



Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha  
ISSN: 1665-0204  
rbaez@ciad.mx  
Asociación Iberoamericana de Tecnología  
Postcosecha, S.C.  
México

## Efecto de la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la calidad poscosecha de uvilla orgánica (*Physalis peruviana*)

Cuaspad Cuaical, Silvana; Moreno Guerrero, Carlota; Andrade-Cuvi, María José; Alcívar León, Christian David; Guerrero, María José

Efecto de la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la calidad poscosecha de uvilla orgánica (*Physalis peruviana*)

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 20, núm. 1, 2019

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562007>

## Efecto de la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la calidad poscosecha de uvilla orgánica (*Physalis peruviana*)

Effect of application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest quality of golden berry (*Physalis peruviana*)

Silvana Cuaspuð Cuaical  
Universidad UTE, Ecuador

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562007>

Carlota Moreno Guerrero  
Universidad UTE, Ecuador

María José Andrade-Cuvi  
Universidad UTE, Ecuador

Christian David Alcívar León <sup>1</sup>  
Universidad UTE, Ecuador  
[christian.alcivar@ute.edu.ec](mailto:christian.alcivar@ute.edu.ec)

María José Guerrero  
Universidad UTE, Ecuador

Recepción: 23 Abril 2019  
Aprobación: 14 Mayo 2019  
Publicación: 30 Junio 2019

### RESUMEN:

Se determinó la dosis y tiempo de exposición efectivos de 1-MCP como tratamiento poscosecha en uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) y se evaluó su efecto sobre la vida útil del fruto y características fisiológicas y fisicoquímicas durante el almacenamiento refrigerado. Se aplicaron dosis de 0,5, 1 y 1,5  $\mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP con tiempos de exposición de 6, 12 y 24 horas y posterior almacenamiento por 35 días a 4 °C. El tratamiento efectivo se seleccionó con base en pérdida de peso, índice de daño externo y porcentaje de decaimiento. Determinada la dosis efectiva, el estudio se complementó con la determinación de la tasa de respiración, producción de etileno, color, firmeza, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable e índice de madurez. Los resultados se compararon con uvilla orgánica sin tratamiento (fruto control). Los frutos tratados con 0,5 y 1,5  $\mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP en los diferentes tiempos de exposición, presentaban en general mayor deterioro que la uvilla orgánica expuesta a 1  $\mu\text{L/L}$  durante 12h y los frutos control. El tratamiento de uvilla orgánica con 1  $\mu\text{L/L}$  de 1-MCP durante 12h, extendió la vida útil del fruto por 14 días respecto a los controles. Se comprobó que el 1-MCP permite la disminución de la tasa respiratoria, menor producción de etileno, disminución de la pérdida de luminosidad, retención de firmeza sin afectar significativamente parámetros de calidad como el pH, acidez titulable, contenido de sólidos solubles y el *ratio* (SS/AT). El análisis global de resultados muestra que, bajo las condiciones de ensayo, la aplicación de 1,0  $\mu\text{L/L}$  de 1-MCP por 12 horas, puede recomendarse como tratamiento poscosecha efectivo, complementario a la refrigeración en vista que permite mantener la calidad de uvilla orgánica por más tiempo.

**PALABRAS CLAVE:** uvilla orgánica, 1-metilciclopropeno, poscosecha, tasa de respiración, etileno.

### ABSTRACT:

The dose and effective time of exposure of 1-MCP as post-harvest treatment was determined in organic golden berry (*Physalis peruviana*). In this sense, the effect on the shelf life of the fruit and physiological and physicochemical characteristics during refrigerated storage was evaluated. Doses of 0.5, 1 and 1.5  $\mu\text{L L}^{-1}$  of 1-MCP were applied with exposure times of 6, 12 and 24

### NOTAS DE AUTOR

- <sup>1</sup> Universidad UTE, Facultad Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Centro de Investigación de Alimentos (CIAL). Av. Occidental y Mariana de Jesús, CP EC170129 Quito-Ecuador. \*[christian.alcivar@ute.edu.ec](mailto:christian.alcivar@ute.edu.ec)

hours and subsequent storage for 35 days at 4 ° C. The effective treatment was selected taking into account the weight loss, external damage index and decay percentage. Once the effective dose was determined, the study was complemented with the determination of the respiration rate, ethylene production, color, firmness, total soluble solids, pH, titrable acidity and maturity index. Moreover, the results are compared with organic golden berry without treatment. The treatment with doses 0.5 and 1.5  $\mu\text{L L}^{-1}$  of 1-MCP in the different exposure times showed greater deterioration than the organic golden berry exposed to 1  $\mu\text{L / L}$  for 12h and the control fruit. Therefore, the organic golden berry treated with 1  $\mu\text{L / L}$  of 1-MCP for 12h increased the shelf life by 14 days respect to the control fruit. In these sense, 1-MCP trigger a decrease of respiratory rate, ethylene production, loss of luminosity. Thus, was observed retention of firmness without significantly affecting quality parameters such as pH, titrable acidity, soluble solids content and the ratio (SS / AT). The results suggest that the application of 1  $\mu\text{L / L}$  of 1-MCP during 12h over organic golden berry, could recommend as post-harvest treatment that complement the storage by refrigeration due that increased the shelf life by 14 days and keep the physiological and physicochemical characteristics.

**KEYWORDS:** golden berry, 1-methylcyclopropene, postharvest, respiration rate, ethylene.

## INTRODUCCIÓN

*Physalis peruviana* conocida como uvilla en Ecuador, es un fruto climatérico perteneciente a la familia de las *solanáceas* cultivada en la sierra centro-norte del país. Dentro del género *Physalis* se han identificado alrededor de 80 variedades principalmente en estado silvestre (Cedeño y Montenegro, 2004). El arbusto *P. peruviana* puede crecer hasta los 1,8 m presenta un fruto de forma ovoide, con un diámetro entre 1,25 y 2,50 cm, 4 y 10 g de peso, que contiene entre 100 a 200 semillas en su interior. Esta baya que en su grado de madurez óptimo presenta un color amarillo tiene un cáliz o canasta que protege al fruto a lo largo de su desarrollo (M. F. Ramadan y Mörsel, 2003). El fruto *P. peruviana* que se ha utilizado durante siglos por las poblaciones nativas de la zona andina, ha ganado notoriedad en recientes años debido a características nutricionales valiosas, como altos niveles de vitamina K1, aminoácidos como cistina / metionina, histidina y tirosina / fenilalanina y ácidos grasos como oleico y linoleico (M. F. Ramadan y Mörsel, 2003), así como también potencial bioactividad (Campos, Chirinos, Gálvez Ranilla, y Pedreschi, 2018). En este sentido, extractos de *P. peruviana* han demostrado beneficios para la salud atribuidos a compuestos bioactivos presentes en su composición, como actividad anti-hepatotóxica, antiinflamatoria, anti-ulcerosa, efectividad en disminuir el colesterol e inducción de apoptosis en células humanas Hep G2 (Wu et al., 2004; Wu et al., 2006; Yang, Addona, Nair, Qi, y Ravikumar, 2003). Por otra parte, las atractivas características nutricionales de diversos frutos exóticos, representan un mercado emergente y de creciente importancia (M. Ramadan y Morsel, 2004). Por lo tanto, se han ampliado los mercados internacionales para frutas exóticas, donde se invierte una considerable cantidad de recursos para mejorar el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, se descuida el tratamiento postcosecha del fruto para mejorar su vida útil (Hassanien y Fawzy, 2008). Particularmente, Ecuador mostró exportaciones de *P. peruviana* que reflejan un crecimiento del 1.29 % a partir del año 2002 y un incremento en ventas en 2010 hasta 334.4 mil dólares (Pro-Ecuador, 2010). Por lo tanto, al ser *P. peruviana* una fruta perecedera por ser climatérica y de vida útil corta, se producen cuantiosas pérdidas postcosecha (Benavides y Cuasqui, 2008). Estudios sitúan las pérdidas de productos frescos que oscilan entre 25 a 50%, debido a factores como una inadecuada logística comercial, cosecha, transporte y almacenamiento (FAO, 2014).

Hace más de dos décadas se realizaron los primeros estudios sobre la fisiología y mecanismos bioquímicos involucrados en la maduración de la uvilla como una base para su manejo poscosecha con el fin de mantener niveles óptimos de calidad. Trincherro, et al. (1999) demostró que la uvilla es un fruto altamente perecible debido a un impresionante incremento en la síntesis de etileno y su alta tasa de respiración producidos durante la maduración. Por lo que es necesario evaluar el uso de tecnologías que reduzcan la tasa de respiración y la producción de etileno, mantener la firmeza y retrasar el decaimiento producido por microorganismos.

En este sentido, la aplicación de 1-MCP, clasificado como regulador de crecimiento de la planta e inofensivo para el humano, está relacionado principalmente con el retraso en la maduración de la fruta

(Guillén, 2009). Estudios muestran una dosis efectiva a concentraciones bajas (ppm) con una actividad no tóxica (Calvo, 2004).

Numerosos estudios demuestran la efectividad de 1-MCP para mantener la firmeza, retrasar la maduración y pérdida de color, producir disminución en la astringencia, disminuir los niveles de abscisión de hojas y frutos cítricos, reducir el decaimiento, disminuir la producción de etileno, retrasar la aparición de síntomas de daño por frío, en frutos como manzanas, mango, pera, caqui, higos, mangostinos y naranjas (Besada, Arnal, y Salvador, 2008; Burns, 2008; Elfving, Drake, Reed, y Visser, 2007; Freiman, Rodov, Yablovitz, Horev, y Flaishman, 2012; Lerslerwong, Rugkong, Imsabai, y Ketsa, 2013; Varanasi, Shin, Johnson, Mattheis, y Zhu, 2013; Villalobos, Biasi, Flores, Elkins, y Willits, 2010). Asimismo, se han observado efectos adversos como pérdidas de compuestos volátiles, pardeamiento interno, decaimiento y alteraciones en la textura de la pulpa (Blankenship y Dole, 2003; Valero y Serrano, 2010; Watkins, 2006). Los efectos beneficiosos como resultado de tratamientos con 1-MCP se han encontrado con diferentes dosis (entre 0,001 - 100  $\mu$ L/L) y tiempos de duración de exposición (entre 1 hasta 48 horas). Estas condiciones deben ser determinadas para cada producto tomando en cuenta factores como grado de madurez, variedad, época de cosecha, entre otros.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la dosis y tiempo de exposición efectivos como tratamiento poscosecha en uvilla orgánica y evaluar su efecto sobre la vida útil del fruto y las características fisiológicas y fisicoquímicas durante el almacenamiento refrigerado.

## METODOLOGÍA

**Materia prima:** Se utilizó uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) cosechada en Tabacundo (0.0411° N, 78.2077° W), cantón Pedro Moncayo, norte de la provincia de Pichincha, Ecuador. Los frutos recién cosechados con grados de madurez 4 y 5 (100% de desarrollo de color superficial amarillo) se trasladaron hasta los laboratorios del Centro de Investigación de Alimentos (CIAL) de la Universidad UTE. Se retiró el cáliz (capuchón) que protege a la fruta y se descartaron aquellos frutos que presentaban daños físicos. Posteriormente los frutos seleccionados, se lavaron y desinfectaron utilizando una solución de cloro (100 ppm) y finalmente se secaron a temperatura ambiente.

**Selección de la dosis efectiva de 1-Metilciclopropeno (1-MCP):** Se realizaron ensayos con diversas concentraciones de 1-MCP. Los frutos previamente acondicionados se colocaron en bandejas plásticas PET perforadas y se dividieron en dos grupos: frutos control (sin ningún tratamiento) y tratados (con 1-MCP). El tratamiento poscosecha se realizó introduciendo los frutos en cámaras herméticas y posteriormente liberando 1-MCP en estado de gas con la adición de 5 ml de agua destilada estéril. Se aplicaron concentraciones de: 0,5; 1,0 y 1,5 mL/L de 1-MCP (producto comercial EthylBloc, con 0,014% de ingrediente activo) que se mantuvieron a 8°C durante 6, 12 y 24 horas.

Tanto las frutas tratadas como controles se almacenaron a 4 °C durante 35 días. Se retiraron tres bandejas de la cámara de almacenamiento a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días para analizar pérdida de peso, índice de daño externo y porcentaje de decaimiento. La evaluación preliminar permitió establecer el tratamiento más efectivo (concentración y tiempo de exposición). Posteriormente se repitió el experimento para confirmar el efecto de 1-MCP sobre la calidad de uvilla y los análisis se complementaron con la determinación de pH, acidez titulable y sólidos solubles, color superficial, producción de etileno, tasa de respiración y firmeza. El experimento se realizó por duplicado.

### Determinaciones analíticas:

**Pérdida de peso (PP):** Se pesó cada bandeja al inicio y al final de cada período de almacenamiento. Los resultados fueron expresados como porcentaje de pérdida de peso en relación con el peso inicial.

**Índice de daño externo (IDE):** Los frutos fueron evaluados visualmente en cada día de muestreo. Se consideraron los siguientes parámetros: depresiones en la piel, apariencia general y manchas superficiales. Se utilizó una escala subjetiva de 1 a 4, donde: 4=daño severo, 3=daño moderado, 2=daño ligero y 1=sin daño.

**Porcentaje de decaimiento:** Se registró el número de frutos que presentaron desarrollo fúngico visible. Los resultados se expresaron como porcentaje de decaimiento según la ecuación:  $\text{decaimiento (\%)} = (\text{Fd} / \text{Ft}) \times 100$ . Donde, Fd = número de frutos dañados por bandeja y Ft = Número total de frutos por bandeja

**Tasa de respiración (TR):** Se empleó el método de atmósfera confinada. Se midió un valor inicial de  $\text{CO}_2$  y luego de una hora, se evaluó la acumulación de  $\text{CO}_2$  de cada recipiente. Las mediciones se realizaron por duplicado, utilizando un analizador de gases Checkpoint  $\text{O}_2/\text{CO}_2$  marca PBI Dansensor, modelo GC2028. Se calculó mediante la ecuación:  $\text{TR} = (\text{P} \cdot \text{V} \cdot \text{Pmco}_2 \cdot \Delta \text{CO}_2) / (\text{r} \cdot \text{T} \cdot \text{t} \cdot \text{m})$

Donde, P = presión atmosférica [atm]; V = volumen del recipiente [L]; = Peso molecular  $\text{CO}_2$  [g/mol];  $\text{DCO}_2$  = diferencia entre el porcentaje de  $\text{CO}_2$  producido en una hora; R = constante universal de los gases [0,082 atm.L/K]; T = temperatura de almacenamiento [K]; t = tiempo de medición [h]; m = masa de la muestra [kg]. Los resultados se expresan como  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$

**Tasa de producción de etileno:** Se utilizó el método de atmósfera confinada. Se registró la acumulación de etileno luego de una hora, se empleó un equipo analizador de etileno marca Bioconservación. Los resultados se expresaron en  $\text{mg C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  y los ensayos se realizaron por duplicado.

**Firmeza:** Se midió empleando un penetrómetro de frutas (Tr Italy) con una punta de 0,2 cm de diámetro. Los resultados se expresaron como Newton (N).

**Color superficial:** Se midió el color superficial de 30 frutos tomados al azar, utilizando la escala CIE  $L^*a^*b^*$ , mediante un colorímetro de superficie (Konica Minolta, modelo Chroma Meter CR 400). Se determinaron los parámetros de color:  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (color amarillo-azul) y  $b^*$  (color rojo-verde) y se calculó la cromaticidad o saturación (C) según la ecuación  $\text{Cr}^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$  y el ángulo Hue según la ecuación  $^{\circ}h = \arctan (b^*/a^*)$ .

**Sólidos solubles (SS):** Se utilizó un refractómetro digital (marca Boeco), colocando dos gotas de zumo de cada muestra. Los resultados se expresaron en  $^{\circ}\text{Brix}$ .

**pH:** Se utilizó un potenciómetro (marca Milwaukee) y se realizó las medidas por inmersión del electrodo en la solución.

**Acidez titulable (AT):** Se tomó 10 ml de la muestra y se añadió 90 ml de agua destilada, esta solución fue titulada con NaOH al 0,1N hasta alcanzar un pH de 8,2 – 8,3. El resultado fue expresado como meq  $\text{H}^+$ /kg de muestra

*Ratio* : Se calculó con la relación entre los SS y la AT.

**Análisis estadístico:** Se utilizó un diseño completamente al azar con un solo factor. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza. Las medias se compararon con la prueba LSD con una significancia de 0,05, usando el software estadístico Infostat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### I. Selección de la dosis efectiva de 1-Metilciclopropeno (1-MCP)

Se evaluó el efecto de tres concentraciones de 0,5; 1,0 y 1,5 mL/L de 1-MCP en frutos de uvilla expuestos durante 6, 12 y 24 h con el fin de seleccionar una dosis efectiva. La Tabla 1 muestra el efecto del tratamiento poscosecha en el porcentaje de pérdida de peso, índice de deterioro externo y el porcentaje de decaimiento de la fruta a lo largo de 35 días de almacenamiento.



TABLA 1

Pérdida de peso (%), índice de daño externo y decaimiento (%) de uvilla control y tratada con 1-MCP (0,5; 1,0 y 1,5  $\mu\text{L/L}$  durante 6, 12 y 24 horas) almacenada a 4°C durante 35 días

Parámetro	Días (4°C)	Tratamientos									LSD	
		Control	1-MCP (0,5 µL/L)			1-MCP (1,0 µL/L)			1-MCP (1,5 µL/L)			
			6h	12h	24h	6h	12h	24h	6h	12h	24h	
Pérdida de peso (%)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
	7	1,99	2,14	1,95	2,2	2,39	1,81	2,19	2,79	2,36	2,42	
	14	4,10	4,35	3,68	4,37	4,53	3,9	4,41	5,03	4,34	4,91	
	21	6,18	6,29	6,04	6,46	6,54	5,93	6,54	7,14	6,53	7,43	
	28	8,47	8,4	8,02	8,75	8,71	8,15	8,73	9,31	8,81	9,97	
	35	9,92	9,75	9,33	10,20	10,08	9,52	10,08	10,62	10,22	11,64	
Índice de daño externo	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
	7	1,39	1,07	1,42	1,38	1,39	1,37	1,43	1,41	1,47	1,45	
	14	1,51	1,54	1,56	1,49	1,58	1,56	1,57	1,63	1,43	1,52	
	21	1,79	1,87	2,08	1,84	1,89	1,87	1,74	1,87	1,79	1,78	
	28	2,95	2,73	2,94	2,91	2,47	2,95	2,93	2,36	2,79	3,12	
	35	3,43	3,07	3,26	3,36	2,81	3,29	3,31	2,67	3,24	3,52	
Decaimiento (%)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,60
	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	21	15,14	4,77	7,65	7,42	6,98	5,93	4,48	3,57	6,07	4,54	
	28	22,71	18,87	25,39	21,62	20,45	18,19	23,35	21,74	20,95	25,48	
	35	29,13	25,20	28,78	27,62	25,71	26,67	28,22	28,69	25,04	31,24	

En general, el tratamiento con 1-MCP disminuyó la pérdida de peso respecto a los frutos control. Los menores valores de pérdida de peso fueron de 9,33 y 9,55 % correspondientes a los frutos tratados con 0,5  $\mu\text{L/L}$  (12h) y 1,0  $\mu\text{L/L}$  (12h), respectivamente. En contraste, los resultados sugieren que la utilización de concentraciones elevadas de 1-MCP durante tiempos de exposición largos produce mayor pérdida de peso respecto a frutos control y demás tratamientos. Por ejemplo, los frutos tratados con 1,5  $\mu\text{L/L}$  (24h) alcanzaron una pérdida de peso de 11,6 % en el día 35 a diferencia de los controles cuya pérdida de peso fue de 9,92%. Estudios similares indican que uva de mesa Princess expuesta a dosis de 1-MCP de 250, 500 y 750 ppm demostraron que la mayor pérdida de peso se produjo con el tratamiento de 750 ppm (Castro, García, Mercado, Luchsinger, y Báez, 2012). El efecto se atribuye a la formación de enlaces de 1-MCP con receptores de etileno, que induce la disminución de la tasa respiratoria, concomitantemente afectando a la pérdida de agua (Guillén et al., 2006).

Por otro lado, se observó que 1-MCP retardó el apareamiento de manchas, punteados, pérdida de brillo, arrugas y desarrollo visible de hongos, presentándose daños severos a partir de los 21 días de almacenamiento en todos los tratamientos, excepto en los frutos tratados con 1,0  $\mu\text{L/L}$  (6h) y 1,5  $\mu\text{L/L}$  (6h) que presentaron índices de daño de 2,81 y 2,67 a los 35 días de almacenamiento a 4°C (figura 1), correspondientes a daño ligero-moderado. A los 35 días de almacenamiento los frutos control alcanzaron un índice de deterioro de 3,43 (daño moderado-severo). Se ha comprobado la efectividad del 1-MCP para reducir el deterioro en manzanas y peras donde este tratamiento inhibió o retrasó algunos trastornos externos como el escaldado superficial (Watkins, 2008) y redujo la susceptibilidad de los frutos a magulladuras, o daños mecánicos debido a una mayor firmeza de los tejidos vegetales (Guillén, 2009) que estaría relacionado con un tipo de inhibición enzimática producida por el 1-MCP que reduce la degradación de los tejidos (S.A.U., 2013).

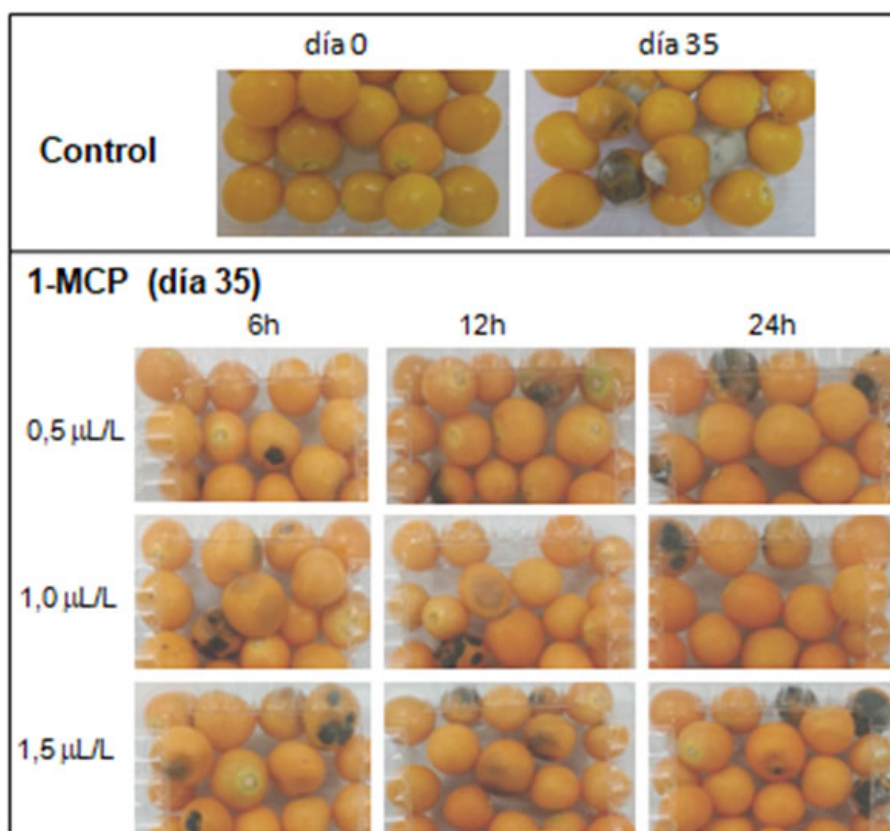


FIGURA 1

Apariencia externa de frutos de uvilla control y tratados con 1-MCP (0,5; 1,0 y 1,5 mL/L expuestos durante 6, 12 y 24 horas) después de 35 días de almacenamiento refrigerado (4°C)

En cuanto al control del decaimiento durante el almacenamiento, a partir del día 21 se encontró mayor desarrollo fúngico en los controles (15%) respecto a todos los tratamientos que presentaron un rango entre 4 y 8%. Para el día 35, en los frutos control el 29% de los frutos presentó desarrollo fúngico mientras que en los tratados este valor se vio reducido entre 25 y 28% para todos los tratamientos, excepto aquellos tratados con 1,5 µL/L (24h) donde el 31% de frutos presentaban deterioro causado por hongos. Existen estudios que demuestran que 1-MCP favorece el control de microorganismos en frutos debido a que actúa sobre ciertas enzimas (como la poligalacturonasa) que son secretadas por patógenos por lo tanto la degradación de las paredes celulares se vería reducida (Chiriboga, Schotsmans, Larrigaudiere, y Recasens, 2014). Sin embargo, otros estudios indican que el tratamiento con 1-MCP no tiene acción fungicida y por el contrario induce el daño en el producto (Osuna, Cáceres, Montalvo, Mata, y Tovar, 2007).

Los análisis realizados indicaron que el tratamiento con 1-MCP permitió obtener frutos con mejor calidad visual y menor pérdida de peso con la combinación de dosis de 1,0 mL/L durante 12 horas. Por lo tanto, la dosis y tiempo antes mencionado se seleccionó como tratamiento efectivo y sobre estas condiciones se complementaron los análisis comparados con frutos control, según se describe a continuación.

## II. Análisis del efecto de la aplicación de 1-MCP (1,0 $\mu$ L/L durante 12h) en las características fisiológicas y fisicoquímicas de uvilla durante el almacenamiento refrigerado

**Tasa de Respiración (TR) y producción de etileno** .- La uvilla pertenece al grupo de los frutos climatéricos (Valdengero, Fuentes, Herrera, y Moya, 2012); en estos se produce un incremento en la TR y producción de etileno después del comienzo de la maduración (Paliyath et al., 2018) y su regulación por efecto de tratamientos poscosecha es una estrategia comúnmente utilizada para alargar la vida útil de productos frutihortícolas.

Como se muestra en la figura 2A, la aplicación del tratamiento con 1-MCP (1,0 mL/L-12h) incrementó en un 70% la TR respecto a los controles (día 0). Esta diferencia, aunque en menor proporción, se mantuvo hasta el día 21 de almacenamiento. A partir de este tiempo, los frutos control mostraron un incremento en su TR presentando valores 22 y 30 % mayores a los frutos tratados, para los días 28 y 35, respectivamente. Según lo demuestran diversos estudios, el 1-MCP puede reducir, aumentar o no afectar la TR de productos frutihortícolas y dependerá de la especie (Watkins, 2008) y debe ser evaluado en cada producto como una respuesta al tratamiento.

En cuanto a la producción de etileno (figura 2B), esta no se vio afectada por el tratamiento con 1-MCP hasta el día 14. En el día 21 se encontró un notable incremento tanto en frutos tratados como controles, estos últimos presentaron valores 1,9 veces mayores a los frutos tratados. Posteriormente la producción de etileno disminuyó en ambas muestras y para el día 35 nuevamente se incrementó presentando valores similares a los frutos tratados en el día 28, sin encontrarse diferencia significativa entre las muestras.



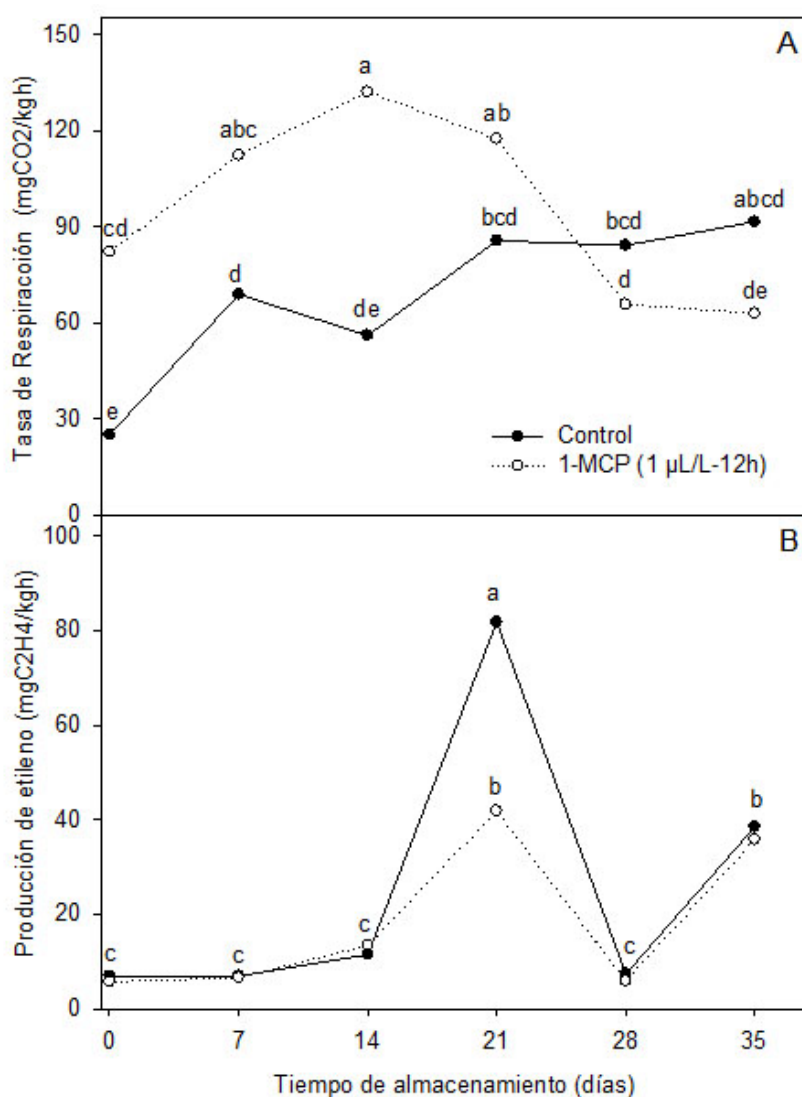


FIGURA 2

(A) Tasa de respiración y (B) producción de etileno en uvilla orgánica control y tratada con 1-MCP (1,0 mL/L-12h) durante el almacenamiento a 5°C.

Letras diferentes indican diferencias de acuerdo al test  $LSD_{TR}=38.7$  y  $LSD_{etileno}=22.3$  con un nivel de significancia de  $p<0,05$

A tiempos medios de almacenamiento, el tratamiento poscosecha con 1-MCP disminuye la producción de etileno. Este comportamiento sería resultado de la competencia del 1-MCP con los receptores de etileno retrasando, disminuyendo o inhibiendo su producción y acción. De esta forma se reducen los niveles de enzimas hidrolíticas causantes de la degradación de los tejidos vegetales (Chiriboga, Soria, Larrigaudiere, y Recasens, 2008; Serna, Dussan, y Ayala, 2013; Torres, Ayala, y Serna, 2012) y consecuentemente los frutos tratados presentan una mejor calidad en concordancia a lo observado en la evolución del índice de deterioro de fruto. Estudios similares llevados a cabo en peras y manzanas almacenadas a 5 °C demuestran también que el 1-MCP disminuye la producción de etileno y alarga la vida útil de estos productos (Villalobos, Biasi, Mitcham, y Holcroft, 2011; Zoffoli, 2009).

**Firmeza.** - Inmediatamente después del tratamiento con 1-MCP no se encontró diferencia significativa en la firmeza comparada con los frutos control. Como se observa en la figura 3, la firmeza de los frutos control en el día 0 fue de 2,44 N y se observó una reducción de 1,10 unidades para el día 35 (pérdida de firmeza del 45%). Mientras que en los frutos tratados, que presentaron una firmeza inicial de 2,29 N, se encontró una

disminución de 0,30 unidades en el día 35 (pérdida de firmeza del 13%). El tratamiento permitió a tiempos largos de almacenamiento (día 35) obtener frutos con un 32% mayor firmeza que los controles. Diversos estudios demuestran que la aplicación del 1-MCP favorece para mantener una mayor firmeza respecto a frutos no tratados (Muy et al., 2009; Tonetto, Sautter, Silveira, y Brackmann, 2007). Este efecto estaría relacionado con la regulación en la producción de etileno que a su vez influye en las actividades de enzimas hidrolasas como poligalacturonasa,  $\beta$ -galactosidasa II, pectinmetilesterasa,  $\alpha$ -arabinofuranosidasa, entre otras, responsables de la hidrólisis de la pectina y en consecuencia con cambios en la textura (suavidad) de la fruta (Trinchero et al., 1999).

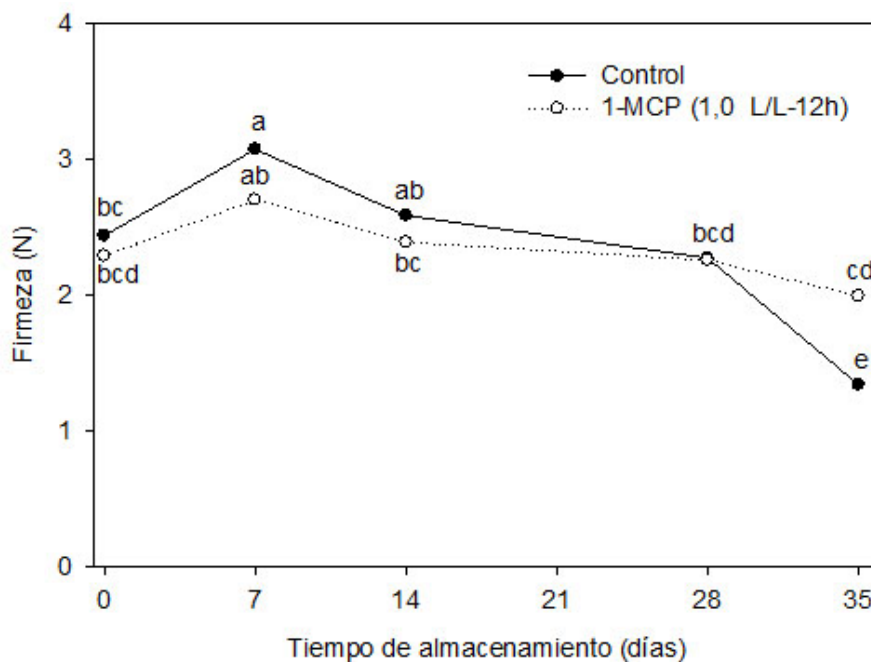


FIGURA 3  
Firmeza de uvilla orgánica control y tratada con 1-MCP (1,0 mL/L-12h) durante el almacenamiento a 5°C.

Letras diferentes indican diferencias de acuerdo al test LSD=0,552 con un nivel de significancia de  $p < 0,05$

**Color superficial** .- La Tabla 2 muestra los cambios producidos en los parámetros de color  $L^*$ , Hue y Croma de los frutos control y tratados a lo largo de los 35 días de almacenamiento. Los valores de iniciales de  $L$ , Hue y  $Cr^*$  corresponden a frutos cosechados con un grado de madurez 5 (correspondiente a su madurez comercial). En el día 0 se observó un valor de  $L=56$  que se incrementó significativamente ( $L=61$ ) hasta el final de almacenamiento (día 35). No obstante, las diferencias entre los valores de  $L^*$  de los frutos control y tratados no fueron significativas. El incremento de  $L^*$  indica que el color naranja de la uvilla se vuelve más brillante durante el almacenamiento. Por el contrario, el ángulo Hue presentó una ligera disminución tanto en frutos tratados como controles (se observó una variación de 2 unidades entre los días 0 y 35) y tampoco se encontró diferencia significativa entre las muestras. En tanto que los valores de  $Cr^*$  se mantuvieron estadísticamente similares ( $Cr^* \approx 42-43$ ) durante el periodo de ensayo. Es decir que la tonalidad (Hue) y viveza ( $Cr^*$ ) del color naranja no se vieron afectados por el tratamiento ni por el tiempo de almacenamiento.

TABLA 2  
Parámetros de color L\*, Hue y Croma de uvilla control y tratada  
con 1-MCP (1,0 µL/L- 12h) almacenada a 4°C durante 35 días

Días	L*		Hue		Croma	
	C	T	C	T	C	T
0	56,2±2,0 <sup>e</sup>	56,3±2,8 <sup>e</sup>	75,1±1,6 <sup>b</sup>	76,8±2,3 <sup>a</sup>	43,1±3,1 <sup>a</sup>	42,3±3,0 <sup>ab</sup>
7	65,3±2,6 <sup>a</sup>	65,8±2,3 <sup>a</sup>	74,2±2,1 <sup>c</sup>	73,4±2,2 <sup>c</sup>	40,1±3,1 <sup>c</sup>	39,4±2,9 <sup>cd</sup>
14	59,1±2,4 <sup>d</sup>	61,8±2,6 <sup>b</sup>	74,6±1,7 <sup>bc</sup>	73,9±2,0 <sup>c</sup>	43,9±4,3 <sup>a</sup>	40,9±2,6 <sup>bc</sup>
21	60,2±2,7 <sup>cd</sup>	61,1±2,2 <sup>bc</sup>	74,3±1,5 <sup>bc</sup>	73,9±2,0 <sup>c</sup>	44,3±4,5 <sup>a</sup>	39,7±4,3 <sup>c</sup>
28	59,5±2,7 <sup>d</sup>	59,3±3,3 <sup>d</sup>	73,8±1,9 <sup>c</sup>	74,2±2,7 <sup>c</sup>	36,9±4,5 <sup>e</sup>	37,9±4,2 <sup>de</sup>
35	61,1±4,1 <sup>bc</sup>	61,5±3,2 <sup>bc</sup>	73,9±1,4 <sup>c</sup>	74,3±2,0 <sup>bc</sup>	43,8±4,9 <sup>a</sup>	43,6±3,9 <sup>a</sup>
LSD	1,43		1,03		1,99	

Letras diferentes indican diferencias de acuerdo al test LSD con un nivel de significancia de  $p < 0,05$

Al igual que en el presente estudio, los resultados de Bagnato, et al. (2003), mostraron que los parámetros de color analizados fueron similares entre frutos de banano tratados con 1-MCP y los controles. Mientras que (Jeong, Huber, y Sargent, 2003; Olmo y Fernández, 2007; Woolf et al., 2005), reportaron que el tratamiento con 1-MCP produjo ligeros cambios en el color de la piel de albaricoque y aguacate, respectivamente. El efecto del 1-MCP sobre el retraso o reducción de cambios de color o el metabolismo de pigmentos como clorofila, carotenoides y antocianinas, se hace más evidente cuando este es aplicado en frutos que aún no han alcanzado su madurez comercial, tal como lo demuestran estudios realizados en tomate (Mir, Canoles, Beaudry, Baldwin, y Pal Mehla, 2004), fresas (Jiang, Joyce, y Terry, 2001), pepinos (Nilsson, 2005), entre otros. Por ello es necesario evaluar el efecto del 1-MCP en frutos con diferentes cultivares y grados de madurez, así como determinar si el tratamiento retrasa pero no inhibe de forma irreversible los procesos involucrados en la síntesis de pigmentos (Valero, Guillén, Valverde, Castillo, y Serrano, 2016).

**pH, sólidos solubles, acidez titulable y *ratio*.** - Los cambios en los valores de AT, SS, *ratio* y pH durante en el almacenamiento de frutos tratados con 1-MCP fueron variables, ya que estos, en conjunto pueden verse incrementados, reducidos o no afectarse por el tratamiento y dependerán de la variedad, grado de madurez o de diferentes condiciones experimentales utilizadas (Valero et al., 2016). En la figura 4 se puede observar que durante el almacenamiento se produjeron ligeros cambios en los parámetros de calidad analizados. La AT se mantuvo constante durante el periodo de ensayo (figura 4A), únicamente en el día 35 se produjo una ligera disminución en los frutos tratados presentando diferencia significativa con los controles (con valores de 1,58 y 1,31 para frutos control y tratados, respectivamente). Al igual que en el presente estudio, el 1-MCP como tratamiento poscosecha en albaricoque no ejerció efecto sobre la AT (Olmo y Fernández, 2007).

Por otro lado, el contenido de SS (figura 4B) varió de un valor inicial de 12,5% y 11,5% para frutos control como tratados (respectivamente) que disminuyó alcanzando al final del almacenamiento (día 35) un valor similar en las muestras (9,5%). Resultados similares se encontraron en guanábana tratada con 1-MCP y almacenados durante 12 días (Tovar, Mata, García, y Montalvo, 2011). En contraste a lo ocurrido en pitahaya amarilla (Serna et al., 2013). En frutos climatéricos como la uvilla, se produce un incremento del *ratio* durante la maduración que está relacionado con el incremento de la tasa respiratoria y existe una reducción del contenido de ácidos orgánicos como respuesta al incremento del metabolismo (Hernández, 2001). Osterloh, Ebert, Held, Schulz, y Urban (1996), explican que la importancia de la determinación del *ratio* en relación al contenido de azúcares y de ácidos que debería ser elevada para satisfacer el gusto del consumidor. En este sentido, al haber realizado el ensayo con uvilla madura, podría decirse que el tratamiento con 1-MCP no afecta el *ratio* de la uvilla (figura 4C) y permite obtener a tiempos largos de almacenamiento un fruto con mejores características de calidad respecto a los controles.

En cuanto al pH de la uvilla (figura 4D), se encontraron valores entre 3,1 y 3,8 entre el día 0 y 35 de almacenamiento, tiempo en el que se produjo un incremento de 0,6 unidades tanto para frutos control como tratados, sin diferencias significativas entre las muestras. Normalmente se observan cambios significativos en el pH durante la maduración de los frutos (Mejía et al., 2012; Pinzón, Fischer, y Corredor, 2007), mientras que durante el periodo poscosecha este valor suele mantenerse estable o con muy ligeras variaciones.

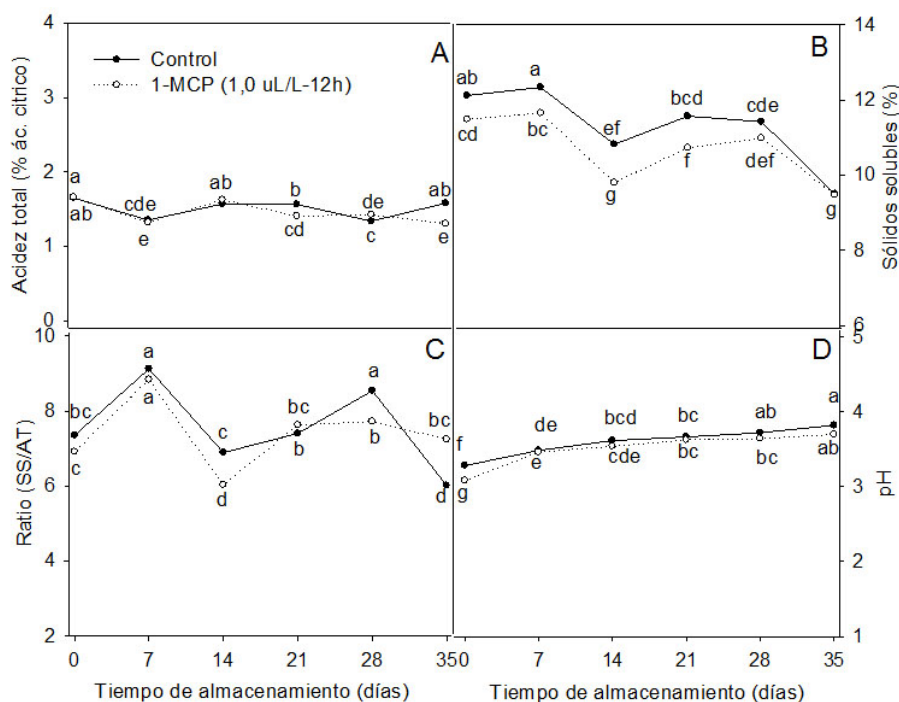


FIGURA 4

Acidez titulable (a), sólidos solubles (b), *ratio* (c) y pH (d) e índice de madurez en uvilla control y tratada con 1-MCP (1,0  $\mu$ L/L-12h) almacenada a 4°C durante 35 días

Letras diferentes indican diferencias de acuerdo al test LSD<sub>55</sub>=0,5;

AT=1,1; *Ratio*=0,1; pH= 0,1 con un nivel de significancia de P<0,05

## CONCLUSIONES

La exposición de la uvilla al 1-MCP en altas concentraciones por tiempos prolongados afecta la calidad de la fruta, acelerando su deterioro incluso a niveles superiores a los frutos sin tratamiento, por lo que es necesario determinar el tratamiento adecuado (concentración y tiempo) que permita mantener características de calidad deseables para cada fruto. El tratamiento de uvilla con 1,0  $\mu$ L/L de 1-MCP por 12 horas permitió obtener frutos con menor pérdida de peso, menor índice de deterioro y decaimiento permitiendo extender su vida útil 14 días respecto a los frutos control. Los cambios en las características fisicoquímicas y fisiológicas observados durante el almacenamiento demuestran que el 1-MCP influye sobre el metabolismo de la uvilla al producir disminución de la tasa respiratoria, menor producción de etileno, disminución de la pérdida de luminosidad, retención de firmeza sin afectar significativamente parámetros de calidad como el pH, acidez titulable, contenido de sólidos solubles y el *ratio* (SS/AT). De modo que, la aplicación de 1,0  $\mu$ L/L de 1-MCP por 12 horas, bajo las condiciones de estudio, puede recomendarse como tratamiento poscosecha efectivo para uvilla orgánica cosechada en grado de madurez 5 y conservada en refrigeración (4°C).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bagnato, N., Barret, R., Sedgley, M., y Klieber, A. (2003). The effects on the quality of Cavendish bananas, which have been treated with ethylene, of exposure to 1-methylcyclopropene. *Intl J Food Sci Technol*, 23, 745-750.
- Benavides, P. E., y Cuasqui, L. E. (2008). Estudio del Comportamiento poscosecha de la uvilla (*Physalis peruviana*) sin capuchón. Universidad Técnica del Norte. Ecuador,
- Besada, C., Arnal, L., y Salvador, A. (2008). Improving storability of persimmon cv. Rojo Brillante by combined use of preharvest and postharvest treatments. *Postharvest Biol. Technol*, 50, 169-175.
- Blankenship, S., y Dole, J. (2003). 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol*, 28, 1-25.
- Burns, J. (2008). 1-Methylcyclopropene applications in preharvest systems: focus on Citrus. *HortScience*, 43, 112-114.
- Calvo, G. (2004). Efecto del 1-metilciclopropeno (1-mcp) en peras cv, Williams cosechadas con dos estados de madurez. *REVISTA DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS*, 33, 24.
- Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., y Pedreschi, R. (2018). Chapter Eight - Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. In F. Toldrá (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 84, pp. 287-343): Academic Press.
- Castro, R., García, J., Mercado, J., Luchsinger, L., y Báez, R. (2012). CALIDAD DE UVA DE MESA CV, PRINCESS (*VITIS VINIFERA* L.) Y CONSERVACIÓN DEL RAQUIS POR EFECTO DEL 1-MCP. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13, 37-47.
- Cedeño, M., y Montenegro, D. (2004). Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para frutexpo SCI Ltda. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Chiriboga, M., Schotsmans, W., Larrigaudiere, C., y Recasens, I. (2014). Últimos avances en la aplicación del 1-metilciclopropeno (1-MCP) en peras. *Departamento de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería*, 110 (1), 34-48.
- Chiriboga, M., Soria, Y., Larrigaudiere, C., y Recasens, I. (2008). Aplicación poscosecha de 1-metilciclopropeno en peras Área de Poscosecha. *Centro UdL-IRTA*, 104(1), 12-30.
- Elfving, D., Drake, S., Reed, A., y Visser, D. (2007). Preharvest applications of sprayable 1-methylcyclopropene in the orchard for management of apple harvest and postharvest condition. *HortScience*, 42, 1192-1199.
- Freiman, Z., Rodov, V., Yablovitz, Z., Horev, B., y Flaishman, M. (2012). Preharvest application of 1-methylcyclopropene inhibits ripening and improves keeping quality of "Brown Turkey" figs (*Ficus carica* L.). *Sci. Hortic*, 138, 266-272.
- Guillén, F. (2009). 1-MCP como estrategia de conservación. *Revista Horticultura Internacional*, 69.
- Guillén, F., Bailén, G., Castillo, S., Valero, D., Martínez, D., Valverde, J., y Serrano, M. (2006). 1-MCP y conservación de la postrecolección de frutos. 44-49.
- Hassanien, M., y Fawzy, R. (2008). Goldenberry: Golden Fruit of Golden Future. VDM Publishing.
- Hernández, M. (2001). Conservación del fruto del arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. (Tesis doctoral.), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá,
- Jeong, H., Huber, D., y Sargent, S. (2003). Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biol Technol*, 28, 246-257.
- Jiang, Y., Joyce, D., y Terry, L. (2001). 1-methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biol Technol*, 23, 227-232.
- Lerslerwong, L., Rugkong, A., Imsabai, W., y Ketsa, S. (2013). The harvest period of mangosteen fruit can be extended by chemical control of ripening—a proof of concept study. *Sci. Hortic*, 157, 13-18.
- Mejía, C., Gaviria, D., Duque, A., Rengifo, L., Aguilar, E., y Alegría, A. (2012). Physicochemical characterization of the lulo (*Solanum quitoense* Lam.) Castilla variety in six ripening stages. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 19 (2), 157-165.
- Mir, N., Canoles, M., Beaudry, R., Baldwin, E., y Pal Mehla, C. (2004). Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *J Am Soc Hortic Sci*, 129, 112-120.



- Muy, D., Espinoza, B., Siller, J., Sañudo, J., Valdez, B., y Osuna, T. (2009). Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad poscosecha del mango 'ataulfo'. *Revista fitotecnica mexicana*, 32, 53-60.
- Nilsson, T. (2005). Effects of ethylene and 1-MCP on ripening and senescence of European seedless cucumbers. *Postharvest Biol Technol*, 36, 113-125.
- Olmo, J., y Fernández, J. (2007). Calidad Postcosecha a 20°C del fruto de albaricoque 'Búlida' recolectado en tres estados de madurez y pretratado con 1-MCP. Universidad Politécnica de Cartagena-España,
- Osterloh, A., Ebert, G., Held, W., Schulz, H., y Urban, E. (1996). *Lagerung von Obst und Südfrüchten*. Verlag Ulmer, Stuttgart. Alemania.
- Osuna, T., Cáceres, I., Montalvo, E., Mata, M., y Tovar, B. (2007). Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) y Tratamiento Hidrotérmico sobre la Fisiología y Calidad del Mango 'Keitt'. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 13 (2), 157-163.
- Paliyath, G., Subramanian, J., Lim, L., Subramanian, K., Handa, A., y Matto, A. (2018). Postharvest Biology and Nanotechnology. In Wiley-Blackwell (Ed.), (pp. 15-54).
- Pinzón, I., Fischer, G., y Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95.
- Pro-Ecuador. (2010). Servicio de asesoría al exportador (SAW) de uvilla. In I. d. P. d. E. e. Inversiones (Ed.).
- Ramadan, M., y Morsel, J. (2004). Goldenberry, a novel fruit source of fat-soluble bioactives-A minor fruit of the Andes is gaining international popularity. *Inform-International News on Fats Oils and Related Materials*, 15 (2), 130-131.
- Ramadan, M. F., y Mörsel, J.-T. (2003). Oil Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(4), 969-974. Retrieved from <https://doi.org/10.1021/jf020778z>. doi:10.1021/jf020778z
- S.A.U., D. I. P. C. (2013). Calidad en Frutas y Hortalizas hasta el Consumidor. In U. D. IBERICA (Ed.), (pp. 1-5).
- Serna, L., Dussan, S., y Ayala, A. (2013). Vida Comercial de Pitahaya Amarilla Tratada con 1-MCP. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11 (1), 19-29.
- Tonetto, S., Sautter, C., Silveira, A., y Brackmann, A. (2007). Evaluación del efecto de la aplicación de 1-mcp y la conservación en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha de duraznos en dos estados de madurez. *Agrociencia*, 11 (1), 67-72.
- Torres, L., Ayala, A., y Serna, L. (2012). Efecto de la aplicación precosecha de 1-MCP sobre las propiedades físicas de pitahaya amarilla. *Vitae, Red de Revistas Científicas de América Latina*, 19 (1), 138-140.
- Tovar, B., Mata, M., García, H., y Montalvo, E. (2011). Efecto de emulsiones de cera y 1-metilciclopropeno en la conservación poscosecha de guanabana. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 17, 53-61.
- Trinchero, G., Sozzi, G., Cerri, A., Vilella, F., y Fraschina, A. (1999). Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in goldenberry (*Physalis peruviana* L.), a solanaceous species. *Postharvest Biology and Technology*, 16, 139-145.
- Valdengero-Fuentes, L., Herrera, R., y Moya, M. (2012). Changes in antioxidant capacity during development and ripening of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) fruit and in response to 1-methylcyclopropene treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 67, 110-117.
- Valero, D., Guillén, F., Valverde, J., Castillo, S., y Serrano, M. (2016). Recent developments of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatments on fruit quality attributes. *Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality*, 185-201.
- Valero, D., y Serrano, M. (2010). *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. CRC-Taylor y Francis.
- Varanasi, V., Shin, S., Johnson, F., Mattheis, J., y Zhu, Y. (2013). Differential suppression of ethylene biosynthesis and receptor genes in "Golden Delicious" apple by preharvest and postharvest 1-MCP treatments. *J. Plant Growth Regul*, 32, 585-595.

- Villalobos, M., Biasi, W., Flores, S., Elkins, R., y Willits, N. (2010). Preharvest application of 1-methylcyclopropene influences fruit drop and storage potential of "Bartlett" pears. *HortScience*, 45, 610-616.
- Villalobos, M., Biasi, W., Mitcham, E., y Holcroft, D. (2011). Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in 'Bartlett' pears. *Postharvest Biology and Technology*, 60 (1), 17-23.
- Watkins, C. (2006). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnol. Adv*, 24, 389-409.
- Watkins, C. (2008). Overview of 1-Methylcyclopropene Trials and Uses for Edible Horticultural Crops *HortScience*, 43 (1), 86-94.
- Woolf, A., Requejo, C., Cox, K., Jackman, R., Gunson, A., y Arpaia, M. (2005). 1-MCP reduces physiological storage disorders of "Hass" avocados. *Postharvest Biol Technol*, 35, 43-60.
- Wu, S., Ng, L., Lin, D., Huang, S., Wang, S., y Lin, C. (2004). *Physalis peruviana* extract induces apoptosis in human Hep G2 cells through CD95/CD95L system and the mitochondrial signaling transduction pathway. *Cancer Letters*, 215 (2), 199-208. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.05.001>.
- Wu, S., Tsai, J., Chang, S., Lin, D., Wang, S., Huang, S., y Ng, L. (2006). Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana*. *Journal of Ethnopharmacology*, 108 (3), 407-413. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.05.027>.
- Yang, W., Addona, T., Nair, D., Qi, L., y Ravikumar, T. (2003). Apoptosis induced by cryo-injury in human colorectal cancer cells is associated with mitochondrial dysfunction. *International Journal of Cancer*, 103 (3), 360-369.
- Zoffoli, J. (2009). Una novedosa alternativa para prolongar la conservación de frutas: inhibidores de la acción del etileno. *Departamento de Fruticultura y Enología*, 21-24.