

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE TOMATE
RESISTENTES A HONGOS FOLIARES**

por

Federico Supparo Teixeira

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

**SALTO
URUGUAY
2022**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Matías González Arcos

Carlos Barros

Guillermo Galván

Fecha:17 de junio de 2022

Autor: -----
Federico Supparo Teixeira

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a la vida por darme las condiciones necesarias para cumplir mis objetivos profesionales y darme todas las oportunidades necesarias para lograr iniciar y culminar esta etapa.

A la estación Salto Grande del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), por brindarme el apoyo y las herramientas necesarias para realizar este trabajo.

Al Ing. Agr. Matías González por su guía, ayuda y asesoramiento constante en cada etapa del proyecto.

Al Ing. Agr. Carlos Barros por su asesoramiento en las etapas finales del trabajo.

A todos los funcionarios del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y de la Facultad de Agronomía que en algún momento participaron en esta etapa.

Y a todas las personas que me dieron su apoyo a lo largo de estos años.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Tesis aprobada por:.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 ORIGEN DEL TOMATE.....	3
2.2 TOMATE EN EL MUNDO	4
2.3 TOMATE EN URUGUAY	5
2.3.1 Zonas y sistemas de producción	6
2.3.2 Ciclos productivos	6
2.4 TIPOS COMERCIALES Y CULTIVARES	7
2.5 RESISTENCIAS GENÉTICAS.....	8
2.5.1 Definición	8
2.5.2 Tipos de resistencia.....	8
2.5.3 Resistencia vertical.....	9
2.6 HONGOS FOLIARES.....	10
2.6.1 Mancha gris de la hoja	10
2.6.2 Cladosporiosis	12
2.6.3 Ceniza.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 VARIEDADES UTILIZADAS	18
3.2 ENSAYOS DE EVALUACIÓN PRODUCTIVA	19
3.2.1 Ubicación de ensayos y sistema productivo	19
3.2.2 Estructura de protección	19
3.2.3 Ciclo.....	19
3.2.4 Diseño experimental	19
3.2.5 Manejo de los ensayos.....	20
3.2.6 Evaluaciones.....	22

3.3 CALIDAD DE FRUTA	22
3.3.1 Firmeza.....	23
3.3.2 Color externo de los frutos	23
3.3.3 Color interno del fruto	23
3.3.4 Sólidos solubles totales (SST).....	24
3.3.5 Acidez total (Ac)	24
3.4 SANIDAD FOLIAR A CAMPO	24
3.4.1 Evaluación de resistencia a mancha gris.....	24
3.4.2 Evaluación de resistencia a ceniza	24
3.4.3 Evaluación de resistencia a Cladosporiosis.....	24
3.4.4 Aislamiento de hongos.....	25
3.5 ANÁLISIS DE DATOS.....	25
3.5.1 Características de planta.....	25
3.5.2 Características productivas	26
3.5.3 Características de calidad.....	27
3.5.4 Sanidad foliar	27
4. RESULTADOS	28
4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA	28
4.2 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS	29
4.3 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	35
4.4 CARACTERÍSTICAS DE SANIDAD	36
5. DISCUSIÓN	39
6. CONCLUSIONES	46
7. RESUMEN	48
8. SUMMARY	50
9. BIBLIOGRAFÍA.....	52

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. N° de productores, área y producción según zona y sistema de producción en periodo 2014/2015.....	6
2. Materiales utilizados, su origen y características de resistencias Foliare18	18
3. Principales actividades de manejo realizadas durante el Ensayo 1 (ciclo verano-otoño).....20	20
4. Principales actividades de manejo realizadas durante el Ensayo 2 (ciclo invierno-verano)21	21
5. Categoría de fruto según diámetro transversal22	22
6. Característica de arquitectura de la planta.....28	28
7. p-valor para cada una de las variables.....29	29
8. Características de producción según ciclo30	30
9. Características de producción según variedad30	30
10. Características de producción según variedad en ciclo de Otoño31	31
11. Características de producción según variedad en ciclo de Primavera.....31	31
12. Características de calidad de fruta según variedad35	35
13. Evolución de firmeza por variedad36	36
14. Evaluación de resistencia a ceniza por variedad37	37
15. Evaluación de resistencia a cladosporiosis por variedad38	38
16. Evaluación resistencia mancha gris por variedad38	38
17. Duración, Radiación promedio y temperatura promedio de cada etapa para el ciclo de otoño42	42
18. Duración, Radiación promedio y temperatura promedio de cada etapa para el ciclo de otoño42	42

1. Producción y área sembrada de tomate en a nivel mundial en el periodo comprendido entre 2010-2019	4
2. Principales países productores de tomate fresco en 2019.....	5
3. . Síntoma de Mancha gris de la hoja (<i>Stemphylium</i> sp.).....	11
4. Sintomatología y signo de cladosporiosis en la zona axial de la hoja.....	13
5. Sintomatología y signo de cladosporiosis en la zona abaxial de la hoja.....	13
6. Síntoma de ceniza en hoja de tomate.....	15
7. Rendimientos totales (kg/ha) por variedad promedio de ambos Ciclos	33
8. Frutos por planta (n°) por variedad promedio de ambos ciclos	33
9. Peso promedio de frutos (gr) por variedad promedio de ambos Ciclos	34
10. Frutos mayores a 6 centímetros (%) por variedad promedio de ambos ciclos	34

1. INTRODUCCIÓN

El tomate a nivel mundial es la segunda hortaliza más importante en términos de producción y área sembrada. Muchos países son productores de tomate, pero el más importante es China, siendo el que produce mayor volumen.

Al igual que a nivel mundial, el tomate en Uruguay es una de las hortalizas más importantes después de la papa, con un consumo estimado anual de 29200 toneladas. Casi la totalidad de la producción se utiliza para abastecer al mercado interno siendo las importaciones de producto fresco puntuales y escasas. Existen dos grandes zonas de producción, zona sur y zona norte, desde las cuales se genera la producción para los 12 meses del año. El número total de productores involucrados es de 814, generando una importante actividad económica en torno a su producción

En Uruguay existen varios patógenos que afectan a los cultivos de tomate y actúan como factores reductores del rendimiento. Entre ellos se encuentran los hongos que producen manchas foliares. Estos patógenos son muy problemáticos ya que pueden producir mermas considerables de rendimiento por reducción en la producción de fotoasimilados (reduciendo el área fotosintéticamente activa) y en casos extremos por muerte de plantas. Además, algunas de estas enfermedades pueden afectar frutos, reduciendo o eliminando su valor económico.

Para poder minimizar esta problemática, muchos sistemas de producción utilizan el control químico con productos fitosanitarios de síntesis de forma preventiva y curativa. Esta estrategia, además de implicar un costo adicional, se asocia con efectos negativos en relación al impacto ambiental y puede ocasionar problemas asociados a la salud de los operarios e inocuidad de productos. Por esta razón, la utilización de cultivares con resistencia genética es una herramienta de interés. Esta opción no solo permitiría reducir daños y pérdidas en cultivo, sino que ayudaría a reducir el uso de insumos de síntesis, los costos de producción y el impacto ambiental, facilitando el manejo de cultivo y la implementación de estrategias de control biológico.

Hoy en día existen fuentes de resistencia disponibles para mancha gris de la hoja (*Stemphylium sp.*), Cladosporiosis (*Passalora fulva* syn. *Cladosporium fulvum*) y ceniza (*Oidium neolycopersici*). Sin embargo, a nivel comercial, son escasos los cultivares que presentan estas resistencias en conjunto. El programa de mejoramiento genético de tomate de INIA creó un híbrido experimental que complementa tres genes mayores que otorgan resistencia vertical a estos patógenos, denominado HT 117. En este material se han observado algunas limitantes productivas relacionadas al cuajado de fruto en condiciones adversas, reducido tamaño promedio, poca firmeza de frutos y reducido color interno.

El presente trabajo consiste en evaluar desde el punto de vista productivo, sanitario y de calidad de fruta diferentes híbridos experimentales con resistencias a hongos foliares, analizando su comportamiento en relación a HT117 y cultivares comerciales de referencia.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEN DEL TOMATE

El tomate cultivado (*Solanum lycopersicum*) pertenece a la familia Solanaceae, que se enmarca en el orden Solanales, subclase Asteridae, clase Magnoliopsida, división Magnoliophyta. Es una planta perenne y rastrera, que se cultiva como anual. La clasificación taxonómica del tomate ha sido ampliamente debatida. En 1753 el botánico sueco Linnaeus lo nombró *Solanum lycopersicum*, pero 15 años más tarde Miller lo sustituyó por *Lycopersicon esculentum* (Taylor, 1986). En los últimos años, el uso de nuevas herramientas moleculares aplicadas en el campo de la taxonomía reveló que los géneros *Solanum* y *Lycopersicon* no son tan distintos como se pensaba. Datos morfológicos, moleculares y evidencias biogeográficas han llevado a una nueva reclasificación volviendo así a la clasificación propuesta por Linneo, en la que el tomate cultivado y sus parientes silvestres quedan incluidos en el género *Solanum* L., sección *Lycopersicon* (Peralta et al., 2005).

La distribución natural de especies silvestres de tomate se circunscribe a la región andina sudamericana, principalmente en los territorios actuales de Perú, Bolivia, Ecuador y Chile. El nombre “tomate” viene de la palabra derivada del Azteca “tomatl”, que describe a esta planta por dicha cultura (Foolad, 2007).

Según Razifard et al. (2020), la domesticación comenzó en América del Sur a partir de las especies salvajes de tomate *Solanum pimpinellifolium* (SL), creándose una variedad semi-domesticada con el nombre de *Solanum lycopersicum* L. var. *Cerasiforme* (SLC). La principal diferencia entre la variedad salvaje y la semidomesticada es su tamaño, *S. lycopersicum* L. var. *Cerasiforme* tiene un tamaño parecido al cherry mientras que *Solanum pimpinellifolium* tiene un tamaño parecido al arandano. SLC se propagó desde América Latina por todo Centroamérica hasta México, creándose distintos grupos de SLC con características diferentes.

A partir de la llegada de las primeras expediciones europeas a América central el uso del tomate fue expandido al resto del mundo. En 1820 se había descrito el uso de al menos 6 variedades distintas de tomate. En América, la aparición de las primeras variedades de tomate llegó gracias al trabajo de Alexander W. Livingston, quien mejoró el tomate silvestre y llegó a estabilizar la planta. La mayor parte de las variedades al año 1937 resultó del trabajo de Livingston (Tapia, 2019).

2.2 TOMATE EN EL MUNDO

El tomate es la segunda hortaliza más importante en términos de producción y área sembrada a nivel mundial. Para el año 2019 la producción fue de 180,7 millones de toneladas y el área producida logró valores de 5,030 mil hectáreas (FAO, 2020).

En la Figura 1 se aprecia la evolución de la producción y superficie cultivada de tomate en los últimos 10 años evaluados. Para ese período el promedio de producción anual es de 175,4 millones de toneladas y se observa una marcada tendencia creciente.

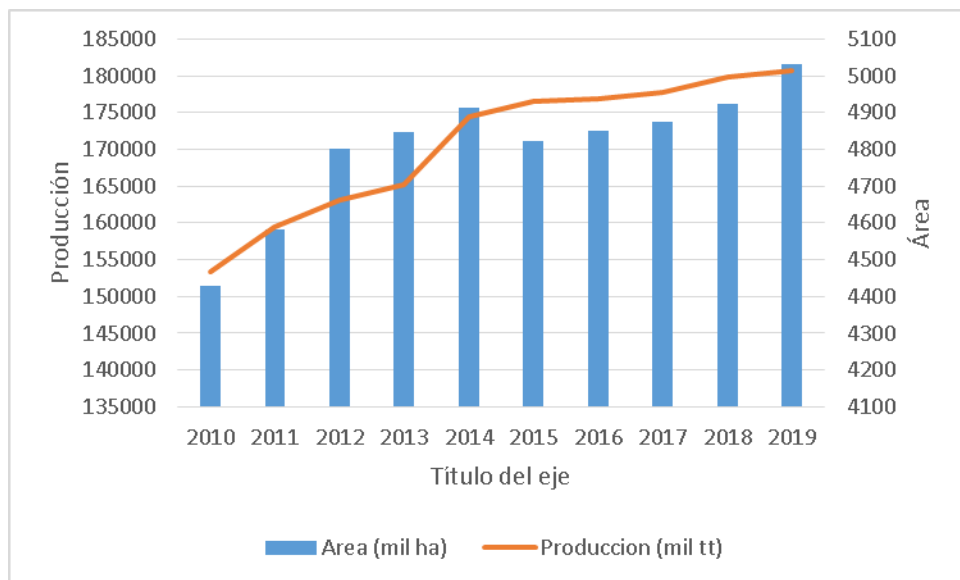


Figura 1. Producción y área sembrada de tomate en a nivel mundial en el periodo comprendido entre 2010-2019. **Fuente:** elaborado en base a datos extraídos de FAO (2020).

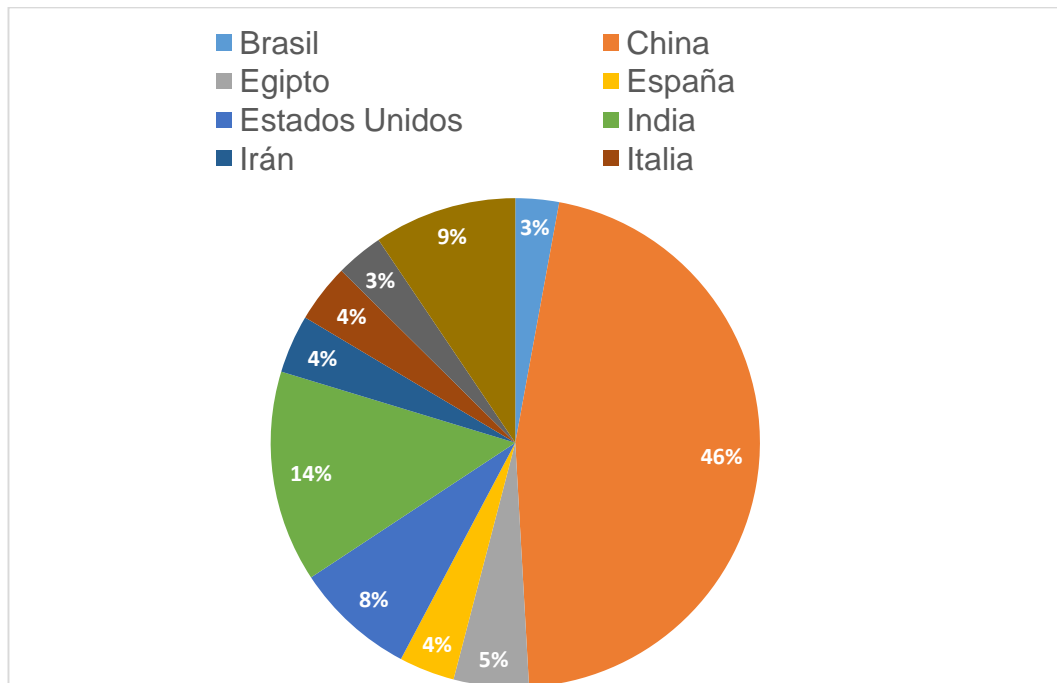


Figura 2. Principales países productores de tomate fresco en 2019. **Fuente:** elaborado en base a datos extraídos de FAO (2020).

En la figura 2 se muestran los 10 países productores más importantes de tomate para consumo fresco para el año 2019, siendo China el más importante con una producción aproximada de 63 millones de toneladas. Esta cantidad representa un 46 por ciento de la producción total de ese año.

2.3 TOMATE EN URUGUAY

En Uruguay el tomate es el principal cultivo hortícola después de la papa. Según MGAP. DIEA (2020) en la zafra 2014/2015 se produjeron 32297 toneladas de tomate de mesa para consumo en fresco. La producción nacional se utiliza para abastecer el mercado interno, siendo las importaciones y exportaciones anuales insignificantes en volumen. Según datos del Mercado Modelo (2014) el consumo de tomate redondo por persona por año es de 8,4 kg, este valor se ha mantenido estable en los últimos años.

2.3.1 Zonas y sistemas de producción

Uruguay posee dos principales zonas de producción. Desde el siglo pasado la zona norte (salto y bella unión) se especializaron en el sistema de producción de cultivo protegido abasteciendo el mercado central de Montevideo durante los meses de invierno y primavera. Por otro lado, la zona sur (Canelones y Montevideo) se especializan en el cultivo a campo abasteciendo al mercado central durante los meses de verano y otoño.

En el Cuadro 1 se muestran datos del número de productores, área y producción a campo e invernáculo en la zona sur y en la zona norte del período 2014/2015. En la zona norte predomina el cultivo protegido y no se reportan cultivos comerciales a campo. Para el caso del sur, si bien hay más área a campo, la producción bajo invernáculo ha tenido un constante crecimiento e involucra a un mayor número de productores. La producción es mayor en el norte a pesar de su menor área.

Cuadro 1. N° de productores, área y producción según zona y sistema de producción en periodo 2014/2015.

Zona	Sur a campo	sur invernáculo	norte invernáculo	TOTAL
N° productores	218	383	213	814
Área (ha)	139	87	156	382
Rendimiento (kg/m ²)	2,74	9,81	12,78	8,45
Producción (tt)	3818	8537	19942	32297

Fuente: elaborado a partir de datos de MGAP (2020).

2.3.2 Ciclos productivos

En Uruguay la producción de tomate se da durante todo el año, combinando diferentes ambientes y sistemas de producción.

Según Aldabe Dini (2000) existen cinco principales ciclos en el sur y dos en el norte. Las fechas típicas de almácigo para el sur a campo es de septiembre a diciembre pudiendo lograrse los ciclos tempranos, de estación y tardíos. En el sur, pero en invernáculos es muy común almácigos entre junio y septiembre

generando los ciclos cortos de primavera y largo de verano. En verano es muy común fechas de almácigo que van desde diciembre a enero lográndose el ciclo corto de otoño. Por otro lado, en el norte las fechas más comunes de almácigo son de noviembre a enero para lograr el ciclo de otoño, siembras en mayo a junio para el ciclo corto de primavera y febrero a marzo para el ciclo largo de invierno.

Además, en el norte existe otro ciclo que no es tan común que es el ciclo de verano con trasplante en enero y cosechas hasta abril.

2.4 TIPOS COMERCIALES Y CULTIVARES

El consumo de tomate en Uruguay está basado en tres tipos comerciales de acuerdo a su forma y tamaño: tomate redondo, perita (oblongo) y cherry. Dentro de sistemas de producción comercial, los cultivares que se utilizan de estos tipos varietales son todos híbridos¹.

En Uruguay se utilizan básicamente tres tipos varietales de tomate para consumo en fresco, de acuerdo a su forma y tamaño: tomate redondo, perita (oblongo) y cherry. Dentro de los sistemas de producción comerciales (productores) los cultivares que se utilizan de estos tipos varietales son casi todos híbridos desarrollados y producidos por empresas extranjeras. El tomate redondo corresponde originalmente al tipo comercial “americano”. Son tomates redondo-achatados, lisos, multiloculares de 180 a 300 gramos de peso, relativamente blandos y de baja conservación. En la década del 90 se incorporaron a este grupo los tomates “larga vida”, los cuales tienen incorporado el gen rin en estado heterocigota. Este gen, es un gen regulador, que controla la actividad de otros genes. El gen rin controla tanto la producción de etileno durante la maduración, como otros procesos relacionados con la maduración que no dependan del etileno, ¹retardando así el proceso de madurez consiguiendo mayor firmeza y vida poscosecha. En general estos tomates son de forma redondeada, biloculares de 140 a 220 gramos de peso y se comercializaban al principio con la presencia del pedúnculo, para así diferenciarlos de los tomates comunes (americanos). En la década del 2000, aparecieron los tomates “estructurales” que a pesar de que no contienen el gen rin presentan niveles de firmeza y conservación similares, lo que llevó en cierta forma al desplazamiento de las dos sub-categorías anteriores. Pueden comercializarse con o sin la presencia del pedúnculo. En la actualidad el tomate redondo ocupa un 85-90% del volumen de tomate comercializado en el mercado mayorista de Montevideo. El tomate perita

¹ Matías González. 2021. Com. personal.

(saladette o italiano), es un tomate de forma oval u oblonga, liso, con tamaño de 100 a 200 gramos. Esta categoría tuvo un crecimiento notorio a principios del 2000, probablemente debido a la asociación por parte de los consumidores de mejores propiedades organolépticas. El tomate cherry (cereza) es un tomate miniatura de 25 a 50 gramos que puede ser de formas redondeadas u ovaladas (mini italiano). Al igual que la categoría anterior, ha tenido un crecimiento importante de su consumo a partir de comienzos del 2000, apreciado por sus propiedades organolépticas y facilidad de uso en el consumo fresco.”

2.5 RESISTENCIAS GENÉTICAS

2.5.1 Definición

Resistencia es la capacidad de la planta para reducir el crecimiento y/o desarrollo del patógeno o parásito después de que se ha iniciado o establecido el contacto íntimo. Se mide comparando la cantidad de patógeno o parasito por planta o parte de una planta, en comparación con otras plantas susceptibles (Niks y Lindhout, 2004).

2.5.2 Tipos de resistencia

Según Niks y Lindhout (2004), existen varios tipos de resistencia entre los que podemos encontrar mecanismos más generales como lo son la resistencia amplia y otros más específicos como lo es la resistencia vertical.

Los tipos de resistencia más explotados son:

- 1) La resistencia amplia que se caracteriza por ser efectiva para varios tipos de enemigos naturales mediante mecanismos que impiden el ataque. Dentro de la resistencia amplia existen mecanismos pasivos (llamado resistencia pasiva) los cuales son mecanismos de resistencia que se encuentran en la planta sin importar si hay presencia o ausencia de un patógeno. También existen mecanismos activos (llamado resistencia activa) las cuales son reacciones de defensa que se activan cuando un parasito trata de invadir el tejido de la planta.
- 2) La resistencia no-hospedante se da cuando ningún individuo de una especie “X” es susceptible a los individuos de un patógeno “Y”.

- 3) También existe la resistencia de hipersensibilidad o vertical. Este tipo de resistencia genera una región necrótica en el tejido vegetal alrededor del sitio de penetración del patógeno. Esto detiene el crecimiento del patógeno.
- 4) La resistencia parcial o resistencia de hipersensibilidad incompleta se caracteriza por darse una interacción entre el patógeno y el huésped, pero con un ataque reducido en comparación con variedades totalmente susceptibles. La resistencia parcial se caracteriza por no presentarse en todos los individuos de una especie, fácilmente se distinguen los individuos resistentes y susceptible. Con este tipo de resistencia puede generarse una epidemia, pero de una menor magnitud.
- 5) Por último, existe la resistencia residual, que es la resistencia parcial, únicamente que se ve luego de que aparece una raza virulenta que rompe con una resistencia vertical.

2.5.3 Resistencia vertical

La resistencia de hipersensibilidad o resistencia verticales implica un mecanismo de defensa activo que se caracteriza por generar una necrosis (muerte celular programada) alrededor de la zona de penetración para evitar propagación de infecciones. Una característica de este tipo de resistencia es su alta especificidad ya que no solo es específica para especies distintas, sino que dentro de una especie hay resistencia para algunas razas y susceptibilidad a otras. Las razas de una especie que puedan afectar a la planta se las determina como virulentas y las que no pueden afectarla como avirulentas. Generalmente la resistencia vertical se debe a la presencia de un gen dominante en la planta que confiere dicha resistencia. A su vez para que el patógeno no pueda infectar la planta debe tener un gen de avirulencia, estableciéndose el concepto de Gen-a-gen, el cual define que una especie es resistente a un patógeno determinado únicamente si tiene el gen de resistencia y a su vez el patógeno tiene el gen de avirulencia, lo que lleva a que no pueda darse una interacción (Niks y Lindhout, 2004). Según Michelleto et al. (1999) este tipo de resistencia lleva a que los patógenos puedan evolucionar más rápido. Esto es debido a que la presencia de una variedad con un gen de resistencia vertical lleva a que proliferen las razas con el correspondiente gen de virulencia, rompiéndose la resistencia. Por esta razón se considera que la resistencia vertical no es durable en el tiempo.

2.6 HONGOS FOLIARES

En el tomate existen diferentes patógenos foliares que causan enfermedades y pérdidas importantes a nivel de cultivo. Entre ellas, y para las condiciones de producción de Uruguay en cultivos protegidos, se destacan la mancha gris de la hoja, la Cladosporiosis y la ceniza. Estas enfermedades son actualmente destinatarias de una gran parte de las aplicaciones fitosanitarias con productos naturales o de síntesis.

2.6.1 Mancha gris de la hoja

2.6.1.1 Patógeno

“La enfermedad de mancha gris de la hoja de tomate es causada por tres especies del género *Stemphylium*: *Stemphylium solani*, *Stemphylium floridanum* y *Stemphylium lycopersici*” (Miranda et al., 2010). Se trata de un hongo que ataca principalmente las hojas, aunque en casos extremos puede atacar partes florales.

2.6.1.2 Síntomas

Las especies dentro del género *Stemphylium* producen el síntoma de la enfermedad llamada mancha gris en hojas. Dichos síntomas aparecen como pequeñas manchas amarronadas que en un inicio son pequeñas pero que a medida que se desarrolla la enfermedad aumentan de tamaño (Figura 1). A su vez con el crecimiento forman un patrón concéntrico y se forma un halo amarillo alrededor, y si la enfermedad avanza podría darse defoliación e incluso atacar partes florales (Graham y Zeiders, 1960).



Figura 3. Síntoma de Mancha gris de la hoja (*Stemphylium* sp.).

2.6.1.3 Condiciones y sobrevivencia

Las especies del género *Stemphylium* tienen varios métodos de supervivencia. Es capaz de sobrevivir en residuos de cultivos en el suelo, en plantas de crecimiento espontáneo, así como en plántulas viejas abandonadas en viveros. Además, diversas especies cultivadas y silvestres del género *Solanum* se han identificado como hospederos alternativos (Reis et al., 2006).

El patógeno necesita una humedad relativa superior a 80% y temperaturas cálidas (25-28°C) para que se establezca la infección (Cedeño et al., 2019). Cuando se dan estas condiciones favorables para la infección, los síntomas aparecen a los 4 o 5 días después de haber penetrado la hoja.

2.6.1.4 Resistencia

Según Behare et al. (1991) hasta la fecha, solo un gen de resistencia frente a la mancha gris de la hoja fue identificado, el gen dominante *Sm*. Se encuentra en el cromosoma 11 cerca de dos marcadores, TG110 y T10. El gen

Sm deriva de la especie silvestre de tomate *S. pimpinellifolium*, el cual fue usado para producir cultivares resistentes de tomate a la mancha gris (Dennet, 1950).

2.6.2 Cladosporiosis

2.6.2.1 Patógeno

El causante de esta enfermedad es *Passalora fulva* (syn. *Cladosporium fulvum*), patógeno principalmente foliar cuyo único hospedero es el tomate y otras especies de la sección *Lycopersicon*. (Thomma et al., 2005). Hasta la fecha se han descrito 13 razas fisiológicas (raza 0; 2; 4; 5; 2.4; 2.4.5; 2.4.5.9; 2.5; 2.4.11; 2.5.9; 2.4.5.11; 2.4.9.11 y 2.4.5.9.11) (Holliday y Mulder, 1976, Scholtens-Toma, 1989 y Fox, 1997).

2.6.2.2 Síntomas

Los síntomas de la enfermedad son más obvios en el lado abaxial de la hoja e incluyen parches de moho blanco que se vuelven marrones con la esporulación (Figura 2) (Thomma et al., 2005). En la parte axial de la hoja pueden verse manchas amarillas, y si la enfermedad avanza mucho también puede producir defoliación (Figura 3).



Figura 4. Sintomatología de cladosporiosis en la cara axial de la hoja.



Figura 5. Sintomatología y signo de cladosporiosis en la zona abaxial de la hoja.

2.6.2.3 Condiciones y sobrevivencia

Los conidios de *Passalora fulva* generalmente se propagan por el viento o las salpicaduras de agua. Si los conidios caen en la cara abaxial de una hoja, puede ocurrir una infección exitosa. Con una humedad relativa alta (más del 85%) los conidios germinan y forman hifas delgadas que crecen al azar (unidireccionales) sobre la superficie de la hoja (Bond, 1938, de Wit, 1977, Lazarovits y Higgins, 1976). Después de aproximadamente tres días, un tubo germinativo principal o una rama lateral de las hifas ingresa a la hoja de tomate al encontrar un estoma abierto. A partir de esta etapa, el diámetro de las hifas fúngicas aumenta al menos dos veces. Posteriormente, el crecimiento de las hifas continúa desde la cavidad subestomática hacia el espacio intercelular entre las células del mesófilo esponjoso (apoplasto) mediante la formación de estructuras de hifas largas y ramificadas (Bond, 1938, de Wit, 1977, Lazarovits y Higgins, 1976). Según Cabrera (2009) la germinación conidial ocurre a temperatura en torno de 25°C y en humedades relativas superiores al 90%; excepto en presencia de agua libre a 30°C.

Entre 9 y 10 días después del inicio de la infección, agregaciones de hifas (cuerpos estromáticos) son producidas por los hongos en los espacios subestomáticos. Posteriormente se forma un micelio aéreo a partir del cual sobresalen conidióforos al exterior a través de las estomas donde se producen principalmente cadenas de conidios bicelulares. Estos conidios luego se dispersan pudiendo contribuir a la propagación de la enfermedad (Bond, 1938).

2.6.2.4 Resistencia

Hace aproximadamente 100 años se descubrió que la resistencia contra *C. fulvum* está determinada genéticamente por la presencia de la familia de genes *Cf* (Thomma et al., 2005).

Según Iakovidis et al. (2020) hasta la fecha los genes de resistencia para *C. fulvum* se han mapeado en solos dos segmentos cromosómicos en el genoma del tomate: Una en el cromosoma 1 que posee varios genes de resistencia como *Cf-4*, *Hcr9-4E*, *Cf-9*, *Hcr9-9B*, *Cf-19*, *Cf-Ecp1*, *Cf-Ecp2*, *Cf-Ecp3*, *Cf-Ecp4*, *Cf-Ecp5*. El otro segmento es llamado complejo *Cf-2/Cf5* que posee genes de resistencia como *Cf-2.1*, *Cf-2.2* y *Cf-5* en el cromosoma 6.

La introducción de loci de resistencia de especies silvestres que están relacionadas con el tomate (*Cf-1* a *Cf-5*) hacia la especie de tomate cultivado dio

como resultado una buena contención del patógeno (Boukema y Garretsen, 1975).

2.6.3 Ceniza

2.6.3.1 Patógeno

El agente causal es *Oidium neolycopersici*, es un parásito obligado altamente polífago que solo vive en tejidos vivos del hospedero. Este hongo forma un micelio superficial provisto de haustorios para fijarse en la superficie de los tejidos (Sepúlveda, 2018).

2.6.3.2 Síntomas



Figura 6. Síntoma de ceniza en hoja de tomate.

Provoca lesiones blancas polvorientas en la superficie de la hoja adaxial. El hongo también puede infectar la cara abaxial de la hoja, así como pecíolos y

el cáliz, pero el fruto permanece intacto. Las infecciones graves provocan clorosis foliar, senescencia prematura y una marcada reducción del tamaño del fruto (Whipps et al., 1998).

Según Whipps et al. (1998) en un estudio reveló que 13 familias distintas son hospederos alternativos de *Oidium neolycopersici*. Aunque dentro de una misma familia podría haber distintos niveles de susceptibilidad. Un ejemplo son las familias *Crassulaceae* y *Scrophulariaceae*, que contienen especies que fueron muy susceptibles y por el otro lado especies con resistencia total.

2.6.3.3 Condiciones y sobrevivencia

Según Obregón (2018) sobreviven como micelio en cultivos afectados, restos de tomate y hospederos alternos. Cuando se dan condiciones de alta humedad y temperatura se logran los ataques de este agente causal (Jones et al., 2001). Las condiciones predisponentes para que se desarrollen infecciones son de altas temperaturas entorno a los 25 grados y alta humedad relativa (entre 50% y 75%). Si hay presencia de tubos germinativos y se dan las condiciones de temperatura y humedad se da la germinación que dura de 3 a 5 horas post inoculación, luego se da la diferenciación del apresorio (6-8 horas post inoculación) y por último la penetración (aproximadamente 11 horas post inoculación) (Jones et al., 2001).

2.6.3.4 Resistencia

Según Crute y Pink (1996) existen dos tipos de resistencia para *Oidium lycopersici*, una denominada “raza específica” y la otra “raza no específica”.

La resistencia denominada “raza no específica” opera contra todos los patotipos o razas de un patógeno. La naturaleza genética de este tipo de resistencia normalmente es compleja y basada en una interacción aditiva y varios genes de efecto pequeño o intermedio (Lebeda et al., 2014).

Según Bai et al. (2005) los genes que confieren resistencia a *Oidium lycopersici* son los dominantes *OI-1*, *OI-3*, *OI-4*, *OI-5* t *OI-6*, a su vez el alelo recesivo *ol-2* también confiere resistencia a *O. neolycopersici*.

2.7 MEJORAMIENTO GENÉTICO DE TOMATE DE MESA EN URUGUAY

Hasta mediados de la década del 2000, los aportes en investigación y generación de conocimiento referido a cultivares, tanto de organismos públicos (Fagro, CIAAB, INIA) como de empresas y agentes privados, se centraron siempre en la introducción y evaluación de cultivares extranjeros para diferentes segmentos, ambientes y usos. En el año 2005, INIA comenzó un programa de mejoramiento genético con el objetivo de desarrollar variedades de tomate para industria mejor adaptadas a las condiciones locales. Como primer resultado, se han liberado en el año 2011 dos cultivares: 'Milongón' y 'Repique' (González Arcos y Giménez, 2017).

Tomando como antecedente esta experiencia, en el año 2012 INIA comienza un nuevo proyecto de mejoramiento genético de tomate de mesa con el objetivo, a través del desarrollo de cultivares nacionales, de aportar a la competitividad del sector productivo sin perder de vista la calidad del producto y el impacto ambiental. Para eso se trabaja en diferentes tipos y segmentos comerciales, creando y seleccionando híbridos de tomate para los diferentes ambientes productivos del Uruguay, teniendo en cuenta durante la selección diferentes caracteres relacionados con la eficiencia productiva, la resistencia a enfermedades y la calidad de fruta (González Arcos et al., 2018b).

En el año 2016 se firma un convenio con la empresa de semillas Agrocinco (Híbridos de tomate, 2016) para complementar esfuerzos potenciando la etapa de producción y comercialización de semilla híbrida, además de la evaluación de materiales nacionales en otras regiones del mundo. En el año 2018 es liberado el primer cultivar híbrido nacional para el mercado brasileño: 'INIA Cimarrón' (González Arcos et al., 2018a). A finales del 2019 es liberado el cultivar INIA Frontera (González Arcos et al., 2019), especialmente seleccionado para la producción en ciclos cortos bajo invernadero.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 VARIEDADES UTILIZADAS

El cuadro 2 muestra los materiales vegetales utilizados en este trabajo, su origen y características de resistencias foliares.

Cuadro 2. Materiales utilizados, su origen y características de resistencias foliares

Código	Tipo material	Origen	Resistencias foliares ¹
Elpida	Híbrido comercial	Enza Zaden	On
INIA Frontera	Híbrido comercial	INIA	no tiene
HT 117	Híbrido experimental	INIA	On, Cf, Ss
HT 347	Híbrido experimental	INIA	On, Ss
HT 501	Híbrido experimental	INIA	On, Cf, Ss
HT 545	Híbrido experimental	INIA	On, Cf, Ss
HT 551	Híbrido experimental	INIA	On, Cf, Ss
HT 560	Híbrido experimental	INIA	On, Cf, Ss

¹: Resistencias determinadas a nivel fenotípico durante el proceso de selección de líneas parentales *On* (*Oidium neolycopercici*), *Cf* (*Passalora fulva*), *Ss* (*Stemphylium sp.*).

Los híbridos experimentales (denominación HT) fueron generados y seleccionados por el proyecto de mejoramiento genético de INIA. Presentan diferentes complementos de resistencias foliares, determinada por evaluación fenotípica durante el proceso de selección/estabilización de líneas parentales. Los materiales comerciales 'Elpida' e 'INIA Frontera' fueron usados como cultivares comerciales de referencia en producción y calidad de fruta. El material HT117 es un prototipo primario portador de las tres resistencias foliares de interés. El resto de materiales híbridos experimentales fueron evaluados como alternativas productivas.

3.2 ENSAYOS DE EVALUACIÓN PRODUCTIVA

3.2.1 Ubicación de ensayos y sistema productivo

Los ensayos estuvieron ubicados en Colonia 18 de Julio, Salto, dentro del predio del Sr. Bentancur ubicado en las coordenadas latitud: 31°20'57.92"S y longitud: 57°53'31.72"O. Se trata de un predio de producción agroecológica.

3.2.2 Estructura de protección

Los ensayos se realizaron en invernáculo de madera con abertura cenital de 16 metros de ancho por 50 de largo (800 metros cuadrados), una altura promedio de 3 metros. El volumen de aire es de 3 metros cúbicos por metro cuadrado. El nylon utilizado en las cortinas fue de 120 micrones y de 2,2 metros de ancho mientras que el nylon utilizado en el techo de 150 micrones y de 8,4 metros de ancho.

3.2.3 Ciclo

Ambos ensayos representan un ciclo corto de producción. El ensayo #1 se trasplantó en febrero y se cosechó hasta julio (ciclo verano-otoño). El ensayo #2 se trasplantó en julio y se cosecha hasta noviembre (ciclo invierno-primavera). Para ambos ciclos el crecimiento de las plantas fue definido en el sexto racimo (capado), cosechándose la totalidad de racimos en el ensayo #1 y 5 racimos en el ensayo #2.

3.2.4 Diseño experimental

Se utilizó para cada ensayo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de 10 plantas individuales y 20 metros lineales.

3.2.5 Manejo de los ensayos

Cuadro 3. Principales actividades de manejo realizadas durante el Ensayo 1 (ciclo verano-otoño).

Actividad	Detalles
Fecha de siembra:	10/1/2020
Fecha de trasplante:	15/2/2020
Manejo del suelo:	En diciembre incorporación de restos de Tomate y solarización
Marco de plantación:	30 cm entre plantas, 1,6 metros entre canteros.
Densidad de plantas:	2 plantas/m ²
Conducción:	Un tallo por planta.
Raleo de frutos	No se realizó.
Manejo de hormonas para cuajado	No se realizó.
Fertilización	Base: abono de corral (0,1 m ³ / 1 m ²). Fertirriego con fuentes solubles de nitrógeno, potasio, Magnesio y microelementos según asesoramiento técnico.
Manejo de deshojes	Retiro de hojas basales viejas y enfermas.
Manejo de malezas	Carpida manual
Manejo de hongos	Azufre (200 g/15 litros) y bicarbonato (50 g/15 litros) en mezcla. Se utilizó para control de todo tipo de hongos. Trichoderma según plaga presente
Manejo insectos	Se realizó un control integrado, utilizando neem-super (Azadirachtin al 0,03% y aceite de neem al 90,57%, Baicen (Matrine al 0,5%), Turicibb 32 wp (Bacillus Thuringiensis 32000 IU/ mg).
Riego	Por goteo. Dos cintas por fila, 30 cm entre goteros, lo que serían 2 goteros por planta. Caudal 2,4 litros por hora. El riego por planta por hora es de 4,8 litros. El tiempo de riego diario fue según requisitos de la planta.
Cosecha inicial	5/5/2020

Cosecha final	29/7/2020
---------------	-----------

Cuadro 4. Principales actividades de manejo realizadas durante el Ensayo 2 (ciclo invierno-verano).

Actividad	Detalles
Fecha de siembra:	15/6/2020
Fecha de trasplante:	30/7/2020
Manejo del suelo:	Se siembra sobre el cantero del ciclo anterior luego de pasar un rotovador
Marco de plantación:	30 cm entre plantas, 1,6 metros entre canteros.
Densidad de plantas:	2 plantas/m ²
Conducción:	Un tallo por planta.
Raleo de frutos	No se realizó.
Manejo de hormonas para cuajado	No se realizó.
Fertilización	Base: abono de corral (0,1 m ³ / 1 m ²). Fertirriego con fuentes solubles de nitrógeno, potasio, Magnesio y microelementos según asesoramiento técnico.
Manejo de deshojes	Criterio según nivel de enfermedad en hojas
Manejo de malezas	Carpida y mulch negro.
Manejo de hongos	Azufre (200 g/15 litros) y bicarbonato (50 g/15 litros) en mezcla. Se utilizó para control de todo tipo de hongos. Trichoderma según plaga presente.
Manejo insectos	Se realizó un control integrado, utilizando neem-super (Azadirachtin al 0,03% y aceite de neem al 90,57%, baicen (Matrine al 0,5%), Turicibb 32 wp (Bacillus Thuringiensis 32000 IU/ mg).
Riego	Por goteo. Dos cintas por fila, 30 cm entre goteros, lo que serían 2 goteros por planta aproximadamente. Caudal 2,4 litros por hora. El riego por planta por hora es de 4,8 litros. El tiempo de riego diario fue según requisitos de la planta.
Cosecha inicial	3/11/2020

Cosecha final	15/12/2020
---------------	------------

3.2.6 Evaluaciones

3.2.6.1 Características de la planta

Al momento de inicio de cosecha en ambos ensayos se evaluaron las principales características de la planta: vigor (grosor del tallo en el tercio apical de la planta, siendo 1=bajo y 3=alto), largo de entrenudos (distancia entre dos hojas, siendo 1=corto y 3=largo) y arquitectura (efecto de la disposición espacial y tamaño de hojas, siendo 1 cerrada y 3 abierta), utilizando una escala subjetiva del 1 al 3, teniendo como referencia a los cultivares comerciales conocidos. Para cada ensayo, se promedió el valor de cada tratamiento a partir de la evaluación de cada parcela. El valor final de cada material fue generado por el promedio de ambos ensayos.

3.2.6.2 Características productivas

Se realizaron cosechas por parcela una vez por semana, concentrando frutas desde estado pintón al rojo maduro. En cada cosecha se registró el número total de frutas y el peso total. Cada dos semanas se evaluó peso y número de frutas por categoría de tamaño Mercosur (Cuadro 5).

Cuadro 5. Categoría de fruto según diámetro transversal.

Diámetro transversal del fruto (mm)	Categoría
<60	Chico
60-80	Mediano
80-100	Grande
>100	Extra

3.3 CALIDAD DE FRUTA

La calidad físico-química de la fruta fue evaluada en el laboratorio de calidad de fruta de INIA Salto Grande Transcurrida la mitad del período de

cosecha del ensayo #1, se tomó una muestra de fruta de cada parcela para medir diferentes variables de calidad físico-química. La muestra consistió en 10 frutos por parcela, manteniendo las repeticiones del diseño experimental de campo. Los frutos de la muestra fueron seleccionados sin defectos graves y en un estado de madurez uniforme “rojo-pintón”. Las medidas fueron realizadas en dos momentos: 1) al segundo día de la cosecha, 2) siete días después de la primera medida. Para cada momento se utilizaron 5 frutas de la muestra y se promediaron los valores por parcela. Las variables medidas se describen a continuación:

3.3.1 Firmeza

Se determinó usando un texturómetro (Stable Micro Systems, TA.XTplus Texture Analyser) sobre fruta madura intacta, a partir del desplazamiento en mm generado al aplicar una fuerza constante de 10 Kg-fuerza con un plato de contacto de 1,5 cm de diámetro sobre el plano ecuatorial de la fruta. Por cada fruta se obtuvo un valor y luego se realizó un promedio de la firmeza para esa parcela. A valores más altos, mayor es el desplazamiento y menor la firmeza.

3.3.2 Color externo de los frutos

Se determinó usando un colorímetro Konica Minolta modelo CR-400. Se realizaron dos mediciones para cada fruto de los parámetros L^* , a^* y b^* , sobre la zona ecuatorial más representativas del color externo. Con los datos obtenidos se realizó un promedio de los parámetros por parcela y se calculó un índice de color externo según la siguiente fórmula:

$$ICm = \frac{2000 \times a^*}{L^* \times (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}}$$

3.3.3 Color interno del fruto

Se determinó de la misma forma que el índice de color externo, pero midiendo con el colorímetro cada fruta sobre la mitad cortada en sentido transversal.

3.3.4 Sólidos solubles totales (SST)

Se midió con refractómetro digital Atago modelo DBX-55 a partir de una muestra de jugo de una de las mitades de cada fruto. Para la extracción del jugo se utilizó una juguera. Se midieron los grados Brix (°Bx) y la temperatura del jugo. Luego se corrigió el valor final de la siguiente manera:

$$\square\square^{\circ}\text{Bx} = \text{°Bx}(\text{medido}) + (\text{Temp. medida} - 20) \times 0,5$$

3.3.5 Acidez total (Ac)

Medida como % de ácido cítrico por titulación con base. Se determinó en una solución de 10 mL de jugo y 10 mL de agua destilada a la cual se le fue agregando NaOH factor 0.8600, hasta llegar a un pH entre 8,1 y 8,2. La titulación se ajustó con ayuda del pHmetro. Se realizaron tres mediciones de la muestra de jugo de cinco mitades de fruta y luego se promedió el valor de cada parcela.

3.4 SANIDAD FOLIAR A CAMPO

En el ensayo correspondiente al ciclo de otoño se realizó la evaluación de sanidad foliar.

3.4.1 Evaluación de resistencia a mancha gris

Se utilizó un índice de severidad foliar con una escala de 1 a 5, siendo 1 una planta sana sin síntomas de manchas foliares y 5 una planta con más del 50% de su superficie foliar afectada por manchas foliares. En este caso, se asignó en el campo un valor promedio por parcela.

3.4.2 Evaluación de resistencia a ceniza

Se estimó de manera visual el número de plantas sanas (sin incidencia) y enfermas (con incidencia) por parcela.

3.4.3 Evaluación de resistencia a Cladosporiosis

De igual manera se estimó de manera visual el número de plantas sanas y enfermas por parcela.

3.4.4 Aislamiento de hongos

Se tomaron muestras de hojas con síntomas de mancha gris, cladosporiosis y ceniza. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de fitopatología con el objetivo de aislar el hongo a partir del síntoma y signo y confirmar su identidad mediante la observación de micelio y esporas con microscopio.

Para el aislamiento de *Stemphylium* sp. (síntoma de mancha gris), se cortaron secciones de la zona de avance de las lesiones. Posteriormente se desinfectaron con alcohol 70% durante 40 segundos y enjuagaron 3 veces con agua destilada estéril (ADE). Luego se secaron con papel de filtro esterilizado. A partir de las muestras se cortaron y colocaron 5 secciones de hojas en placas de Petri con agar agua (AA) al 2% y se incubaron a 25°C durante cuatro días. Se seleccionó el aislado a partir de la punta de hifa y se repicó a placas con potato dextrose agar (PDA).

El aislamiento de *Passalora fulva* (síntomas de cladosporiosis) se realizó un repique directo a placas con PDA a partir del signo de hongo.

Los aislados puros se incubaron a 25 °C durante 15 días, y mediante la utilización del microscopio óptico se logró observar características de micelio y conidios. Con la utilización del manual ilustrado de Barnett y Hunter (1972) se identificaron los géneros fúngicos aislados.

Para el caso de *Oidium neolycopercisi* (síntoma de ceniza) al ser un parásito obligado no puede ser aislado en medio de cultivo. Por esta razón, para confirmar su identidad se observaron las características de los conidios en el microscopio óptico y se compararon con imágenes de Blancard (1988).

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1 Características de planta

Para las variables ordinales relacionadas al tipo de planta, se obtuvo un valor final de cada tratamiento (material genético) que se calculó como el promedio del valor de ambos ensayos. Dentro de cada ensayo, el valor de cada tratamiento se obtuvo por el promedio del valor asignado a cada parcela (repetición).

3.5.2 Características productivas

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) general para los efectos principales de genotipo (tratamiento) y ambiente (ciclo/ensayo) mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + (GA)_{ij} + B_{k(j)} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Rendimiento promedio del i ésimo genotipo obtenido en el j ésimo ambiente y k ésima repetición,

μ = Efecto de la media general,

G_i = Efecto del i ésimo genotipo,

A_j = Efecto del j ésimo ambiente,

$(GA)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i ésimo genotipo y el j ésimo ambiente,

$B_{k(j)}$ = Efecto de la k ésima repetición en el j ésimo ambiente,

E_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental asociado al i ésimo genotipo en el j ésimo ambiente y k ésima repetición, según el modelo lineal aditivo.

También se analizaron los ensayos en forma independiente para evaluar el comportamiento particular de cada material en cada ciclo. En ese caso, se usó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + E_{ij}$$

μ media general

t_i efecto del i -ésimo tratamiento

β_j efecto del j -ésimo bloque

q_{ij} error experimental en la unidad j del tratamiento i

3.5.3 Características de calidad

Para las variables relacionadas a la calidad de fruta se realizó ANOVA utilizando como repeticiones las mismas parcelas derivadas del diseño experimental de campo. Para eso se usó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + E_i$$

μ media general

G_i efecto del i-ésimo tratamiento

E_i error experimental del tratamiento i

3.5.4 Sanidad foliar

Para el caso de mancha gris se realizó el promedio de los valores del índice de severidad foliar relacionados a la severidad del daño de cada parcela (valores de 1 al 5), con lo que se obtuvo el dato asociado a cada tratamiento (material genético).

Para el caso de ceniza y cladosporiosis, se contabilizaron el total de plantas con y sin incidencia de cada tratamiento (material genético).

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA

El cuadro 6 presenta las características de la planta por variedad. Respecto a la arquitectura, puede observarse que no hay grandes diferencias entre los materiales, predominando plantas de arquitectura intermedia entre cerrada y abierta (valores promedio entre 1,8 y 2,2). Para vigor, se observan variaciones importantes. En un extremo, materiales con alto vigor como HT501 (valor de 3), similares al cultivar de referencia Elpida. Por otro lado, materiales como HT560, HT545 y HT551, con vigor bajo, inclusive menor que la referencia INIA Frontera y el híbrido experimental HT117, ambos de valores descriptos como medio-alto (2,5 y 2,3 respectivamente). Por último, todos los materiales presentaron entrenudos más cortos que el cultivar Elpida (valor de 3), destacándose en este aspecto HT545, HT551 y HT347 como plantas con entrenudos muy cortos (plantas bajas, valores entre 1,5 y 1,8).

Cuadro 6. Característica de arquitectura de la planta.

Variedad	Vigor ^a	Largo de entrenudos ^b	Arquitectura ^c
INIA FRONTERA	2,5	2,7	2,0
HT117	2,3	2,8	2,0
HT347	2,0	1,8	2,0
HT501	3,0	2,3	2,2
HT545	1,5	1,5	2,0
HT551	2,0	1,8	1,8
HT560	1,5	2,0	2,0
ELPIDA	2,8	3,0	2,0

^a: 1: vigor bajo, 3: vigor alto

^b: 1: Entrenudo corto, 3: entrenudo largo

^c: 1: planta cerrada, 3: planta abierta

4.2 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS

En el análisis de varianza utilizando como fuentes de variación los efectos del ciclo (ensayo) y los tratamientos (material genético), se descarta la interacción entre ambos factores para todas las variables analizadas. El efecto ciclo fue significativo en todas las variables productivas, y el efecto del tratamiento (híbrido evaluado) fue significativo en las variables número de frutos por planta y peso medio de fruto.

Cuadro 7. p-valor para cada una de las variables productivas evaluadas, utilizando como fuente de variación en el ANAVA el ciclo (otoño o primavera), los tratamientos (materiales genéticos) y su interacción (ciclo x tratamiento).

Fuente de variación	RT (Kg/m²)¹	Fr/PI (n°)²	PFr (g)³	Fr > 6cm (%)⁴
Ciclo	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Tratamientos	0,2173	0,0509	0,0019	0,219
ciclo*tratamientos	0,3429	0,2696	0,105	0,5174

¹ Rendimiento total (kg/m²)

² Número de frutos totales por planta

³ Peso medio de los frutos (g)

⁴ Porcentaje de los frutos mayores a 6 cm de diámetro transversal sobre el total de frutos.

El efecto del ciclo para el promedio de los tratamientos (híbridos evaluados) puede verse en el cuadro 8. Todas las variables presentaron valores significativamente más altos ($p \leq 0,05$) para el ciclo de otoño. El rendimiento total del ciclo de otoño es aproximadamente el doble que en el ciclo de primavera, producto de un mayor número de frutos cosechados por planta y un mayor tamaño promedio de cada fruto.

Cuadro 8. Características de producción según ciclo.

Ciclo	RT (Kg/m ²) ^{1*}	Fr/pl (n°) ^{2*}	PFr(gr) ^{3*}	Fr>6cm(%) ^{4*}
Otoño	12,6 a	26 a	245 a	80 a
Primavera	6,6 b	19 b	177 b	60 b

¹ rendimiento total. ² Frutas totales por planta. ³ Peso medio de las frutas.

⁴ Frutas mayores a 6cm de diámetro transversal.

(*) Variable con diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Distinta letra después de la media significa distinto nivel de significancia.

Al no existir interacción, el efecto de los tratamientos podría analizarse desde el promedio de ambos ensayos (cuadro 9). De todas formas, decidimos mostrar y analizar también los resultados de cada ensayo independientemente (cuadro 10 para ensayo de otoño y cuadro 11 para ensayo de primavera), a fin de poder describir en el análisis posterior algunos comportamientos particulares.

Cuadro 9. Promedio de las características de producción entre otoño y primavera para cada tratamiento.

Tratamiento	RT ¹ (Kg/m ²)	Fr/PI (n°) ² **	PFr (g) ^{3*}	Fr > 6 cm(%) ⁴ **
INIA Frontera	9,5	22,7 ab	207 b	65
HT117	8,8	20,7 ab	207 b	62
HT347	10,6	25,2 a	210 b	66
HT501	9,4	22,8 ab	203 b	58
HT545		22,5 ab	220 ab	70
HT551	9,5	19,5 b	236 a	72
HT560	9,7	21,8 ab	213 ab	65
ELPIDA	9,1	22,5 ab	196 b	62
MDS	---	4,83	25,4	---

¹ Rendimiento total. ² Número de frutos totales por planta. ³ Peso medio de los frutos.

⁴ Frutos mayores a 6 cm de diámetro transversal

MDS: mínima diferencia significativa. (*) Variable con diferencias significativas ($p \leq 0,05$), (**) Variable con diferencias significativas ($p \leq 0,1$). Distintas letras luego de cada media significan distinto nivel de significancia.

Cuadro 10. Características de producción según variedad en el ciclo de otoño.

Tratamiento	RT (kg/m ²) ¹	Fr/pl (n°)** ²	PFr(g) ^{*3}	Fr>6 cm(%)** ⁴
INIA Frontera	11,9	24 ab	244 bc	81 ab
HT117	11,6	24 ab	243 bc	82 ab
HT347	13,0	28 a	232 bc	77 ab
HT501	12,5	27 ab	233 bc	76 ab
HT545	12,8	25 ab	256 ab	84 ab
HT551	12,6	23 b	277 a	87 a
HT560	13,6	26 ab	258 ab	82 ab
ELPIDA	12,4	28 a	219 c	71 b
MDS	-	5	32	15

¹ Rendimiento total. ² Número de frutos totales por planta. ³ Peso medio de los frutos.

⁴ Frutos mayores a 6 cm de diámetro transversal.

MDS: mínima diferencia significativa. (*) Variable con diferencias significativas ($p \leq 0,05$); (**) Variable con diferencias significativas ($p \leq 0,1$). Distintas letras luego de cada media significan distinto nivel de significancia.

Cuadro 11. Características de producción según variedad en el ciclo de primavera.

Tratamiento	RT (kg/m ²) ¹	Fr/Pl (n°)** ²	PFr (g) ³	Fr>6 cm(%) ⁴
INIA Frontera	7,1	21 ab	170	48
HT117	5,9	17 bc	170	42
HT347	8,3	22 a	187	55
HT501	6,4	19 abc	172	40
HT545	7,2	20 abc	183	55
HT551	6,3	16 c	195	57
HT560	5,7	17 bc	168	48
ELPIDA	5,8	17 bc	173	53
MDS	-	5	-	-

¹ Rendimiento total. ² Número de frutos totales por planta. ³ Peso medio de los frutos.

⁴ Frutos mayores a 6 cm de diámetro transversal.

MDS: mínima diferencia significativa. (*) Variable con diferencias significativas ($p \leq 0,05$); (**) Variable con diferencias significativas ($p \leq 0,1$). Distintas letras luego de cada media significan distinto nivel de significancia.

En cuanto al rendimiento total, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, es decir, los materiales experimentales tuvieron un rendimiento total similar a los materiales comerciales de referencia. Sin embargo, existieron diferencias para las variables relacionadas al tamaño de fruta y al número de fruta por planta.

Las tendencias en cuanto al tamaño de fruta promedio para ambos ciclos pueden observarse en el Cuadro 9. En particular, en el ciclo de otoño (Cuadro 10) fue dónde se expresaron mejor las diferencias. Los híbridos experimentales HT545, HT551 y HT560 se destacan por un tamaño de fruta promedio mayor que el cultivar Elpida, que no se diferenció del resto de materiales evaluados. El mayor tamaño promedio de estos materiales se traduce también en una mayor proporción de frutas mayores a 6 cm de diámetro, lo que está relacionado a categorías con mayor rendimiento comercial, destacándose en esta variable el híbrido HT551 con 87%, significativamente mayor que el obtenido por Elpida con 71%.

Si bien en particular dentro del ciclo de primavera no pudieron observarse diferencias significativas entre las variedades en cuanto al tamaño de fruta, la tendencia a tamaños mayores de HT551 se mantuvo. Este material a su vez tuvo en ambos ensayos bajo número de frutas por planta comparado por ejemplo con INIA Frontera o HT347, el primero reconocido por una alta proporción de frutas por racimo. Esta característica de bajo número de frutas por planta es similar a la de HT117. El cultivar Elpida y los híbridos experimentales HT501, HT545 y HT560 mostraron un número de fruta por planta relativamente más alto en otoño que en primavera.

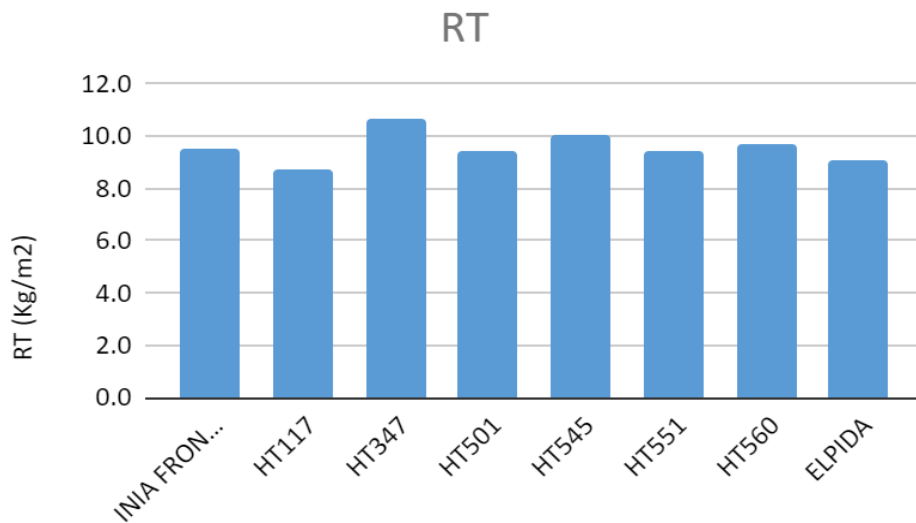


Figura 7. Rendimientos totales (kg/ha) por variedad promedio de ambos ciclos

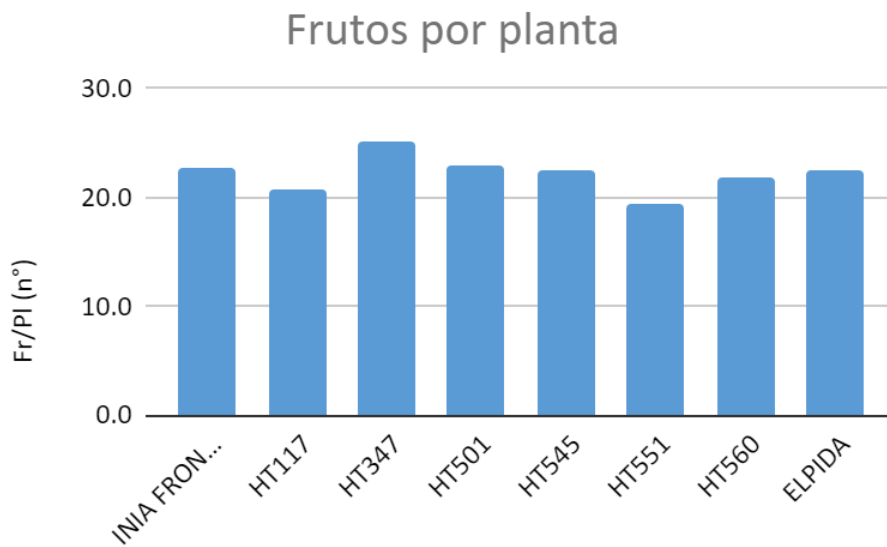


Figura 8. Frutos por planta (n°) por variedad promedio de ambos ciclos.

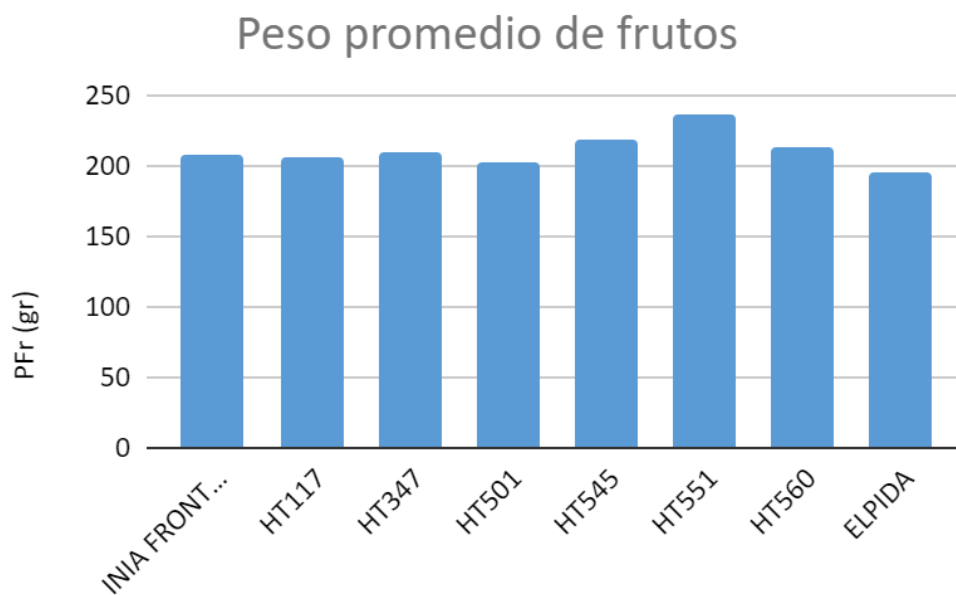


Figura 9. Peso promedio de frutos (g) por variedad promedio de ambos ciclos.

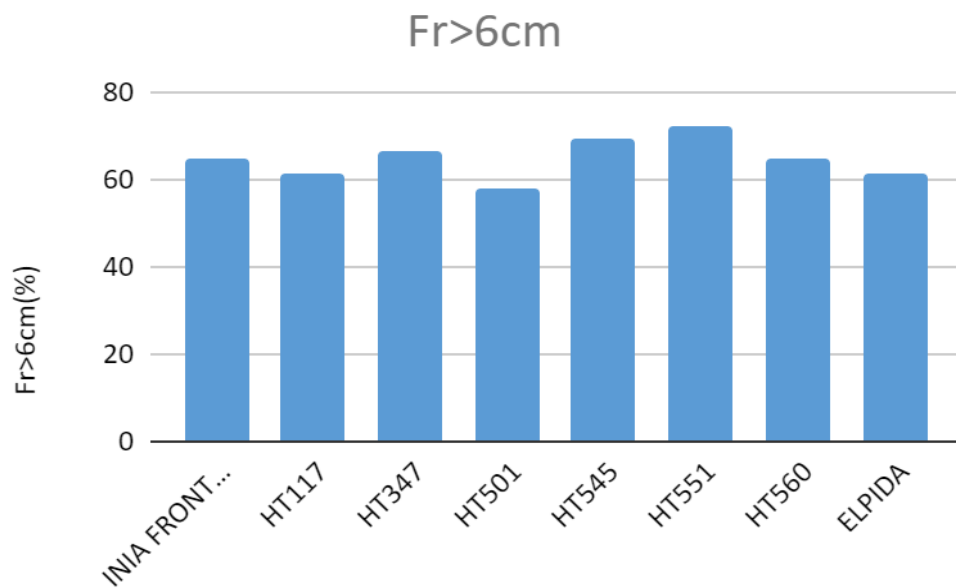


Figura 10. Frutos mayores a 6 centímetros de diámetro (%) por variedad promedio de ambos ciclos.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

Para el ensayo de otoño las características de calidad físico-químicas de los frutos para cada variedad pueden observarse en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Características de calidad de los frutos según variedad.

Tratamiento	IC _{ext} ^{1*}	IC _{int} ^{2**}	SST(%) ^{3*}	Ac ^{4*}	SST/Ac ^{5*}	Def(mm) ⁶
INIA Frontera	17,2 b	25,2 a	3,97 abc	0,20 c	16,5 a	1,63
HT117	19,0 ab	16,8 b	4,07 ab	0,30 a	12,3 b	1,93
HT347	17,4 b	22,5 ab	3,80 abcd	0,30 a	12,7 b	1,60
HT501	18,5 ab	24,7 ab	3,83 abcd	0,30 a	11,8 b	1,63
HT545	17,9 b	22,4 ab	3,73 abcd	0,30 a	11,5 b	1,57
HT551	19,5 ab	20,9 ab	3,40 cd	0,30 a	11,5 b	1,90
HT560	18,0 ab	22,1 ab	3,33 d	0,27 ab	11,3 b	1,83
ELPIDA	22,0 a	23,2 ab	4,23 a	0,30 a	13,7 b	1,80
MDS	4,1	8,1	0,61	0,06	2,75	-

¹ Índice de color externo; ² Índice de color Interno; ³ Sólidos solubles totales; ⁴ Acidez;

⁵ Sólidos solubles totales/acidez; ⁶ Firmeza (Deformación en mm).

MDS: mínima diferencia significativa (p = 0,05). *Variable con diferencias significativas (p<=0,05); **Variable con diferencias significativas (p<=0,1); medias seguidas por distintas letras significan distinto nivel de significancia.

En cuanto al color externo, la evaluación pudo diferenciar claramente a los cultivares comerciales de referencia, con el cultivar INIA Frontera de un color rojo poco intenso (IC ext = 17,2), y el cultivar Elpida de un color rojo intenso (IC ext = 22,0). Todos los materiales experimentales se situaron en una posición intermedia.

En cuanto al color interno, se destaca INIA Frontera (IC int= 25,2), con un color rojo homogéneo e intenso, y por otro lado HT117 (IC int= 19,0), con coloración roja menos homogénea e intensa. Para esta característica, los materiales experimentales y el cultivar Elpida se posicionaron en una situación intermedia.

En sólidos solubles se destaca el cultivar Elpida por sobre los híbridos experimentales HT560 y HT551. Estos materiales, junto con HT545, presentan a su vez una baja relación SST/Ac, significativamente menor que la observada en el cultivar INIA Frontera, que presentó el máximo valor producto de una menor acidez.

En cuanto a la firmeza, si bien no hubo diferencias significativas, la tendencia muestra al cultivar INIA Frontera (Def= 1,63 mm), HT347 (Def=1,6 mm) y HT545 (Def=1,57 mm) entre los materiales con mayor firmeza de los frutos. En el otro extremo, se encuentran los híbridos experimentales HT117 (Def=1,93 mm) y HT551 (Def=1,9 mm). El cultivar INIA Frontera mantuvo una buena firmeza luego de siete días de conservación (Cuadro 13), condición que no pudieron mantener los híbridos experimentales HT501, que tuvo una mayor tasa de pérdida de firmeza, y HT551 que como se mencionó, partía de un valor de firmeza inicial más bajo.

Cuadro 13. Evolución de firmeza por variedad. A partir de la evolución de la deformación a los 7 días después de la primera medición a 25°C de temperatura.

Tratamiento	Def. 7 días 1	Perd. Firm. 2
INIA FRONTERA	2,92	1,29
HT117	3,30	1,37
HT347	2,85	1,25
HT501	3,53	1,90
HT545	2,85	1,28
HT551	3,41	1,51
HT560	3,25	1,42
ELPIDA	3,25	1,45

1 Deformación pasado los 7 días de cosecha

2 Pérdida de firmeza. Relación entre firmeza inicial y firmeza a los 7 días de cosecha

4.4 CARACTERÍSTICAS DE SANIDAD

Los resultados de las evaluaciones de sanidad foliar realizadas se encuentran en los cuadros 14, 15 y 16 para *ceniza*, *cladosporiosis* y *mancha gris*, respectivamente. El cultivar INIA Frontera confirmó su sensibilidad en las evaluaciones realizadas para las tres enfermedades foliares, mientras que el híbrido experimental HT117, utilizado como referencia resistente a las tres enfermedades, confirmó esta condición con resistencia estable a *Oidium neolycopersici*, *Passalora fulva* y un bajo nivel de severidad en sanidad foliar (2,2), relacionado con la resistencia a *Stemphylium sp.* Esto genera una ventaja importante desde el punto de vista productivo (inocuidad, capacidad fotosintética, costo, compatibilidad con control biológico). Por otro lado, el cultivar Elpida

confirmó resistencia a ceniza, sensibilidad a cladosporiosis y un alto valor de severidad en (4,3) la susceptibilidad a *Stemphylium sp.*

Para los materiales experimentales evaluados se confirmaron las observaciones previas realizadas en las etapas de selección. Todos presentaron un bajo índice de severidad a *Stemphylium sp.* (entre 2,0 y 3,3). Para ceniza, todos los materiales experimentales presentaron resistencia, con la particularidad que para los híbridos experimentales HT545, HT551 y HT560 se observaron algunas plantas sensibles, es decir, segregando para la característica resistencia (Cuadro 14).

Cuadro 14. Evaluación de resistencia a ceniza (*Oidium lycopersici*) por variedad

Tratamiento	Plantas evaluadas	Plantas R ¹	Plantas S ²	Condición
INIA Frontera	22	0	22	Sensible
HT117	29	29	0	Resistente
HT347	22	22	0	Resistente
HT501	27	27	0	Resistente
HT545	29	21	8	Segregando
HT551	25	18	7	Segregando
HT560	30	20	10	Segregando
ELPIDA	30	30	0	Resistente

1 Plantas resistentes

2 Plantas sensibles

Para el caso de *cladosporiosis*, HT347 presentó sensibilidad, mientras que HT545, HT551 y HT560 fueron resistentes. En este caso, el híbrido experimental HT501 presentó plantas resistentes y sensibles, es decir segregando para la característica resistencia (Cuadro 15).

Cuadro 15. Evaluación de resistencia a cladosporiosis por variedad

Tratamiento	Plantas evaluadas	Plantas R ¹	Plantas S ²	Condición
INIA Frontera	28	0	28	Sensible
HT117	29	29	0	Resistente
HT347	30	0	30	Sensible
HT501	27	22	5	Segregando
HT545	27	27	0	Resistente
HT551	27	27	0	Resistente
HT560	27	27	0	Resistente
ELPIDA	29	0	29	Sensible

¹ Plantas resistentes;

² Plantas sensibles

Cuadro 16. Evaluación resistencia a *mancha gris* causada por *Stemphyllium* sp. para cada variedad.

Tratamiento	Severidad ¹	Condición
INIA Frontera	4,5	Sensible
HT117	2,2	Resistente
HT347	3,3	Intermedio
HT501	2,0	Resistente
HT545	2,5	Resistente
HT551	2,2	Resistente
HT560	2,2	Resistente
ELPIDA	4,3	Sensible

1: escala de 1 a 5 en la severidad de *Stemphyllium* sp., siendo 1 una planta sana sin síntomas de manchas foliares y 5 una planta con más del 50% de su superficie foliar afectada por manchas foliares.

5. DISCUSIÓN

La resistencia genética es una herramienta clave dentro del manejo de enfermedades foliares en el cultivo de tomate. En este trabajo, a través del mejoramiento genético, se consiguió incorporar en un híbrido experimental denominado HT117 tres fuentes de resistencia vertical para los patógenos *Oidium neolycopersici*, *Passalora fulva* y *Stemphylium sp.* (González Arcos et al., 2018b). Sin embargo, en diferentes ensayos comparativos de evaluación a nivel del proceso de mejoramiento, se detectaron algunas limitantes productivas y de calidad de fruta asociadas a este material. En concreto, se marcan como características productivas a superar el tamaño promedio de fruta y el cuajado de frutas en situaciones adversas (bajas y altas temperaturas). En cuanto a la calidad de fruta, HT117 está limitado por su baja firmeza y deficiente color interno.

Este trabajo, basado en dos ensayos independientes sobre ciclos de otoño y primavera, tuvo el objetivo de analizar el comportamiento de nuevos híbridos experimentales portadores de resistencias genéticas a nivel foliar, procurando superar las limitantes observadas en HT117.

Sobre el ensayo general, se eligió un predio de producción orgánica con antecedentes de incidencia de enfermedades foliares. Los rendimientos promedio totales generales fueron buenos para el ciclo de otoño y pobres para el ciclo de primavera (cuadro 8). Existen varios factores que pueden explicar este resultado. En primer lugar, el ciclo de otoño fue más largo, con un racimo más cosechado. Además, los manejos específicos de cada ciclo pueden tener diferencias que no fueron medidas por este trabajo, como ser el riego, la fertilización y el manejo sanitario. Del mismo modo, es probable que existan diferencias en la presión de patógenos. Sin embargo, existen claras diferencias en términos ambientales que condicionan estos ciclos característicos de la producción de Salto. Concentrándonos solo en este aspecto, los cuadros 17 y 18 muestran la duración de las distintas etapas de cultivo (días) para ambos ciclos, así como la radiación promedio ($\text{cal/m}^2/\text{día}$) y la temperatura promedio ($^{\circ}\text{C}$) de cada etapa para los ciclos de otoño y primavera respectivamente.

Se puede apreciar que para el ciclo de otoño tanto la temperatura y la radiación promedio se encontraron en sus máximos al inicio (etapa de trasplante-primera floración), lo que seguramente llevó a un muy buen crecimiento vegetativo en esta etapa. La temperatura promedio en esta etapa fue de $24,4^{\circ}\text{C}$ (cuadro 17), muy cercana al óptimo de crecimiento de tomate de 26°C (OECD, 2017), mientras que la radiación fue de $530,4 \text{ cal/m}^2/\text{día}$ (cuadro 17), por encima

del óptimo. Luego, en la etapa de floración del primer racimo a la primera cosecha, se notó una baja considerable de ambos factores, pero manteniéndose muy cerca del óptimo tanto la temperatura como la radiación, 20,37°C y 324,5 cal/m²/día respectivamente.

En las últimas dos etapas para este ciclo (primera cosecha a capado y Capado a última cosecha), la temperatura y la radiación bajaron por debajo del óptimo del cultivo. Sin embargo, en estas etapas, el desarrollo vegetativo de la planta y el número de frutos por racimo ya estaba establecido y determinado por las condiciones anteriores, afectando probablemente solo al desarrollo y la calidad de los últimos frutos cosechados. En gran medida el rendimiento se encontraba establecido. Para este ciclo de otoño, además, la temperatura del suelo en febrero fue mayor que en julio, por esa razón la liberación de nutrientes del suelo desde zonas de baja disponibilidad para la planta a zonas de alta disponibilidad es mayor.

A este efecto en la disponibilidad de nutrientes durante el inicio del ciclo productivo podemos agregarle el efecto de la solarización realizada previo al trasplante, tanto en la disminución de la presión de patógenos de suelo y foliares (hongos, nemátodos, bacterias), como en la liberación de nutrientes desde la materia orgánica. Esta situación es común para ciclos de otoño en Salto, donde muchas veces los excesos de vigor inicial y el desbalance de nutrientes asociado perjudican la diferenciación de los primeros racimos o comprometen el estado sanitario de las plantas, siendo un elemento a considerar entre las medidas de manejo para este ciclo.

En el caso del ciclo de primavera partimos de condiciones muy distintas. Por ejemplo, relacionado a lo anterior, el ciclo de primavera se trasplantó en julio, en un suelo con baja temperatura y a continuación de un ciclo de tomate de otoño. Entonces, se encuentra en un suelo con menor disponibilidad de nutrientes que en el ciclo verano-otoño, y probablemente con una mayor presión de patógenos de suelo y foliares acumulados que pueden incidir tanto en etapas iniciales o más avanzadas. En el periodo desde trasplante a primera floración, tanto la temperatura como la radiación promedio estaban muy por debajo del óptimo (13,37°C y 232 cal/m²/día). Esto genera un crecimiento vegetativo reducido, con pocas reservas y capacidad para diferenciar, cuajar y crecer los futuros primeros frutos de la planta.

En la siguiente etapa desde floración a primera cosecha las condiciones mejoran enormemente tanto para la radiación (450 cal/m²/día) como para la temperatura (19°C). Pero en este momento, además de tener flores la planta

comienza a producir frutos, con una capacidad de fuente limitada por el escaso desarrollo vegetativo. Esto lleva a que, a pesar de las buenas condiciones ambientales de esta y la siguiente etapa, la planta no puede aprovecharlas en beneficio de una mayor producción. El aumento de la temperatura lleva a una mayor tasa de desarrollo, por ende, el periodo de crecimiento de los frutos es menor. Entonces, aunque aumente la tasa de crecimiento, el fruto crece por menos días lo que puede ser una razón para limitar también el tamaño de los frutos. Nuevamente, esta situación es común en este tipo de ciclo de primavera para la zona de Salto, y puede agravarse con trasplantes más tempranos (mayo/junio), que enfrentarían a las plantas a condiciones aún más extremas al inicio del ciclo o a condiciones generales ambientales más desfavorable por más tiempo. Por este motivo, a nivel productivo se buscan para este ciclo en particular materiales con mayor tamaño promedio de frutos.

Por tanto, de lo anterior podemos interpretar que las condiciones ambientales del ciclo productivo de otoño evaluado en este trabajo tienden a favorecer las etapas de desarrollo vegetativo, cuajado, y crecimiento de frutos respecto a las de ciclo de primavera, potenciando entonces la producción y el tamaño de fruta. Esto puede explicar parte de las grandes diferencias productivas observadas para ambos ciclos en el cuadro 8. No obstante, como se explicó al inicio, existen otros factores asociados al manejo y que no fueron medidos en este trabajo, que podrían estar también afectando el resultado productivo. Estos factores, junto con otros, deberían ser usados en estrategias de manejo de cultivo que permitan explotar las ventajas y reducir las limitantes ambientales características de ambos ciclos productivos.

Cuadro 17. Duración, Radiación promedio y temperatura promedio de cada etapa para el ciclo de otoño.

Periodo	Duración del periodo (días)	Radiación promedio (cal/cm2/día)	Temperatura promedio (°C)
Trasplante-floración del primer racimo	28	530,4	24,4
Floración primer racimo cosechado-primera cosecha	51	324,5	20,4
Primera cosecha-capado	35	287	13,4
Capado-última cosecha	51	162,3	16,8

Cuadro 18. Duración, Radiación promedio y temperatura promedio de cada etapa para el ciclo de primavera.

Periodo	Duración del periodo (días)	Radiación promedio (cal/cm2/día)	Temperatura promedio (°C)
Trasplante-floración del primer a racimo cosechado	36	232	13,4
Floración primer racimo cosechado-primer cosecha	61	450	19,0
Primer cosecha-capado	2	660	20,0
Capado-última cosecha	40	416	23,2

Analizando el comportamiento de los diferentes materiales genéticos, si bien no presentaron diferencias en cuanto al rendimiento total si lo hicieron en

número de frutos por planta, tamaño promedio y porcentaje de frutos mayor a 6 cm de diámetro (cuadros 9, 10 y 11). Las variables relacionadas al tamaño del fruto marcan diferencias desde el punto de vista comercial, con incidencia en el valor y en la proporción de producto comercializable.

El tamaño promedio es una limitante identificada del híbrido experimental HT117. Los materiales HT551, HT545 y HT560 tienden a mejorar el tamaño promedio y el porcentaje de frutos de mayor tamaño, inclusive considerando a INIA Frontera y Elpida, referencias comerciales conocidas en este aspecto. Además, en el caso de HT545, también presenta buen número de frutos por planta en ambos ciclos, lo que puede estar relacionado a mejores condiciones para el cuajado de fruta. Lo contrario sucede con HT551, quien presentó para ambos ciclos bajo número de frutas por planta. Esto podría limitar al material en condiciones extremas, por ejemplo, con trasplantes más tempranos para ambos ciclos (más calor en otoño, más frío en primavera). Este problema es identificado como limitante en el híbrido experimental HT117 y puede observarse en el bajo número de frutos por planta asociado al ciclo de primavera (17), ya analizado como ambientalmente desfavorable para esta característica. Otro dato interesante es que entre ciclos algunos materiales se comportaron distinto respecto al número de frutos lo que demuestra las variabilidades de muchos materiales para esta característica, un ejemplo son los materiales HT 560 y HT 117 que en otoño presentaron un número de frutos elevado respecto a primavera, estos datos demuestran la importancia de elegir la variedad según el sistema de producción.

En particular, los tres materiales experimentales destacados por el tamaño promedio de frutos (HT545, HT551 y HT560) provienen de una misma línea parental y presentan un vigor de planta bajo a moderado, inclusive menor que INIA Frontera. Esta característica puede generar ciertas restricciones en ciclos más largos o ante ambientes restrictivos en cuanto a suelo, disponibilidad de agua y nutrientes, afectando el cuajado y el tamaño de frutos. Esto podría limitar su adopción en algunos sistemas productivos.

El híbrido experimental HT347 se destaca en ambos ciclos por presentar un buen rendimiento total, basado en un alto número de frutos por planta. Sin embargo, su tamaño promedio no fue destacado respecto a HT117 e INIA Frontera.

En cuanto a la evaluación de calidad físico-química, INIA Frontera confirma sus características que le atribuyen una muy buena calidad comercial: color rojo externo uniforme y poco intenso, color rojo interno intenso y

homogéneo, baja acidez, alto ratio, alta firmeza y muy buena conservación (González Arcos et al., 2019). Por otro lado, HT117 confirma su baja firmeza y escaso color interno. De los materiales experimentales evaluados, HT501 y HT347 fueron los de mejor nivel general en cuanto a calidad, tomando en cuenta el color y la firmeza. Sin embargo, HT501 presentó una pérdida de firmeza mayor que el resto de los materiales (cuadro 13). Esto puede ser una limitante a la hora de la comercialización. HT551, que se había destacado en tamaño, presentó niveles de firmeza similares a HT117.

En sanidad foliar, la referencia HT117 confirmó su muy buen desempeño para este tipo de patógenos. Las diferencias con materiales sensibles como INIA Frontera son considerables. Esto genera una ventaja importante desde el punto de vista productivo. La reducción del uso de productos químicos para el control de estos agentes causales genera una mayor inocuidad del producto, esto va de la mano con la seguridad alimentaria el cual es un factor cada vez más importante para la comercialización de productos. También se logra una reducción de los costos de producción. Además, la capacidad fotosintética se ve aumentada por la reducción o eliminación de síntomas de estos agentes causales lo que lleva a mayor producción de fotoasimilados. La reducción del uso de control químico lleva a que sea más viable el uso de control biológico para otros problemas fitosanitarios, ya que se reduce la utilización de principios activos que puedan afectar a los hongos, bacterias o insectos utilizados para el control biológico.

Todos los híbridos experimentales presentaron un menor índice de severidad foliar que los cultivares de referencia INIA Frontera y Elpida (cuadro 16). Este índice fue creado para medir, en forma indirecta, el comportamiento ante *Stemphium* sp., y fue útil para diferenciar al híbrido experimental HT117 de los cultivares comerciales, y también, al resto de híbridos experimentales evaluados con presencia del gen *Sm*. Entre estos últimos materiales, HT347 fue el que presentó mayor valor (3,3) y fue catalogado como intermedio. La resistencia de estos materiales deriva del gen *Sm*. Es un gen dominante, y los genotipos que lo poseen pueden presentar alguna mancha en condiciones de alta presión de la enfermedad, dependiendo del genotipo. Además, pese a que se confirmó la identificación del hongo en laboratorio a partir de las manchas foliares, se asume que otros patógenos de síntomas similares (*Alternaria* por ejemplo) podrían estar incidiendo en el mismo momento y afectando la evaluación. Por eso no se optó por una evaluación de la incidencia o presencia ausencia, como en el caso de *Oidium neolycopersici* y *Passalora fulva*.

En cuanto a *Oidium neolycopersici* y *Passalora fulva* (agentes causales de ceniza y cladosporiosis), todos los híbridos experimentales confirman la

presencia de genes mayores de resistencia. En caso de Oídio, algún gen *O1* (Bai et al., 2005). En caso de *Passalora fulva*, algún gen *Cf*. Un caso particular es que se pudo observar segregación en algunos híbridos, lo que implica que la línea donante de la resistencia no está homocigota para ese gen, y por tanto el híbrido está segregando.

Se confirma que los tres patógenos se dan en un mismo ambiente bajo las condiciones de producción de Uruguay, siendo condiciones predisponentes para oídio temperaturas en torno a 25 °C y humedad relativa entre 50% y 75%, para *Stemphylium sp.* se requieren temperaturas entre 24 y 28 grados Celsius y periodos prolongados de hoja mojada, para el caso de *Passalora fulva* se necesitan temperaturas de entre 5 a 25 °C y humedad relativa de 70%. Por tanto, es valioso un material que reúna estas resistencias en conjunto. Si bien las diferencias en términos de producción pueden no ser considerables en ciclos cortos cuando se realiza algún tratamiento sanitario (en este caso, cobre, azufre, bicarbonato), podrían ser muy importantes en términos de inocuidad y compatibilidad con sistemas de control biológico de plagas.

Un factor observado en estos ensayos es que, a partir de la baja aplicación de productos fungicidas de estos sistemas productivos, existe una mayor presión de patógenos fúngicos en general. A nivel de poscosecha se observó una incidencia marcada de pudriciones por antracnosis, que limitó la vida poscosecha de los materiales. En este sentido, se destacó el híbrido HT501 por presentar a los 7 días de cosecha, una muy baja incidencia de este patógeno. Esta observación podría ser útil para futuros esfuerzos de mejoramiento genético.

6. CONCLUSIONES

Los buenos rendimientos y calidad comercial generales obtenidos en otoño para un ciclo corto prueban el potencial de este cultivo bajo el sistema de producción orgánico. Por otro lado, los bajos rendimientos del ciclo de primavera evidencian la alta variabilidad de las características productivas según el ambiente y pueden alertarnos sobre algunas limitantes que deberían ser tenidas en cuenta para proponer alternativas genéticas o de manejo de cultivo.

Los híbridos experimentales evaluados superan en varias características puntuales a HT117. Sin embargo, ninguno completa características de calidad acorde con las exigencias.

Probablemente uno de los materiales más completos es HT501 (vigor de planta, producción, calidad, conservación). Sus limitantes a manejar serían la pérdida de firmeza, y el reducido tamaño de fruta por lo que se debería cosechar en estado rojo pintón, además de tratar de lograr mayor tamaño de frutas, ya sea seleccionado el ciclo, la nutrición o por manejos culturales como el capado o raleo de frutos.

Los materiales que produjeron mayor tamaño promedio de frutos (HT545, HT551, HT560) vienen de una misma línea parental que aporta bajo vigor de planta. Eso puede ser una limitante adaptativa para algunos sistemas productivos. Además de presentar limitantes en cuanto a la calidad comercial. Cabe destacar que igualmente estos materiales superan o igualan a HT117 en varias características de calidad comercial.

El material HT347 presentó un número muy elevado de frutos por planta, pero el tamaño de frutos pequeño y la falta de resistencia a *Passalora fulva* son limitantes a superar. Además, presentó mayores valores de índice de severidad foliar respecto a los otros materiales con resistencia a *Stemphylium sp.* Posiblemente por la ausencia del gen *Sm* por lo que existirían otros mecanismos de tolerancia o bien por una mayor sensibilidad a otro patógeno relacionado a manchas foliares necróticas. Si bien este material no destacó en términos de calidad principalmente por su alta acidez y bajo ratio, se debe destacar los altos niveles de firmeza postcosecha y la poca pérdida de firmeza 7 días postcosecha las cuales son características muy importantes para la comercialización de los frutos cosechados.

Se confirma que la incidencia de los tres patógenos foliares considerados en este trabajo se da en Uruguay bajo un mismo ambiente o ciclo ya que todos los patógenos se desarrollan a altas humedades relativas, en torno al 80% y temperaturas de 25°C. Se dispone de materiales con muy buenos niveles de resistencia a los tres patógenos foliares, lo que genera un diferencial en sanidad foliar muy interesante respecto a los materiales comerciales de referencia. Sin duda la presencia de resistencia a estos tres patógenos lleva a ventajas en cuanto a la inocuidad del producto cosechado además del cuidado del ambiente, así como de la salud de los trabajadores. La eliminación de los síntomas de estos hongos mejora los rendimientos no solo por la eliminación de un factor de estrés, sino que la eliminación de síntomas permite un aumento de la fotosíntesis. Además, permite la posibilidad de aumentar la eficiencia de los controles biológicos y reduce los costos de producción.

La selección fenotípica es efectiva, aunque puede traer algún retraso en la estabilización del material. En este sentido, la aplicación de la SAM podría ser un aporte interesante para asistir el proceso de selección de líneas parentales y hacerlo más eficiente, logrando detectar en forma rápida los homocigotas resistentes que evitarían segregaciones en híbridos experimentales.

La resistencia funciona y es muy efectiva, dando una protección muy fuerte para los daños de estos patógenos. De todas formas, se aprecian algunas manchas de otros patógenos foliares como es el caso de *Leveillula taurica* y también algunas manchas necróticas (similares a *Stemphium* sp.) en materiales con presencia del gen *Sm*, lo que debería ser parte de otros estudios más específicos. También se deben lograr materiales con mayor vigor para que haya mejor respuesta en diferentes condiciones, para que los materiales puedan ser utilizados en distintos ambientes, suelos, y ciclos, incluso pudiendo usarse en ciclos más largos. Las variedades con poco vigor son más exigentes en el manejo y tienden a adaptarse a una determinada condición ambiental por lo que si no logramos dichas condiciones el rendimiento se verá muy reducido. Las variedades con alto vigor en cambio se adaptan a una mayor diversidad de condiciones ambientales logrando un mejor desarrollo y por ende mejores rendimientos.

Por otro lado, para mejorar el precio logrado los futuros materiales deben tener mayor tamaño de fruto, logrando así calibres comerciales. Esta característica es muy importante ya que frutos de tamaño medio y grande son los que mejor valor tienen en el mercado. Tampoco debemos descuidar la uniformidad ya que, si los frutos son muy desuniformes en su tamaño, un alto porcentaje no serán de calibre comercial lo que reduce su valor.

7. RESUMEN

El tomate es la segunda hortaliza más importante en términos de producción tanto a nivel mundial como en Uruguay. Existen varios patógenos que afectan los cultivos de tomate entre ellos los hongos foliares. Para reducir esta problemática en muchos sistemas se utiliza el control químico con productos fitosanitarios de síntesis, con efectos negativos tanto para el ambiente como para los operarios que manipulan estas sustancias, así como problemas de inocuidad de productos. Por esta razón la utilización de cultivares con resistencia genética es una herramienta de interés que permite reducir estos impactos, además de facilitar el manejo del cultivo, reducir los costos de producción y permite implementar estrategias de control biológico. Hoy en día pocos cultivares poseen resistencia para los tres principales hongos foliares que afectan la producción en Uruguay (*Stemphylium sp.*, *Oidium neolycopersici* y *Passalora fulva*), uno de ellos es HT117 pero este material posee limitantes productivas y de calidad. El presente trabajo consiste en evaluar desde el punto de vista productivo, sanitario y de calidad de fruta distintos híbridos experimentales con resistencia a hongos foliares (HT347, HT501, HT545, HT551, HT560), analizando su comportamiento respecto a HT117 y cultivares comerciales de referencia (ELPIDA e INIA FRONTERA). Para este ensayo se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de 10 plantas individuales. Evaluándose características de planta, productivas, de calidad y de sanidad. Respecto a las características de planta se vieron diferencias en el vigor con híbridos con alto vigor incluso mayor que ELPIDA (variedad comercial caracterizada por su alto vigor) como es el caso de HT501, y otros híbridos con bajo vigor como HT560 y HT545. El rendimiento por otro lado no varió entre materiales, pero si hubieron diferencias en el número de frutos así como el tamaño. Algunos híbridos se caracterizaron por su alto número y bajo tamaño como HT347 y HT501, mientras que otros por su bajo número y mayor tamaño como HT560, HT551 y HT545. De este último grupo se debe mejorar la uniformidad. En cuanto a calidad existe mucha variación entre híbridos experimentales, destacándose por color HT501 y por firmeza HT347 y HT545. En sanidad todos los materiales respondieron acorde a sus resistencias. Hubo segregación para ceniza por parte de HT545, HT551 y HT560, mientras que HT501 se encontraba segregando para cladosporiosis. Todos los materiales tienen características positivas buscadas a nivel comercial, pero ninguno combina las características de planta, productivas, de calidad y sanidad necesarias para ser una variedad comercial competitiva. Por ejemplo, HT501 es un material muy completo, pero tiene limitantes en cuanto a tamaño de fruta y

firmeza. HT545, HT551 y HT560 si bien tienen muy buen tamaño, presentan limitantes en cuanto a calidad comercial y bajo vigor. Por otro lado, HT347 si bien tiene muy buena firmeza, no posee resistencia a *Passalora fulva* y posee resistencia media a *Stemphylium sp.* Además, tiene un bajo tamaño de fruta. Se confirma que los tres patógenos se desarrollan bajo el mismo ambiente por lo que reunir las resistencias resulta muy positivo a nivel productivo. Se debe seguir investigando en nuevos materiales para lograr un híbrido con las resistencias y que sea competitivo a nivel comercial.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*; *Passalora fulva*; *Oidium neolycopersici*; *Stemphylium sp.*; Resistencia genética; Componentes de rendimiento; Componentes de calidad; Sanidad de planta.

8. SUMMARY

Tomato is the second most important vegetable in terms of production both worldwide and in Uruguay. There are several pathogens damaging tomato crops, including foliar fungi. To reduce this problem in many systems, chemical control is used with synthetic phytosanitary products, with negative effects both for the environment and for the operators who handle these substances, as well as product safety problems. For this reason, the use of tomato cultivars with genetic resistance is an interesting tool that allows to reduce these impacts, in addition to facilitate crop management, reducing production costs and allowing the implementation of biological control strategies. Today, few cultivars have resistance to the three main foliar fungi of tomato crop in Uruguay (*Stephylium sp.*, *Oidium neolycopersici* and *Passalora fulva*). One of them is the experimental hybrid of INIA, HT117. This material has productive and quality limitations. The present work consists of evaluate from the productive, sanitary and fruit quality point of view, different experimental hybrids with resistance to foliar fungi (HT347, HT501, HT545, HT551, HT560), analyzing their behavior respect HT117 and two commercial cultivars as reference: ELPIDA and INIA FRONTERA. For this, a randomized block experimental design with three replications was carried out. The experimental plots were ten individual plants. Variables related to plant characteristics, production, fruit quality and disease resistance, were evaluated. Regarding plant characteristics, differences in plant vigor were observed, with hybrids with high vigor, even greater than ELPIDA (a commercial variety characterized by its high vigor), as is the case of HT501. On the other hand, same other hybrids showed low vigor, such as HT560 and HT545. The yield did not vary between materials, but there were differences in fruits number as well as in fruit size. Some hybrids were characterized by their high number and low size, such as HT347 and HT501, while others by their low number and larger size, such as HT560, HT551 and HT545. For this last group, tsize fruit uniformity must be improved. In terms of fruit quality, there is a lot of variation between experimental hybrids, standing out for color HT501 and for firmness HT347 and HT545. Respect disease resistance, all the materials responded according to their previous characterization, there was only segregation for ash by HT545, HT551 and HT560, while HT501 was found segregating for cladosporiosis. All the materials have same positive particular, but none combines all the necessary ones to be a competitive commercial variety. For example, HT501 is a very complete material, but it has serious limitations in terms of fruit size and loss of firmness. For HT545, HT551 and HT560, although they have a very good size, have limitations in terms of commercial quality and low plant vigor. HT347 has very good firmness, but has no resistance to *Passalora fulva* and has medium resistance to *Stemphylium sp.* In

addition, it has small fruit size. It is confirmed that the three pathogens affect tomato crop under the same environment, which is why they bring together the 3 resistance genes, which is very positive at the productive level. New materials must continue to be investigated in order to achieve a hybrid with resistances and competitive productive characteristics.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; *Passalora fulva*; *Oidium neolyopersici*; *Stemphylium* sp; Genetic resistance; Yield components; Quality components; Health components.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldabe Dini, L. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. Montevideo, Épsilon. 269 p.
2. Bai, Y.; van der Hulst, R.; Bonnema, G.; Marcel, T. C.; Meijer-Dekens, F.; Niks, R. E.; Lindhout, P. 2005. Tomato defense to *Oidium neolycopersici*: dominant Ol genes confer isolate-dependent resistance via a different mechanism than recessive ol-2. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 18(4): 354 - 362.
3. Barnett, H. L.; Hunter, B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3a. ed. Minneapolis, Burgess. 241 p.
4. Behare, J.; Laterrot, H.; Sarfatti, M.; Zamir, D. 1991. Restriction fragment length polymorphism mapping of *Stemphylium* resistance gene in tomato. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 4(5): 489 - 492.
5. Blancard, D. 1988. Enfermedades del tomate: identificar, conocer, controlar. Madrid, Mundi-Prensa. 679 p.
6. Bond, T. E. T. 1938. Infection experiments with *Cladosporium fulvum* Cooke and related species. *Annals of Applied Biology*. 25(2): 277 - 307.
7. Boukema, I. W.; Garretsen, F. 1975. Uniform resistance to *Cladosporium fulvum* Cooke in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill): 1. Investigations on varieties and progenies of diallel crosses. *Euphytica*. 24(1): 99 - 104.
8. Cedeño, L.; Carrero, C.; Quintero, K. 2019. La mancha gris causada por el hongo *Stemphylium solani* destruye siembras de tomate en los andes. (en línea). s.n.t. Consultado 23 feb. 2022. Disponible en <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11891.99369>.
9. Crute, I. R.; Pink, D. 1996. Genetics and utilization of pathogen resistance in plants. *The Plant Cell*. 8(10): 1747 - 1755.
10. De Wit, P. J. G. M. 1977. A light and scanning-electron microscopic study of infection of tomato plants by virulent and avirulent races of *Cladosporium fulvum*. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 83(3): 109 - 122.

11. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, IT). 2020. FAOSTAT: tomato production statistic. (en línea). Roma. s.p. Consultado 12 mar. 2021. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>.
12. Foolad, M. R. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. (en línea). International Journal of Plant Genomics. 2007: e64358. Consultado 23 feb. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2007/64358>.
13. Fox, R. T. V. 1997. Fungal goes in your garden: 36. Leaf Moulds. Mycologist. 11: 88.
14. González, A.; Manzioni, A.; Arruabarrena, A. 2018a. Tomate 'INIACimarrón' – Multitolerante com qualidade diferenciada. (en línea). Campo & Negócios. s.p. Consultado 22 feb. 2022. Disponible en <https://revistacampoenegocios.com.br/tomate-iniacimarron-multitolerante-com-qualidade-diferenciada/>.
15. González, M.; Manzioni, A.; Arruabarrena, A.; Lado, J.; Vicente, E.; Giménez, G.; Lenzi, A. 2018b. Avances en mejoramiento genético de tomate. (en línea). Revista INIA. no. 54: 42 - 44. Consultado 4 dic. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/revista-INIA-54-setiembre-2018p.42-44.pdf>.
16. _____.; _____.; _____.; _____.; Laxague, J. L.; Vicente, E.; Giambiasi, M.; Moltini, A. L.; Lenzi, A.; Giménez, G. 2019. Cultivar híbrido de tomate 'INIA frontera' (HT72). (en línea). Montevideo, INIA. 4 p. (Hoja de divulgación no. 110). Consultado 4 dic. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13764/1/HD-110-Tomate-octubre-2019.pdf>.
17. González Arcos, M.; Giménez, G. 2017. Catálogo de cultivares hortícolas. (en línea). 2a. ed. amp. Montevideo, INIA. 58 p. Consultado 4 dic. 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7053/1/bd-113-Catalogo-Horticola-2a.ed.2017.pdf>.

18. Graham, J. H.; Zeiders, K. E. 1960. Pathogenicity and morphology of some leguminicolous and related species of *Stemphylium*. *Phytopathology*. 50(10): 757 - 760.
19. Híbridos de tomate INIA para Uruguay y la región. 2016. (en línea). Revista INIA. no. 45: 35. Consultado 4 dic. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Rev.INIA-2016-No45-p.35.pdf>.
20. Holliday, P.; Mulder, J. L. 1976. *Fulvia fulva*. Kew, Commonwealth Mycological Institute. s.p. (C.M.I Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria no. 48).
21. Iakovidis, M.; Soumpourou, E.; Anderson, E.; Etherington, G.; Yourstone, S.; Thomas, C. 2020. Genes encoding recognition of the *Cladosporium fulvum* effector protein Ecp5 are encoded at several loci in the tomato genome. (en línea). *G3: Genes, Genomes, Genetics*. 10(5): 1753 - 1763. Consultado 16 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1534/g3.120.401119>.
22. Jones, H.; Whipps, J. M.; Gurr, S. J. 2001. The tomato powdery mildew fungus *Oidium neolycopersici*. (en línea). *Molecular Plant Pathology*. 2(6): 303 - 309. Consultado 22 feb. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1046/j.1464-6722.2001.00084.x>.
23. Lazarovits, G.; Higgins, V. J. 1976. Histological comparison of *Cladosporium fulvum* race 1 on immune, resistant, and susceptible tomato varieties. (en línea). *Canadian Journal of Botany*. 54(3-4): 224 - 234. Consultado 22 feb. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1139/b76-022>.
24. Lebeda, A.; Mieslerová, B.; Petřivalský, M.; Luhová, L.; Špundová, M.; Sedlářová, M.; Nožková-Hlaváčková, V.; Pink, D. A. 2014. Resistance mechanisms of wild tomato germplasm to infection of *Oidium neolycopersici*. (en línea). *European Journal of Plant Pathology*. 138(3): 569 - 596.
25. Mercado Modelo. 2014. Observatorio granjero: tendencias en la comercialización mayorista de tomate en el mercado modelo. (en línea). Montevideo. 10 p. Consultado 14 mar. 2021. Disponible en http://www.mercadomodelo.net/c/document_library/get_file?uuid=87f3df3c-7e46-4e38-a976-0a40c6698273&groupId=10157.

26. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. 270 p. Consultado 25 mar. 2021. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>.
27. Micheletto, S.; Andreoni, M.; Huarte, M. A. 1999. Vertical resistance to late blight in wild potato species from Argentina. *Euphytica*. 110(2): 133 - 138.
28. Miranda, B. E. C. de; Boiteux, L. S.; Reis, A. 2010. Identificação de genótipos do gênero *Solanum* (seção *Lycopersicon*) com resistência a *Stemphylium solani* e *S. lycopersici*. *Horticultura Brasileira*. 28(2): 178 - 184.
29. Niks, R. E.; Lindhout, W. H. 2004. Curso sobre mejoramiento para resistência durable a patógenos especializados. 3a. ed. Wageningen, Wageningen Agricultural Library. 205 p.
30. Obregón, V. 2018. Guía para la identificación de las enfermedades de tomate en invernadero. (en línea). Bella Vista, INTA. 54 p. Consultado 25 nov. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_guia_para_la_identificacion_de_enfermedades_de_tomate_en_invernadero.pdf.
31. OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, FR). 2017. Tomato (*Solanum lycopersicum*). (en línea). In: Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment. Vol. 7. Paris. pp. 69 - 104. Consultado 21 ene. 2021. Disponible en <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264279728-6-en.pdf?expires=1645211182&id=id&accname=guest&checksum=411E3D283F8AD3B4EFB6CABBEAC0A032>.
32. Peralta, I. E.; Knapp, S.; Spooner, D. M. 2005. New species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru. *Systematic Botany*. 30(2): 424 - 434.

33. Razifard, H.; Ramos, A.; Della Valle, A. L.; Bodary, C.; Goetz, E.; Manser, E. J.; Li, X.; Zhang, L.; Visa, S.; Tieman, D.; van der Knapp, E.; Caicedo, A. L. 2020. Genomic evidence for complex domestication history of the cultivated tomato in Latin America. *Molecular Biology and Evolution*. 37(4): 1118 - 1132.
34. Reis, A.; Boiteux, L. S.; Lopes, C. A. 2006. Mancha-de-septória: doença limitante do tomateiro no período de chuvas. (en línea). Brasília, Embrapa. 6 p. (Comunicado Técnico no. 37). Consultado 24 feb. 2022. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103062/1/cot-37.pdf>.
35. Scholtens-Toma, I. M. J.; de Wit, G. J. M.; de Wit, P. J. G. M. 1989. Characterization of elicitor activities of apoplástico fluids isolated from tomato lines infected with new races of *Cladosporium fulvum*. *European Journal of Plant Pathology*. 95(Suppl. 1): 161 - 168.
36. Sepúlveda, P. 2018. Oídio en tomate. (en línea). Santiago de Chile, INIA. 2 p. (Ficha técnica no. 11). Consultado 20 ene. 2022. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/66736/Ficha%20T%C3%A9cnica%20INIA%20N%C2%B0%2011?sequence=1&isAllowed=y>.
37. Tapia, S. M. G. 2019. Variedades de tomates antiguos. (en línea). Boletín INIA. no. 398: 11 - 15. Consultado 24 feb. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6743/NR41478.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
38. Taylor, I. B. 1986. Biosystematics of the tomato. *In*: Atherton, J.; Rudich, G. eds. *The tomato crop: a scientific basis for improvement*. New York, Chapman and Hall. pp. 1 - 34.
39. Thomma, B. P. H. J.; Esse, H. P. van; Crous, P. W.; De Wit, P. J. G. M. 2005. *Cladosporium fulvum* (syn. *Passalora fulva*), a highly specialized plant pathogen as a model for functional studies on plant pathogenic *Mycosphaerellaceae*. *Molecular Plant Pathology*. 6(4): 379 - 393.
40. Whipps, J. M.; Budge, S. P.; Fenlon, J. S. 1998. Characteristics and host range of tomato powdery mildew. *Plant Pathology*. 47(1): 36 - 48.