

MEMORIA

PROYECTO

Mejoramiento del manejo poscosecha y reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la etapa de manejo de la finca y centro de acopio en las principales zonas productivas de Costa Rica



Ing. Daniel Saborío Arguello M. Sc.

Ing. Stephanie Quirós C.

2022

MEMORIA

PROYECTO

Mejoramiento del manejo poscosecha y reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la etapa de manejo de la finca y centro de acopio en las principales zonas productivas de Costa Rica



Ing. Daniel Saborío Arguello M. Sc.

Ing. Stephanie Quirós C.

2022

Elaborado por:

Ing. Agr. Daniel Saborío Arguello, M.Sc.

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).

Editado por:

Ing. Laura Ramírez Cartín

Ing. Kattia Lines Gutiérrez

Comité Editorial INTA:

Laura Ramírez Cartín

Kattia Lines Gutiérrez

Nevio Bonilla Morales

Roberto Camacho Montero

Francisco Arguedas Acuña

Diagramación:

Handerson Bolívar Restrepo - Jander Bore www.altdigital.co

San José, Costa Rica

Este manual fue realizado con el apoyo de KoLFACI de RDA de la República de Corea



Este documento se encuentra licenciado con Creative Commons
Reconocimiento - No Comercial - Sin obra derivada 3.0 Costa Rica
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)

Tabla de Contenido

Presentación	5
Agradecimiento	7
1. Introducción.....	9
1.1. Antecedentes	9
1.2. Situación actual	10
2. Objetivos del proyecto	13
2.1. Objetivo general.....	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. Investigaciones realizadas.....	14
3.1. Diagnóstico de pérdidas poscosecha de tomate.....	14
3.2. Caracterización de los principales materiales de tomate cultivados en las tres principales regiones de producción de Costa Rica.....	26
3.3. Evaluación del efecto del desarrollo de la maduración poscosecha del tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) mediante la aplicación del 1-MCP (1-metil ciclopropano), en condiciones de cultivo de Costa Rica.....	45
4. Bibliografía.....	67
5. Extensión y actividades de transferencia.....	69
6. Publicaciones	74
6.1. Manuales y Memoria.....	74
6.2. Vídeos	76
7. Conclusión.....	77



Presentación

Esta memoria reúne todas las actividades realizadas en la ejecución del proyecto KoLFACI de Desarrollo Rural de Corea (RDA por sus siglas en inglés) de la República de Corea; cuyo nombre fue: Mejoramiento del manejo poscosecha y reducción de pérdidas en tomate. KoLFACI ha planteado una serie de proyectos agrícolas con el fin de avanzar en la investigación de varios cultivos en algunos países de América Latina. El objetivo de KoLFACI como ente intergubernamental y multilateral, es el de apoyar a aumentar la producción alimentaria, realizando agricultura sostenible y compartiendo el conocimiento y la información sobre tecnologías agrícolas. En Costa Rica, el proyecto se ejecutó a través del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), en donde se plantearon iniciativas de investigación y transferencia de mejoramiento de tecnología en manejo de poscosecha del tomate. La administración de los recursos estuvo a cargo de la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITTACORI). También se contó con la colaboración y apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y las Agencias de Extensión Agropecuaria (AEA) de las zonas estudiadas (Regiones Central Sur, Central Occidental y Central Oriental), el Laboratorio de Tecnología Poscosecha del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR). El INTA y KoLFACI esperan que los resultados y productos de este proyecto, contribuyan y apoyen a mejorar los procedimientos y técnicas que actualmente se realizan en este cultivo y que con este aporte se reduzcan las pérdidas poscosecha que se están produciendo y así obtener un producto de mayor calidad, favoreciendo el nivel de vida y oportunidades, principalmente de nuestros pequeños y medianos productores.



Agradecimiento

Los autores quieren expresar su agradecimiento a KoLFACI de RDA de la República de Corea, quienes apoyaron en la realización de este proyecto, a los productores de tomate y Agencias de Extensión Agropecuarias (AEA) de las regiones Central Sur, Oriental y Occidental las cuales brindaron su apoyo para la obtención de la información sobre el manejo del cultivo de tomate en la etapa de cosecha en campo para realizar el diagnóstico de pérdidas poscosecha. También se agradece a TIKAGRO S.A. y a la Asociación Nacional de Organizaciones Agropecuarias (ASOPROCONA) por el apoyo brindado en la obtención de la información de pérdidas poscosecha a nivel del centro de acopio y acondicionamiento del tomate. Al Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica (UCR) representado en su director el M.Sc. Marco Vinicio Sáenz y a todo su personal por el apoyo y asesoría brindado durante la realización y ejecución de todas las actividades planteadas en el Proyecto de Mejoramiento del Manejo Poscosecha del Tomate.

Ing. Daniel Saborío A. M.Sc.



1. Introducción

1.1. ANTECEDENTES

El tomate es el vegetal más sembrado y consumido en el mundo. En Costa Rica en el Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, se considera un cultivo sensible, por lo que se prioriza en los programas de investigación y transferencia.

La producción de tomate para el período 2015-2016 fue de 60,040.45 toneladas, sembrada en un área de 1 171,9 ha y con un grupo objetivo de 1 014 productores; que se caracterizan por utilizar mano de obra familiar. El tomate se produce y comercializa en grandes volúmenes en nuestro país. En Costa Rica, la actividad se compone principalmente de pequeños y medianos productores los cuales poseen áreas entre 0,60 a 1,34 ha, aunque también hay productores con grandes áreas. Para el período entre 2014 y 2017 el tomate fue la tercera hortaliza más sembrada con un área de siembra de 1 100 ha (Figura 1) y una producción en toneladas métricas de 57 238 toneladas métricas, solamente superada por la papa (Figura 2). (SEPSA 2018).

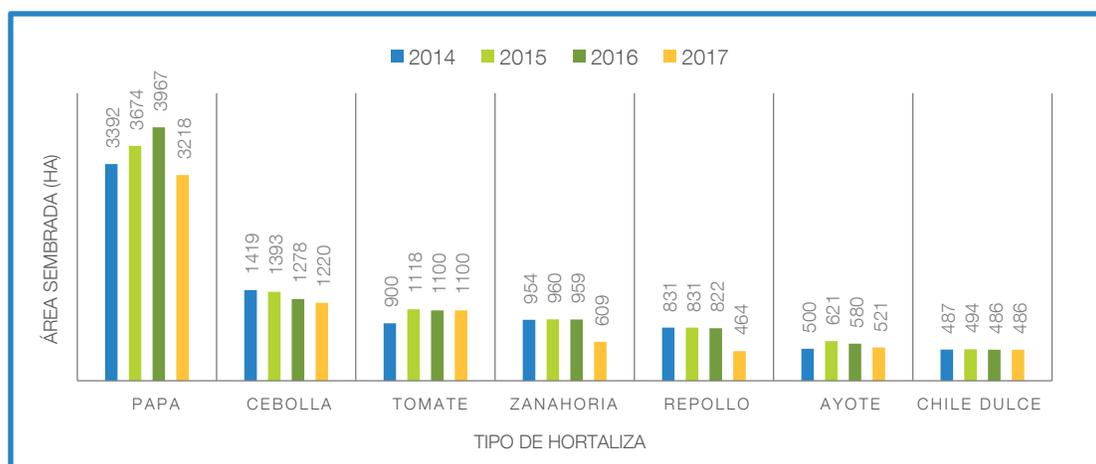


Figura 1. Área (ha) sembrada en Costa Rica de las principales hortalizas, en el período comprendido de 2014 a 2017. San José, Costa Rica.

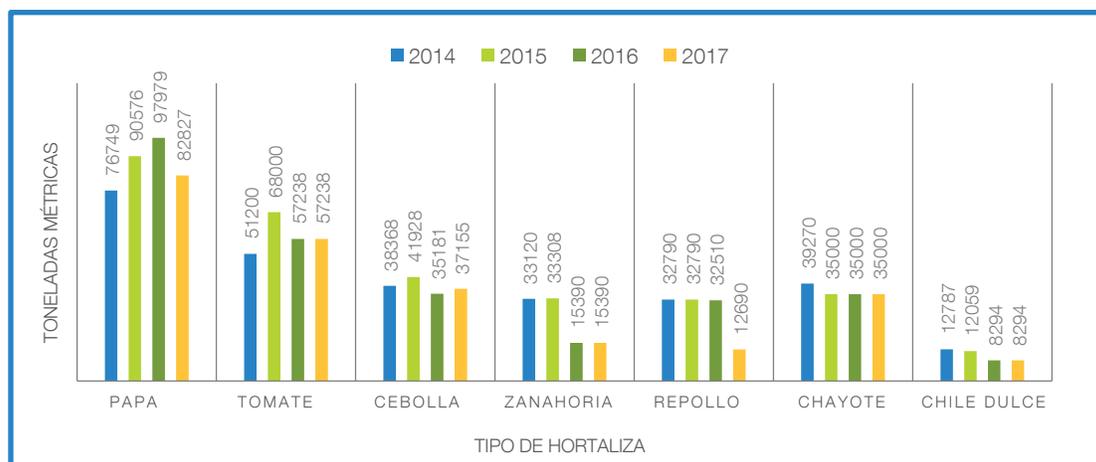


Figura 2. Producción (TM) de las principales hortalizas producidas en Costa Rica durante el período de 2014 a 2017. San José, Costa Rica.

Debido a problemas fitosanitarios, Costa Rica no exporta tomates y su producción se consume en el país, por lo que se define como un cultivo autosuficiente. Anteriormente, se exportó a las islas del Caribe, aunque el precio de compra ya no es competitivo.

Se menciona que las principales causas de pérdidas poscosecha de tomate se deben principalmente a problemas fitosanitarios (plagas o enfermedades). La fruta generalmente se descarta por la presencia de enfermedades (causadas por bacterias, virus, hongos o causas fisiológicas) o bien, plagas de insectos y también daños físicos o mecánicos como golpes, raspaduras, rajaduras entre otros, esto debido a un descuido de la manera como se realiza la cosecha, además de falta de criterios de cosecha, operaciones de selección y clasificación en el embalaje y transporte inadecuados. Por esta situación, es muy importante enfocarse en trabajar en el manejo poscosecha del producto para tratar de reducir las pérdidas que se producen.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

Las pérdidas poscosecha son económicamente impactantes porque se trata de alimentos perecederos que ya van gravados con costos de producción, cosecha, acondicionamiento en la empacadora, transporte, almacenamiento y distribución, dependiendo del eslabón de esta cadena en donde ocurra la pérdida. Así, por ejemplo, de un 100% de la producción hortofrutícola esperada, se puede perder un porcentaje variable dependiendo del tipo de producto y del grado tecnológico de la zona productora. Las pérdidas pueden ser causadas por factores pre cosecha, algunos involuntarios como los de tipo climático, en donde se puede perder hasta la totalidad del cultivo; otros que

dependen del control humano como los relativos a las prácticas culturales (fisiológicos o fitosanitarios) otro porcentaje durante la cosecha debido a productos cosechados en estados de madurez inadecuados (inmaduros o sobre madurados) o por malos manejos de los frutos al cosecharlos (instrumentos de cosecha contaminados o en malas condiciones, manejo brusco de los frutos, forma descuidada al vaciar el producto en los contenedores de campo, caídas al suelo) así como el uso de contenedores en mal estado, con astillas o sucios (Pelayo 1992).

Posteriormente durante el transporte de la finca a la empacadora, centro de acopio o distribución a mercados, se pueden presentar causas que originan pérdidas poscosecha, debido a la carencia de infraestructura y tecnología apropiada, problemas en el transporte relacionado con malas condiciones de caminos que provocan daños mecánicos al producto; durante el almacenamiento debido a daños mecánicos, fisiológicos por la exposición de los productos a temperaturas inadecuadas, presencia de microorganismos, roedores e insectos; en la distribución urbana debido a la exposición de los productos a los rayos del sol, descuidos en su manejo en los puntos de venta; durante el procesamiento debido a estados de madurez inadecuados o que no cumplen con los requisitos estipulados por las normas de calidad; llegando así al consumidor un 49-82% de la producción total en el mejor de los casos (Pelayo 1992).

Según datos de la FAO, solo durante el proceso de poscosecha de productos perecederos agrícolas las pérdidas alcanzan entre el 15% y el 50% de la producción. De lo anterior, la importancia de los estudios sobre las pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas sea un tema crítico en estos tiempos en los que se desea aumentar la disponibilidad de alimentos y reducir el número de personas mal nutridas. Por otro lado, cabe enfatizar la importancia que ha adquirido el consumo de frutas y hortalizas por su aportación a la salud. En este contexto, es esencial diseñar estrategias en cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento de los productos hortofrutícolas que permitan reducir las pérdidas y optimizar el aprovechamiento del sistema alimentario mundial a través del establecimiento de programas y proyectos de investigación, por lo que es importante conocer cuáles son las cifras actualizadas de pérdidas poscosecha en tomate para poder conocer cuales medidas podrían implementarse para su reducción y esto se consigue mediante la implementación de diagnósticos.

La imposibilidad de establecer una metodología estándar para evaluar las pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas, se debe a su gran diversidad y carácter altamente perecedero, además de que su comercialización es irregular y compleja. Sin embargo, para estimar las pérdidas y sus causas es recomendable adoptar una serie de criterios homogéneos en el uso de conceptos, clasificación de las pérdidas por sus causas y técnicas de evaluación entre las personas que realizarán la estimación.

Según Brenes *et al.* (2016), mencionan que “en Costa Rica se han gestado proyectos de medición de pérdidas poscosecha y análisis variados, basados en diversas metodologías. Entre ellos destaca la aplicación de instrumentos como la Metodología de Evaluación de cadenas agroalimenticias para la identificación de problemas y proyectos de Jerry LaGra; sin embargo, el tema se actualiza mediante el lanzamiento de la iniciativa SAVE FOOD y se discute la necesidad de evaluar las pérdidas bajo una metodología estandarizada y homologada (van Otterdijk 2014). A raíz de esto, surge la propuesta de FAO y el World Resource Institute de uso de una herramienta de estudios de caso piloto basados en la metodología de las 4S (por sus siglas en inglés: Screening, Surveing, Sampling y Synthesis) donde se expone un protocolo enfocado a la disminución de pérdidas de alimentos que reúne la cuantificación, modificación y escalamiento (WRI 2014).

Brenes (2015), presenta los resultados más recientes sobre un estudio de pérdidas poscosecha en tomate, donde reporta unas cifras promedio del 6% en finca y 6% en la fase de distribución en donde los principales daños que se presentaron son de tipo mecánico y fisiológico y en menor porcentaje los de tipo entomológico y patológico. A su vez recomienda realizar una actualización de dichos estudios en diferentes fincas y momentos del año para poder tener una mejor comprensión del fenómeno de pérdidas tanto cualitativa como cuantitativamente y poder plantear soluciones para tratar de reducir las pérdidas poscosecha.

Por la situación anteriormente comentada este proyecto presentó los siguientes objetivos.

2. Objetivos del proyecto

2.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar y cuantificar las causas de las pérdidas poscosecha, proponer alternativas para reducirlas y transferir los resultados a productores, recolectores, comerciantes y consumidores.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y cuantificar las causas que originan las pérdidas poscosecha en finca de productores y centros de recolección o de acopio.
- Proponer alternativas de gestión que reduzcan las pérdidas posteriores a la cosecha.
- Transferir las mejores recomendaciones con respecto a la correcta gestión poscosecha a los productores y técnicos a través de un manual y capacitación.

3. Investigaciones realizadas

Se plantearon una serie de actividades de investigación en el tema de Tecnología y manejo poscosecha del tomate en Costa Rica, las cuales presentan a continuación.

3.1. DIAGNÓSTICO DE PÉRDIDAS POSCOSECHA DE TOMATE

3.1.1. Metodología

Se realizó la investigación en las tres principales zonas productoras de tomate de Costa Rica las cuales son: Regiones Central Sur, Occidental y Oriental. Se investigó en el área del manejo poscosecha a nivel de finca y centros de acopio para identificar y cuantificar las causas que originan pérdidas poscosecha y reducción de calidad del tomate, con el fin de conocerlas para tratar de reducirlas y maximizar las ganancias por parte del productor, comerciantes y consumidores. El período comprendido de la investigación fue iniciando el segundo trimestre del año 2017 hasta primer trimestre de 2019. Los objetivos de esta investigación fue la de identificar y cuantificar las causas que originan pérdidas poscosecha a nivel de finca y centros de acopio en las zonas Oriental, Occidental y Central Sur (Figura 3).

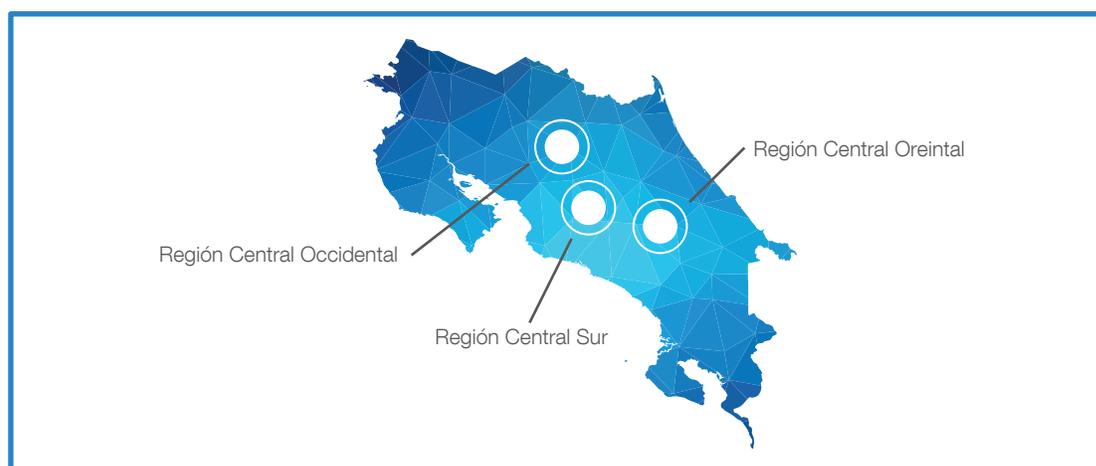


Figura 3. Área de estudio del diagnóstico de pérdidas poscosecha en Costa Rica. 2017.

a. Identificación y cuantificación de pérdidas en finca de productor

Las evaluaciones en finca se realizaron por medio de visitas a fincas de productores escogidas al azar donde se realizaron varias evaluaciones durante el período de producción del cultivo.

Se evaluaron las pérdidas de tomate en finca registrando el peso (kg) del total del producto cosechado por visita. Posteriormente se registró el peso del tomate rechazado por el productor y se evaluó cada fruto identificando, reconociendo y cuantificando la causa del rechazo. Se registró el peso de cada una de las causas que originaron ese rechazo para obtener la relación porcentual con el peso total cosechado.

b. Identificación y cuantificación de pérdidas en centro de acopio

La evaluación en los centros de acopio fue de la manera similar al que se realizó en campo, y fue mediante el registro del peso del volumen total de tomate que se recibió en las visitas de evaluación realizadas y posteriormente se registró nuevamente el peso del volumen del producto rechazado, identificando las causas de rechazo y registrando su peso.

De esta manera se obtuvo una relación porcentual entre los volúmenes totales de cosecha y recibo y los volúmenes rechazados en cada etapa, identificando y cuantificando las causas que originaron las pérdidas.

Las variables se evaluaron por medio de la identificación y cuantificación (registro de peso) de las diferentes causas que provocan los rechazos y pérdidas en tomate. Las diferentes causas evaluadas fueron:

- Daño fitopatológico: Es el daño causado por hongos, bacterias y virus.
- Daños por insectos y otros artrópodos.
- Daño por vertebrados: Causado principalmente por aves y roedores.
- Daño Mecánico: Ocasionado por inadecuado uso de los utensilios de cosecha o que se encuentren en malas condiciones (oxidados, rotos, etc.), línea de empaque defectuosa, mal diseñada, envases mal diseñados, defectuosos o dañados y transporte inadecuado, entre otras causas y cosecha o desprendimiento descuidado del fruto.
- Causas Genéticas y fisiológicas: Deformaciones.
- Causas fisiológicas: Productos cosechados antes o posterior a la madurez comercial, deshidratación, fisiopatías, senescencia, etc.

3.1.2. Resultados

En el diagnóstico realizado se obtuvo que en la región Occidental se presentaron pérdidas totales de tomate en campo de 18,74% y en la etapa de acopio un 13,91%, en la región Oriental para la etapa de campo la pérdida fue de 36,84% y 31,46% para acopio y en la región Central Sur se obtuvo en campo 8,77% y en acopio 10,49%. La región Oriental fue donde se obtuvieron las mayores pérdidas de tomate en las dos etapas evaluadas, mientras que la Central Sur presentó los menores valores (Figura 4).

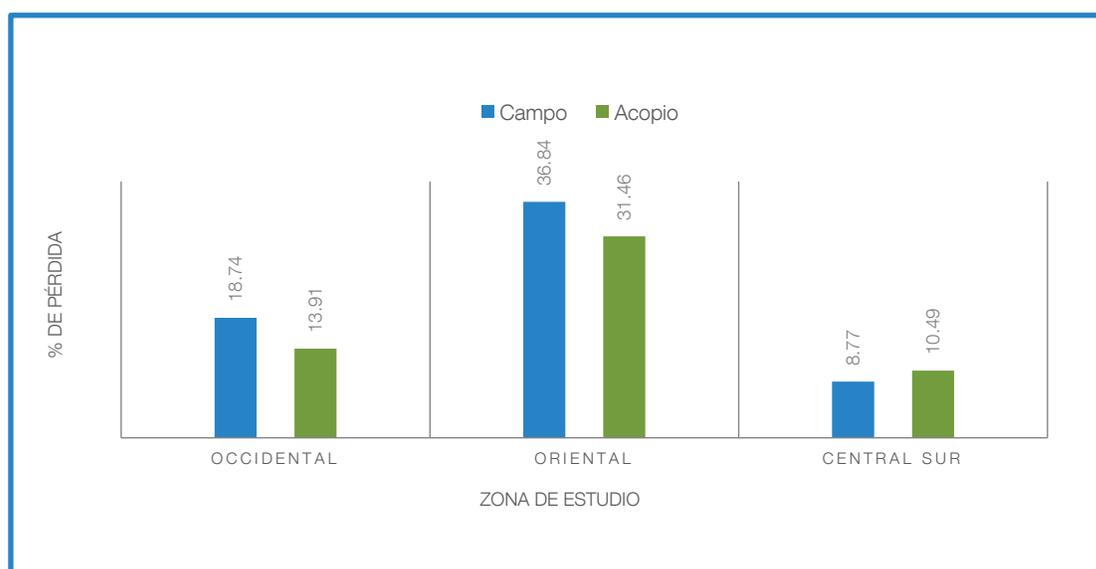


Figura 4. Valores de pérdidas totales poscosecha (%) en tomate en etapa de campo y acopio según zona de estudio. Costa Rica. 2020.

Se procedió posteriormente a identificar y cuantificar cada una de las causas que produjeron las pérdidas en cada una de las tres regiones de producción.

3.1.2.1. Región Oriental

En la Figura 5 se observa que en la región Oriental para la etapa de campo las causas que produjeron las pérdidas poscosecha fueron en primer lugar el daño causado por insectos, principalmente *Tuta absoluta* produciéndose el 65,82% de las pérdidas, seguido por la sobre maduración de la fruta (25,65%), 8,13% malformación y 0,40% por enfermedades.

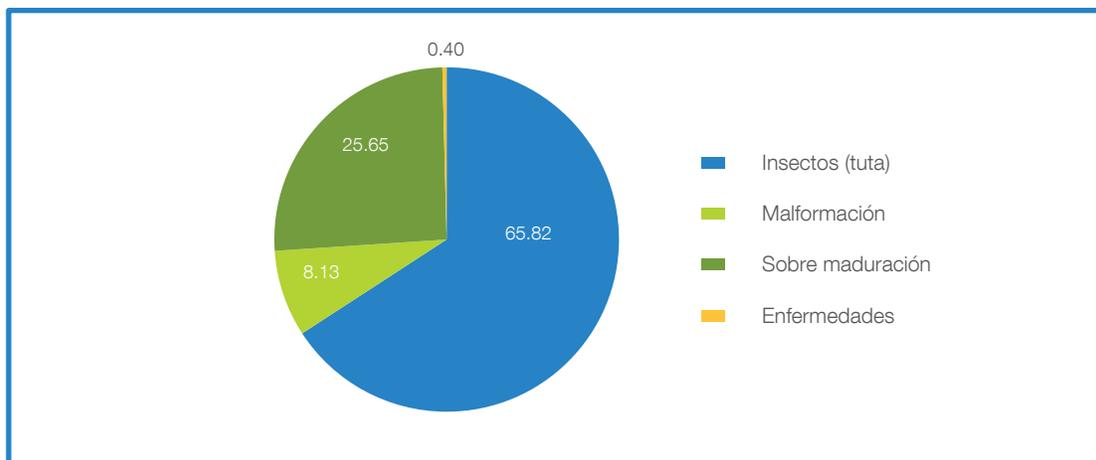


Figura 5. Causas de pérdidas poscosecha de tomate en la etapa de campo de la Región Oriental, Costa Rica. 2020.

Para la etapa de acopio, se presentaron pérdidas debido principalmente a daño causado por *Tuta absoluta* con 93,54% y 6,46 por deformaciones y fruta pequeña (Figura 6).

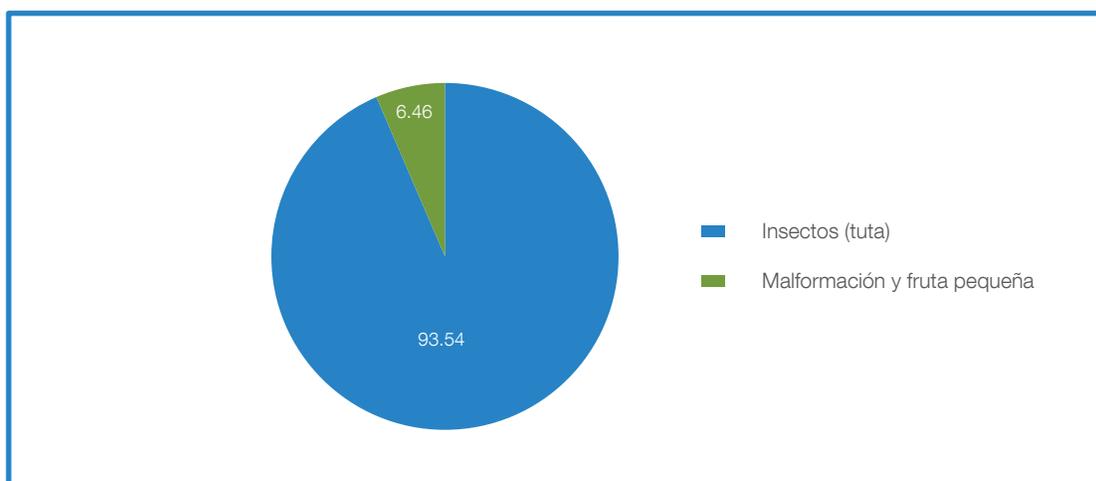


Figura 6. Causas de pérdidas poscosecha de tomate en la etapa de acopio de la Región Oriental, Costa Rica. 2020.

Para un mejor análisis de este diagnóstico, también se realizó una clasificación del origen de las diferentes causas que provocaron las pérdidas poscosecha. Esto facilita que se pueda identificar cuáles pueden ser las áreas o especializaciones agronómicas que deban intervenir de manera coordinada con el área de poscosecha y participar en tratar de dictar alternativas y recomendaciones de soluciones para reducir las pérdidas que se presentan al final, en el período poscosecha del cultivo. Razón por la cual no todas las

soluciones para reducir las pérdidas que se presentan en poscosecha son estrictamente de relación, cobertura y responsabilidad de poscosecha, sino que existen también las de carácter del área de precosecha.

Para la región Oriental, se obtuvo que en la etapa de campo se presentaron causas de precosecha provocadas por insectos, malformación de fruta y enfermedades y solamente sobremadurez de carácter de poscosecha. En acopio todas las causas fueron de origen precosecha: insectos (*Tuta absoluta*) y mal formación y tamaño pequeño del fruto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Origen de las causas que provocan pérdidas poscosecha de tomate, cultivado en la Región Oriental. Costa Rica. 2020.

Etapa	Causa de pérdida (%) y momento de origen			
	Precosecha	%	Poscosecha	%
a. Campo	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	65,82	sobre madurez	25,65
	malformación fruta	8,13		
	enfermedades	0,40		
b. Acopio	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	93,54		
	malformación y fruta pequeña	6,46		

3.1.2.2. Región Central Sur

En lo que se refiere a la Región Central Sur como se observa en la Figura 7, la principal causa que originó las pérdidas poscosecha en la etapa de campo fue la malformación de la fruta (41,49%), seguido por el daño mecánico (19,52%), daño por pájaros (12,00%), insectos (*Tuta absoluta*) con 9,29%, fruta sobremadura (8,99%), enfermedades (7,29%) e inmadurez del fruto con 1,42%.

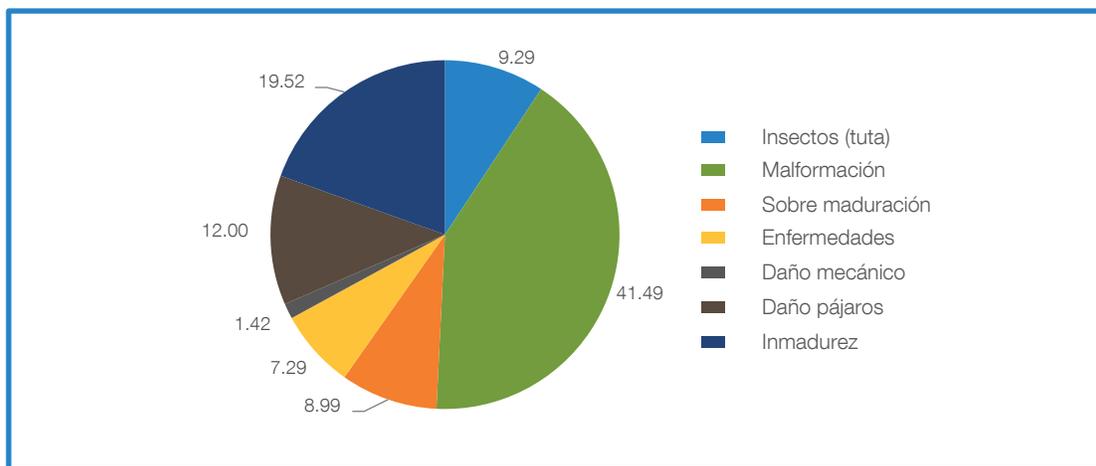


Figura 7. Causas de pérdida poscosecha de tomate en la etapa de campo de la Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

En la Figura 8 se muestra para la etapa de acopio, las principales causas que originaron las pérdidas poscosecha fueron la sobre maduración del fruto (31,18%), malformación (17,68%), plagas (16,84%), daño mecánico (10,59%), tamaño pequeño (8,83%), enfermedades (6,45%), tuta (5,20%) y otras causas (3,23%).

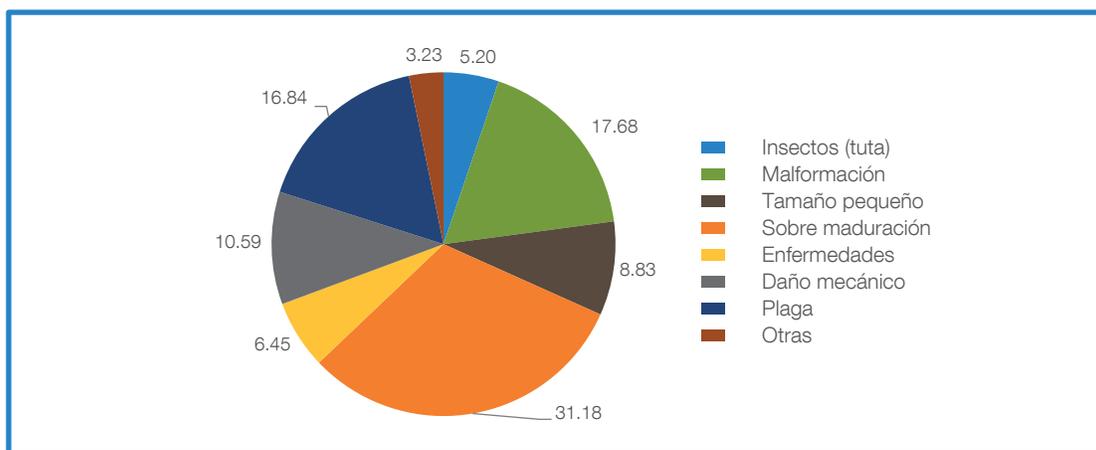


Figura 8. Causas de pérdidas poscosecha de tomate en la etapa de acopio en la Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

En esta región Central Sur las principales causas que provocaron las pérdidas poscosecha tanto en campo como en acopio fueron las causadas por tuta, malformación de fruta, plagas y enfermedades, y las causas de poscosecha fueron la sobremadurez, el daño mecánico y la inmadurez (Cuadro 2).

Cuadro 2. Origen de las causas que provocan pérdidas poscosecha de tomate, cultivado en la Región Central Sur. Costa Rica. 2022.

Etapa	Causa de pérdida (%) y momento de origen			
	Precosecha	%	Poscosecha	%
a. Campo	malformación fruta	41,49	sobre madurez	8,99
	daño pájaros	12,00	daño mecánico	1,42
	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	9,29	Inmadurez	19,52
	enfermedades	7,29		
b. Acopio	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	93,54	sobre madurez	31,18
	malformación fruta	17,68	daño mecánico	10,59
	fruta pequeña	8,83		
	enfermedades	6,45		
	plaga (pájaros, roedores)	16,84		
	otras	3,23		

3.1.2.3. Región Occidental

Para la región Occidental en la etapa de campo se presentaron como principales causas de pérdidas la malformación de la fruta (31,16%), seguido por el daño causado por tuta (23,73%), daños fisiológicos (16,04%), daño por granizo (14,84%), principalmente (Figura 9).

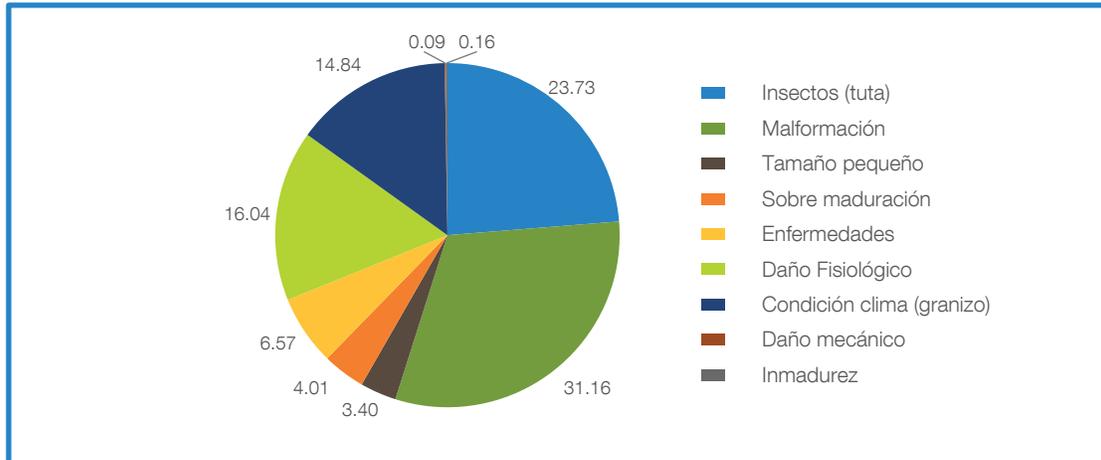


Figura 9. Causas de pérdidas poscosecha en tomate en la etapa de campo de la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

En la etapa de acopio la malformación de la fruta fue la principal causa con 54,42%, seguido por el daño mecánico con 30,39% y daño por tuta y enfermedades con 3,64% cada una (figura 10).

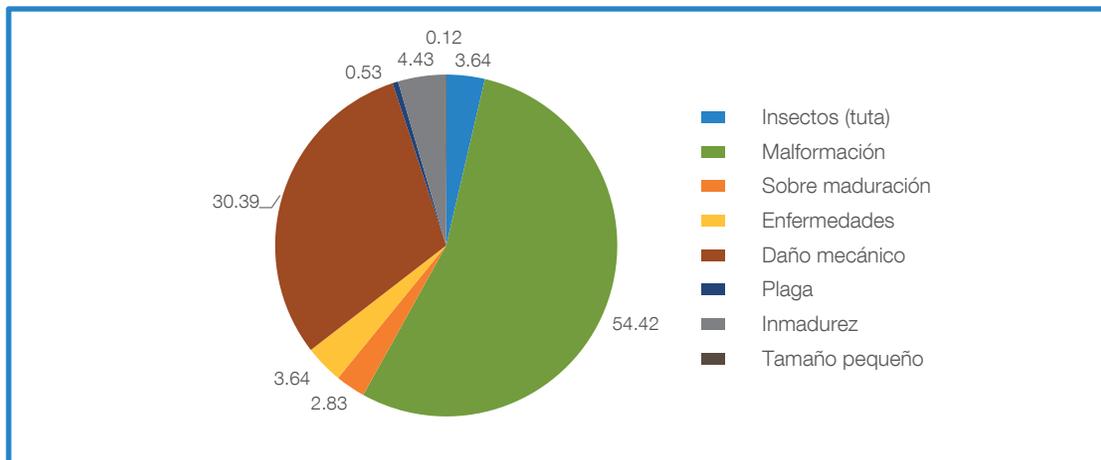


Figura 10. Causas de pérdidas poscosecha en tomate en la etapa de acopio de la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

En esta región Occidental como se observa en el Cuadro 3, las principales causas que provocaron las pérdidas en poscosecha en tomate fueron en la etapa de campo las de precosecha debido a, malformación del fruto, insectos (tuta), daño fisiológico, condición climática y enfermedades. Y de origen poscosecha problemas derivados con la madurez de la fruta (inmadurez y sobremadurez) y el daño mecánico. Para la etapa de acopio de origen precosecha tenemos la malformación de la fruta, insecto y enfermedades, principalmente. Y de origen poscosecha el daño mecánico y nuevamente la inmadurez y sobremadurez de la fruta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Origen de las causas que provocan pérdidas poscosecha de tomate, cultivado en la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

Etapa	Causa de pérdida (%) y momento de origen			
	Precosecha	%	Poscosecha	%
a. Campo	malformación	31,16	sobre madurez	4,01
	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	23,73	inmadurez	0,16
	daño fisiológico	16,04	daño mecánico	0,09
	condición climática (granizo)	14,84		
	enfermedades	6,57		
	tamaño pequeño	3,40		
b. Acopio	malformación fruta	54,42	daño mecánico	30,39
	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	3,64	inmadurez	4,43
	enfermedades	3,64	sobre madurez	2,83
	plaga	0,53		
	tamaño pequeño	0,12		

De manera resumida se presentan en el Cuadro 4 las causas que generaron pérdidas poscosecha en tomate en las tres zonas de estudio, para las etapas de campo y acopio. También se clasifican las causas de pérdida según el momento en que se presentan: precosecha o poscosecha. En general las principales causas de pérdida originadas en precosecha tanto en campo como acopio fueron: el daño de insectos, específicamente causado por *Tuta absoluta*, la malformación de la fruta y enfermedades. Mientras que el daño mecánico, la inmadurez y sobre madurez de la fruta fueron las principales causas de pérdida de origen poscosecha.

Cuadro 4. Momento de origen de las causas que provocan pérdidas poscosecha en tomate, según zona y etapa evaluada. Costa Rica. 2020.

Zona y etapa evaluada	Causa de pérdida (%) y momento de origen			
	Precosecha	%	Poscosecha	%
1-Occidental				
a. Campo	malformación fruta	31,16	sobre madurez	4,01
	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	23,73	inmadurez	0,16
	daño fisiológico	16,04	daño mecánico	0,09
	condición climática	14,84		
	enfermedades	6,57		
	tamaño pequeño	3,40		
b. Acopio	malformación fruta	54,42	daño mecánico	30,39
	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	3,64	inmadurez	4,43
	enfermedades	3,64	sobre madurez	2,83
	Plaga (pájaro o roedor)	0,53		
	tamaño pequeño	0,12		
2-Oriental				
a. Campo	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	65,82	sobre madurez	25,65
	malformación fruta	8,13		
	enfermedades	0,40		
b. Acopio	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	93,54		
	malformación y fruta pequeña	6,46		
3- Central Sur				
a. Campo	malformación fruta	41,49	sobre madurez	8,99
	plaga (pájaro o roedor)	12,00	daño mecánico	1,42
	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	9,29	inmadurez	19,52
	enfermedades	7,29		
b. Acopio	insectos (<i>Tuta absoluta</i>)	93,54	sobre madurez	31,18
	malformación fruta	17,68	daño mecánico	10,59
	fruta pequeña	8,83		
	enfermedades	6,45		
	plaga (pájaros, roedores)	16,84		
	otras	3,23		



Foto 1. Diagnóstico de pérdidas poscosecha en tomate: identificación y cuantificación de pérdidas en campo. Costa Rica. 2018.

Fuente: Ing. Daniel Saborío A.



Foto 2. Causas de pérdidas poscosecha en tomate: a) fruto con daño por viento. b) fruto con revetnadura. c) fruto con cicatrices. d) fruto sobremaduro. Costa Rica. 2018.

Fuente: Ing. Daniel Saborío A.



Foto 3. Diagnóstico de pérdidas poscosecha en tomate: identificación y cuantificación de causas de pérdidas en centro de acopio de tomate. Costa Rica, 2018.

Fuente: Ing. Daniel Saborío A.



Foto 4. una de las principales causas diagnosticada que provoca pérdidas poscosecha en tomate causada por el insecto *Tuta absoluta*. Costa Rica. 2018.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PRINCIPALES MATERIALES DE TOMATE CULTIVADOS EN LAS TRES PRINCIPALES REGIONES DE PRODUCCIÓN DE COSTA RICA

Con el fin de conocer y caracterizar los principales materiales de tomate cultivados en las principales zonas de cultivo se procedió a realizar esta investigación cuyo objetivo fue caracterizar química y físicamente los principales materiales de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados bajo diferentes condiciones agroecológicas y tecnológicas en las zonas Central Sur, Occidental y Oriental de Costa Rica, así como su comportamiento y calidad poscosecha.

3.2.1. Metodología

Se cosecharon los materiales de tomate que se estuvieran cultivando en su momento en fincas seleccionadas con un índice de maduración o desarrollo de color externo en grado 3 (figura 11).



Figura 11. Grados de madurez del tomate mostrando el desarrollo del color externo. FAO. 2011.

Se realizaron varias evaluaciones en las fincas seleccionadas durante el ciclo del cultivo. Para el análisis físico se evaluaron 30 frutos, mientras que para el químico 10 frutos. Las frutas fueron llevadas al Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica donde fueron evaluados por medio del Convenio de Poscosecha INTA-UCR donde se realizaron los análisis de las siguientes variables:

a. Peso del fruto

Se registró el peso de cada una de las 30 unidades de tomate por material mediante la utilización de una balanza electrónica Mettler Toledo con precisión de 0,1g y se expresó en gramos (gr)

b. Dimensiones del fruto

Se registró el diámetro ecuatorial (parte media) con un vernier en mm (precisión 0,1mm) de cada una de las 30 unidades de tomate. También se midió la longitud de los frutos, medida comprendida entre la zona apical y la proximal a la del pedúnculo o parte distal.

c. Clasificación por tamaño del fruto

Los frutos se clasificaron según tamaño, siguiendo la siguiente escala según valor de diámetro;

1. Muy pequeño (menos de 3,0 cm).
2. Pequeño (3,0-5,0 cm).
3. Intermedio (5,1-8,0 cm).
4. Grande (8,1- 10,0 cm).
5. Muy grande (mayor de 10,0 cm).

d. Acidez titulable

Se determinó la acidez (AT) por medio de la titulación del jugo con NaOH del jugo de 10 frutas (análisis individual por fruto) por material al alcanzar la madurez total. Se prepararon muestras de jugo de frutos maduros, luego se determinó la acidez a través de la titulación con hidróxido de sodio 0,1 N. Los resultados obtenidos fueron expresados en porcentaje de ácido cítrico como ácido predominante mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V \times N \times \text{meq} \times 100}{\text{g. o ml de muestra}}$$

Donde:

V= volumen de NaOH consumidos (ml)

N = Normalidad del NaOH

meq= peso miliequivalente del ácido predominante en este caso ácido cítrico (0,064).

g= peso de la muestra en (g).

e. Sólidos solubles Totales (SST)

Los sólidos solubles totales se determinaron en expresión de grados brix utilizando un refractómetro digital marca Atago ATC-1. Los valores en porcentaje de sólidos solubles se obtuvieron del jugo de 10 frutas maduras de manera individual por material de tomate evaluado, las cuales fueron licuadas y filtradas a través de una gasa, para luego realizar la determinación.

f. Firmeza de cáscara

Se determinó la firmeza de pulpa de 30 unidades de cada uno de los materiales de tomate evaluados por medio de un penetrómetro manual FT011 con punta cóncava, las mediciones se realizaron en tres partes diferentes de cada una de las frutas de los materiales evaluados. Los datos fueron registrados en N (Newton). Posteriormente se clasificaron los frutos según la siguiente categorización realizada por Cantwell (2004).

1. Muy firme (30-50 N).
2. Firme (20-30 N).
3. Moderadamente firme (15-20 N).
4. Moderadamente blanda (10-15 N).
5. Blanda (5-10 N).
6. Muy blanda (menos 5 N) (Cantwell, 2004).

g. Relación SST/AT

La relación SST/ATT, fue obtenida a través del cociente entre los datos de SST y AT.

h. pH

Se determinó el pH de los frutos por medio de un potenciómetro digital, analizando el jugo de 10 unidades de tomate de manera individual de cada uno de los materiales evaluados (AOAC, 1984).

i. Evaluación del período poscosecha hasta la madurez total.

Se registraron los días transcurridos desde su momento inicial de cosecha (grado 1-2) hasta al menos el desarrollo de un 90% del cambio de color (grado 6) y se analizaron las características de firmeza de pulpa y pérdida de peso.

j. Diseño estadístico y análisis de los resultados

El diseño estadístico de la investigación fue de Bloques irrestrictos al azar. Donde la unidad experimental es un fruto y se evaluaron un total de 30 frutos para las características físicas y 10 para las químicas. Para el análisis estadístico de los resultados se realizó un ANDEVA y prueba de comparación de medias por medio de prueba de Tukey al 5% por medio del programa INFOSTAT, además de estadística descriptiva.

3.2.2. Resultados

Caracterización de los principales materiales de tomate cultivados en las tres principales regiones de producción de Costa Rica.

3.2.2.1. Región Central Sur

En la Región Central Sur en las fincas escogidas los materiales de tomate evaluados fueron: Chúngara, Gladiador/Armada y JR/Armada, los cuales fueron cultivados en las localidades de Salitral, Pozos Matinilla, respectivamente.

Cabe destacar que en esta región se evaluaron los materiales Armada/JR y Armada/Gladiador, los cuales tienen la característica que son injertados, en donde el material Armada es el patrón y se injertan JR y Gladiador. El material Armada se utiliza por ser tolerante a enfermedades bacteriales, principalmente al causado por *Ralstonia solanacearum* (conocida anteriormente como *Pseudomonas solanacearum*). A continuación, se presenta una descripción de dichos cultivares de tomate.

Tomate Híbrido Gladiador

Plantas de crecimiento determinado de origen israelita de larga vida (90-110 días desde el trasplante hasta la cosecha). Forma del fruto: globoso aplanado, uniforme y multilocular. Peso medio de la fruta: 200 g a 250 g. Color: rojo oscuro. Alto porcentaje de calibre superior a 8 cm. vigoroso, fruto de gran firmeza. Resistente a *Verticillium* sp. y *Fusarium* spp. (razas 1 y 2).

Híbrido de tomate JR

Planta de crecimiento indeterminado, con un peso de fruto de 280 a 320 g y color rojo. Rendimiento medio de las plantas de 7,19 kg. Presenta resistencia a *Verticillium* sp., *Fusarium oxysporum* razas 1, 2, 3 y virus del mosaico del tabaco (López 2017).

Patrón de injerto Armada

Armada es un portainjerto híbrido para tomate, probado que presenta resistencia a múltiples enfermedades, alta resistencia contra el marchitamiento bacteriano (*Ralstonia solanacearum*) valioso para la producción en túneles altos y campo abierto. (Takii 2015c).

Chúngara Indeterminado

De 220 g a 280 g Bola* y rojo 5,5 kg Alta resistencia a estrés salino y temperaturas bajas, al TYLCV, *Verticillium* sp. al ToMV, *Alternaria* sp. *F. oxysporum* y nematodos.

Los resultados con respecto al peso, diámetro y largo de los materiales indican que el material Chúngara es el más pequeño con respecto a los otros tres, presentando diferencias estadísticas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Características físicas de peso, diámetro, largo y firmeza de los materiales de tomates evaluados en Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

Material	Peso	Diámetro	Largo
	(g)	(cm)	(cm)
Chúngara	103,65 a*	5,75 a	5,12 a
JR	141,92 b	6,77 b	5,37 a
Gladiador/Armada	161,51 b	6,78 b	6,03 b
JR/Armada	161,55 b	6,89 b	6,09 b

* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

Sin embargo, según clasificación de materiales de tomate considerando su diámetro, todos los materiales evaluados clasifican dentro de la categoría de intermedio, el cual consideran un rango de diámetro entre 5,10 y 8,00 cm (Cuadros 6 y 6a).

Cuadro 6. Clasificación por tamaño de los materiales de tomate evaluados en la Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

Material	Diámetro	Clasificación
	(cm)	tamaño**
Chúngara	5,75 a*	Intermedio
JR	6,77 b	Intermedio
Gladiador/Armada	6,78 b	Intermedio
JR/Armada	6,89 b	Intermedio

* Valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellos, según Prueba de Tukey al 0,05%

** Tamaño Intermedio (5,1-8,0 cm).

Cuadro 6a. Clasificación de tamaño de tomate según diámetro*. Costa Rica. 2020.

Tamaño	Medida cm
Muy pequeño	Menos de 3 cm
Pequeño	Entre 3,00 - 5,00 cm
Intermedio	Entre 5,10 - 8,00
Grande	Entre 8,10 - 10,00 cm
Muy grande	Mayor 10,00 cm

*IPGRI (1996).

Para las características químicas, como se muestra en el cuadro 3, el material que mostró mayor valor de brix fue el Chúngara (3,74%) presentando diferencias con respecto a los demás materiales. Para la acidez titulable el JR presento un valor de 0,28 %, presentando diferencias con JR/Armada y Armada. No se presentaron diferencias con respecto a pH (Cuadro 7).

En cuanto a la relación SST/AT el material JR presentó el valor más alto (11,71) seguido por Chúngara (10,10), los cuales presentaron diferencias con respecto a JR/Armada. Estos dos materiales presentan características deseables en cuanto al sabor de la fruta.

El sabor del tomate es el resultado de diversos componentes aromáticos volátiles y no volátiles y de una compleja interacción entre éstos (Yilmaz 2001). Para un sabor mejor se requiere un contenido alto de azúcares y ácidos; un contenido alto de ácidos y bajos de azúcares produce un sabor ácido, uno alto en azúcares y bajo en ácidos dan un sabor suave, y ambos bajos dan un fruto insípido (Grierson y Kader 1986).

Cuadro 7. Características químicas de SST, pH, AT y SST/AT de los materiales de tomates evaluados en la Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

Material	SST (Brix %)	pH (%)	AT (%)	Relación SST/AT
JR/Armada	3,15 a*	4,44 a	0,43 b	7,32 b
JR	3,28 a	4,47 a	0,28 a	11,71 a
Gladiador/Armada	3,50 b	4,38 a	0,45 b	7,77 b
Chúngara	3,74 c	4,43 a	0,37 ab	10,10 a

* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

En cuanto a las características de los materiales al final del período poscosecha, en el Cuadro 8 se muestra que los tomates que más días duraron en alcanzar el grado o madurez de consumo (grado 6) fueron JR/Armada con 9 días y Gladiador/Armada con 8, seguido por JR (6 días) y Chúngara (5 días). JR presentó el menor valor de pérdida de peso (1,06%), con diferencias a todos los demás.

Cuadro 8. Características de pérdida peso (%) y días después de cosecha de los materiales de tomate evaluados durante el período poscosecha en la Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

Material	Pérdida peso (%)	Días después Cosecha
JR/Armada	4,29 c	9
JR	1,06 a	6
Gladiador/Armada	2,39 b	8
Chúngara	1,74 ab	5

*Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

En cuanto a la firmeza al final de este período, Gladiador/Armada presentó el mayor valor con 11,34 N, con diferencias a todos los demás. Para el período poscosecha, JR/Armada duró nueve días, seguido por Gladiador/Armada con ocho, JR con seis y Chúngara con cinco. Gladiador/Armada presentó un comportamiento en poscosecha muy deseable por tener un período de ocho días en poscosecha y manteniendo valores más altos en su firmeza (Cuadro 9 y Figura 12).

Los materiales JR/Armada, JR y Chúngara presentaron valores de firmeza que los clasifica en el término de blandos, mientras que Gladiador/Armada fue de moderadamente blando (Cuadro 8 y Figura 12). Los cambios en la firmeza son modificaciones en la estructura y composición de las paredes celulares de los frutos debido a la acción de ciertos complejos enzimáticos como las enzimas poligalacturoasa y pectinasas que se incrementan durante la respiración celular y la maduración organoléptica las cuales son las responsables del ablandamiento de los tejidos externos de los tomates y la disminución de la dureza y firmeza de los tejidos, por lo que aquellos materiales de tomate que tengan mayor firmeza una vez que han alcanzado su madurez de consumo poseen una característica muy deseable (Alarcón 2013).

Cuadro 9. Clasificación por firmeza de pulpa (N) de los materiales de tomate evaluados en la Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

Material	Clasificación por firmeza
JR/Armada	Blando
JR	Blando
Gladiador/Armada	Moderadamente blando
Chúngara	Blando

* Columnas del mismo color con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

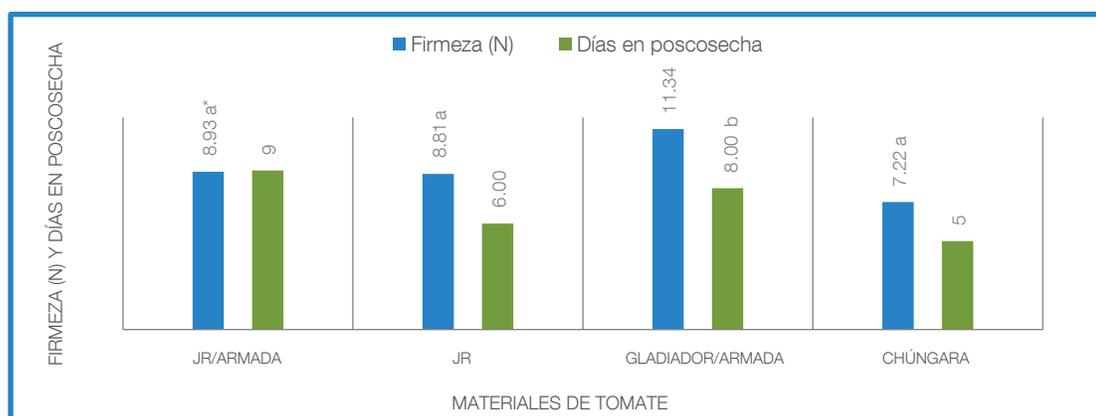


Figura 12. Variables de firmeza de cáscara (N) y días después de cosecha de los materiales de tomate evaluados en la Región Central Sur. Costa Rica. 2020.

En la Figura 13 se presentan los días de desarrollo de madurez de consumo de tomate (grados 5-6) de los materiales evaluados en la Región Central Sur.



Figura 13. Días de desarrollo de madurez de consumo de los materiales de tomate evaluados en la Región Central Sur. San José. Costa Rica. 2020.

Conclusiones

- Con respecto al peso, diámetro y largo Chúngara presentó el fruto más pequeño con respecto a los otros tres (JR/Armada, JR, Gladiador/Armada), presentando diferencias estadísticas.
- Según clasificación de materiales de tomate considerando su diámetro, todos los materiales evaluados clasifican dentro de la categoría de intermedio, el cual consideran un rango de diámetro entre 5,10 y 8,00 cm.
- Para las características químicas el material que mostró mayor valor de brix fue Chúngara (3,74%) presentando diferencias con respecto a los demás materiales. Para la acidez titulable JR presentó un valor de 0,28 %, presentando diferencias con JR/Armada y Gladiador/ Armada. No se presentaron diferencias con respecto a pH.
- Durante el período poscosecha JR presentó el menor valor de pérdida de peso (1,06%), con diferencias a todos los demás. En firmeza Gladiador/Armada presentó el mayor valor con 11,34 (N), con diferencias a todos los demás. Los materiales que tuvieron mayor período poscosecha fueron JR/Armada con nueve días, Gladiador/ Armada con ocho, JR con seis y Chúngara con cinco días.

3.2.2.2. Región Oriental

En la zona Oriental en las cuatro fincas escogidas los materiales de tomate evaluados fueron: JR y Milán, los cuales fueron cultivados en las localidades de Cervantes y Tobosí. El período de evaluación fue de octubre 2017 a noviembre 2018. A continuación, se presenta una descripción de dichos materiales de tomate:

- Milán Indeterminado De 250 g a 300 g Bola y rojo 9,24 kg Resistencia a *F. oxysporum* razas 1, 2, 3 y al TMV.
- JR special Indeterminado De 280 g a 320 g Bola* y rojo 7,19 kg Resistencia a *Verticillium* sp., *F. oxysporum* razas 1, 2, 3 y TMV (Figura 14).



Figura 14. Materiales de tomate Milán y JR evaluados en la Región Oriental. Costa Rica. 2020.

Fuente: Ing. Daniel Saborío A.

Para las variables físicas (peso, diámetro y altura) JR obtuvo diferencias estadísticas con Milán presentando valores mayores en comparación a Milán (Cuadro 10). En peso JR presentó 232,80 g y Milán 155,04 g, JR obtuvo para diámetro 7,96 cm y Milán 6,84 cm y en altura JR con 6,38 cm y Milán 5,28 cm.

Cuadro 10. Características físicas de peso (g), diámetro (cm), altura (cm) y firmeza de los materiales de tomates evaluados en la Región Oriental. Costa Rica. 2020.

Material	Peso (g)	Diámetro	Altura
	(g)	(cm)	(cm)
Milán	155,04 a*	6,84 a	5,28 a
JR	232,80 b	7,96 b	6,38 b

* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05

Clasificando por tamaño los materiales evaluados, JR y Milán son de tamaño intermedio según la medida de su diámetro ecuatorial (Cuadro 11)

Cuadro 11. Clasificación de materiales de tomate evaluados según diámetro (cm). Región Oriental. Costa Rica. 2020.

Material	Diámetro	Clasificación
	(cm)	tamaño**
Milán	6.84 a*	Intermedio
JR	7.96 b	Intermedio

* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05

Con relación a las variables químicas (Cuadro 12), para °Brix, Milán (5,85 %) presentó un valor mayor a JR (3,84 %). Estos valores se consideran normales y aceptables ya que según el contenido de sólidos solubles de los tomates en general pueden variar entre 3,5 y 7,0 °Brix, dependiendo de la variedad (Cantwell 2004). Al respecto, Arana *et al.* (2007), señalan que las cualidades organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química, y que los mismos en su periodo de madurez comercial deben poseer un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix, estando relacionado con un aroma y sabor óptimos.

En pH JR obtuvo 4,37 % y Milán 4,21 % (Cuadro 3), al respecto Arana *et al.* (2007), mencionan que tomates que presentan características óptimas en cuanto a sabor y aroma, poseen un pH entre 4 y 5.

En AT no se presentaron diferencias significativas, sin embargo, se presentaron niveles o valores normales ya que según Cantwell (2004), menciona que la acidez del tomate debe estar comprendida entre 0,2 y 0,6% de ácido cítrico.

La relación sólidos solubles/acidez titulable la cual es una medida del sabor, Milán presentó un valor mayor de 14,26 en comparación a JR 10,97, sin embargo, los dos materiales presentan niveles normales de °Brix y AT, por lo que su relación está asociada a materiales de tomate con sabor aceptable para nuestro medio. Al respecto menciona Yilmaz (2001) que el sabor del tomate es el resultado de diversos componentes aromáticos volátiles y no volátiles y de una compleja interacción entre éstos. Para un sabor normal o deseable, se requiere un contenido alto de azúcares y ácidos; ya

que un contenido alto de ácidos y bajos de azúcares produce un sabor ácido, uno alto en azúcares y bajo en ácidos dan un sabor suave, y ambos bajos dan un fruto insípido (Grierson y Kader 1986).

Cuadro 12. Características químicas de SST, pH, AT y SST/AT de los materiales de tomates evaluados en la Región Oriental. Costa Rica. 2020.

Material	SST	pH	Acidez titulable	Relación
	(°brix %)	(%)	(%)	SST/AT
Milán	5,85 b	4,21 a	0,41 a	14.26
JR	3,84 a	4,37 b	0,35 a	10.97

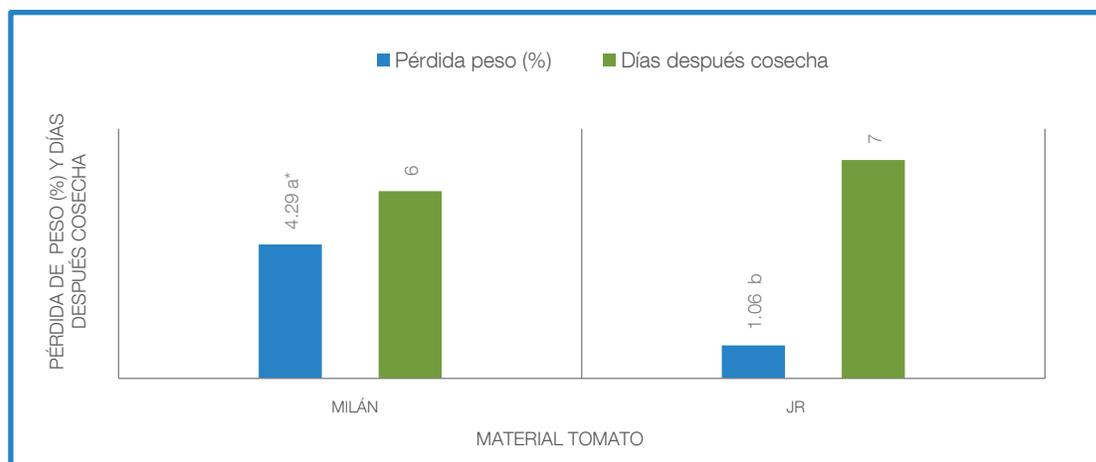
* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05.

En la evaluación de características desarrolladas durante el período poscosecha, (Cuadro 13 y Figura 15) los dos materiales presentaron una firmeza de pulpa sin mostrar diferencias significativas entre ellos, sin embargo, JR presentó una pérdida de peso menor (1,06%) en comparación a Milán (4,29%), aun cuando presentó un día más que Milán en mostrar el grado de desarrollo de color externo en grado 5-6. Ambos materiales presentan en este período una firmeza clasificada como blanda. JR presenta un día más (7 días) en alcanzar el color externo en grado 5-6 que Milán (6 días).

Cuadro 13. Características de firmeza (N), pérdida de peso (%), días después de cosecha y clasificación por firmeza de los materiales de tomates evaluados en la Región Oriental. Costa Rica. 2020.

Material	Firmeza pulpa (N)	Pérdida peso (%)	Días después cosecha	Clasificación por firmeza
Milán	8,47 a*	4,29 a	6	Blanda
JR	8,81 a	1,06 b	7	Blanda

* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05.



* Columnas del mismo color con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 15. Pérdida de peso (%) y días después de cosecha de los materiales de tomate evaluados en la Región Oriental. Costa Rica. 2020.

En la Figura 16 se muestra el período (días) en que los materiales de tomate JR y Milán desarrollaron el grado de color de maduración para consumo (grado 5-6).



Figura 16. Días de desarrollo de madurez de consumo de los materiales de tomate evaluados en la Región Oriental. Costa Rica. 2020.

Conclusiones

- En peso, diámetro y altura JR obtuvo diferencias significativas con Milán presentando valores mayores. En peso JR presentó 232,80 g y Milán 155,04 g, JR obtuvo para diámetro 7,96 cm y Milán 6,84 cm y en altura JR con 6,38 cm y Milán 5,28 cm, sin embargo, ambos materiales se clasifican dentro de la categoría de tamaño intermedio.

- En el análisis químico se obtuvo que Milán presentó un valor mayor de °brix (5,85%) que JR (3,84%). En pH JR obtuvo 4,37 % y Milán 4,21 % mientras que en AT no se presentaron diferencias significativas. La relación sólidos solubles/acidez titulable, Milán presentó un valor mayor de 14,26 en comparación a JR 10,97. Estos resultados químicos califican ambos materiales con características óptimas y deseables de sabor y calidad.
- En la evaluación del período poscosecha, los dos materiales presentaron una firmeza de pulpa sin mostrar diferencias significativas entre ellos. JR presentó una pérdida de peso menor (1,06%) en comparación a Milán (4,29%). Ambos materiales presentan una firmeza clasificada como blanda. Sin embargo, JR presenta un día más (7 días) en alcanzar el color externo en grado 5-6 que Milán (6 días).

3.2.2.3. Región Occidental

Las evaluaciones se llevaron a cabo en los distritos de San Pedro, San Juan y San Bosco en Santa Bárbara de Heredia. Los híbridos comerciales evaluados fueron Audaz, Vulcano, Milán y JR.

Los materiales evaluados presentan las siguientes características

- Audaz es un híbrido de tomate de crecimiento indeterminado con peso de fruto desde los 280 g a los 320 g. Tiene un rendimiento promedio de 7,5 kg por planta. Posee resistencia alta al TYLCV, ToMV (Virus del mosaico del tomate), *Fusarium* sp. 1 y 2, *Verticillium* sp. albo-atrum sp., *Verticillium dahliae* y al TSWV (Virus del bronceado del tomate). Resistente al género *Meloidogyne*.
- Vulcano es un híbrido producido por la empresa BHN Seeds Research y distribuido en el país por la empresa Semillas Duros, Grandes y Rojos, S.A. Fue registrado el 04 de enero del 2017.
- Milán Indeterminado De 250 g a 300 g Bola* y rojo 9,24 kg Resistencia a *F. oxysporum* razas 1, 2, 3 y al TMV.
- JR special Indeterminado De 280 g a 320 g Bola* y rojo 7,19 kg Resistencia a *Verticillium*, *F. oxysporum* razas 1, 2, 3 y TMV.

En cuanto a las variables físicas, en peso (g) el material JR fue el que obtuvo el mayor valor (215.10), sin embargo, solo se obtuvieron diferencias con respecto a Audaz (Cuadro 14). En cuanto a la altura de los frutos, Audaz presentó el valor mayor (6,21 cm), presentando diferencias solamente con Vulcano (5,98 cm) con los demás materiales

Cuadro 14. Características físicas de peso, diámetro, altura de los materiales de tomates evaluados en Región Occidental. Costa Rica. 2020.

Material	Peso	Diámetro	Altura
	(g)	(cm)	(cm)
Audaz	192,59 a*	8,54 a	6,21 b
Milán	207,82 ab	7,74 a	6,04 ab
Vulcano	214,54 b	7,82 a	5,98 a
JR	215,10 b	7,82 a	6,18 ab

* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los materiales de tomate con respecto al diámetro de las frutas, Audaz presenta un tamaño de frutas clasificado en el término grande, mientras que todos los demás presentan tamaño intermedio (Cuadro 15).

Cuadro 15. Clasificación por tamaño de los materiales de tomate evaluados en la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

Material	Diámetro	Clasificación
	(cm)	tamaño**
Audaz	8,54 a	Grande
Milán	7,74 a	Intermedio
Vulcano	7,82 a	Intermedio
JR	7,82 a	Intermedio

* Columna con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

En el Cuadro 16 se presentan las variables químicas evaluadas, en brix, Vulcano presentó diferencias significativas con respecto a los demás materiales con el valor más alto (4,53%), los demás materiales presentaron valores menores a 4,00%. Al respecto,

Arana *et al.* (2007), mencionan que las cualidades organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química y que los mismos en su período de madurez comercial deben poseer un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix, estando relacionado con un aroma y sabor óptimos. Mencionan además que el contenido habitual de sólidos solubles (principalmente azúcares) debe ser entre 3,5 a 5 %, llegando a 10% en algunos tomates, criterio acorde a los resultados encontrados en esta investigación.

En AT (acidez titulable), Audaz presentó el valor más alto (0,72%) con diferencias a todos los demás, el valor menor lo presentó Milán (0,30%). La acidez en los tomates, pueden variar en valores de 0,25% a 0,35% (Lamúa 2000). Al respecto, Cantwell (2004), menciona que la acidez puede estar comprendida entre 0,20 y 0,60% de ácido cítrico.

En pH los valores obtenidos se presentaron en un rango de 4,24% (Audaz) a 4,63% (Vulcano). Los materiales de tomate que presentan características óptimas en cuanto a sabor y aroma, poseen un pH entre 4 y 5 (Arana *et al.* 2007).

La relación SST/AT presentó el menor valor y diferencias significativas con Audaz (4,97) debido a su valor alto de AT, los demás materiales evaluados presentaron valores mayores a 10,00. Esta relación de variables químicas es importante ya que para un mejor sabor del tomate se requiere un contenido alto de azúcares y ácidos; un contenido alto de ácidos y bajos de azúcares produce un sabor ácido, uno alto en azúcares y bajo en ácidos dan un sabor suave, y ambos bajos dan un fruto insípido (Grierson y Kader 1986).

De manera general, Aguayo y Artés (2004) mencionan que las características organolépticas o de sabor del tomate están relacionadas con la composición química y consideran que, para tener un aroma y un sabor óptimos, los tomates deben tener un contenido en sólidos solubles (TSS) de entre 4 y 6 °brix, una acidez entre 0,2 y 0,6% y un pH entre 4 y 5.

Cuadro 16. Características químicas de SST, pH, AT y SST/AT de los materiales de tomates evaluados en la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

Material	SST Brix	pH	AT	Relación
	(%)	(%)	(%)	SST/AT
Audaz	3,58 a*	4,24 a	0,72 b	4,97 a
Milán	3,88 a	4,40 b	0,30 a	12,93 b
Vulcano	4,53 b	4,63 c	0,41 a	11,04 b
JR	3,80 a	4,34 ab	0,37 a	10,27 b

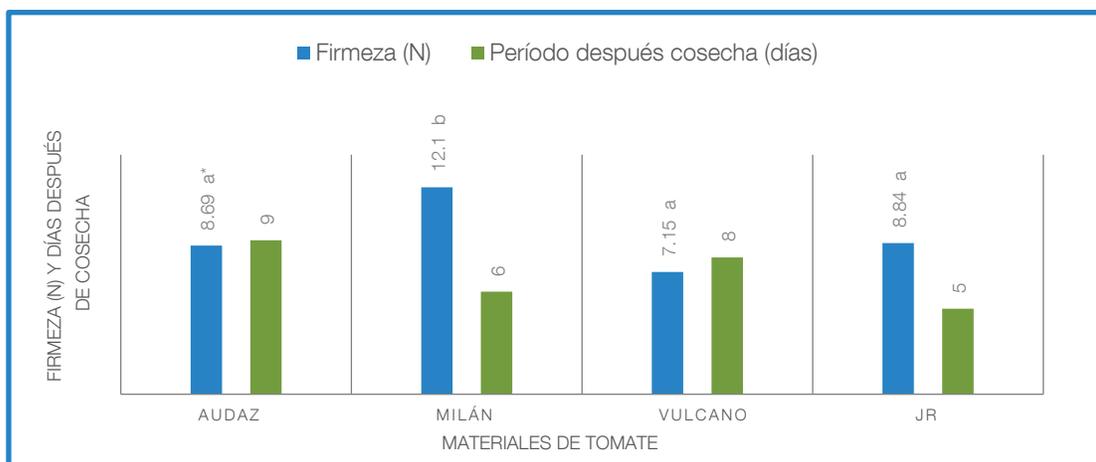
* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

En la evaluación del período poscosecha de los materiales de tomate, Audaz presentó el mayor período con nueve días, seguido por Vulcano (ocho días), Milán (seis días) y JR (cinco días) (Cuadro 17). Así mismo, Milán presentó el mayor valor de firmeza con 12,10 N con diferencias significativas con todos los demás materiales, esta característica lo califica dentro del término moderadamente blando (Cantwell 2004), mientras que los demás materiales son blandos. (Figura 17). En pérdida de peso solamente se evaluaron los materiales Milán y JR, Milán obtuvo el menor valor con 1.86% mientras que JR con 2,57% (Cuadro 17). Este resultado de Milán es importante destacarlo ya que materiales que llegue a su madurez comercial (Grado 5 y 6) con un valor de firmeza alto (reflejo de una menor pérdida de peso), es una característica muy deseable.

Cuadro 17. Características de pérdida peso (%), firmeza de cáscara (N), días después de cosecha y clasificación de firmeza de los materiales de tomate evaluados durante el período poscosecha en la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

Material	Pérdida peso	Firmeza cáscara	Período después	Clasificación por firmeza
	(%)	(N)	cosecha (días)	
Audaz		8,69 a	9	blanda
Milán	1,86 a*	12,10 b	6	moderadamente blanda
Vulcano		7,15 a	8	blanda
JR	2,57 b	8,84 a	5	blanda

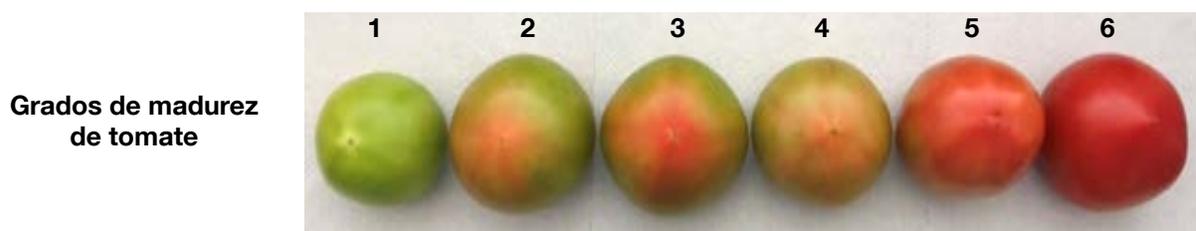
* Columnas con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.



* Columnas del mismo color con valores seguidos por letras iguales, no son estadísticamente diferentes entre ellas, según Prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 17. Variables de firmeza cáscara (N) y días después de cosecha de los materiales de tomate evaluados en la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

La Figura 18 muestra el desarrollo de la maduración (días) hasta el grado de consumo 5-6 de los materiales de tomate JR y Milán, Audaz y Vulcano. Audaz y Vulcano tuvieron el período más largo de nueve y ocho días, respectivamente.



Grados de madurez de tomate

Días a madurez de consumo grado 5-6 de los materiales de tomate evaluados de la Región Occidental	JR	5
	Milán	6
	Audaz	9
	Vulcano	8

Figura 18. Días de desarrollo de madurez de consumo de los materiales de tomate evaluados en la Región Occidental. Costa Rica. 2020.

Conclusiones

- En cuanto a las variables físicas, en peso (g) el material JR fue el que obtuvo el mayor valor (215,10), sin embargo, solo se obtuvo diferencias con respecto a Audaz. No se presentaron diferencias significativas entre los materiales de tomate con respecto al diámetro de las frutas, Audaz presenta un tamaño de frutas clasificado en el término grande, mientras que todos los demás presentan un tamaño intermedio.
- En brix, Vulcano presentó diferencias significativas con respecto a los demás materiales con el valor más alto (4,53%), los demás materiales presentaron valores menores a 4,00%.
- En pH los valores obtenidos se presentaron en un rango de 4,24% (Audaz) a 4,63% (Vulcano).
- En AT (acidez titulable), Audaz presentó el valor más alto (0,72%) con diferencias a todos los demás, el valor menor lo presentó Milán (0,30%). La relación SST/AT presentó el menor valor y diferencias significativas con Audaz (4,97) debido a su valor alto de AT, los demás materiales evaluados presentaron valores mayores a 10,00.
- En la evaluación del período poscosecha de los materiales de tomate, Audaz presentó el mayor período con nueve días, seguido por Vulcano (8 días), Milán (6 días) y JR (5 días). Milán presentó el mayor valor de firmeza con 12,10 N con diferencias significativas con todos los demás materiales, esta característica lo califica dentro del término moderadamente blando mientras que los demás materiales son blandos.



Foto 5. Evaluación de materiales de tomates: caracterización físico/químico en Laboratorio de Tecnología Poscosecha. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 2018

Fuente: Ing. Daniel Saborío.



Foto 6. Evaluación de comportamiento poscosecha y maduración de materiales de tomate. San José. Costa Rica. 2018.

Fuente: Ing. Daniel Saborío A.

3.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL DESARROLLO DE LA MADURACIÓN POSCOSECHA DEL TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL 1-MCP (1-METIL CICLOPROPANO), EN CONDICIONES DE CULTIVO DE COSTA RICA

Esta investigación se planteó luego de conocer cuáles son las principales causas que originaron las pérdidas poscosecha. En el diagnóstico de pérdidas se obtuvo que una de las principales causas que originaban pérdidas poscosecha de tomate fueron tanto la inmadurez como la sobre madurez de la fruta, por lo que una alternativa para solucionar dicho problema podría ser la implementación de la tecnología del efecto de 1-MCP en la maduración poscosecha del tomate, principalmente en la etapa de acopio, por lo que se plantearon varias investigaciones.

El etileno es la hormona vegetal que afecta el desarrollo de diferentes procesos fisiológicos en los productos frescos. Altera o afecta procesos como la maduración y senescencia de los tejidos vegetales. La comercialización del 1-metilciclopropeno (1-MCP) ha puesto de manifiesto tanto su potente actividad como inhibidor de la acción del etileno, como su capacidad de mantener la calidad general en poscosecha de muchos productos vegetales. El 1-MCP está clasificado como un regulador de crecimiento, con un modo de acción inocuo para el ser humano. Los primeros trabajos y el desarrollo comercial del producto se realizaron en flores, demostrando su efecto al retrasar la senescencia natural. El producto se ha comercializado bajo el nombre de Ethylblock y Smartfresh y su aplicación es mediante un contacto gaseoso del producto con los tejidos vegetales en un medio hermético o cerrado (Guillén, 2009).

El método de aplicación del 1-MCP es combinado con otros materiales en forma de polvo y cuando este polvo es mezclado con una cantidad específica de agua u otra sustancia adecuada el 1-MCP en forma de gas es liberado en el aire, los frutos tienen que estar en un medio cerrado para que el gas tenga su efecto en los tejidos vegetales

El etileno es una fitohormona gaseosa que regula y coordina numerosos procesos de crecimiento y senescencia de las plantas (Zacarias 1993), Faust también menciona que la caída de frutos está relacionada con la acción del etileno. Su actividad biológica se produce a muy bajas concentraciones y afecta un amplio espectro de procesos fisiológicos. El etileno juega un rol muy importante en muchos de los cambios que ocurren en la fruta en el proceso de maduración, ya que es un inductor de ablandamiento de los tejidos (Retamales *et al.* 1994). El uso de inhibidores de la síntesis de etileno se plantea como alternativa para retrasar los procesos de maduración y senescencia de los frutos en poscosecha. Los inhibidores más conocidos son la aminoetoxivinilglicina AGV y el ácido aminooxiacético AOA que actúan como inhibidores competitivos de la actividad ACC –sintetasa, bloqueando el paso de SAM a ACC (Zacarias 1993).

El desarrollo reciente de un inhibidor de la acción del etileno el 1-MCP permite actuar en forma eficiente inhibiendo la maduración de manzanas, bananas y tomates (Golding *et al.* 1998 y Serek *et al.* 1995). Cuando fue aplicado en frutos de kiwi a cosecha, el 1-MCP redujo la tasa de respiración, retardó el alza de producción de etileno y disminuyó.

Coletti *et al.* (2003) realizaron una investigación en tomates, variedad cultivada “Vida larga” en un estado de color inicial conocido como “breaker-turning”, fueron tratados con 1 ppm de 1-metilciclopropeno durante 24 horas a 15 °C y mantenidos a la misma temperatura durante 5 días. Dichos tomates mostraron una maduración más lenta que aquellos que no habían sido sometidos a tratamiento. En concreto, los frutos tratados con 1 MCP presentaron una tasa de respiración un 25% inferior, un desarrollo de la coloración más lento (35% inferior), una mayor firmeza (12% superior) y una mayor acidez (40%).

No se detectaron diferencias significativas en las pérdidas de peso y el contenido en sólidos solubles entre los frutos sometidos a tratamiento y aquellos que no. Se puede afirmar que el tratamiento con 1-MCP resulta ser eficaz para prolongar la vida comercial del tomate a temperatura superior a la de refrigeración. En Uruguay Carball *et al.* (2003), evaluaron frutos de tomate los cuales fueron cosechados en estados de madurez pintón y rosado y fueron puestos en contacto con 1-MCP a dosis de 1000 ppb durante un período de 0, 16 y 24 horas a temperatura ambiente y donde evaluaron las características de firmeza de pulpa, sólidos solubles (SST) y color de piel, el período de evaluación fue de 14 días (evaluando los días 0,3,7,11 y 14). Los resultados encontrados fueron que no se observaron diferencias entre las 16 y 24 horas de aplicación de 1-mcp, sin embargo, el tratamiento fue efectivo tanto en la aplicación a los pintones como a los

rosados para mantener durante los 11 días tomates más firmes y retener el color verde que a los no tratados del mismo estado de madurez. Los SST no fueron afectados por los tratamientos.

Moretti *et al.* (2002), en un ensayo en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*) ó la capacidad del 1-metilciclopropeno (1-MCP) para retardar la maduración de la fruta del tomate. La fruta sin manchas externas se clasificó por tamaño (diámetro = 80 ± 5 mm) y masa ($m = 130 \pm 10$ g), se colocó dentro de cajas herméticamente selladas y se aplicó 1-MCP durante 12 horas ($T = 22 \pm 1$ ° C); (HR = 80-85%) a cuatro concentraciones diferentes: 0 (control), 250, 500 y 1000 ml.L-1. Las frutas se mantuvieron en condiciones ambientales ($T = 23 \pm 2$ ° C; HR 80-85%) durante dos días y luego se almacenaron en una habitación fría ($T = 20 \pm 1$ ° C; HR = 85-95%). Cada tres días, durante un período de 15 días, se analizaron las frutas para determinar su firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, color externo y carotenoides totales. La firmeza de la fruta tratada con 1000 ml.L-1 fue aproximadamente un 88% más alta que las frutas de control después de 17 días. La relación a^* / b^* , un indicador del color de la piel, para las frutas tratadas con 1000 ml.L-1 de 1-MCP fue 38% más baja que las frutas de control al final del período de almacenamiento. Los tratamientos con concentraciones más altas de 1-MCP retrasaron la síntesis de carotenoides totales y el desarrollo del color. Las frutas de control almacenadas durante 17 días tenían aproximadamente un 190% más de carotenoides totales que las frutas tratadas con 1000 ml.L-1 de 1-MCP. La aplicación poscosecha de 1-MCP fue un método eficaz para retrasar la maduración de la fruta de tomate. A medida que aumentó la concentración de 1-MCP, la maduración se retrasó aún más. Los tomates tratados con 250, 500 y 1000 ml.L-1 de 1-MCP se retrasaron de 8 a 11, de 11 a 13 y de 15 a 17 días, respectivamente.

3.3.1. Determinación preliminar del efecto de la aplicación de dosis de 1-MCP (0, 250, 500 y 750 ppb) sobre la maduración poscosecha del tomate.

3.3.1.1. Metodología

El material de tomate a evaluado fue el JR y cual fue producido en la Región Occidental en la localidad de Santa Bárbara de Heredia. El material de tomate fue llevado desde el centro de Acopio de tomate de Asoprocona ubicado en Santa Bárbara de Heredia, donde fue seleccionado según su grado de maduración, para posteriormente trasladarlo para aplicar los tratamientos de 1-mcp en el Laboratorio de Poscosecha de la Universidad de Costa Rica y evaluar su efecto.

Se procedió de manera preliminar a ver cuál era el efecto de la aplicación del 1-MCP en la fruta de tomate. Se cosecharon en grado de maduración 3, tomates de la variedad JR cultivados en la región Occidental. Se prepararon recipientes plásticos con sellado hermético para realizar los tratamientos con 1-mcp, el volumen de cada recipiente fue de aproximadamente 18 lt. Como fuente de etileno se utilizó el producto comercial EthylBloc cuyos componentes son Methylcyclopropene 0,13-0,15%, formulado de forma de polvo, dicho producto tiene su registro ante EPA #71297-5-32258 for EthylBloc™ y se pesaron las diferentes cantidades en una balanza de precisión. Después de colocar las frutas en los recipientes, se aplicaron las dosis correspondientes de 1-MCP y se sellaron, al final de cada período se abrieron los recipientes para evaluar el efecto del 1-mcp sobre los tomates. El tiempo de contacto o aplicación del 1-mcp fue de 24 horas. El número de frutos de cada uno de los cuatro tratamientos de 1-MCP fueron de 30 unidades. Los tratamientos de 1-MCP evaluados fueron:

- 0 ppb 1-MCP (control o testigo).
- 250 ppb 1-MCP.
- 500 ppb 1-MCP.
- 750 ppb 1-MCP.

Las variables evaluadas en este primer ensayo fueron el grado de desarrollo de color externo que desarrolló la fruta luego de la aplicación de la dosis de 1-MCP y el período de días transcurrido para tal fin.

3.3.1.2. Resultados

Como principal resultado, se obtuvo un efecto evidente de retraso de la maduración del tomate tratado con 1-MCP. Específicamente las frutas tratadas con 750 ppb de 1-MCP llegaron de una madurez inicial de cosecha de grado 2-3, a un grado de maduración de consumo 5-6 en un período de tiempo de 15 días. Este tratamiento de 750 ppm de 1-MCP obtuvo un alargamiento de días en poscosecha del 100% aproximadamente, ya que el testigo (0 ppm 1-MCP) presentó una madurez de grado 6 en un período de 8 días (Figura 19).



Figura 19. Desarrollo de maduración según tratamientos de aplicación de dosis de MCP en tomate a 8 días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

Fuente: Ing. Daniel Saborío

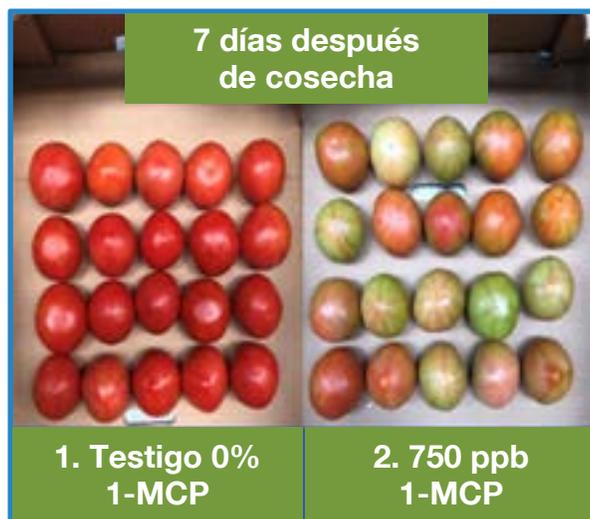


Foto 7. Efecto del retraso de maduración de tomate mediante la aplicación de dosis de 1-MCP (750 ppb) en contraste con el tratamiento testigo (0% ppb 1-MCP). San José. Costa Rica. 2020

Fuente: Ing. Daniel Saborío

En el Cuadro 18 se presenta el porcentaje de frutas con cambios de color externo según tratamiento con 1-MCP aplicado. A los 8 días después de cosecha el tratamiento testigo (0 ppb de 1-MCP) presentó prácticamente un total del 100% de sus frutas en maduración con grado 6 (totalmente rojo), mientras que el tratamiento con 750 ppb de 1-MCP en período de 15 días apenas presentó un 53.33% de frutas en grado 6.

Cuadro 18. Porcentaje de frutos de tomate desarrollando madurez (grados) según dosis aplicadas de 1-MCP y período de evaluación (días después de cosecha). San José. Costa Rica. 2020.

Días después de la cosecha	Tratamiento	Grados de madurez/% de frutas			
		3	4	5	6
4	0% 1-mcp (testigo)	30,00	63,33	6,67	
6			20,00	70,00	10,00
8				3,34	96,66
11					100,00
4	250 ppb 1-mcp	50,84	49,16		
6		5,09	49,15	45,76	
8				45,76	54,24
11				32,20	67,80
15					100,00
4	500 ppb 1-mcp	60,00	40,00		
6		60,00	40,00		
8				85,00	15,00
11				55,00	45,00
15					100,00
4	750 ppb 1-mcp	91,66	8,34		
6		89,00	11,00		
8		33,33	53,33	11,66	1,68
11		6,66	45,00	43,34	5,00
15			1,67	45,00	53,33

En la Figura 20, se puede observar que el tratamiento testigo (0 ppb de 1-MCP) en el día ocho (después de cosecha) alcanzó una coloración de grado 6, mientras que el tratamiento con 1-MCP 750 ppb, para el día 15 no había alcanzado el desarrollo total del color en grado 6, o sea apenas un 53,33% de las frutas estaban en grado 6, mientras que un 45% en grado 5. Resultados similares obtuvieron Massollo (2009) y Mostolfi (2003), con aplicaciones de tratamientos de dosis de 1-MCP en tomate, estos presentaron un retraso de la maduración desarrollando un color rojo superficial en un período de siete días más tarde que el tratamiento testigo.

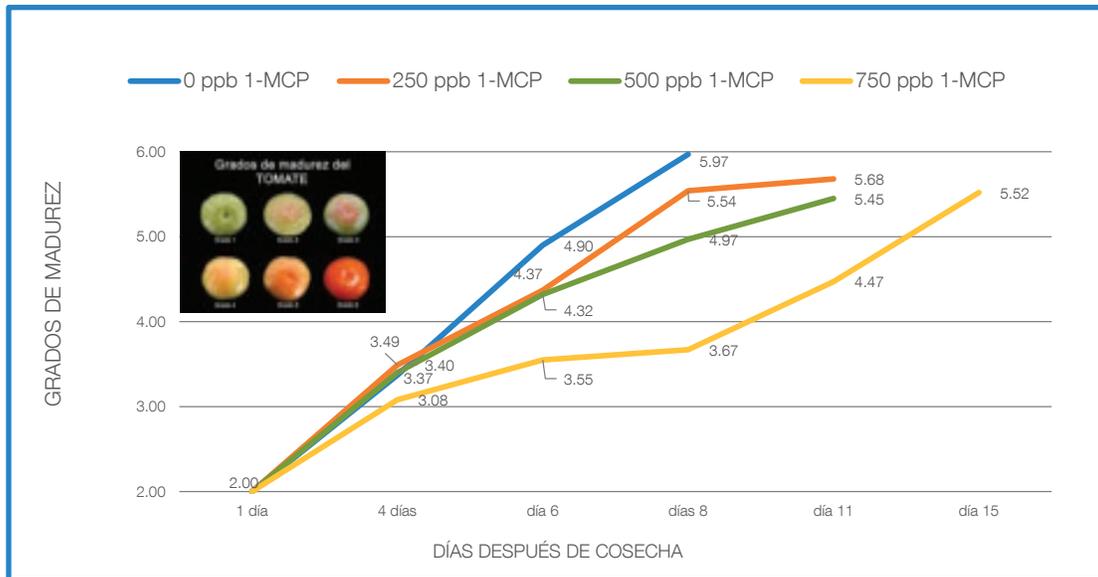


Figura 20. Grados de desarrollo de madurez de tomate, según dosis aplicadas de 1-MCP y días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

Se observa un efecto positivo del 1-MCP sobre la maduración de la fruta tratada, se obtiene una influencia directamente proporcional de aumento del período de días a maduración (grado 6) según aumenta la dosis de 1-MCP aplicadas. Al respecto Báez *et al.* (2001) menciona que “La posibilidad de reducir y/o inhibir la producción de etileno durante la maduración de los frutos, es una novedosa tecnología que permite disminuir la tasa de maduración y la velocidad de deterioro, alargando la vida de anaquel de los productos hortofrutícolas. Alcanzar estos objetivos son importantes, especialmente cuando se saturan los mercados, o cuando se pretende llegar a mercados lejanos con frutos de excelente calidad, basados principalmente en las características de sabor y apariencia”.

3.3.1.3. Conclusiones

En este ensayo se obtuvo un efecto evidente de retraso de la maduración del tomate tratado con 1-MCP. Específicamente las frutas tratadas con 750 ppb de 1-MCP llegaron de una madurez inicial de cosecha de grado 2-3 a un grado de maduración de consumo 5-6 en un período de tiempo de 15 días.

3.3.2. Efecto de la aplicación de dosis de 1-MCP (0, 500, 750 y 1000 ppb) sobre la maduración poscosecha del tomate variedad JR.

3.3.2.1. Metodología

Con base en los resultados del ensayo 1 en el que se presentó un efecto positivo de las dosis de 1-MCP sobre el desarrollo de la maduración poscosecha del tomate, mediante evaluación del cambio del color externo, se planteó otro ensayo donde se aumentó la dosis de 1-MCP, además de evaluar el efecto causado sobre el retardo de la maduración del tomate mediante el análisis de diferentes variables químicas y físicas. Las dosis evaluadas de 1-MCP fueron: 0, 500, 750 y 1000 ppb 1-MCP. Para las variables de color y peso se evaluaron todas las frutas por repetición y tratamiento, mientras que para firmeza y brix solamente 10 por repetición/tratamiento. Se evaluó la maduración a los períodos de 1, 5 y 10 días después de cosecha. El material de tomate evaluado fue JR el cual fue cultivado en la Región Occidental en la localidad de Santa Bárbara de Heredia y cosechado con índice de cosecha en grado 3. El ensayo se planteó bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones en donde cada repetición fue de 40 frutas. Se realizaron varias evaluaciones durante el período posterior al tratamiento hasta que la fruta alcanzó el índice de color grado 6. El análisis de los resultados se realizó mediante ANDEVA y prueba de Tukey al 0,05% para las variables con diferencias significativas, utilizando el Programa INFOSTAD.

Las variables evaluadas fueron:

A- Color del fruto

Se calificó el color externo de las frutas mediante la utilización de la escala de cambio de color que se presenta en la Figura 1.

B- Peso del fruto

Se utilizó una balanza electrónica y se expresó en gramos (gr)

C- Sólidos solubles Totales (SST)

Se midió con un refractómetro manual marca Atago y fueron expresados en porcentaje de grados Brix (Grados Brix %).

D- Firmeza de pulpa

La textura (firmeza de pulpa), se realizará por medio de un penetrómetro manual FT011 con punta cóncava y fueron expresados en Newton (N).

E. Pérdida de peso

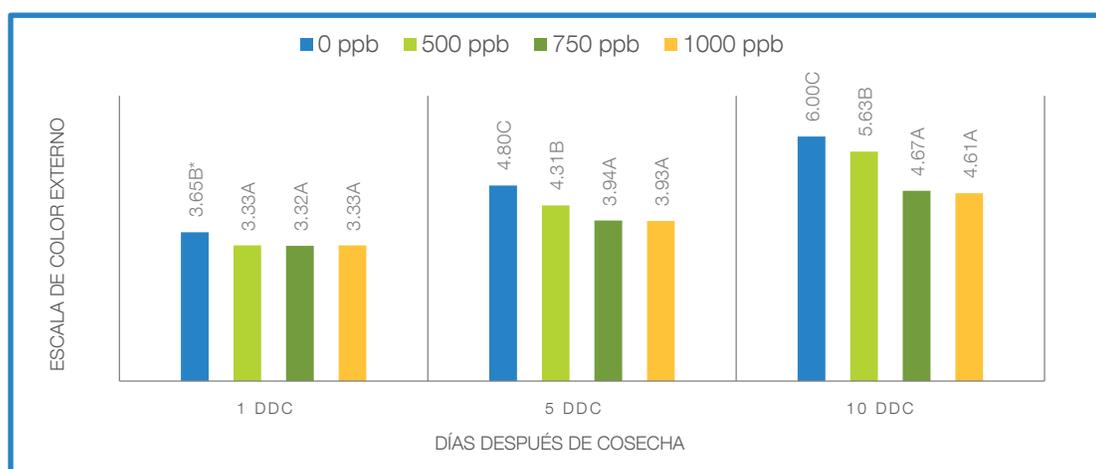
Se expresó como porcentaje tomando en cuenta el peso inicial (g) al inicio del tratamiento de aplicación de 1-MCP y el peso al final de su maduración poscosecha.

F. Evaluación del período poscosecha hasta la madurez total.

Se registraron los días transcurridos durante el cambio de desarrollo de color externo hasta el grado 6.

3.3.2.2. Resultados

En la Figura 21 se aprecia el grado de desarrollo del color en donde se inicia en el día 1 todos los tratamientos en un grado de color promedio de 3, para el día cinco el tratamiento testigo (0 ppb 1-MCP) desarrolló un grado de color de 4,80, mientras que las dosis de 750 y 1000 ppb 1-MCP tuvieron el menor desarrollo de color con valores de 3.94 y 3.93 respectivamente. En el día 10 el tratamiento testigo ya había desarrollado el grado de maduración total en grado 6, la dosis de 500 ppb un 5.63 y los tratamientos de 750 y 1000 ppb 1-MCP lograron valores de 4,67 y 4,61, respectivamente, con diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos.



* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 21. Desarrollo de color externo de tomates híbrido JR según tratamientos de dosis de 1-mcp aplicados y evaluados a 1, 5 y 10 días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

En la Figura 22 se muestra el desarrollo de los grados de color de maduración del tomate JR según los tratamientos de dosis de 1 MCP y según el día de evaluación (1, 5 y 10 días después de la cosecha) en donde se observa el retraso de maduración que provocan las dosis de 1 MCP sobre el tomate, principalmente las dosis de 750 y 1000 ppb, aumentando el tiempo o periodo en días en tener la maduración total (grado 5-6).

Al respecto Báez *et al.* (2001), obtuvieron en evaluación similar un efecto para retrasar el desarrollo del color rojo de tomate utilizando 1-MCP y la dosis más efectiva fue de 500 ppb.

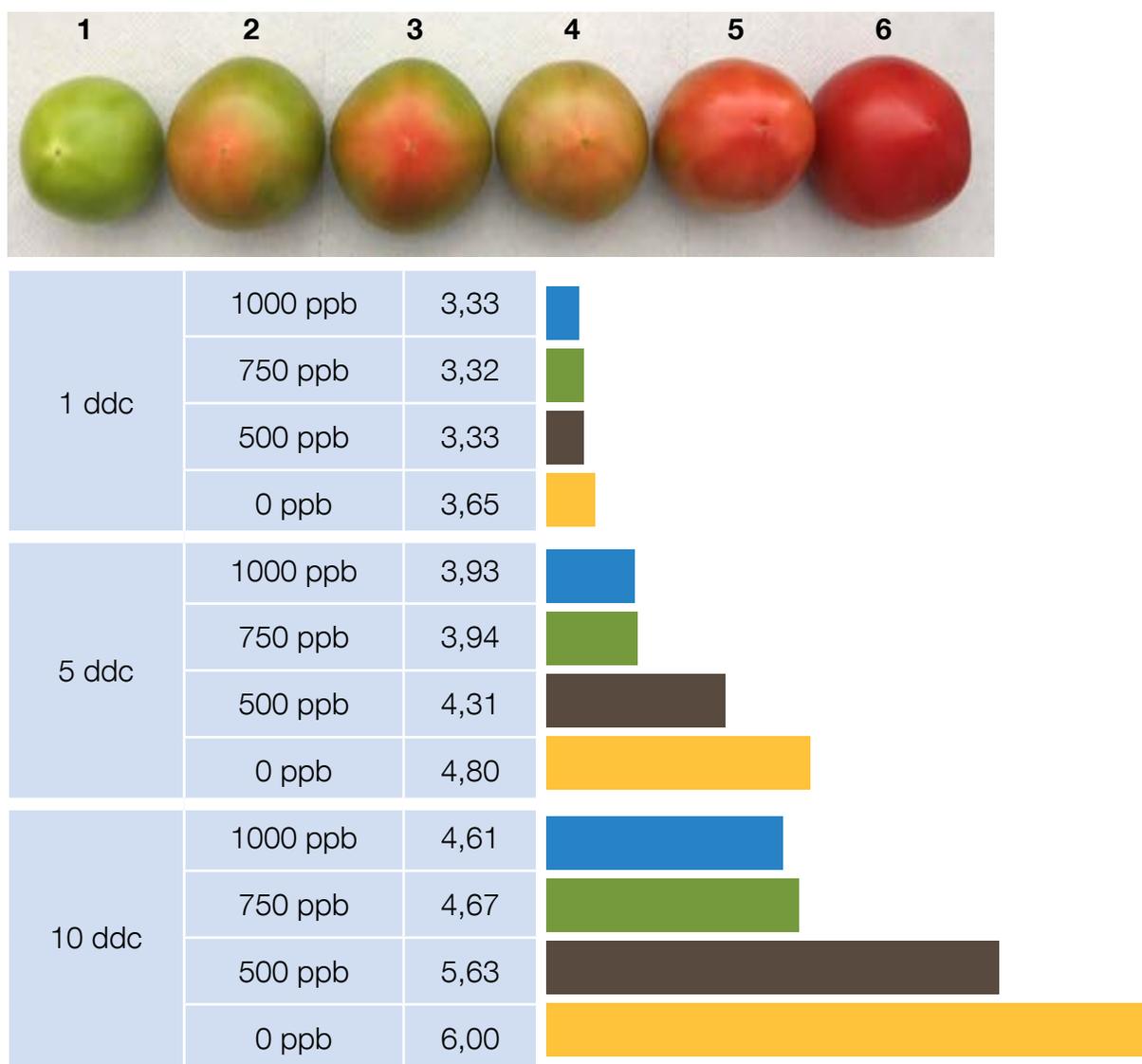
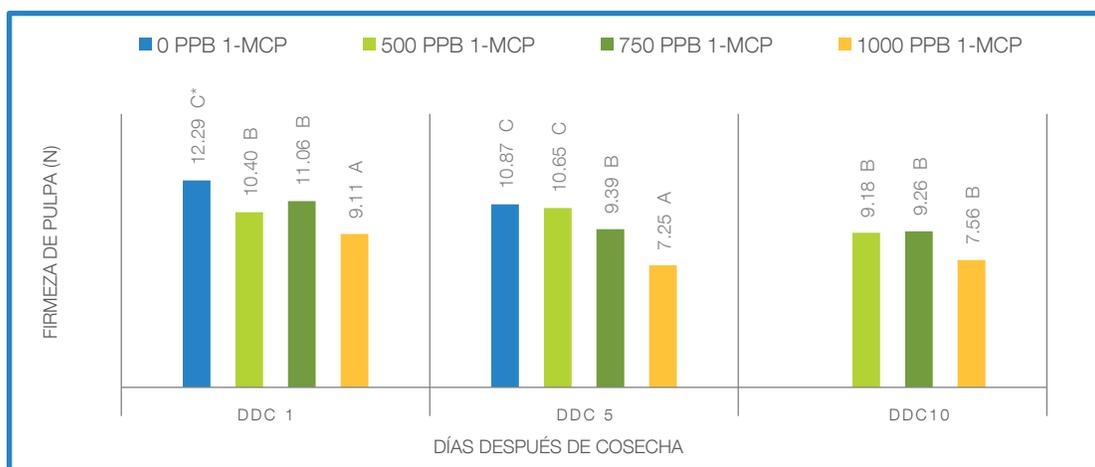


Figura 22. Desarrollo de color externo de tomates híbrido JR según tratamientos de dosis de 1-mcp aplicados y evaluados a los 1, 5 y 10 días después de cosecha. San José. Costa rica. 2020.

Para firmeza no se presentó una respuesta clara ni definida del efecto del 1-MCP por tratamiento, se presentó una disminución lógica de la firmeza de las frutas conforme avanzó el período de maduración de 1, 5 y 10 días después de cosecha. La dosis de 1000 ppb en los tres períodos de evaluación presentó los menores valores de firmeza. En el período de cinco ddc no se presentaron diferencias entre el testigo y la dosis de 500 ppb 1-MCP, tratamientos que obtuvieron los mayores valores con 10,87 y 10,65 N respectivamente. Posteriormente se observa una pérdida de firmeza o aumento del ablandamiento de las frutas para el período de 10 días ddc, en donde las dosis de 500 y 750 ppb presentaron los ablandamientos menores con diferencias significativas con respecto a 1000 ppb (Figura 23).

Watkins (2006), obtuvo en ensayos similares, una respuesta de retraso en el desarrollo de la firmeza de tomate tratados con 1-MCP, pero indica que, aunque el 1-MCP ha mostrado ser efectivo en la reducción de firmeza de esta fruta, este efecto no debe inhibir totalmente la natural pérdida del ablandamiento conforme transcurre la maduración del tomate.

Báez *et al.* (2001), encontraron un efecto del retraso de la maduración de tomate utilizando la concentración de 500 ppb de 1-MCP, los frutos mostraron un menor desarrollo del color externo y del ablandamiento de la fruta.

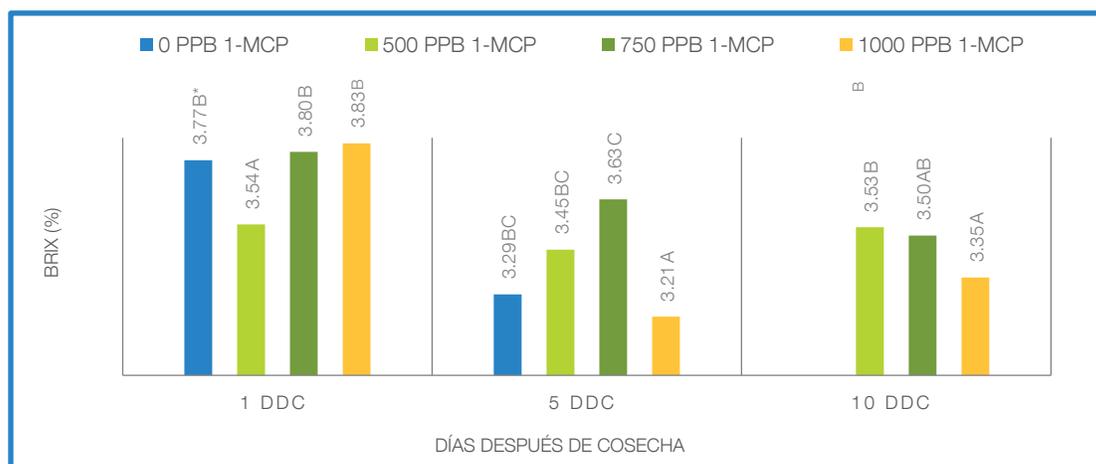


* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 23. Valores de firmeza de pulpa (N) de tomates híbrido JR según tratamientos de dosis de 1-MCP aplicados y evaluados a 1,5 y 10 días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

Para grados brix en el primer período de evaluación no se presentaron diferencias entre las dosis de 0, 750 y 1000 ppb de 1-MCP, solamente fue diferente la dosis de 500 ppb. Para el segundo período de cinco ddc las dosis de 0, 500 y 750 no presentaron diferencias entre ellas, solamente se presentó diferencias con respecto a 1000 ppb el cual obtuvo el valor más bajo de los cuatro tratamientos. Caso similar se presentó también en el tercer período de evaluación donde las dosis de 500 y 750 ppb de 1-MCP no presentaron diferencias entre ellas y solamente con respecto a la dosis de 1000 ppb el cual obtuvo el valor más bajo de ° brix (Figura 24).

Las tres dosis de 1-MCP (500,750 y 1000) en el último período de 10 ddc, obtuvieron valores de °Brix mayores que la que obtuvo el tratamiento testigo (0 ppb) en la evaluación anterior de cinco ddc, lo que demuestra que la maduración de las frutas siguió su normal desarrollo, pero con efecto retrasado y aumentando cinco días más su período poscosecha.



* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

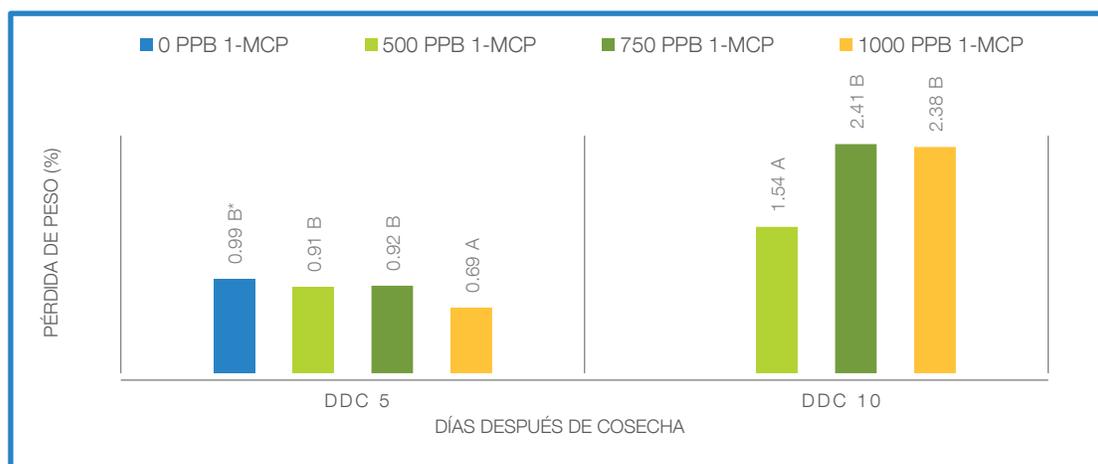
Figura 24. Valores de brix (%) de tomates híbrido JR según tratamientos de dosis de 1-mcp aplicados y evaluados a 1, 5 y 10 días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

En cuanto al porcentaje de pérdida de peso durante los períodos de evaluación se presentó que para el período de evaluación de cinco días las dosis de 0, 500 y 750 ppb de 1-MCP no presentaron diferencias entre ellas, solamente fueron diferentes con respecto a la dosis de 1000 ppb la cual obtuvo el valor porcentual menor de pérdida de peso con un valor de 0.69%. En el período de 10 días ddc las dosis de 750 y 1000 ppb

presentaron los porcentajes mayores de pérdida de peso con valores de 2,41% y 2,38% respectivamente y sin presentar diferencias entre ellas. La dosis de 500 ppb fue el tratamiento que obtuvo el menor valor de pérdida de peso con 1,54% (Figura 25).

El porcentaje de pérdida de peso durante los períodos de evaluación se presentó que para el período de evaluación de 5 días las dosis de 0, 500 y 750 ppb de 1-MCP no presentaron diferencias entre ellas, solamente fueron diferentes con respecto a la dosis de 1000 ppb la cual obtuvo el valor porcentual menor de pérdida de peso con 0.69%. En el período de 10 días ddc las dosis de 750 y 1000 ppb presentaron los porcentajes mayores de pérdida de peso con valores de 2,41% y 2,38% respectivamente y sin presentar diferencias entre ellas.

La dosis de 500 ppb fue el tratamiento que obtuvo el menor valor de pérdida de peso con 1,54% para el período de 10 días después de cosecha (Figura 8). Resultados similares reportan Báez *et al.* (2001), los cuales encontraron retrasar la maduración de tomate hasta por un período de 10 días con tratamientos de 1-MCP, en donde la dosis de 500 ppb de 1-MCP fue la más efectiva en tomates tratados en grado de color 3.



* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 25. Pérdida de peso (%) de tomates híbrido JR según tratamientos de dosis de 1-MCP aplicados y evaluados a 1, 5 y 10 días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

3.3.3. Efecto de la aplicación de dosis de 1-MCP (0, 500, 750 y 1000 ppb) sobre la maduración poscosecha del tomate variedad Audaz.

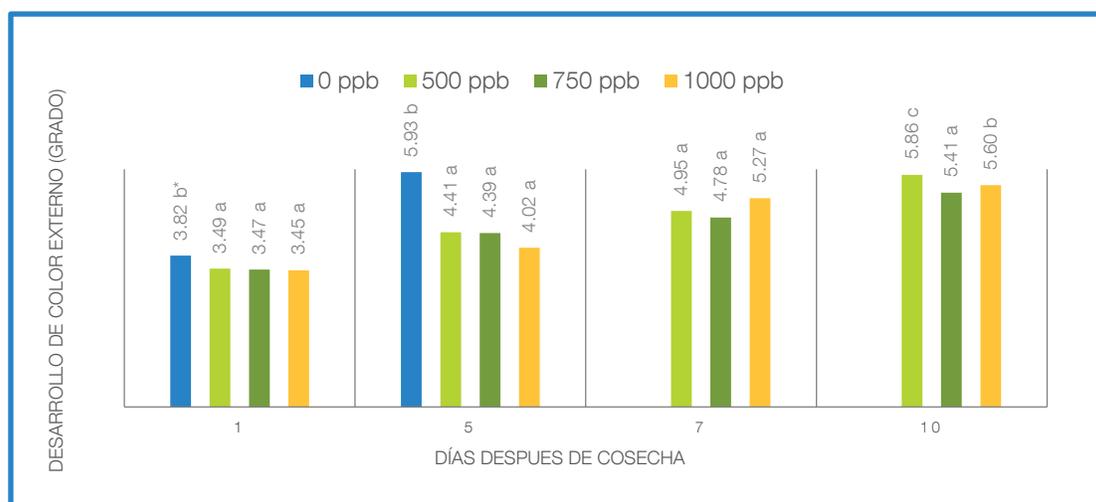
3.3.3.1. Metodología

Con el objetivo de analizar la repetitividad del efecto del 1-MCP se procedió a realizar un tercer ensayo similar al ensayo 2, con la misma metodología que el anterior con la única diferencia de evaluar un material diferente de tomate, el cual fue el material Audaz, cultivado en la Región Occidental en la localidad de Trojas de Grecia.

3.3.3.2. Resultados

En cuanto al desarrollo de color externo del tomate, el segundo período de evaluación de cinco ddc presentó que las dosis de 500, 750 y 1000 ppb 1-MCP obtuvieron los menores valores de desarrollo del color rojo de la fruta. no presentaron diferencias entre sí y solamente con el tratamiento testigo (0 ppb) que obtuvo un valor de 5,93. Para el período de siete ddc y posterior ya los tomates del tratamiento testigo habían alcanzado la total maduración por lo que no fueron evaluados y solamente seguían madurando las frutas tratadas con las diferentes dosis de 1-MCP.

En este período no se presentaron diferencias entre las dosis de 1-MCP, sin embargo, la dosis de 750 ppb fue la que presentó el menor valor con 4,78. Para el último período de 10 ddc, los resultados presentaron diferencias entre todas las dosis, siendo la de 750 ppb la que presentó el valor menor con 5,41, seguido por 1000 ppb (5,60) y 500 ppb (5,86) (Figura 26).



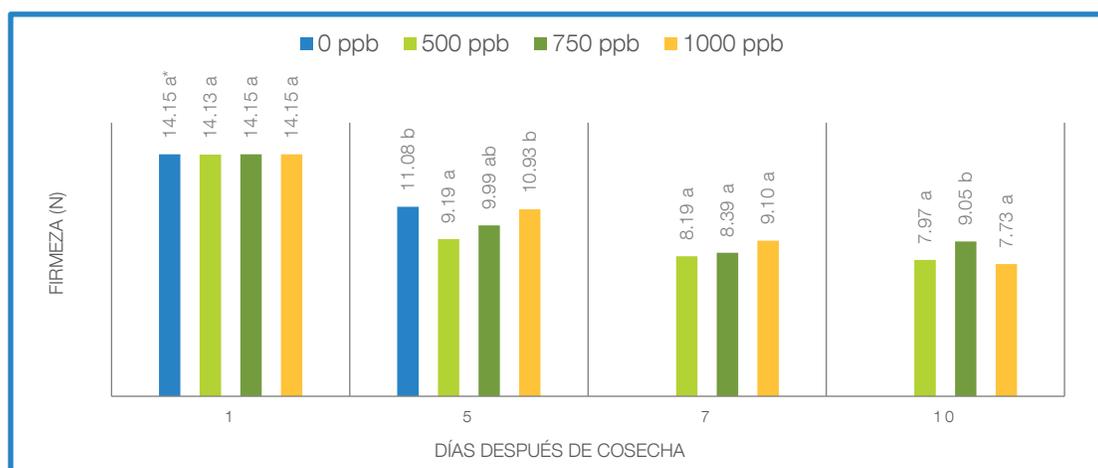
* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 26. Desarrollo de color externo de frutos de tomate híbrido Audaz con tratamientos de aplicación de dosis de 1-MCP, según días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

Para ablandamiento o pérdida de firmeza de la fruta en este ensayo, se presentó un comportamiento similar al reportado por Massolo (2009) en donde la firmeza de los frutos de tomate tratados con 1-MCP siguió reduciéndose conforme avanzaron las evaluaciones posteriores al tratamiento realizado.

Para el segundo período de cinco ddc la dosis que presentó el valor más alto de firmeza fue el testigo (0 ppb 1-MCP), sin embargo, solo presentó diferencias con respecto a 500 ppb. Resultados similares reporta Massolo (2009), donde a los siete días no se presentaron diferencias significativas de firmeza de tomates tratados con 1-MCP y el testigo.

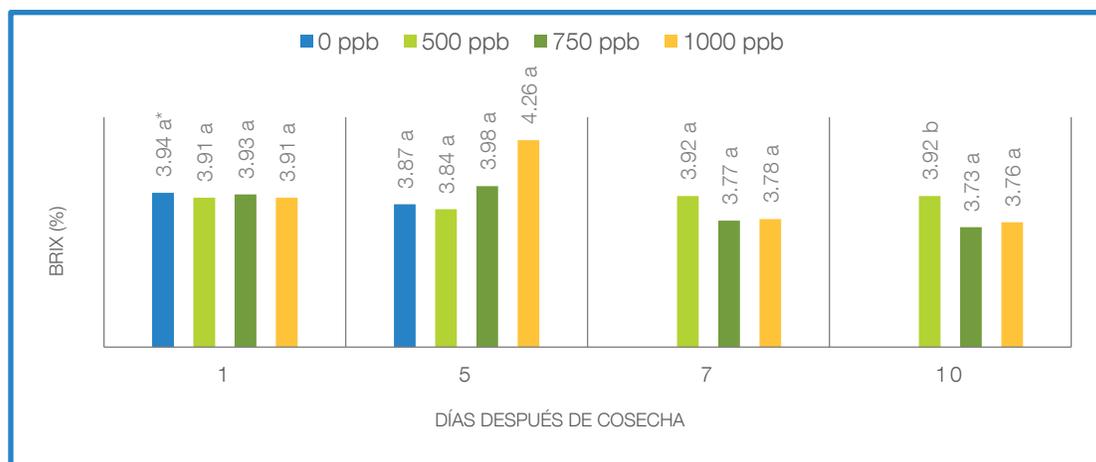
Para siete ddc no presentaron diferencias los tratamientos aplicados de las 3 dosis de 1-MCP y para el último período de evaluación de 10 ddc, la dosis que presentó el valor más alto de firmeza fue 750 ppb 1-MCP con 9,05 N, presentando diferencias para 500 y 1000 ppb que obtuvieron 7,97 N y 7,73 N, respectivamente (Figura 27).



* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 27. Firmeza (N) de frutos de tomate híbrido Audaz con tratamientos de aplicación de dosis de 1-MCP, según días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

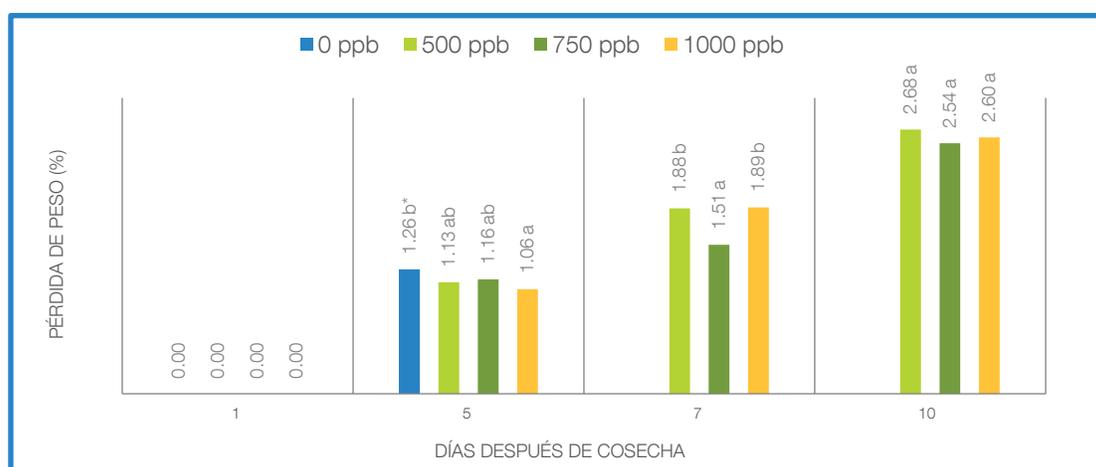
Para grados brix no se presentaron diferencias significativas de las dosis de 1-MCP para las evaluaciones de uno, cinco y siete ddc, solamente el último período de 10 ddc la dosis de 500 ppb presentó el valor más alto con 3,92% con diferencias significativas para 750 y 1000 ppb (Figura 28).



* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 28. Grados brix de frutos de tomate híbrido Audaz con tratamientos de aplicación de dosis de 1-MCP, según días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

Para la pérdida de peso en el período de cinco ddc se presentaron diferencias solamente entre la dosis de 0 ppb y 1000 ppb, presentando esta última el menor valor de pérdida de peso con 1,06%. Para el período de siete ddc la dosis de 750 ppb presentó el valor menor de pérdida de peso con 1,51%, presentando diferencias con respecto a 500 ppb y 1000 ppb con 1,88% y 1,89%, respectivamente. Para el último período de 10 ddc no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 29).



* Columnas en grupo con valores seguidos con letras mayúsculas iguales no son estadísticamente diferentes entre sí, según prueba de Tukey al 0,05%.

Figura 29. Pérdida de peso (%) de frutos de tomate híbrido Audaz con tratamientos de aplicación de dosis de 1-MCP, según días después de cosecha. San José. Costa Rica. 2020.

3.3.3.3. Conclusiones

En general, se presentó un efecto de los tratamientos de 1-MCP en retrasar la maduración del tomate. Sin embargo, se presentaron diferencias de efectividad de las dosis aplicadas según el material de tomate que se evaluó. Al respecto Rohwer y Gladon (2001), mencionan que la efectividad de los tratamientos con 1-MCP para retrasar la maduración del tomate depende de varios factores y que entre los más importantes se encuentran la concentración o dosis utilizada y el cultivar y la variedad del tomate.

Tomando en cuenta los resultados de las variables analizadas (color externo, firmeza, °Brix y pérdida de peso) se obtuvo un efecto positivo del 1-MCP en ayudar a retrasar la maduración de los frutos de tomate variedad JR en un período aproximado de 10 días, cinco días más que el tratamiento testigo (0 ppb), la dosis de 500 1-MCP fue la que mejor resultado presentó. Para el material Audaz, se aumentó el período de poscosecha de la fruta, retrasando su maduración en aproximadamente 10 días, en comparación con el testigo que duró solamente cinco ddc, y la dosis de 1-MCP que presentó mejores resultados fue 750 ppb.

En general, se puede observar tomando en cuenta los resultados de las variables analizadas de color externo, firmeza, brix y pérdida de peso, un efecto positivo del 1-MCP en ayuda a retrasar la maduración de los frutos de tomate (variedad Audaz). Se aumentó el período de poscosecha de la fruta en aproximadamente 10 días, en comparación con el testigo que duró solamente cinco ddc, y la dosis de 1-MCP que presentó mejores resultados fue de 750 ppb.

3.3.4. Validación del método de aplicación y efectos en el control de la maduración del tratamiento poscosecha de tomate utilizando el 1-MCP en la planta empacadora de tomate de Tikagro.

3.3.4.1. Metodología

La validación se realizó en las instalaciones del centro de acopio de tomate de Tikagro en Santa Bárbara de Heredia. Se dispuso de una cámara fría a temperatura ambiente la cual tiene condición cerrada para facilidad de aplicación y eficacia del gas producido por el 1-MCP (1-metil ciclopropano). La cámara fría tenía una dimensión de 3 m alto x 3 m ancho x 2 m de fondo

Una vez aplicado el tratamiento de 1-MCP, las frutas tuvieron un período de contacto con el gas de 24 horas dentro de la cámara de manera hermética y a temperatura

ambiente. Posterior a este período, las frutas fueron sacadas de la cámara y se mantuvieron en condiciones ambientales y junto con el tratamiento testigo, se inició la evaluación del desarrollo de maduración mediante el desarrollo del color externo de las frutas, grados brix y firmeza a los uno, siete y nueve días. La condición de maduración inicial de los frutos del cultivar JR fue de grado 2-3 (Figura 1.). Las muestras evaluadas se analizaron en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica.

Se evaluaron dos tratamientos con las dosis de: 0 y 500 ppb 1-MCP. Se escogió la dosis de 500 ppb de 1-MCP para realizar esta validación ya que los resultados obtenidos por Saborío (2020) demostraron que con esta dosis los tomates tratados, retrasan la velocidad de maduración (expresado en menor desarrollo de color externo, menores valores de grados brix y mayor firmeza de fruto) de manera adecuada para un período de poscosecha de cinco días más que el tomate sin tratamiento de 1-MCP.

Se evaluaron las siguientes variables:

A- Color del fruto

Se registró el color externo de las frutas mediante la utilización de la escala de cambio y desarrollo de color que se presenta en la Figura 30. de Grados de madurez del tomate. Se evaluó el color externo a cada una de las frutas por tratamiento en los tres períodos de evaluación.

B- Firmeza de pulpa

La textura (firmeza de pulpa), se realizó por medio de un penetrómetro manual FT011 con punta cóncava y fueron expresados en Newton (N). Se evaluaron 30 frutos por período de evaluación por tratamiento.

C- Sólidos solubles Totales (SST)

Se midió con un refractómetro manual marca Atago y fueron expresados en porcentaje de grados Brix.

D- Análisis de los resultados

Los resultados del ensayo se analizaron estadísticamente mediante análisis de prueba de t (0,05%) con dos tratamientos (0 y 500 ppb 1-MCP). En cada evaluación se analizaron un total de 30 frutos por tratamiento por período de días. Se utilizó el Programa estadístico Infostat (Infostat 2008).

3.3.4.2. Resultados

Como se muestra en las Figuras 30 y 31, los tomates tratados con 500 ppb de 1-MCP retrasaron la maduración a los siete días de la aplicación del tratamiento, reflejada en el desarrollo del color rojo de la superficie de los frutos, ya que los frutos no tratados ya estaban casi totalmente maduros y en la última escala de color (5,34), los frutos tratados con 1-MCP se habían mantenido casi con la misma coloración inicial del inicio del tratamiento. Para los nueve días, los frutos no tratados con 1-MCP habían desarrollado el total color rojo, mientras que el tratamiento con 500 ppb de 1-MCP habían desarrollado un color de 4,51 en la escala de maduración (Figura 30). Al respecto Báez *et al.* (2011), obtuvieron en evaluación similar un efecto para retrasar el desarrollo del color rojo externo del tomate utilizando 1-MCP y la dosis más efectiva fue de 500 ppb. En esta demostración, se puede mencionar que el período de tiempo en que el tratamiento de aplicación de 1-MCP fue ventajoso ante la no aplicación fue de siete días más de vida en poscosecha.

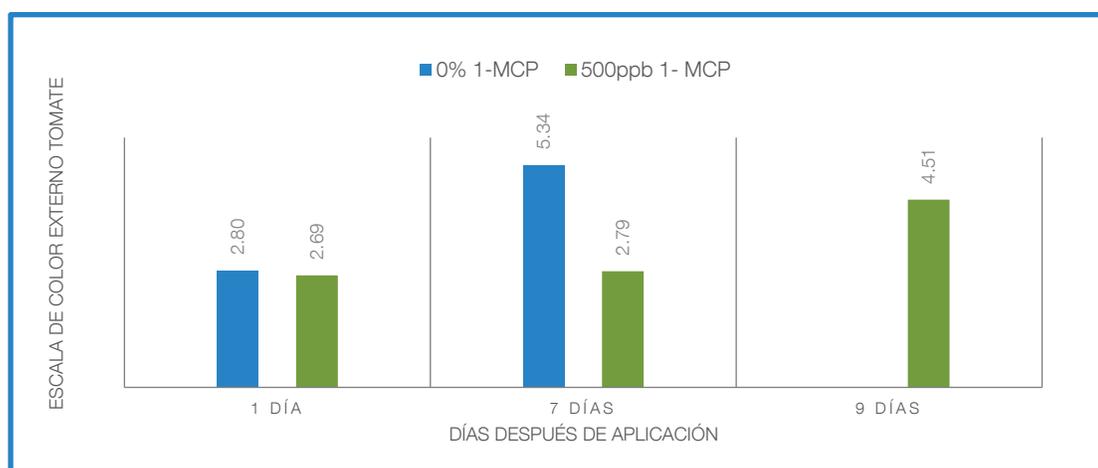


Figura 30. Color externo desarrollado por frutos de tomate tratados con dosis de 0 y 500 ppb de 1-MCP, según días después de aplicación. Santa Bárbara. Heredia. Costa Rica. 2021.

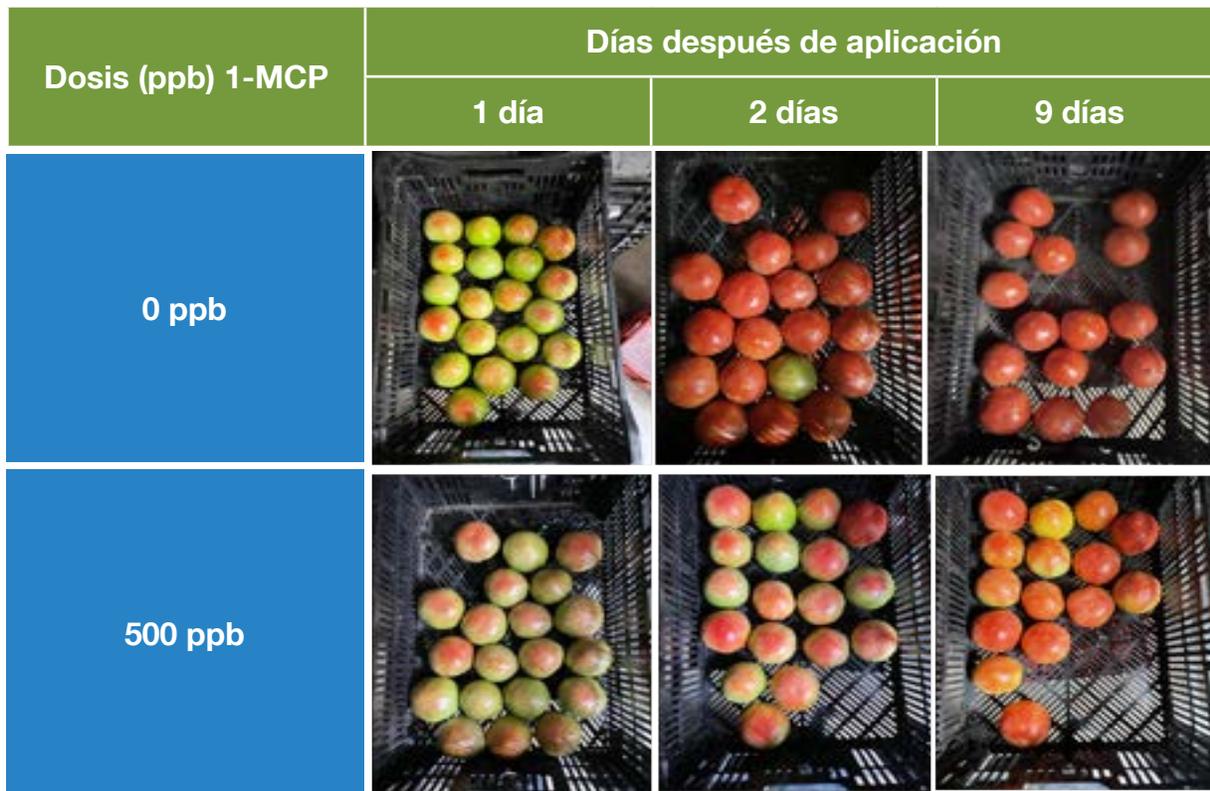


Figura 31. Desarrollo de color externo del tomate según dosis de 0 y 500 ppb de 1-MCP aplicados en los períodos de evaluación. Santa Bárbara. Heredia. Costa Rica. 2021.

Fuente: Ing. Daniel Saborío A.

En lo que respecta a la firmeza de los frutos de tomate según días después de aplicación de 1-MCP se muestra en la Figura 32 que, aunque transcurrían los días después de la aplicación y por normal naturaleza de los tejidos del tomate su firmeza iba disminuyendo, a los siete días los frutos tratados con la dosis de 500 ppb de 1-MCP mantuvieron una firmeza mayor que los no tratados. Al respecto, Watkins (2006), obtuvo en ensayos similares, una respuesta de retraso en el desarrollo de la firmeza de tomate tratados con 1-MCP, pero indica que, aunque el 1-MCP ha mostrado ser efectivo en la reducción de firmeza de esta fruta, este efecto no debe inhibir totalmente la natural pérdida del ablandamiento conforme transcurre la maduración del tomate. Los frutos tratados con 1-MCP siguieron disminuyendo su firmeza conforme pasaron los días de su aplicación, comportamiento similar al reportado por Massolo (2009) en donde la firmeza de los frutos de tomate tratados con 1-MCP siguió reduciéndose conforme avanzaron las evaluaciones posteriores al tratamiento realizado.

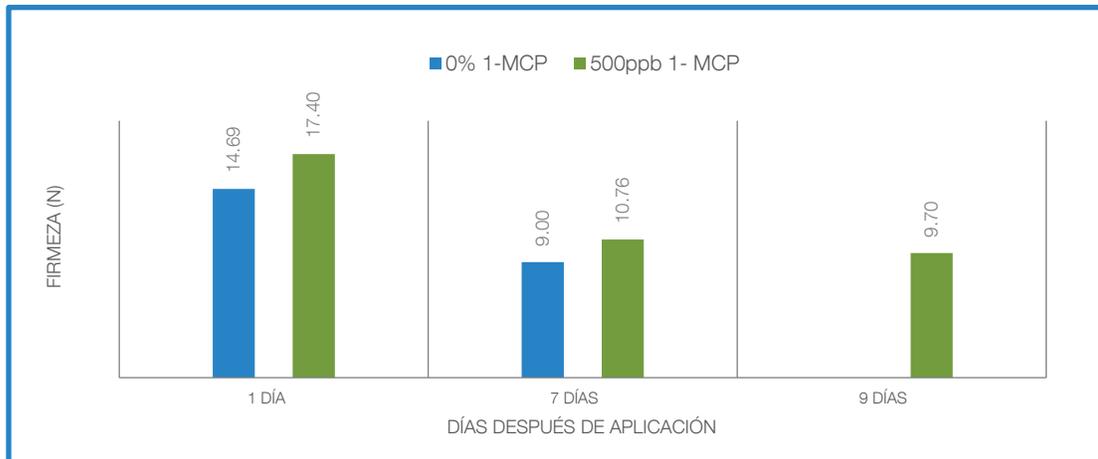


Figura 32. Firmeza (N) de frutos de tomate tratados con dosis de 1-MCP, según días después de aplicación. Santa Bárbara. Heredia. Costa Rica. 2021.

Para grados brix, los frutos tratados con 500 ppb 1-MCP redujeron para los siete días después de la aplicación su valor reflejando que la maduración de las frutas fue retrasada, ya que las frutas no tratadas obtuvieron un valor de 4,60%, mientras la tratadas un valor de 4.21 % (Figura 33).

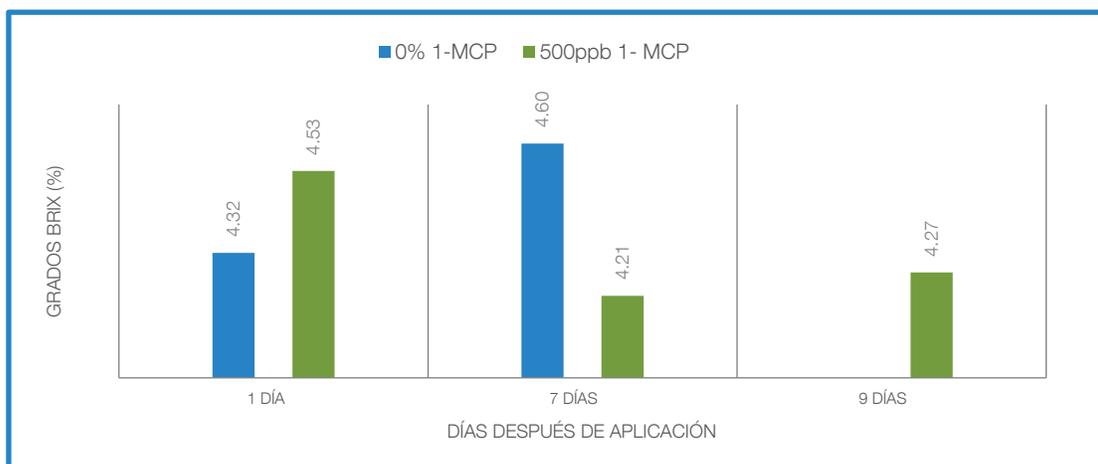


Figura 33. Grados brix de frutos de tomate tratados con 1-MCP, según días después de aplicación. Santa Bárbara. Heredia. Costa Rica. 2021.

3.3.4.3. Conclusiones

La validación del método de retraso de la maduración del tomate utilizando 500 ppb de 1-MCP demostró que las frutas tratadas tuvieron un periodo mayor de alrededor de siete días extra que la fruta no tratada o testigo.

Las frutas tratadas con 500 ppb de 1-MCP mantuvieron una firmeza de frutos mayor en cualquier período de días post aplicación del tratamiento de retraso de maduración poscosecha.

Las frutas tratadas con 500 ppb 1-MCP reflejaron un retraso de la maduración la cual se evidenció en la obtención comparativa de menores valores de grados brix.

Recomendaciones

Se recomienda realizar nuevos ensayos con frutas de tomate de cultivares diferentes y cultivados en diferentes épocas del año para analizar su comportamiento y efecto del tratamiento.

4. Bibliografía

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14 ed. Washington, DC: pp. 22.013, 22.059.

Aguayo, E; Artés, F. 2004. Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. Compendios de Horticultura. 15. Ediciones de Horticultura S.L. Reus España. 9 p.

Alarcón, YA. 2013. Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España. 201 p.

Arana, I; Jaren, C; Arazuri, S; García, MJ; Ursua, A. 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad (en línea). Disponible en <http://www.horticom.com/pd/imagenes/67/359/67359.pdf>

Báez, M; Contreras, R. 2001. SmartFresh™: Una novedosa tecnología para extender la vida de anaquel en tomate. Tecnología de Alimentos 36(3):7-11.

Cantwell, M. 2004. Fresh Market Tomato. Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. Universidad de California. South San Joaquín Valley. 30 p.

Carvallo. S; Feippe, A; Chiesa, N. 2003. Efecto de la aplicación post-cosecha de 1-Methylciclopropene (1-MCP) sobre la calidad y vida útil de tomate. Estación Experimental INIA Las Brujas. Uruguay. 7 p.

Colelli, G; Sánchez, MT. 2003. Effects of treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP) on tomato. N° 342: 67-70.

Grierson, D; Kader, A. 1986. Fruit ripening and quality. In Atherton, JG; Rudich, J. (eds.). The Tomato Crop. A Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall (ed.). London and New York. p. 241-280.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Manual Técnico para las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate bajo Condiciones Protegidas (en línea). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia. Colombia. Disponible en <http://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s07.pdf>

Guillén, F. 2009. Horticultura Internacional. 1-MCP como estrategia de conservación. Poscosecha. N° 69. 8 p.

InfoStat. 2008. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario (en línea, programa informático). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. a Edición, Editorial Brujas Argentina.

IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicum* spp). International Plant Genetic Resources Institute. 49 p.

Lamúa, M. 2000. Aplicación del Frío a los Alimentos. Mundi-Prensa, Madrid, España. 22 p.

Massolo, J. 2009. Efecto del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) sobre la calidad de hortalizas enteras y mínimamente. Grado para obtener el título de “Licenciado en ciencias y tecnología de los alimentos. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 48 p.

Moretti, L; Araujo, A; Marouelli, W; Silva, WL. 2002. 1-Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. Bolsista CNP Embrapa Hortaliças Hortic. Bras. 20(4): 8.

Mostolfi Y; Toivonem, P; Lessani, H; Babalar, M. 2003. Effects of 1-methylcyclopropene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. Postharvest Biol Technol 27:285–292.

Retamales, J; Villareal, A. 1994. Ethylene biosynthesis inhibitor improves firmness of kiwi-fruit. Acta Horticulturae 394:159 –164.

Rohwer, C; Gladon, R. 2001. 1-Methylcyclopropene delays ripening of pink and light red tomatoes. HortScience 36(3):466.

SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2018. Informe de gestión del sector agropecuario y rural (mayo 2014 – abril 2018) San José, CR. 155 p.

Serek, M; Sisler, EC; Reid, MS. 1995. 1-methylcyclopropene, a novel inhibitor of ethylene action improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. Acta Horticulturae 394:337 – 345.

Watkins, C. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnol. Adv. 24:389-409.

Yilmaz, E. 2001. The chemistry of fresh tomato flavor. Turk. J. Agric. For. 25:149-155.

Watkins, C. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnol. Adv. 24:389-409.

Zacarías, L. 1993. Etileno. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana McGraw-Hill, Madrid, España. 581 pp.

5. Extensión y actividades de transferencia

Las capacitaciones y transferencia de tecnología del proyecto, se realizaron a los productores de tomate en las Regiones Central Sur, Occidental y Oriental (Figura 34) y se iniciaron con charlas sobre el control de *Tuta absoluta*, plaga que actualmente está causando daños severos al cultivo del tomate. Estos daños se reflejan en el diagnóstico de pérdidas poscosecha de tomate que se realizó y cuyos resultados ya fueron presentados. Se desarrollaron además charlas de capacitación en los temas específicos de presentación de los resultados del diagnóstico de pérdidas poscosecha, recomendaciones del manejo poscosecha, buenas prácticas agrícolas y enfermedades pre y poscosecha del tomate.

Se realizaron un total de 10 actividades formativas, cuatro en 2019 y las demás en el último trimestre de 2021. Se obtuvo un total de 190 asistentes a las reuniones. Se realizó una evaluación de las actividades de capacitación que se realizaron para conocer el criterio de los productores que asistieron a estas actividades de transferencia.

Las charlas de información y capacitación sobre el manejo poscosecha de tomate en las principales zonas productoras de tomate abarcaron los siguientes temas:

- Presentación de resultados del proyecto.
- Diagnóstico de pérdidas poscosecha (reconocimiento y cuantificación de pérdidas).
- Buenas prácticas agrícolas en el cultivo del tomate (BPA) como estrategia para reducir causas que provocan pérdidas poscosecha.
- Control de enfermedades pre y poscosecha en tomate para reducir la causa de pérdidas de origen patológico.
- Control del insecto *Tuta absoluta* para reducir las pérdidas poscosecha de tomate.
- Aplicación de la tecnología del tomate para retrasar la maduración poscosecha del tomate utilizando 1-MCP.
- Recomendaciones para reducir las diferentes causas que originan pérdidas poscosecha en tomate.



Figura 34. Diferentes actividades de capacitación realizadas con productores de tomate asistentes a las reuniones en las regiones Central Sur, Occidental y Oriental de Costa Rica. 2021.

Fuente: Ing. Daniel Saborio A.

Se planeó realizar una macro actividad a nivel nacional donde asistirían productores y técnicos de las tres zonas en estudio, sin embargo, se tuvieron que realizar reuniones con menos participantes y en cada región por separado debido a las restricciones establecidas por el Ministerio de Salud de Costa Rica como medidas para controlar el contagio por Covid-19. Las actividades presenciales cumplieron con todos los protocolos de control del riesgo de contagio por Covid-19 con la medición de temperatura y

la distancia espacial de 1,8 metros entre personas. A cada asistente a las jornadas de formación se le entregaron dos unidades de alcohol en gel para la desinfección de manos y mascarillas sanitarias para su uso (Figura 35). En cada encuentro hubo un servicio de catering para ofrecer a los participantes desayunos, brunch, almuerzos, cafés y cenas.



Figura 35. Mascarillas sanitarias con logotipos de las entidades participantes y unidades de alcohol en gel para desinfección entregadas a los asistentes a las jornadas de capacitación.

Fuente: Ing. Daniel Saborio A.

Se realizó una evaluación de las actividades de capacitación que se realizaron para conocer el criterio de los productores al respecto.

Resultados de las encuestas

En total se encuestó a 61 personas que participaron de los talleres impartidos en el cuarto trimestre del 2021. No se aplicó la evaluación de la capacitación a quienes participaron de los encuentros realizados en el 2019, ya que no se contó con la información total de las investigaciones realizadas por el proyecto. La distribución entre técnicos y productores fue de 29,51% de técnicos (18 personas) y 70,49% de productores (43 personas) (Figura 36).

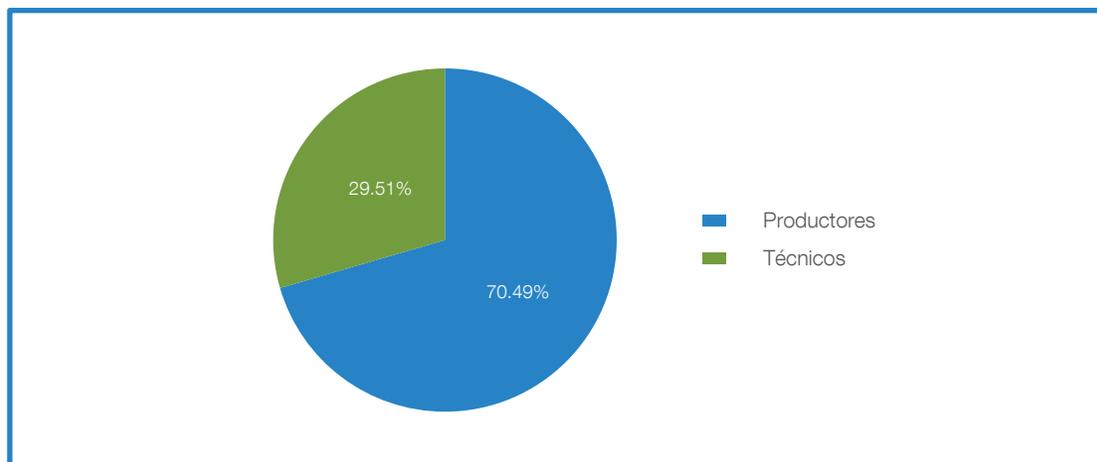


Figura 36. Distribución porcentual de productores y técnicos participantes en talleres KolFACI, Costa Rica, 2021.

Los participantes mencionaron que los temas desarrollados fueron interesantes porque desconocían que el manejo en finca del cultivo puede tener un fuerte impacto en las pérdidas de postcosecha que se producen. Un 72% de los participantes se mostraron muy interesados y calificaron como muy provechoso el proyecto y las actividades de capacitación realizadas (Figura 37).

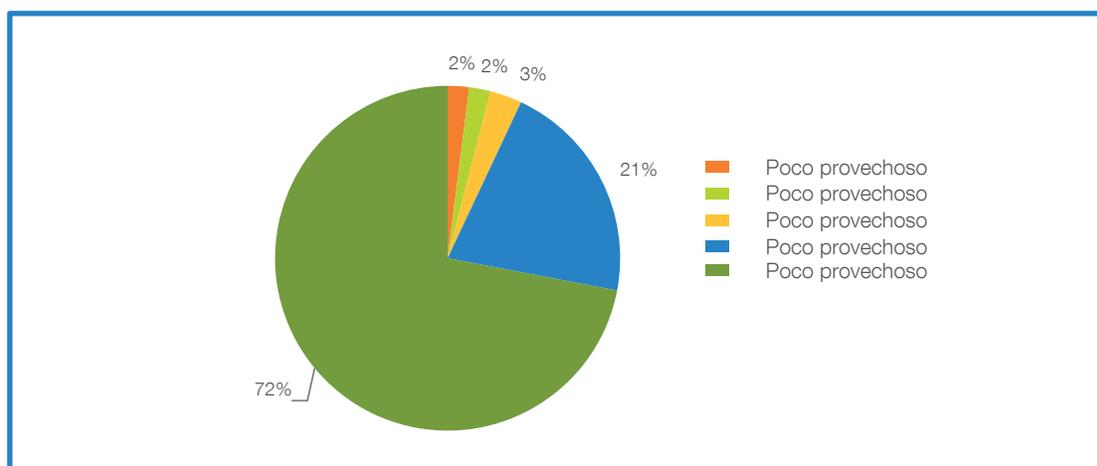


Figura 37. Distribución porcentual de la opinión de los participantes sobre el grado de uso del taller KolFACI Costa Rica, 2021.

Dentro de la síntesis de las preguntas realizadas en la encuesta, se determinó que otros temas de interés para los participantes, los cuales se detallan a continuación en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Temas de interés para los participantes de los talleres KoLFACI Costa Rica, 2021.

Precosecha	Poscosecha
Control biológico de plagas y enfermedades	Capacitación sobre los parámetros que determinan la calidad de la fruta de tomate
Bioinsumos	Desinfección de cosecha
Manejo de plaguicidas	Valor agregado y agroindustria
Fertilidad y nutrición del cultivo de tomate	
Manejo integrado de plagas y enfermedades	
Producción de tomate en ambiente protegido	

6. Publicaciones

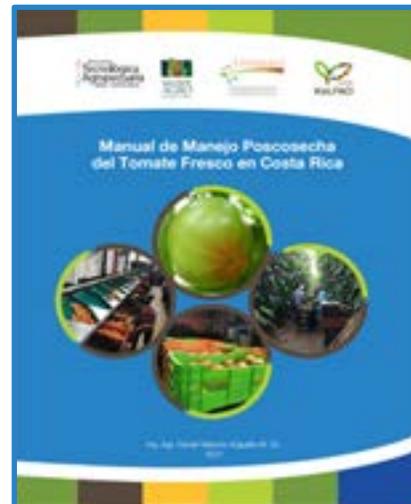
La presentación y desarrollo de cada uno de los temas en las reuniones se complementó con los recursos de conocimiento creados para tal fin, en donde se redactaron y publicaron tres manuales y se elaboraron tres videos realizados por el proyecto. La información de los manuales y los videos se presentan a continuación.

6.1. MANUALES Y MEMORIA

Se presentan el acceso digital, la ficha catalográfica y portada de cada manual realizado.

1. Manual de manejo poscosecha de tomate fresco en Costa Rica.
http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/MANUAL%20POSCOSECHA_min_ed.pdf

635.6
C837m Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
Manual de manejo poscosecha del tomate fresco en Costa Rica / Daniel Saborío Arguello. – San José, C.R. : INTA, 2021. 32 páginas
ISBN 978-9968-586-47-4
1. TOMATE 2. TECNOLOGIA POSTCOSECHA.
3. COSTA RICA. I. Saborío Arguello, Daniel. II. Título.

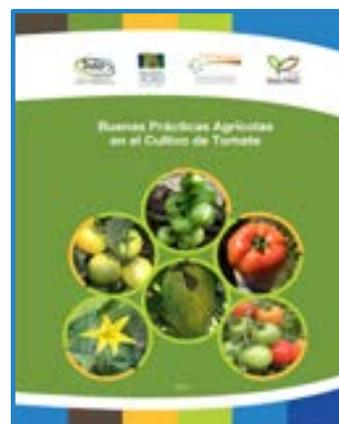


2. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo del tomate
http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/MANUAL%20BUENAS%20PRACTICAS%20AGRICOLAS_min_ed.pdf

635.6
 C837b Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate / Stephanie Quirós Campos. – San José, C.R.: INTA, 2021. 60 páginas

ISBN 978-9968-586-46-7

1. SOLANUM LYCOPERSICUM 2. BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS. I. Quirós Campos, Stephanie. II. Título.

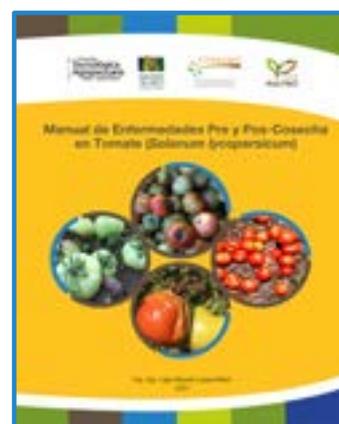


3. Manual de Enfermedades de Pre y Post Cosecha en Tomate (*Solanum lycopersicum*).
http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/MANUAL%20DE%20ENFERMEDADES%20POSCOSECHA_min_ed.pdf

632
 C837e Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria Enfermedades pre y pos-cosecha en tomate (*Solanum lycopersicum*) / Ligia López Marín. – San José, C.R.: INTA, 2021. 32 páginas

ISBN 978-9968-586-48-1

1. SOLANUM LYCOPERSICUM 2. ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS. I. López Marín, Ligia. II. Título.



4. Memoria del Proyecto: Mejoramiento del manejo poscosecha y reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la etapa de manejo de la finca y centro de acopio en las principales zonas productivas de Costa Rica. 77 páginas.



6.2. VÍDEOS

A continuación, se presenta el título de cada video y su respectivo enlace el canal institucional de Youtube (Platicar-INTA):

1. Presentación del Proyecto de Mejoramiento del manejo poscosecha y reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la etapa de manejo de finca y centro de acopio en las principales zonas productoras de Costa Rica. <https://www.youtube.com/watch?v=Do7kJ3tr6uY>



2. Proyecto KoLFACI-INTA: Causas pre y poscosecha que provocan pérdidas poscosecha de tomate. <https://www.youtube.com/watch?v=DJB4j5rXvrc>



3. Proyecto KoLFACI-INTA: Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate para educir las pérdidas poscosecha. <https://www.youtube.com/watch?v=ZvZbQmB1aJg>



7. Conclusión

Este proyecto deja productos muy importantes para el sector de la producción de tomate de Costa Rica. En primer lugar, se actualizaron datos de las pérdidas totales que se producen en las etapas de campo y acopio en tres de las principales zonas productoras de tomate del país. Así como también, se reconocieron y cuantificaron las causas que provocan esas pérdidas y se clasificaron dichas causas según su momento de origen (pre o poscosecha), de esta manera se puede conocer cuál es el área de conocimiento agrícola y el profesional específica que tiene que intervenir para reducir las pérdidas poscosecha. También se caracterizaron los principales materiales de tomate que se cultivan según zona de producción, información importante para conocer las características y comportamientos, así como también sus condicionamientos y limitantes que pueden estar reflejando y ser fuente de la pérdida de tomate que se produce. Se realizaron investigaciones pioneras en Costa Rica sobre el método de control de la maduración poscosecha del tomate mediante el uso del 1-MCP, donde se obtuvo la dosis de 500 ppb de 1-MCP como la dosis más adecuada para alargar la vida útil del tomate, retardando su maduración en mínimo cinco días. También hay que considerar el aporte de los resultados en la reducción de pérdidas de tomate para los pequeños productores que adopten las recomendaciones realizadas en donde por su pequeña escala de producción los volúmenes de pérdidas son más significativos económicamente.

En cuanto a las capacitaciones realizadas a productores y técnicos, se obtuvieron criterios muy positivos de parte de ellos en donde consideraban que el tema de poscosecha, es un área de la producción agrícola que relaciona todas las demás áreas y actividades. En las reuniones de capacitación se aplicó un cuestionario a los participantes para conocer el criterio, las expectativas y el aporte que dicha actividad brindó, así como también las recomendaciones de mejora e interés para posibles futuras reuniones e iniciativas.

