Biology and Technology 83: 54-57.

Gutiérrez, A.; J. Burgos y E. Molto (2007) Pre commercial sorting line for peaches firmness assessment. Journal of Food Engineering 81(4): 721-727.

Hernández López, J; G. Sánchez; S. Bautista Baños y D. Guillén Sánchez (2018) Evaluación de películas biodegradables en el control de hongos postcosecha de la papaya. Ingeniería de alimentos. Cultivos Tropicales 39(1): 52-60.

Hiwasa, K. y H. Ezura (2014) Climacteric and non-climacteric ripening. Fruit Ripening, Physiology, Signalling and Genomics: 1-14.

INTA (2010) Durazneros y nectarinas. Variedades, épocas de floración y maduración. INTA Expone Región Pampeana. Ediciones INTA. Marcos Juárez, Argentina.

Jawadul, M; H. Fatema; M. Brishti y M. Hoque (2014) Aloe vera gel as a Novel Edible Coating for Fresh Fruits. American Journal of Food Science and Technology 2(3): 93-97.

Jin, P.; Y. Zheng; S. Tang; H. Rui y C. Wang (2009) A combination of hot air and methyl jasmonate vapor treatment alleviates chilling injury of peach fruit. Postharvest Biology and Technology 52(1): 24-29.

Kader, A. y F. Mitchell (1989) Postharvest physiology. Peaches, plums and nectarines: growing and handling for fresh market. University of California: 158-164. Davis. EEUU.

Kader, A. (1992) Biología y Tecnología Poscosecha: una revisión general. Universidad de California, publicación 3311: 311-325.

Kader, A. (2007) Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. UCANR Publications. 535p.

Ke, D. y A. Kader (1992) Potential of controlled atmospheres for postharvest insect disinfestation of fruits and vegetables. Postharvest News and Information 3(2): 31N-37N.

Knee, M. (2007) Bases biológicas de la calidad de la fruta. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 289 p.

Lado, J; E. Vicente; A. Manzzioni; B. Ghelfi y G. Ares (2012) Evaluación de calidad de fruta y aceptabilidad de diferentes cultivares de frutilla. Agrociencia Uruguay 16(1): 51-58.

Lemus Mondaca, R.; A. Vega Gálvez; L. Zura Bravo y K. Ah Hen (2012) *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: a comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. Food Chemistry 132(3): 1121-1132.

Lizana, M. y L. Ruiz Tagle (1983) Comportamiento en poscosecha del nectarino Late legrand. Inv. Agr. Chile 8: 65-71.

Lill, R.; E. O'Donohue y G. King (1989) Postharvest physiology of peaches and nectarines. Hortic. Rev. 11:413-450.

Loor Cusme, R.; F. Mesías Gallo; A. Prado Cedeño; M. Molina García y C. Montesdeoca Villavicencio (2016) Evaluación Postcosecha de Naranjas almacenadas con agentes de recubrimiento. ESPAMCIENCIA 7(1): 59-65.

Luchsinger, L. (2017) Impacto de la postcosecha en la calidad de frutas de exportación [http://www.redagricola.com/cl/impacto-de-la-postcosecha-en-la-calidad-de-frutas-de-exportacion/ chile](http://www.redagricola.com/cl/impacto-de-la-postcosecha-en-la-calidad-de-frutas-de-exportacion/chile). Consultado: 22/12/2018.

Mahajan, P.; O. Caleb; Z. Singh; C. Watkins y M. Geyer (2014) Postharvest treatments of fresh produce. Phil. Trans. R. Soc. A 372: 20130309.

Martínez González, M ; R. Balois Morales; I. Alia Tejacal; M. Cortes Cruz; Y. Palomino Hermosillo y G. López Guzmán (2017) Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. N° 19: 4075-4087.

Martínez Romero, D.; F. Guillén; J. Valverde; M. Serrano; P. Zapata; G. Bailén; D. Valero y S. Castillo (2006) *Aloe vera* gel como recubrimiento comestible en frutas y hortalizas. Horticultura 195(1): 42-44.

Maccapa Pocco, R. (2015) Efecto de la aplicación de un recubrimiento biodegradable a base de aislado de proteína de suero sobre la vida útil de la chirimoya (*Annona cherimola*), fresa (*Fragaria vesca*) y pera (*Pyrus communis*) Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Tesis Ingeniería Agroindustria. Puno Perú.100 p.

Marilyn Florido, C.; C. Dagmara Plana; C. Marta Álvarez; C. Moya; C. Regla; M. Lara; C. A. Caballero y C. R. Florido (2008) Análisis de la variabilidad morfoagronómica en la colección de tomate (*Solanum L.* sección *Lycopersicum* subsección *Lycopersicum*) conservada Ex situ en Cuba. Cultivos Tropicales 29(2): 43-48.

Miserendino, E. y T. Esquel (2007) Frutilla: implantación del cultivo bajo cubierta en Patagonia. Agricultura 12: 45-48.

Mitchell, F.; G. Mayer; M. Saenz; D. Slaughter; R. Johnson; B. Biasi y M. Delwiche (1991) Selecting and handling high quality stone fruit for fresh market. In 1991 Research Reports for California Peaches and Nectarines, California Tree Fruit Agreement. Sacramento, California, USA. 11 p.

Mitidieri, M. (2003) Enfermedades del duraznero. En: [http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/prv/mm\\_010.htm](http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/prv/mm_010.htm). Consultado: 22/3/2017.

Moccia, S.; E. Mónaco; A. Oberti y A. Chiesa (2007) Evaluación comparativa de índices de calidad a cosecha y poscosecha en seis variedades de frutilla (*Frutilla x ananassa* Duchense). Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones: S3-P114.

Morales, C.; J. Riquelme; J. Hirzel; A. France; A. Pedreros; H. Uribe y P. Abarca (2017) Manual de manejo agronómico de la frutilla Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias BOLETÍN INIA / N° 17 ISSN 0717 – 4829 Santiago, Chile. 102 p.

Muanda, F.; R. Soulimani; D. Babakar y D. Amadou (2011) Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. Food and Science Technology 44(2011):1865-1872.

Navarro Martínez, D. (2013) Efecto de los tratamientos de gel de aloe, aplicados en pre-o post-recolección sobre la calidad de frutos de hueso y uva de mesa. Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernandez, España 203p.

Ortiz, A.; G. Echeverría; J. Graell y I. Lara (2009) Overall quality of 'Rich Lady' peach fruit after air- or CA storage. The importance of volatile emission. Food Science and Technology 42(9): 1520-1529.

Parra Coronado, A.; J. Hernández Hernández y J. Camacho Tamayo (2008) Estudio fisiológico poscosecha y evaluación de la calidad de la ciruela variedad Horvin (*Prunus domestica* L.) bajo tres condiciones de almacenamiento refrigerado. Ingeniería e Investigación 28(1): 99-104.

Pérez Uribe Arroyo, M. (2019) Efecto de la concentración de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) en una cobertura comestible a base de aloe vera (*Aloe barbadensis*) y gelatina y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras, y aceptabilidad general de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) cv. Biloxi. Tesis Ingeniera En Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Peru. 85 p.

Picco, S. (2012) Preservación de la calidad y aumento de la estabilidad de frutos percederos con recubrimientos comestibles. Tesis Maestria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, UNRC. Argentina. 81 p.

Ponce, A.; S. Roura; C. del Valle y M. Moreira (2008) Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: in vitro and in vivo studies. Postharvest biology and technology 49(2): 294-300.

Ramírez Acero, R. (2013) Tecnología de Frutas y Hortalizas. En:[http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/9075/1/301107\\_Tecnolog%C3%ADa%20de%20frutas%20y%20hortalizas\\_Modulo.pdf](http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/9075/1/301107_Tecnolog%C3%ADa%20de%20frutas%20y%20hortalizas_Modulo.pdf). Consultado: 28/12/2016.

Retrepo Fernández, J. y I. Aristizabal T. (2010) Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Vitae 17 (3): 252-263.

Rivero, M. y M. Quiroga (2005) Estado de madurez y periodo de conservación de duraznos y nectarines en Mendoza. 1ª Edición, Ed. INTA. Buenos Aires Argentina. 24p.

Robertson, J.; F. Meredith; R. Horvat y S. Senter (1990) Effect of cold storage and maturity on the physical and chemical characteristics and volatile constituents of peaches (cv. Cresthaven). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 38(3): 620-624.

Rodríguez Frías, D. y D. Kozusny Andreani (2009) Verificação da atividade antifungica de extratos de plantas e óleo de eucalipto no controle in vitro de *Aspergillus niger*. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 4 (2): 12-19.

Rodríguez Hernández, M.; L. Sánchez González; C. González Martínez; M. Cháfer y M. Vargas (2011) Caracterización de recubrimientos comestibles a base de HPMC con aceite esencial de bergamota. Tesis Maestria, Universidad Politecnica de Valencia, España. 20 p.

Rojas Grau, M.; R. Soliv -Fortuny y O. Martin Belloso (2009) Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits. *Trends in Food Science and Technology* 20 (10): 438-447.

Rosca Casian, O.; M. Parvu; L. Vlase y M. Tamas (2007) Antifungal activities of *Aloe vera* leaves. *Fitoterapia* 79(3): 219-222.

Ruiz Altisent, M.; L. Lleó y F. Riquelme (2006) Instrumental quality assessment of peaches: fusion of optical and mechanical parameters. *Journal of Food Engineering* 74(4): 490-499.

Ruiz Medina, M. (2015) Diseño de un recubrimiento comestible bioactivo para aplicarlo en la frutilla (*Fragaria vesca*) como proceso de postcosecha. Tesis posgrado. Quito, Ecuador. 190 p.

Ruoyi, K.; Y. Zhifang y L. Zhaoxin (2005) Effect of coating and intermittent warming on enzymes, soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (Cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. *Food Research International* 38(3): 331-336.

Ryugo, K. (1993) Fruticultura: ciencia y arte. AGT editor. Mejica. 460 p.

SAG (1983) Reglamento de frutas frescas no cítricas para el mercado interno y la exportación Resolución 554/1983. Ministerio Agricultura Argentina. Argentina.

Sánchez González, L.; M. Vargas; C. González Martínez; M. Cháfer y A. Chiralt (2008) Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. En: Memorias VIII Congreso SEAE "Alimentación y Agricultura Ecológica". Ed. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Bullas, Murcia, España. 9 p.

Sanz Puig, M. (2013) Efecto de *Stevia rebaudiana* Bertoni y de las altas presiones hidrostáticas sobre *Listeria monocytogenes* en una bebida mezcla de zumos y leche <http://hdl.handle.net/10251/28003>. Consultado: 18 /4/2017.

Seibertl, E.; S. González; A. Orellana; L. Luchsinger y R. Bender (2008) Efecto del acondicionado previo al almacenaje refrigerado sobre la calidad de ciruela "Costanza". Revista Bragantia 67(1). Campinas, Brasil. 233 242 p.

Serrano, M.; D. Martínez Romero; S. Castillo; F. Guillén y D. Valero (2004) Effect of preharvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(11), 1270-1276.

Singh, S.; V. Garg; D. Yadav; M. Beg y N. Sharma (2012) In vitro antioxidative and antibacterial activities of various parts of *Stevia rebaudiana* (Bertoni). International Jour. of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 4(3): 468-473.

Sozzi, G. (2007) Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. 1° ed. Ed. Fauba Univ. de Buenos Aires. Argentina. 848 p.

Tadhani, M. y R. Subhash (2006) In Vitro Antimicrobial Activity of *Stevia rebaudiana* Bertoni Leaves. Tropical Jour. of Pharmaceutical Research 2006 5(1): 557-560.

Trejo M, K.; A. Ramos Lopez y C. Perez Guillen (2007) Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. V Congreso iberoamericano de tecnología poscosecha y agroexportaciones. Cartagena, España. Editorial Grupo Postrecolección y Refrigeración UPCT: 978-84.

Valera, A.; W. Materano; M. Maffei; I. Quintero y J. Zambrano (2011) Uso de recubrimientos comestibles y baja temperatura para mantener la calidad de frutos de mango "Bocado" durante el almacenamiento. Revista de la Facultad de Agronomía Venezuela 28(1).

Valero Ubierna, C. y M. Ruiz Altisent (1996) Técnicas de medida de la calidad de frutas. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Rural. Madrid. En: <http://www.lpftag.upm.es/pdf/2000%2520CtmcsPDF+T%C3%A9cnicas&hl=es&ct=clnk&cd=1&g>. Consultado: 3/10/2018.

Valero Ubierna, C. y M. Ruiz Altisent (1998) Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. Revista Fruticultura profesional (95): 38-45.

Valero, D.; D. Matinez Romero y M. Serrano (2002) The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trens in food science and Thechnology* 13 (67): 228-234.

Velickova, E.; E. Winkelhausen ; S. Kuzmanova; V. Alves y M. Moldão Martins (2013) Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 52(2), 80-92.

Viale, s.; E. Guevara; L. Tamiozzo; M. Demaestri; A. Llanos Viale; R. Docampo; R. Pereyra; A. Vianco y J. Boehler (2014) Consumo y autoproducción de frutas y hortalizas para mejorar la salud y cuidar el ambiente. Ed. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Año 1 N° 1 Versión impresa ISSN 2408-4239. 22 p.

Villamón, D; M. Sapper; J.Giné-Bordonaba; A.Chiralt, Palou; L.Teixidó; N., R.Torres; y G. Pérez. (2018) Selección de recubrimientos comestibles para extender la vida útil de manzana y pera. *Frutas y hortalizas: innovación en pre-y post cosecha*: 130-132.

Villarreal, P. y A. Santagni (2005) Pautas tecnológicas: frutales de carozo. INTA Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Ediciones INTA Argentina. 120p.

Viuda Martos, M.; Y. Ruiz Navajas; J. Fernández López y J. Pérez Álvarez (2008) Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. *Food Control* 19: 1130–1138.

Woods, J. (1990) Moisture loss from fruits and vegetables. *Postharvest news and information* 1(3): 195-199.

Yommi, A.; C. Godoy; S. Horvitz y A. López Camelo (2002) Evolución de la calidad durante el crecimiento y maduración organoléptica en cerezas ‘New Star’, ‘Lapins’ y ‘Sweetheart’. *Boletín Técnico (INTA) N° 154*.

Yolanta, S. y B. Rivka (1995) *Aloe vera* gel activity against plant pathogenic fungi. *Postharvest Biology and Technology* 6: 159-165.

## ANEXOS

### ANEXO 1: publicaciones derivadas de la tesis

#### RESULTADOS PRELIMINARES DEL EFECTO DE RECUBRIMIENTO DE DURAZNERO VAR. FORASTERO CON DIFERENTES COBERTURAS COMESTIBLES

Tamiozzo<sup>1</sup>, L.; Viale<sup>1</sup>, S.; Llanos Viale<sup>1</sup>, A.; Guevara<sup>1</sup>, E.  
<sup>1</sup>Dpto. Producción Vegetal. FAV. UNRC. Argentina.  
 Email: lauravtamiozzo@gmail.com

Los recubrimientos comestibles son una matriz continua y delgada, que se estructura alrededor del fruto, lo que se logra generalmente por inmersión del mismo en la solución. Estas matrices pueden estar conformadas por polisacáridos, compuestos proteicos y lipídicos, solos o mezclados. Los recubrimientos comestibles actuarían como agentes protectores y estabilizadores de las características naturales del fruto, generando un efecto sinérgico sobre la vida en poscosecha de los mismos. El objetivo del trabajo es evaluar la vida poscosecha de durazno var. Forastero con diferentes recubrimientos comestibles. Para cumplir con los objetivos se utilizaron 3 tratamientos: 1- gel de aloe vera, 2- extracto de stevia, 3- mezcla de aloe vera y stevia. Se sumergieron 15 frutos en cada tratamiento, se secaron al aire y se colocaron en bandeja en heladera (0°C y 80% de humedad). Cada 5 días se registró el diámetro ecuatorial y longitudinal, peso, % color de cobertura, presión y sólidos solubles (SS). Resultados preliminares demostraron diferencias significativas en el peso y diámetros, siendo mejores con el recubrimiento mezcla. Firmeza y SS no presentaron diferencias significativas, sin embargo se observó una mayor firmeza con el recubrimiento mezcla, mientras que en los SS la respuesta fue errática. Se plantea continuar este ensayo en la temporada 2014/15, evaluando diferentes tratamientos de cobertura, modificando el tamaño muestral y repitiéndolo en distintas variedades; de manera que ello permita una mayor y mejor visualización del efecto de los recubrimientos sobre la vida poscosecha de los frutos de duraznero.



Tamiozzo, L.; Viale, S.; Llanos Viale, A. y E. Guevara. 2014. Resultados preliminares del efecto de recubrimiento de duraznero var. Forastero con diferentes coberturas comestibles. XXXVII Congreso Argentino de Horticultura: SR-TO (P-144). Mendoza, 23 al 26 de Septiembre de 2014.

**EFFECTO IN VITRO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE FRUTOS EN EL CRECIMIENTO DE COLONIAS DE *PENICILLIUM* SP.**

Tamiozzo L., Viale S. y Thuar, A.  
 Área Fruticultura. Dpto. P. Vegetal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. E-mail: ltamiozzo@ayv.unrc.edu.ar

Los duraznos son frutos climatéricos que tienen una vida poscosecha que varía de 1 a 5 semanas si son mantenidos en almacenajes apropiados. Uno de los principales factores de pérdida en poscosecha son las pudriciones producidas por hongos, entre ellos *Penicillium sp.*. Para reducir estas pérdidas de poscosecha se utilizan distintos compuestos como recubrimientos comestibles (RC), que constituyen una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor de los frutos. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto in vitro de tres recubrimientos comestibles sobre el crecimiento de colonias de hongos responsables de pudriciones en poscosecha de los frutos. Se utilizaron duraznos var *Elegant lady* que presentaban colonias de hongos, las cuales fueron identificadas como *Penicillium*. De las zonas de avance de las colonias presentes, se extrajeron trozos y se colocaron en cajas de Petri con agar a los que se les adiciono cada tratamiento a razón de 2,5 ml por caja con 9 repeticiones. Posteriormente se las incubo a 30°C durante 48 hs. Los tratamientos fueron 3 RC: Aloe vera, Stevia y Caléndula y el testigo sin recubrimiento. Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los RC y el testigo. El número de colonias promedio fue de 1; 1,1; 2 y 19,1 para Stevia, Caléndula, Aloe y Testigo respectivamente. Entre recubrimientos no hubo diferencias, sin embargo los tratamientos de mejor comportamiento fueron Stevia y Caléndula, mientras que Aloe presentó el doble de colonias. Esto demuestra el efecto positivo de los RC en el control de *Penicillium* en poscosecha.

**EFFECTO IN VITRO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE FRUTOS EN EL CRECIMIENTO DE COLONIAS DE *BOTRYTIS CINEREA***

Tamiozzo L., Viale S. y Thuar, A.  
 Área Fruticultura. Dpto. P. Vegetal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. E-mail: ltamiozzo@ayv.unrc.edu.ar

Las frutillas son frutos no climatéricos que presentan una elevada actividad respiratoria y una alta perecibilidad. La frutilla tiene una vida poscosecha muy corta de 7 a 10 días si es conservada a 2°C y 90% de humedad, lo que es resultado de su tasa respiratoria, su susceptibilidad a daños mecánicos y a la invasión de algunos hongos patógenos. En la poscosecha de la frutillas, el organismo más común es *Botrytis cinerea* causante de importantes pérdidas en los frutos. Para reducir estas pérdidas de poscosecha se utilizan distintos compuestos como recubrimientos comestibles (RC), que constituyen una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor de los frutos. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto in vitro de los recubrimientos comestibles sobre el desarrollo de colonias de *Botrytis*. Se utilizaron frutillas var. Albion que presentaban colonias de hongos, las cuales fueron identificadas como *Botrytis*. De las zonas de avance de las colonias presentes, se extrajeron trozos y se colocaron en cajas de Petri con agar a los que se les adiciono cada tratamiento a razón de 2,5 ml por caja con 9 repeticiones. Posteriormente se las incubo a 30°C durante 48 hs. Los tratamientos fueron 3 RC: Aloe vera, Stevia y Caléndula y el testigo sin recubrimiento. Los resultados muestran diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los tratamientos con menores recuentos de colonias: Stevia y Caléndula (0 y 0,22 colonias promedio), respecto a Aloe y el testigo que presentaron 1 a 1,1 colonias promedio por placa. Esto demuestra el efecto positivo de los RC a base de Stevia y Caléndula sobre el control de *Botrytis* en poscosecha.



Tamiozzo, L.; Viale, S. y A. Thuar. 2017. Efecto in vitro de recubrimientos comestibles de frutos en el crecimiento de colonias de *Botrytis cinérea*. XXI Jornadas Científicas: MC19. Sociedad de Biología de Córdoba. La Falda, Córdoba. 10 al 12 de agosto de 2017.

Tamiozzo, L.; Viale, S. y A. Thuar. 2017. Efecto in vitro de recubrimientos comestibles de frutos en el crecimiento de colonias de *Penicillium sp.* XXI Jornadas Científicas: MC21. Sociedad de Biología de Córdoba. La Falda, Córdoba. 10 al 12 de agosto de 2017.

**IN VITRO EFFECT OF EDIBLE COATINGS FOR FRUITS ON THE GROWTH OF *PENICILLIUM* SP COLONIES**

Tamiozzo L., Viale S. y Thuar, A.  
Area of Fruiticulture. Department of Plant Production.  
School of Agriculture and Veterinary. Universidad  
Nacional de Rio Cuarto. Argentina.  
E-mail: ltamiozzo@ayv.unrc.edu.ar

Peaches are climacteric fruits that have a post-harvest life ranging from 1 to 5 weeks if kept in proper storage. One of the main factors of post-harvest loss is rot caused by fungi, such as *Penicillium sp.* In order to reduce these post-harvest losses, different compounds are used as edible coatings (EC). They constitute a continuous, thin matrix, which is structured around the fruits. The objective of the study was to determine the in vitro effect of three edible coatings on the growth of fungal colonies responsible for postharvest rot of fruits. Elegant Lady peaches presenting fungal colonies identified as *Penicillium* were used. Portions were extracted from the area of bacterial growth and they were eventually placed in Petri dishes with Agar, adding each treatment at the rate of 2.5 ml per box with 9 replicates. They were then incubated at 30°C during 48 hours. The treatments consisted of three EC: Aloe Vera, Stevia and Calendula, as well as their control without coating. The results showed significant differences ( $p > 0,05$ ) among the EC and the control. The average number of colonies was of 1; 1,1; 2 and 19,1, for Stevia, Calendula, Aloe Vera and control, respectively. There were no differences among coatings. However, the treatments with better impact were Stevia and Calendula, while Aloe presented twice as many colonies. This demonstrates the positive effect of EC on post-harvest control of *Penicillium*.

**IN VITRO EFFECT OF EDIBLE COATINGS FOR FRUITS ON THE GROWTH OF *BOTRYTIS CINEREA* COLONIES**

Tamiozzo L., Viale S. y Thuar, A.  
Area of Fruiticulture. Department of Plant Production.  
School of Agriculture and Veterinary. Universidad  
Nacional de Rio Cuarto. Argentina.  
E-mail: ltamiozzo@ayv.unrc.edu.ar

Strawberries are non-climacteric fruits that exhibit high respiratory activity and high perishability. They have a very short postharvest life of 7 to 10 days if stored at 2°C and 90% humidity. This characteristic results from their respiratory rate, their susceptibility to mechanical damage and the invasion of some pathogenic fungi. During the postharvest treatment of strawberries, *Botrytis cinerea* is the most common organism causing significant fruit losses. To reduce these losses, different compounds are used as edible coatings (EC). They constitute a continuous, thin matrix that is structured around fruits. The objective of the study was to determine the in vitro effect of edible coatings on the growth of *Botrytis* colonies. The strawberries used were a variety of Albion, presenting colonies of fungi, identified as *Botrytis*. Portions were extracted from the area of bacterial growth and they were eventually placed in Petri dishes with Agar, adding each treatment at the rate of 2.5 ml. per box with 9 replicates. They were then incubated at 30°C for 48 hours. The treatments were three EC: Aloe Vera, Stevia and Calendula, as well as their control without coating. The results show significant differences ( $p > 0,05$ ) among the treatments with lower colonies counts: Stevia and Calendula (0 and 0.22 average colonies), with respect to Aloe and the control that had 1 to 1.1 colonies average per plate. This demonstrates the positive effect of ECs based on Stevia and Calendula on the control of *Botrytis* during postharvest periods.

Tamiozzo, L.; Viale, S. y A. Thuar. 2018. In vitro effect of edible coatings for fruits on the growth of *Botrytis cinerea* colonies. BIOCELL 42 (1) A70, p24. BIOCELL 42 (suppl. 1), 2018. ISSN 1667-5746 (online versión). La Falda - Córdoba- Argentina.

Tamiozzo, L.; Viale, S. y A. Thuar. 2018. In vitro effect of edible coatings for fruits on the growth of *Penicillium sp* colonies. BIOCELL 42 (1) A72, p25. BIOCELL 42 (suppl. 1), 2018. ISSN 1667-5746 (online versión). La Falda - Córdoba- Argentina.

