

## NOTA TÉCNICA

# EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN CONDICIONES DE CAMPO EN SALITRAL DE SANTA ANA

Ligia López Marín<sup>1</sup>

## RESUMEN

**Evaluación de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de campo en Salitral de Santa Ana.** La investigación se estableció el 18 de setiembre del 2018 y concluyó el 13 de marzo de 2019 en Salitral de Santa Ana, a una altura de 1044 msnm y coordenadas 09°55'09' latitud norte y 84°12'30" longitud oeste. El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento y las características poscosecha de siete híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum*), los cuales fueron dispuestos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables analizadas fueron: rendimiento, número de frutos, calibre, peso del fruto, firmeza, grados brix, pH, pérdida de peso del fruto en anaquel y daños poscosecha. Los híbridos 1507 y FDR 8565 presentaron los mejores rendimientos totales con 8,22 kg y 7,74 kg/planta, respectivamente. La mayor producción ocurrió entre los 118 a 125 días después del trasplante, obteniendo los mejores rendimientos de primera y segunda calidad, los híbridos 1507 (4,13 kg) y el 3189 (3,74 kg/planta). A los cero días después de la cosecha (0 DDC) los híbridos 1507(34,65 N) y 3189 (32,90 N) presentaron la mayor firmeza del fruto, aunque todos estaban dentro de los parámetros ideales. A los 15 DDC la firmeza de los frutos varió decrecientemente en todos los híbridos, excepto con 3189 y se clasificaron como moderadamente firmes; mientras que 3189 moderadamente blando. Los híbridos DWR-7810, Audaz, 3189, 1507 y El Cinco, mostraron un pH de 4,0 y óptimo para el fruto de tomate. A los 15 DDC, la pérdida de peso estuvo entre 4,33 % y 8,36 %; siendo el 1507 (4,37 %) y El Cinco (5,27 %) los que perdieron menos peso. Los híbridos Audaz, FRD-8565 y 3189 presentaron los menores daños poscosecha y los menores daños mecánicos.

**Palabras clave:** Producción, grados brix, pH, pérdida de peso, firmeza, daños poscosecha.

## INTRODUCCION

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las frutas más consumidas y populares del mundo, se considera la especie hortícola más importante en Asia, con alrededor de 25 millones de toneladas métricas producidas en un millón de hectáreas, siendo China el líder mundial, el cual genera el 25 % de la producción mundial (FAO 2005).

En Costa Rica, la actividad está constituida por 1014 agricultores de tomate, en su mayor parte pequeños y medianos productores. La producción se ubica en seis regiones del país: Región Central

Occidental, Región Central Oriental, Región Central Sur (Puriscal, Santa Ana y San Antonio de Belén), Región Brunca, Región Pacífico Central y Región Chorotega, lo que corresponde a un total aproximado de 1 171,9 ha sembradas y un rendimiento de 69 040,45 toneladas métricas, en todo el país (López, 2017).

En la región Central Sur se cuenta con algunas organizaciones, entre ellas se ubican el Centro Agrícola Cantonal (CAC) de Santa Ana y CAC de Escazú, Cooperativa de productores de San Antonio

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA. Costa Rica. llopez@inta.go.cr Sabana Sur, San José.

Recepción: 15.05.2019. Aceptación: 26.11.2019.

de Escazú (COOPESAE), CAC Puriscal, Asociación de Productores Agrícolas de Puriscal (APH Puriscal), ASOCAGRI, Asociación de Productores de Candelarita, Asociación de Productores de La Palma, entre otras. La comercialización del producto fresco se realiza a través del Mercado Mayorista de CENADA y las ferias del agricultor (López, 2009).

Uno de los principales problemas que aqueja a la actividad tomatera en el país, es la enfermedad originada por el complejo de virus y mosca blanca, los cuales causan la enfermedad viral conocida como “Virus de la cuchara”, cuyas siglas en inglés es TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus). Desde el año 2015, de un total de 406 muestras de tejido vegetal, 33 % presentaron esta enfermedad y del 100 % de las muestras tomadas con los síntomas de la enfermedad, el 96 % de éstas, fueron encontradas en los híbridos JR y Milán, los cuales son los híbridos que más sembraron los productores (López *et al.* 2017; Matamoros, 2017).

Debido a la aparición del virus en híbridos comerciales susceptibles, a las altas pérdidas ocasionadas en el cultivo a (mayor del 75% en plantas de menos de un mes de trasplantadas) y la falta de cultivares con resistencia al virus en el país; las investigaciones se enfocaron inicialmente a evaluar cultivares experimentales del INTA y de la Universidad de Costa Rica; así como híbridos importados por las empresas de semillas con resistencia, para disponer con prontitud de algún híbrido que tuviera las características agronómicas de crecimiento, rendimiento y demás características poscosecha similares a los híbridos susceptibles que se venían utilizando mayormente en el país. Del año 2015 a la fecha, se han evaluado 33 cultivares

de tomate y la Oficina Nacional de Semillas cuenta con una buena cantidad de híbridos registrados y con resistencia al virus de la cuchara.

En otros países del Caribe donde el TYLCV ha ocasionado daños, las pérdidas, al igual que en Costa Rica, han sido hasta de un 100 % cuando la aparición de la enfermedad se presenta en los 45 días después de sembrar la semilla (Quiñones, Fonseca y Martínez, 2007).

Entre los años 2015 y 2017, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), ha realizado investigaciones orientadas a cuantificar la incidencia e índice de severidad, empleando como medio de comprobación, los análisis moleculares para detectar la presencia o ausencia del virus de la cuchara en cada cultivar en la Región Central Occidental (Quirós, *et al.* 2017).

Cabe destacar que solamente en una de las investigaciones se evaluó el rendimiento por calidades de los híbridos (Audaz, Colossus, TX-105 y El Cinco) en la comunidad de Rosales de Desamparados de Alajuela (Quirós, 2016). Sin embargo, en la Región Central Sur no se han generado investigaciones del daño ni de rendimiento con los híbridos que siembran los productores de esta región (López *et al.* 2017).

El objetivo general fue evaluar el rendimiento y características poscosecha de siete híbridos de tomate con resistencia al virus TYLCV e injertados con un patrón con resistencia a la marchitez bacteriana en la Región Central Sur.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se estableció en la finca del agricultor Alfredo Montoya en Salitral de Santa Ana, a una altura de 1044 msnm, entre las coordenadas

09°55'09' latitud norte y 84°12'30" longitud oeste. El ensayo inició el 18 de setiembre de 2018 y concluyó el 13 de marzo de 2019.

Se emplearon siete híbridos y un portainjerto, que se detallan a continuación:

Cuadro 1. Híbridos evaluados en la investigación. Costa Rica. 2019

Híbridos	Estado del Registro OFINASE*	País de procedencia
Audaz	comercial	Israel
El Cinco	comercial	España / Israel
FDR-8565	comercial	Perú /Tailandia
DRW-7810	comercial	Holanda
1507 (Helicaz)	comercial	Israel
3189 (Turrialba)	comercial	Holanda
Bermelo	experimental	Perú
Shelter (Portainjerto)	comercial	España

OFINASE\*= Oficina Nacional de Semillas

Todos estos híbridos poseen frutos con forma ligeramente achatada y son de color rojo (IPGRI, 1996).

La parcela experimental constó de 806,4 m<sup>2</sup>. La subparcela midió 28,8 m<sup>2</sup> y abarcó tres hileras con 12 plantas (36 en total), de las cuales se evaluaron las 10 plantas centrales. La distancia entre plantas fue de 0,5 m y 1,6 m entre lomillos, para una densidad de 1,25 plantas por metro cuadrado.

Para todas las plantas de tomate, se empleó como patrón la variedad Shelter, ya que el terreno presentó una alta presión de inóculo de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*). Para evitar la contaminación de las uniones de los injertos se preparó una alomillada alta para el buen desarrollo radical, y no se realizó aporca porque (1) las uniones de los injertos se pueden contaminar por algún patógeno a consecuencia del salpique del suelo, (2) la copa que es susceptible al patógeno del suelo, puede afectarse, o (3) pueden desarrollarse hijos por debajo del injerto y produzcan frutos no deseados.

El manejo del cultivo estuvo a cargo del agricultor y bajo la supervisión del INTA. Las plantas se trasplantaron a los 35 días de iniciado el almácigo. Las plantas recibieron una deshija manual semanalmente, para eliminar los brotes formados debajo de la conocida horqueta del tomate, así como también, para eliminar todos los hijos que pudieron emerger debajo de la unión del injerto. Las plantas se manejaron a dos ejes y a la altura de

1,60 m se agobiaron hacia la derecha de las hileras, para facilitar la cosecha y evitar que toparan con el plástico, en detrimento de la calidad del fruto. A los 25 días del trasplante se realizó la primera deshoja, y se continuó con una semanal durante el ciclo del cultivo. Adicionalmente, el cultivo se techó 15 días después de la siembra con bandas plásticas, no obstante, por altas ráfagas de viento, en enero se retiró. El riego se realizó cada dos días, mediante cinta de goteo y después de las 4 p.m.

La fertilización inició con la aplicación de 30 g/planta de fertilizante granulado de la **fórmula completa** 10-30-10 al trasplante y fue dispuesto en el suelo y alrededor de la planta en forma de media luna. Esta práctica se repitió nuevamente al mes del trasplante con la **fórmula completa** 10-30-10 a razón de 50 g/planta; y al mes y medio se aplicó 15 g/planta de la **fórmula completa** 15-3-31 y dos aplicaciones de 12-11-18+ microelementos (15 g/planta) y CaO al 35% (3 l/ha) para preparar la planta en su estado reproductivo. A partir del trasplante, todas las semanas se aplicaron fertilizantes foliares a base de calcio, magnesio, potasio y otros elementos menores.

Para el control de las plagas se emplearon insecticidas como el Silicofluoruro de sodio granulado a razón de 5 g P.C./planta al momento de la siembra, para el control de cortadores. Para el manejo integrado de *Tuta absoluta* (palomilla) se coloraron trampas con feromonas para el control de los adultos, a razón de 20 unidades/ha.

Estas trampas fueron dispuestas alrededor de la plantación y se colocaron en la parte inferior de las plantas de tomate y dentro de galones de plástico con aberturas en dos lados del recipiente y llenos de agua con jabón, para atrapar los adultos de la palomilla durante el ciclo del cultivo. Además, para el control eficiente de la palomilla, se realizaron tres aplicaciones alternando dos insecticidas; Benzoato de amamectina (84 g/200 l) y *Bacillus thuringiensis* (2,0 g/l). Para el control de *Bemisia tabaci* (mosca blanca) se aplicaron dos insecticidas e iniciando el día de la siembra con Fipronil:(±)-5-amino-1-(2,6-dicloro-a, a, a-trifloro-p-tolyl)-4-trifluoro-3-carbonitrilo (0,6 l/ha) y 15 días después con imidacloprid (3 cc/l para 2000 plantas).

El control preventivo de patógenos que pueden penetrar por heridas (deshoja y deshija), se realizó con la aplicación de Propamocarb fosetilato a razón de 1,5 l P.C/ha.

### Variables de Evaluación

Las variables a evaluar fueron: altura del primer racimo de frutos, rendimiento por calidades de fruto, calibre y peso del fruto, número de frutos/calidad, firmeza, grados brix, pH, porcentaje de pérdida de peso en anaquel y porcentaje de daños poscosecha.

Altura del primer racimo de frutas: A cada híbrido se le midió la altura del primer racimo de frutas el 9 de enero de 2019, cuando las plantas tenían 111 días de trasplantadas.

Calibre de frutos: Se midieron con un vernier, considerando el diámetro ecuatorial de 25 frutos/subparcela de cada híbrido.

Rendimiento: Se inició la cuantificación del rendimiento por híbrido, a partir del 20 de diciembre de 2018 hasta el 13 al marzo 2019. La clasificación del fruto se hizo con base en la comercialización del producto en el CENADA (primera, segunda, tercera, echada<sup>2</sup> y bolilla<sup>3</sup>). El estado de maduración de los frutos cosechados se hizo cuando se encontraban en 2 o 3 grados (Figura 1).



**Figura 1.** Patrón de color para frutos del tomate. Alajuela, Costa Rica. 2019.

Fuente: Quirós 2017.

La cosecha se analizó mediante un modelo general lineal mixto. Las diferencias entre híbridos fueron evaluadas mediante prueba de separación de medias Tuckey al 5 % de significancia

Peso de frutos: Se realizó mediante una balanza digital, con máxima capacidad de 30 kg y se emplearon 25 frutos/subparcela de cada híbrido.

Grados Brix: Se midieron con un refractómetro digital y se utilizaron 25 frutos 0 DDC (cero días después de la cosecha) y a los 15 DDC a los cuales se les extrajo el jugo mediante el empleo de una licuadora para mediar la variable, sin ser diluidas las muestras.

pH: Se midió con ayuda de un peachímetro digital y se emplearon 25 frutos/subparcela de cada híbrido.

Firmeza: Se midió con un penetrómetro digital y utilizaron 25 frutos por subparcela/híbrido, a los 0 DDC y a los 15 DDC. La maduración de los frutos a los 0 DDC, se ubicaron entre los 2 y 3 grados.

% de pérdida de peso del fruto: Se realizó utilizando 25 frutos/ tratamiento a 8 DDC y 15 DDC.

Daños poscosecha: Se clasificaron en daños fisiológicos, por insectos, de patógenos y mecánicos. Se evaluaron 30 frutos al azar, durante las primeras seis cosechas y se les evaluó el tipo de daño. Para la determinación de daños fisiológicos se consideraron aquellos con mala polinización, por deficiencia de calcio, mala coloración, cara de gato, frutos sin cierre apical, anillado, quema por sol o frutos deformes. Los daños por insectos se consideraron los daños por palomilla o por el gusano del fruto (*Heliothis* sp). Para los daños por patógenos se analizaron frutos afectados por *Phytophthora*

<sup>2</sup> Echada (cuarta calidad) corresponde al fruto que le sigue de tamaño más pequeño que la tercera calidad.

<sup>3</sup> Bolilla (quinta calidad) corresponde a los frutos más pequeños de la cosecha.

*infestans* y *Clavibacter michiganensis*, mientras que para los daños mecánicos se consideraron los frutos con presencia de roce por factor del viento, por heridas del mecate, raspaduras, golpes y rajaduras.

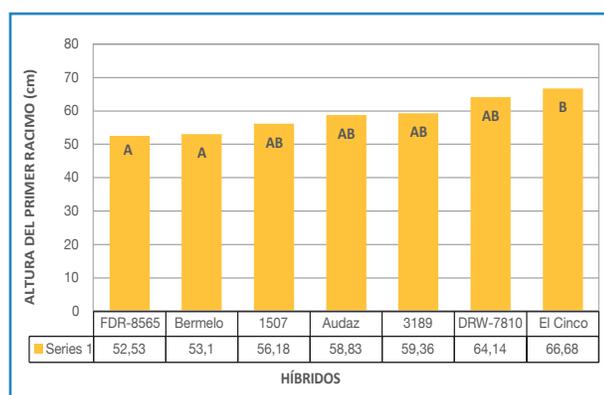
Para analizar la cosecha se utilizó un diseño de Bloques completos al azar (DBCA) con siete

tratamientos y cuatro repeticiones, mediante un modelo general lineal mixto y evaluado mediante prueba de separación de medias Tuckey al 5 % de significancia. Para las demás variables se empleó un Diseño de Bloques completos al azar con cinco repeticiones y separación de medias mediante Tuckey al 5 % de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura del primer racimo de frutos (cm)

Se encontraron diferencias en la altura del primer racimo de frutos con  $p \leq 0,0094$ . Los híbridos con la altura promedio menor lo presentaron el FDR 8565 (52,53 cm) y Bermelo (53,10 cm), mostrando diferencias significativas con el híbrido El Cinco, que presentó el mayor promedio con 66,68 cm (Figura 2). De acuerdo con Alemán *et al.* 2016, mencionan que cuando la altura de los racimos de tomate superan los 40 cm, generalmente es debido a la baja luminosidad imperante en la zona y las plantas tratan de crecer, elongándose en detrimento de los órganos reproductivos; o bien, puede ocurrir por la falta de nutrientes al inicio del desarrollo de las plantas y puede que demoren en pasar de fase vegetativa a reproductiva.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

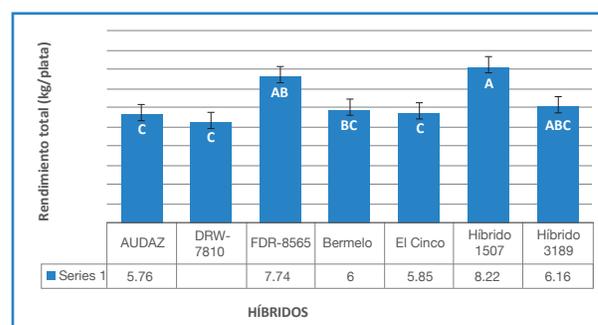
**Figura 2.** Altura (cm) del primer racimo de frutos de los híbridos de tomate. Salitral de Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

### Rendimiento (kg/planta)

La cosecha se extendió por 112 días, iniciando el 20 de noviembre y concluyendo el 13 de marzo de 2019. Para el rendimiento se presentaron diferencias

entre los híbridos de  $p \leq 0,0281$ , un  $R^2$  de 0,67 y un coeficiente de variación de 42,22.

Los híbridos 1507 y FDR 8565 presentaron los mejores rendimientos por planta de 8,22 kg y 7,74 kg, respectivamente, mostrando diferencias significativas con todos los tratamientos a excepción de los híbridos 3189 y Bermelo, los cuales obtuvieron rendimientos intermedios de 6,16 kg y 6,0 kg. Por su parte El Cinco (5,85 kg), Audaz (5,76 kg) y DRW-7810 (5,34 kg) obtuvieron los menores rendimientos (Figura 3).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

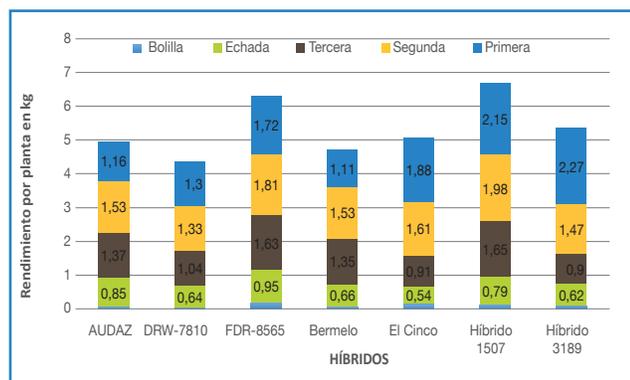
**Figura 3.** Rendimiento total en kg/planta de los híbridos de tomate. Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

Con relación al rendimiento de frutos de primera calidad, ocurrieron diferencias entre los híbridos de  $p \leq 0,0316$ , aunque no aparecieron diferencias para frutos de segunda calidad. Asimismo, los frutos de tercera calidad, tuvieron diferencias de  $p \leq 0,0072$ , los clasificados como echada (cuarta calidad) presentaron diferencias de  $p \leq 0,0008$ , mientras que la calidad bolilla, no presentaron diferencias.

De acuerdo a la comparación de medias mediante Tukey ( $p > 0,05$ ), los mejores rendimientos promedio por planta de primera calidad lo presentaron los híbridos 3189 y 1507 con 2,27 kg

y 2,15 kg, respectivamente; en tercera calidad fueron el 1507 y FDR-8565 con 1,65 kg y 1,63 kg, mientras que con calidad echada (cuarta calidad) lo obtuvieron el Audaz (0,85 kg) y FDR-8565 (0,95 kg). Tanto los frutos clasificados en segunda calidad y bolilla (quinta calidad) no presentaron diferencias en los rendimientos de los híbridos evaluados (Figura 4).

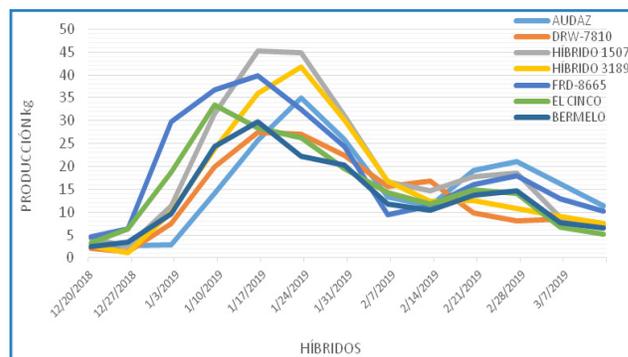
Cuando se consideraron los rendimientos promedio de primera y segunda calidad por planta para cada híbrido, se encontró que tanto el 1507 como el 3189 obtuvieron los mayores promedios con 4,13 kg y 3,74 kg.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 4.** Rendimiento (kg/planta) de los híbridos según calidades del fruto por planta. Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

Se observan los rendimientos por cosecha de cada híbrido durante el desarrollo de la investigación. Nótese que el mayor pico de producción de los híbridos sucedió entre el 16 al 23 de enero, correspondientes a la quinta y sexta de cosecha (118 días después del trasplante DDT). A partir de la octava cosecha (139 DDT) los rendimientos bajaron abruptamente para todos los híbridos. (Figura 5).

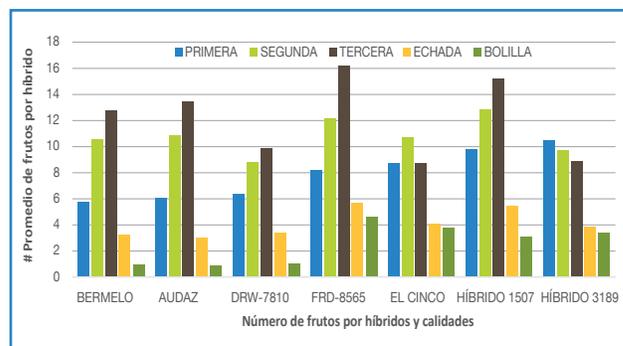


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 5.** Distribución de la producción de tomate durante el ciclo de cultivo. Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

### Número de frutos según la calidad (unidades)

Según comparación de medias por Tukey ( $p > 0,05$ ), el híbrido 3189 obtuvo el mayor promedio de primera calidad (10,51 unidades); el 1507 y el FRD-8565 obtuvieron los mayores promedios de segunda calidad (12,82 y 12,14 unidades); mientras que el FRD-8565 y el 1507 presentaron los mayores promedios de tercera calidad (16,16 y 15,23 unidades), respectivamente (Figura 6). A nivel nacional, en el mercado de mayoreo los frutos de primera y segunda calidad obtienen siempre los mejores precios, siendo la prioridad para los agricultores.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 6.** Clasificación del número de frutos por híbridos según las calidades en Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

## Peso del fruto (g)

Esta variable es muy importante, porque el producto se comercializa en tinas plásticas de 18 kg. Si el fruto tiene un peso superior, las tinas se llenan con menos tomates. Durante esta investigación se presentaron diferencias en el peso de los frutos entre los híbridos con  $p \leq 0,079$ .

El híbrido 3189 (187,3 g) obtuvo los frutos de mayor peso promedio en comparación a los demás híbridos evaluados. Contrariamente, el Audaz produjo los frutos con el menor peso promedio (Figura 7).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 7.** Peso en gramos del fruto de los híbridos de tomate evaluados. Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

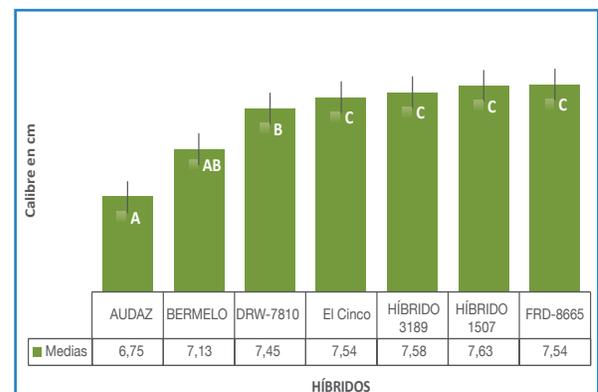
## Parámetros físico-químicos de poscosecha

Los parámetros físico-químicos considerados durante la investigación fueron: firmeza, pérdida de peso del fruto en anaquel, grados Brix, pH y daños poscosecha. La escogencia de estas variables tiene importancia para su comercialización. Chapagain y Wiesman (2004) mencionan la importancia de caracterizar física y químicamente los materiales nuevos o en proceso de desarrollo, para ser comparados con los materiales ya existentes o comerciales, ya que los materiales de tomate poseen diferentes aspectos

exteriores en cuanto a características físicas (forma, tamaño, dimensiones), así como aspectos o características internas físicas y químicas que condicionan y marcan sus diferencias o similitudes en rendimiento y calidad. Aunado a lo anterior, Dávila *et al.* (2011) indican que la calidad del tomate y su aceptabilidad por parte del consumidor están determinadas por factores como apariencia, firmeza, sabor de los frutos, color, textura, el aroma, entre otros.

## Calibre (cm)

Se presentaron diferencias en el calibre entre los híbridos con  $p \leq 0,0001$ . Según comparación de medias Tukey  $p \leq 0,05$ , los híbridos FRD-8665, 1507, 3189 y El Cinco presentaron los mayores calibres promedio (superiores a 7,5 cm), en tanto que Audaz presentó el menor calibre promedio con 6,75 cm (Figura 8).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 8.** Calibre (cm) de los frutos de tomate de los híbridos evaluados. Salitral de Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

Los frutos de tomate se clasificaron según su calibre (diámetro central en centímetros): 1 es muy pequeño (<3 cm), 2 pequeño (3-5 cm), 3 intermedio (5,1-8 cm), 4 grande (8,1-10 cm) y 5 muy grande (>10 cm) (IPGRI 1996). Por lo tanto, los calibres de los frutos evaluados se ubican dentro de un calibre intermedio (Figura 9).

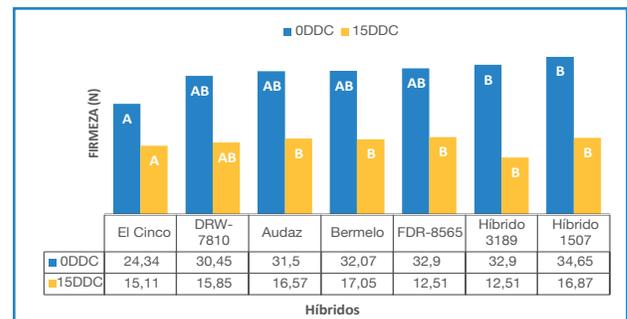


**Figura 9.** Frutos de tomate de los diferentes híbridos. Salitral de Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

### Firmeza del fruto (Newtons -N-)

Se encontraron diferencias en la firmeza del fruto a los 0 DDC con  $p \leq 0,0131$  y a los 15 DDC con  $p \leq 0,0131$ .

A los 0 DDC todos los híbridos obtuvieron una excelente firmeza del fruto, sobresaliendo el 1507(34,65 N) y el 3189 (32,90 N), mostrando diferencias significativas únicamente con El Cinco (24,34 N), mientras que los 15 DDC, la firmeza promedio de todos los híbridos bajó. Esto coincide con Amaya *et al.* (2009), que mencionan que al reducirse la vida útil del fruto, la calidad y el valor comercial; una vez que el fruto madura, tiende a reducir la firmeza rápidamente, lo que provoca que en el fruto sucedan una serie de modificaciones organolépticas. Por su parte Lamúa (2000) señala que la firmeza de pulpa (pericarpio) es un parámetro que se utiliza para analizar la calidad de los tomates frescos y que por ser un fruto climatérico, con el tiempo, el fruto reduce su turgencia, cambia la conformación de la pared celular, de los tejidos de soporte y su composición. Por consiguiente, los frutos luego de 15 días de ser cosechados, varían considerablemente su firmeza (Figura 10).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 10.** Firmeza de frutos (medidos en Newtons -N-) para evaluar los híbridos de tomate en Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

Cuando se realizó el porcentaje de firmeza final de los frutos en anaquel, se encontró que los híbridos que perdieron menos firmeza fueron El Cinco (62,08%), FDR-8565 (53,16%), el Audaz (52,05%), y Bermelo con 52,57% (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los expuestos por Hernández (2013) que indica que cuando hay ablandamiento de la pulpa o sobre maduración, actúan los mecanismos bioquímicos dentro del fruto y aumenta la sensibilidad de que sucedan daños mecánicos o se afecten por patógenos. De la misma manera García *et al.* (2009) comenta que la firmeza está íntimamente ligada con el estado de madurez y la variedad; de hecho, los frutos de tomate poco firmes, son más susceptibles al daño físico y por ende, se reduce su resistencia al transporte. Las enzimas poligalacturonasas y pectinasas son las responsables del incremento del ablandamiento de los tejidos externos, disminuyendo la firmeza de los tejidos (Alarcón, 2013).

Cuadro 2. Porcentaje de firmeza final de cada híbrido en anaquel.

San José, Costa Rica. 2019.

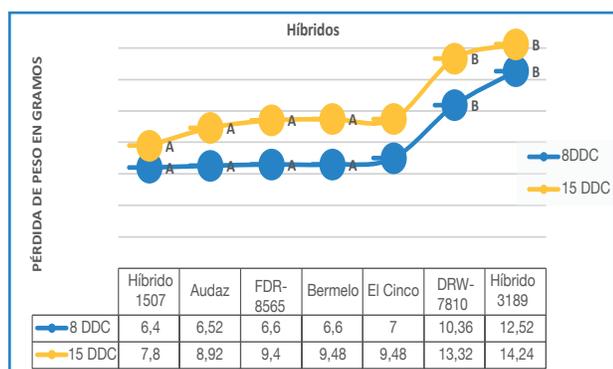
Híbridos	% de Firmeza final
El Cinco	62,08
DRW-7810	52,05
Audaz	53,02
Bermelo	52,57
FDR-8565	53,16
3189	38,02
1507	48,69

De acuerdo con la clasificación de Cantwell (2004), la firmeza de los frutos de tomate se mide en Newton: entre 30 y 50 N son muy firmes, entre 20 y 30 N son firmes, entre 15-20 N son moderadamente firmes, de 10-15 N son moderadamente blandos, con 10 N son blandos en y con 5 N son muy blandos. De acuerdo con esta clasificación, a los 0 DDC todos los híbridos evaluados, excepto el Audaz, se ubicaron como muy firmes, mientras que el Audaz se clasificó como firme. Por otro lado, Arana *et al.* (2007) señalan que los frutos de tomate, para ser considerados como calidad sensorial “extra”, deben presentar una firmeza a la compresión de 18 N, lo cual refleja que todos los híbridos tienen una calidad extra al momento de la cosecha.

Por otro lado, cuando se les midió la firmeza a los híbridos a los 15 DDC (simulación de anaquel), todos excepto el 3189 se clasificaron moderadamente firmes y el 3189 se clasificó moderadamente blando.

### Pérdida de peso del fruto (g)

De acuerdo con los análisis obtenidos, a los 8 DDC y 15 DDC, se observaron diferencias entre los híbridos evaluados de  $p \leq 0,0001$ , los híbridos que perdieron menos peso fueron: 1507 (6,4 g o 9,4 g), Audaz (6,54 g o 8,92 g), FDR 8565 (6,6 g o 7,8 g), Bermelo (6,6 g o 9,48 g) y El Cinco (7 g o 9,48 g), mientras que el 3189 y el DRW 3189 perdieron más peso a los 8 DDC y 15 DDC y tuvieron diferencias a los demás híbridos (Figura 11).



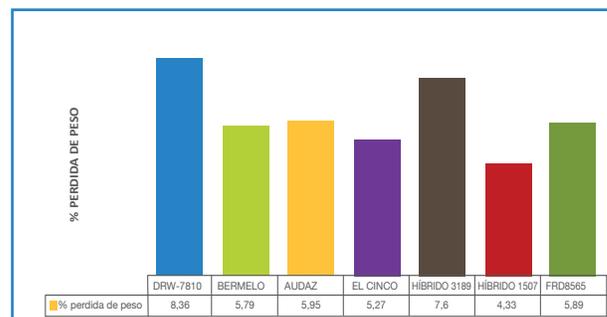
\*DDC= días después de la cosecha

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

**Figura 11.** Pérdida de peso del fruto en anaquel a los 8 DDC y 15 DDC de los híbridos de tomate en Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

Como las pérdidas de peso son acumulativas, se observó que a medida que aumentó el período de almacenamiento, la pérdida de peso fue mayor (Figura 11), lo que coincidió con lo expuesto por Navarro *et al.* (2012) y Giese (2016) que mencionan que cuando los frutos se ubican en grados de maduración 5 y 6, hay pérdida de peso y la firmeza disminuye, y de la misma manera sucedió en esta investigación.

La pérdida de peso que los frutos de los híbridos evaluados presentaron al pasar de 0 DDC A 15 DDC estuvo entre el 4,33 % a y 8,36 %. Los frutos de los híbridos 1507 y El Cinco perdieron menos peso (4,37 % y 5,27 %, específicamente), mientras que los frutos del DRW-7810 (8,36 %) y 3189 (7,60 %) perdieron más peso (Figura 12). Navarro *et al.* (2012) comentaron que para que un fruto de tomate pueda ser comercializado, no debe exceder el 7 % de su peso original. Precisamente, a los 15 días después de ser cosechados, a nivel nacional, ya todos los frutos han sido vendidos y la mayoría ya fueron consumidos. Dentro del proceso de comercialización nacional, el agricultor cosecha y el mismo día lleva el producto a los centros de mayoreo, éstos a su vez, son vendidos a los detallistas, los cuales tardan entre 3 y 5 días para vender todo el producto, llegando al consumidor final a los 6 o 7 días de ser cosechados (Figura 12).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 12.** Porcentaje de la pérdida de peso del fruto en anaquel a los 8 DDC y 15 DDC de los híbridos de tomate en Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

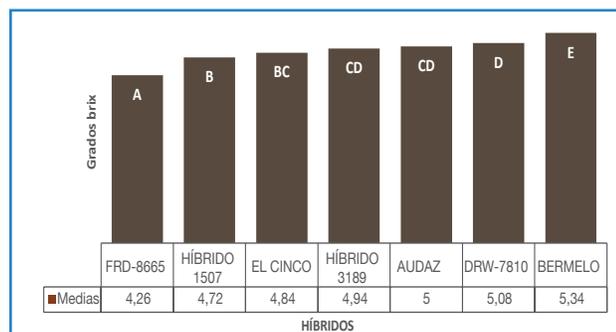
### Grados Brix (sólidos solubles)

El contenido de azúcar es un factor predominante en la calidad general del cultivo, pero hay muchos factores genéticos y de manejo del cultivo que

también influyen en los niveles de los grados Brix. Por otro lado, las variedades y el manejo del cultivo, no siempre dan valores de brix similares, también el clima juega un papel importante en los resultados de los grados brix (Rizo, 2015).

En el análisis de los grados Brix de los frutos de híbridos evaluados, presentaron diferencias entre los híbridos de  $p \leq 0,0001$ .

En esta investigación, los híbridos Bermelo y DRW-7810 obtuvieron el mayor porcentaje de grados Brix con  $5,34^\circ$  y  $5,08^\circ$ , respectivamente. Con respecto a Audaz, 3189, El Cinco y 1507 mantuvieron valores intermedios ubicados entre 5 y  $4,72\%$ , mientras que el FRD-8665 obtuvo un  $4,26^\circ$ , obteniendo el % de grados Brix más bajo (Figura 13).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

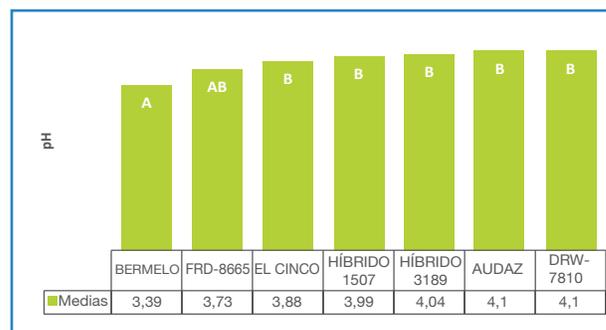
**Figura 13.** Grados Brix de los frutos de siete híbridos de tomate evaluados en Santa Ana, San José, Costa Rica. 2019.

Sin embargo, todos los híbridos evaluados se encuentran dentro del parámetro de grados Brix requerido para tomate y coincide con Rivera (2006), donde señala que los frutos poseen un contenido de sólidos solubles entre 3,5 a 5% brix durante el período de comercialización. Además, los grados Brix se relacionan con el aroma y el sabor óptimos y puede ser que algunos frutos de tomate tengan 10% Brix, aunque es muy poco frecuente.

## pH

Se presentaron diferencias en el pH de los frutos muestreados para los siete híbridos evaluados con  $p \leq 0,0004$ .

Los híbridos DRW-7810, Audaz, 3189, 1507 y El Cinco fueron similares estadísticamente y obtuvieron los promedios de pH superiores, mientras que Bermelo y FRD-8565 obtuvieron los menores promedios (Figura 14). De acuerdo a Rivera (2006) el tomate tiene un rango de pH normal entre 4 y 4,5 y aquellos que presenten valores menores, son los que tienen un sabor más amargo y agrio, mientras que poseen un pH mayor, son más dulces, como en el caso particular de los híbridos DRW-7810 (4,1), Audaz (4,1) y el 3189 (4,04). Los híbridos Bermelo, FRD-8565, El Cinco y 1507 al encontrarse por debajo de un  $pH = 4$ , tienden a ser más ácidos (Figura 14).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 14.** Determinación del pH en frutos de siete híbridos de tomate. Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

Como el sabor del fruto está relacionado con las concentraciones de azúcares y ácidos, la mejor combinación de pH y Brix es cuando el fruto contiene un nivel alto de azúcar y un nivel alto de acidez (Infoagro Systems, S.L., sf). En esta investigación los híbridos con valores de pH y grados Brix superiores fueron DRW-7810, Audaz y 3189.

Si el fruto tiene un alto contenido de ácidos y bajo de azúcares, el sabor es ácido, pero si el contenido de azúcares y acidez son bajos, los frutos son insípidos (Grierson y Kader, 1986).

## Daños poscosecha

Durante la cosecha se observó que los daños mecánicos fueron los que afectaron más los frutos y coincidió con la época de mayor viento en la zona (del 26 de diciembre, 2018 al 30 de enero, 2019). Los daños por insectos, patológicos y fisiológicos se mantuvieron muy similares durante todo el período de la cosecha no sobrepasaron el 5% de los daños (Figura 15).

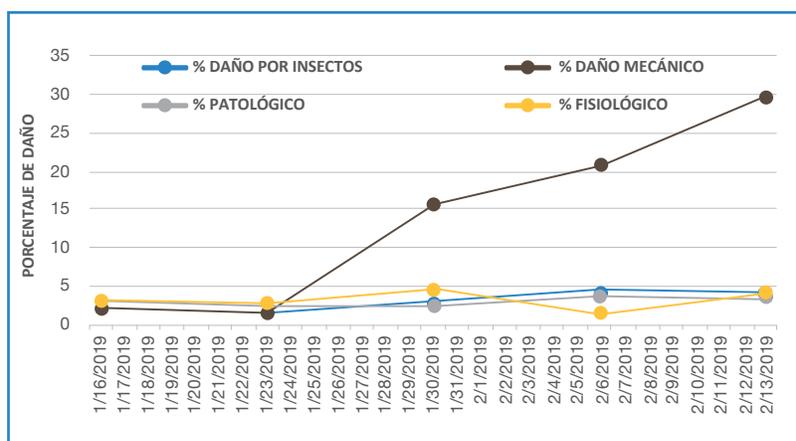


Figura 15. Porcentaje de daño poscosecha de acuerdo a la fecha de la cosecha. Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

En esta investigación no se observaron diferencias entre los híbridos en el porcentaje de daño por insectos ( $p \leq 0,1425$ ), porcentaje de daños patológicos ( $p \leq 0,8397$ ) y porcentaje de daño fisiológico ( $p \leq 0,4087$ ); aunque si hubo diferencias para el porcentaje de daños mecánicos ( $p \leq 0,0007$ ) y el porcentaje de daños poscosecha ( $p \leq 0,002$ ).

Los daños poscosecha se presentaron con un crecimiento lineal, siendo en la última evaluación (13 de febrero) encontrándose el mayor porcentaje de daño poscosecha en 41,39 % (Figura 16).

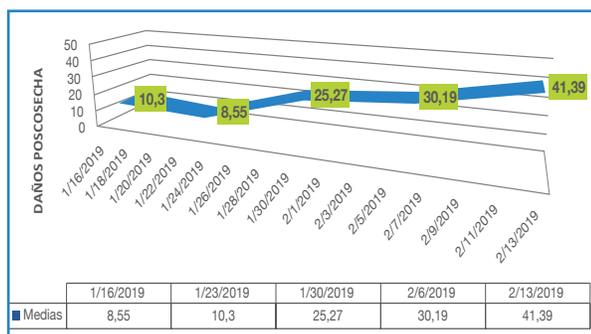


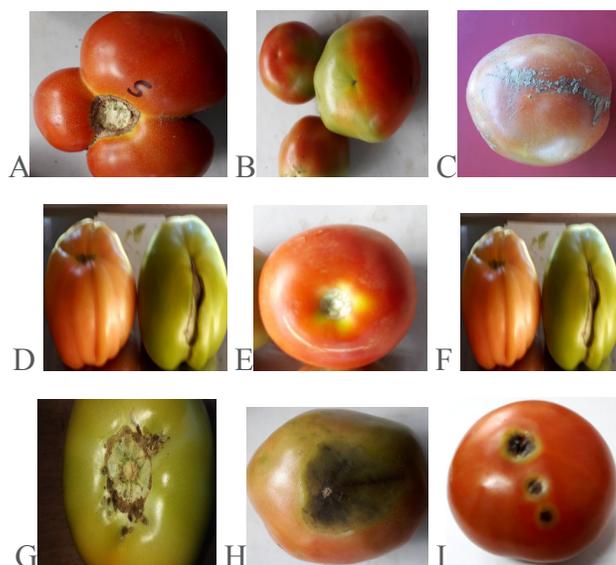
Figura 16. Porcentaje total de daños poscosecha de acuerdo con el momento de la cosecha. Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

De acuerdo con los daños poscosecha según el híbrido cosechado, Audaz (18,68 %), FRD-8565 (18,94 %) y el 3189 (21,28 %) obtuvieron menor porcentaje de daño poscosecha, mientras que el DRW-7810 obtuvo el mayor daño con 30,44 % (Figura 17).



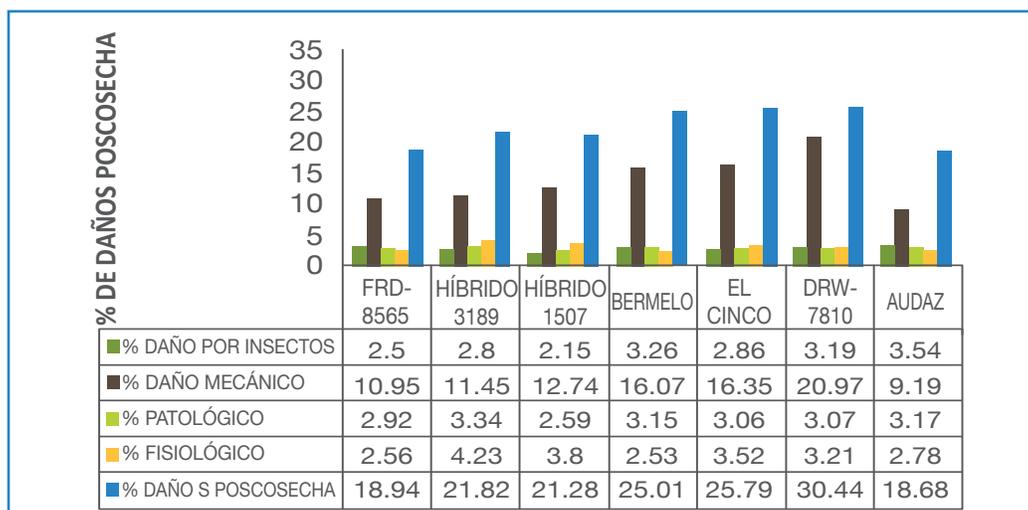
Figura 17. Porcentaje de daños poscosecha según híbrido. Salitral, Santa Ana. Costa Rica. 2019.

Los daños mecánicos que aparecieron normalmente en el fruto fueron ocasionados por el roce, por el mecate, por el viento y por rajaduras. Los daños fisiológicos que se observaron en los frutos fueron: coloración desuniforme, culo negro, cara de gato, deformación y falta de cierre en el ápice apical del fruto. Los daños por insectos que incidieron en el fruto fueron ocasionados por *Tuta absoluta* (palomilla). El fruto en poscosecha se afectó por la presencia de la enfermedad *Clavibacter michiganensis* y uno que otro fruto con daños de Tizón tardío (Figura 18).



**Figura 18.** Daños poscosecha en tomate. A Deformación del fruto, B Decoloración del fruto, C Daños mecánicos, D Falta de cierre apical del fruto, E Anillado del fruto, F Deformación; Daño por *Tuta absoluta*, H. Tizón tardío en fruto, I. Daño por enfermedad *C. michiganensis*. Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

Con respecto a los daños mecánicos, Audaz (9,19 %), FRD-8565 (10,95 %) y el 3189 (1,45 %) presentaron menos daños, en tanto que DRW-7810 obtuvo el mayor daño mecánico con 20,97 % (Figura 19).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Figura 19.** Porcentaje de daño poscosecha según en híbridos de tomate. Salitral de Santa Ana. San José, Costa Rica. 2019.

Giese (2016) indicó que las pérdidas en poscosecha pueden deberse a la presencia de daños mecánicos, fisiológicos o patológicos. Además, los daños mecánicos pueden causar alteraciones metabólicas y fisiológicas en el fruto, ocasionando una apariencia anormal externa o interna del fruto, como ocurrió de acuerdo a los resultados encontrados.

Debido a la información generada en Salitral de Santa Ana, se considera importante replicar esta investigación en otra época del año en el mismo lugar, así como bajo diferentes condiciones agroclimáticas de las otras cinco regiones productoras de tomate, dado que se desconoce el desarrollo de estos híbridos bajo diferentes condiciones edafoclimáticas.

## LITERATURA CITADA

Alarcón, A. 2013. Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización (en línea). Tesis Ph. D. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Consultado 26 mar, 2019. Disponible en <http://oa.upm.es/21908/>

Arana, I; Jarén, C; Arazuri, S; García, MJ; Ursua, A; Riga, P. 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo, variedad y origen (en línea). Consultado 26 mar, 2019. Disponible en <http://www.horticom.com/pd/imagenes/67/359/67359.pdf>.

Cantwell, M; Nie, X; Hong, G. 2009. Impact of Storage Conditions on Grape Tomato Quality (en línea). In ISHS Postharvest Symposium Antalya (6, 2009,

California, EE.UU.). Memoria. California, EE.UU. Consultado 2 de abr, en 2019. Disponible <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1531.pdf>

Chapagain, PB; Wiesman, Z. 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato (en línea). *Scientia Horticulturae*. (99): 279-288. Consultado 26 mar, 2019. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.9194&rep=rep1&type=pdf>

Davila, JE; González, G; Ayala, J; Sepúlveda, D; Olivas, G. 2011. Compuestos volátiles responsables del sabor del tomate (en línea). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 34(2):133-143. Consultado 26 mar 2019. Disponible en <https://www.revistafitotecniamexicana.org/32-4.html>

García, A; Contreras, A; Rodríguez, M; Trujillo, Y. 2009. Características físicas y químicas del tomate (*Lycopersicum esculentum* L) variedad pera (en línea). Departamento de alimentos Electiva Poscosecha. 8(1):473. Consultado 26 febr, 2019. Disponible en [revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/473](http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/473)

Giese, J. 2016. Aprovecha el momento óptimo de cosecha con grados brix (en línea). *Revista Hortalizas*. México. Meister Media Worldwide.

Consultado 26 febr, 2019. Disponible en <https://www.hortalizas.com/poscosecha-y-mercados/aprovechael-momento-optimo-de-cosecha-con-grados-brix/>

Grierson, D; Kader A. 1986. Fruit ripening and quality: the tomato crop. A scientific basis for improvement (en línea). Atherton, JG; Rudich, J. (eds). Consultado 02 abr, 2019. Disponible en <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-3137-46>

Hernández, Y.J.N. 2013. Caracterización físico-química y microbiológica del tomate Margariteño (*Lycopersicum esculentum* var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de preenvasado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente (en línea). Tesis Ph. D. Córdoba, Venezuela. Universidad de Córdoba, Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Consultado 02 abr, 2019. Disponible en <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/9925>

Infoagro Systems, S.L. sf. Medidor de azúcar y acidez para tomate (en línea). Madrid, España. Infoagro.com. Consultado 20 mar, 2019. Disponible en [http://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/medidor.asp?id=10532&medido\\_r\\_de\\_azucar\\_y\\_acidez\\_para\\_tomate\\_atago\\_pal\\_bx/acid3\\_tienda\\_on\\_line](http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=10532&medido_r_de_azucar_y_acidez_para_tomate_atago_pal_bx/acid3_tienda_on_line)

IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 1996. Descriptores para el tomate (*Lycopersicum* spp) (en línea). Roma, Italia. CGIAR. Consultado 02 abr, 2019. Disponible en [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/online\\_library/publications/pdfs/LISTA\\_DE\\_DESCRIPTORES\\_DE\\_PASAPO RTE\\_PARA\\_CULTIVOS\\_MULTIPLES\\_124.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/LISTA_DE_DESCRIPTORES_DE_PASAPO RTE_PARA_CULTIVOS_MULTIPLES_124.pdf)

Lamúa, M. 2000. Aplicación del frío a los alimentos (en línea). Madrid, España. Consultado 20 mar, 2019. Disponible en <http://www.amvediciones.com/afa.htm>

López, L.M. 2017. Generalidades de la agrocadena de tomate (*Solanum lycopersicum*). In Congreso Nacional del cultivo de tomate (1, 2017, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica. 9p.

López, L.M. 2009. Memoria de los Programas Nacionales Período 2006-2009. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). San José, Costa Rica. 10 p.

López, L; Quirós, S; Barrantes, L; Mora, J. 2017. Respuesta de varios híbridos y comerciales cultivares promisorios de tomate (*Solanum lycopersicum*) ante la presencia del virus TYLCV bajo condiciones de campo. *In* Congreso Nacional del cultivo de tomate (7, 2017, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica. 2p.

Matamoros, D. 2017. Distribución del virus de la cuchara en las plantaciones de tomate en Costa Rica. *In* Congreso Nacional del cultivo de tomate. (3, 2017, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica. 12p.

Navarro, ER; Nieto, R; Corrales, J; García, M R; Ramírez, A. 2012. Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo (en línea). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18(3):4034-4039. Consultado 3 abr, 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1027-152X201200300001>

Quiñones, M; Fonseca, D; Martínez, Y. 2007. Caracterización molecular de aislados de campo del virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate (TYLCV) (en línea). *Revista de Protección Vegetal*. 22(1):47-56. Consultado 10 mar, 2015. Disponible <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v22n1/rpv07107.pdf>

Quirós, S; López, L; Mora, J; Barrantes, L; Saborío, D; Echandi, C. 2017. Respuesta de varios híbridos comerciales y cultivares promisorios de tomate (*Solanum lycopersicum*) ante la presencia del virus TYLCV bajo condiciones de campo. *In*

Congreso Nacional del cultivo de tomate. (4, 2017, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica. p 13-14.

Quirós, S. 2016. Evaluación de la calidad poscosecha de cuatro cultivares tolerantes al Begomovirus TYLCV (Tomato Leaf Curly Virus) "Virus de la cuchara en tomate. INTA. San José, Costa Rica. p 13-14.

Rivera, C. 2006. Comportamiento Agronómico de 22 cvs. de tomate industrial (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y calidad de la materia prima destinada a pasta concentrada (en línea). Tesis Ing.Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Consultado 10 mar, 2015. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101847/riverac.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Rizo, E. 2015. ¿Qué afecta a los valores Brix? (en línea). Consultado 28 mar, 2019. Disponible <https://www.hortalizas.com/cultivos/que-afecta-a-los-valores-brix/>