

Evaluación del comportamiento postcosecha y principales antioxidantes presentes en la pulpa de mandarinas nacionales

Joanna Lado^{1,2}; Ana Inés Moltini^{1,2}, Pedro Pintos¹, Eleana Luque¹, Virginia Ferrari², Facundo Ibáñez², Fernando Rivas¹.

¹Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA Salto Grande. Uruguay.

²Plataforma de Agroalimentos, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

1. Introducción

El desarrollo de nuevas variedades de cítricos conlleva, entre otras, la evaluación del comportamiento postcosecha. Dado el objetivo de la producción de cítricos uruguayos de exportación como fruta fresca, unido a los requisitos cuarentenarios de mercados consolidados y nuevos mercados, es clave conocer el desempeño de los frutos durante el almacenamiento, preferentemente en distintas condiciones. Así también, la caracterización nutraceutica y el potencial antioxidante de las nuevas variedades, cada vez es más valorada por los consumidores en los mercados de destino. En este sentido, se realizó también la cuantificación de los principales antioxidantes (carotenoides, compuestos fenólicos, flavonoides y vitamina C) en las variedades seleccionadas durante tres años diferentes y en el momento de madurez comercial de los frutos.

Cabe destacar que los resultados que a continuación se presentan son preliminares, evaluando el comportamiento durante tres años de cosecha, pero en todos los casos se trabajó con fruta en condiciones de manejo experimental (no comercial), lo cual es clave conocer para interpretar los resultados observados, siendo que el manejo precosecha determina en gran medida la calidad y comportamiento de los frutos durante su postcosecha.

A continuación, se brinda información sobre una selección de aquellos híbridos del programa de mejoramiento genético de cítricos INIA-FAgro que presentaron mejores perspectivas comerciales, evaluándose un total de 16 híbridos de mandarina diferentes. También se muestra una breve comparación de las nuevas variedades desarrolladas con materiales de referencia internacional como Afourer y Murcott.

2. Materiales y métodos

2.1 Material vegetal

Se seleccionaron los híbridos avanzados del programa de mejoramiento, así como sus parentales (Ellendale, Page, Mandarina Común y Satsuma) y cuatro variedades de referencia (Clementina, Nova, Afourer y Murcott). En este caso se priorizó el comportamiento postcosecha y la calidad de los híbridos de Ellendale x Page (F7P3, F3P8, F4P7 y F2P3) que será en los que se hará énfasis, dado que son los materiales que presentaron mejores perspectivas comerciales tanto para mercados de exportación como mercado interno.

2.2. Tratamiento postcosecha

En la postcosecha se realizó el pasaje por la minilínea de empaque (hipoclorito 200ppm, cascada con Philabuster 1000ppm y cera Brillocera UE18%), conservándose posteriormente en cámara a simulando transporte a EEUU (1.67°C) o Europa (5°C, en función a disponibilidad de fruta). En los casos en que la fruta no fue limitante se trabajó con 5 repeticiones de 23 frutas cada una.

2.3. Determinaciones de calidad de fruta

Previo al almacenamiento y al final de ensayo se realizan controles de calidad de la fruta tomando datos como color (ICC), deformación en mm (firmeza), % de jugo, sólidos solubles (°Brix), acidez titulable (%ac. cítrico). La firmeza se evaluó como la deformación del fruto al recibir una fuerza estable de 10N (1,02 Kg), utilizando el texturómetro y expresándose en mm. A continuación, se presenta una escala para su interpretación al tacto en mandarinas:

Duras <1,8 mm

Ideal 1,8-3,5 mm

Blandas >3,5 mm

En almacenamiento se evaluó la incidencia de DF y otras posibles manchas, estado y permanencia del cáliz, deshidratación y cualquier tipo de alteración a nivel de la cascara. También se contabilizó la incidencia de podridos. Para ambas temperaturas, se realizaron evaluaciones en cuatro fechas, 18 días simulando fin de tratamiento cuarentenario, 35 como una doble cuarentena, 58 días teniendo en cuenta la condición más exigente de viaje, y luego 7 días de vida mostrador a temperatura ambiente. Se presentan los resultados más exigentes en los híbridos seleccionados.

En el momento de la cosecha, se extrajo pulpa de los frutos la cual se congeló a -80°C para posterior extracción y cuantificación por espectrofotómetro de carotenoides, compuestos fenólicos, flavonoides totales y vitamina C. Esta última se determinó por HPLC (Alós et al., 2014).

3. Resultados y discusión

.

3.1. Comportamiento postcosecha

Del total de materiales evaluados, se presenta información de una selección atendiendo no sólo a aspectos de calidad sino también al comportamiento en campo y otras características u observaciones de interés.

Destacan los híbridos de Ellendale x Page, los cuales mostraron en general un buen comportamiento. Entre ellos destacan ampliamente **F3P8** y **F2P3**. Estos dos híbridos tienen gran tolerancia a la conservación, con buen desempeño tanto a 1 como a 5°C. Mantienen su frescura original y el cáliz en buen estado. No desarrollan ningún tipo de mancha ni signos de deshidratación. La pérdida de firmeza es reducida o mínima.

A continuación, se presenta una descripción del comportamiento y fotografías de los híbridos **F7P3**, **F4P7**, **F3P8** y **F2P3**, así como en algunos casos su comparación con variedades de referencia como Afourer y Murcott.

Cuadro 1. Datos de calidad externa (color, firmeza) e interna (% jugo, sólidos solubles, acidez y ratio) para las variedades de referencia, F7P3 y F4P7 en cosecha y durante la conservación 58 días a 1 y 5°C.

Variedad	Cosecha					
	ICC	% jugo	SS	% ac	ratio	Firmeza
Nova	8,1	45,6	11,8	0,8	14,4	1,2
Clementina	-0,8	37,1	10,9	0,8	13,2	1,9
Afourer	7,9	45	10,3	0,8	12,3	2,4
Avana	4,4	47,4	10,1	0,7	13,8	2,9
Murcott	4,9	53,5	12,1	0,84	14,4	1,6
F7P3*	-7,0	47,7	9,2	0,9	10,3	1,3
F4P7	7,5	54,0	11,1	0,7	15,0	2,4

*Fruta sometida a proceso de desverdizado (ver detalle en Figura 1).

Variedad	58 días a 1°C					58 días a 5°C				
	ICC	SS	% ac	ratio	Firmeza	ICC	SS	% ac	ratio	Firmeza
Nova	7,0	12,1	0,9	13,9	2,0	7,4	12,2	1	11,9	2,5
Clementina	4,5	11,9	0,8	14,6	3,6	5,2	12,0	0,8	14,1	3,9
Afourer	8,0	10,3	0,8	13,6	3,6					
Avana	5,3	10,4	0,7	15,0	5,2	6,36	10,9	0,6	17,3	4,0
Murcott	6,6	12,1	0,8	15,3	2,9	7,54	11,8	0,8	15,1	3,9
F7P3*	3,5	9,4	0,8	11,1	3,9	5,3	9,4	0,8	11,8	4,0
F4P7	6,17	11,1	0,65	17,2	3,7	6,9	11,8	0,7	17,3	3,8

*Fruta sometida a proceso de desverdizado (ver detalle en Figura 1).

F7P3.

Es una variedad temprana que alcanza su madurez comercial a nivel interno a principios-mediados de abril, siendo necesario, para el caso de estudio, un tratamiento de desverdizado para estimular la coloración. El comportamiento frente al etileno es bueno luego de 72h a 2ppm y 90%HR, aunque quizás requiera de 96h dependiendo del año y la respuesta a la hormona. El tratamiento con etileno no afecta la calidad interna, manteniéndose con los mismos valores de sólidos y acidez que en cosecha incluso luego de 58 días a 1 o 5°C. Se observa una evolución del color mucho más intensa cuanto mayor la temperatura de almacenamiento, alcanzando ICC de 3,5 y 5,3 a 1 y 5°C, respectivamente (Cuadro 1) y observándose diferencias claras en la coloración tras 35 días en frío y posterior vida mostrador (Figura 1). Destaca la evolución del color en vida mostrador, especialmente para aquellos frutos almacenados a 5°C. Es importante destacar que, luego de dos meses de conservación, existió una pérdida de firmeza importante durante el almacenamiento a ambas temperaturas, con valores de deformación mayores a 3,5mm. El comportamiento en vida mostrador es bueno, sin modificarse en forma importante las variables de calidad interna, aunque aparecen síntomas de deshidratado por lo que es clave regular la humedad durante este período. Es una variedad que se comporta mejor a 5°C que a 1°C, algo que podría estar asociado también con tratamiento de desverdizado. Se presentan datos de la evaluación realizada durante el año 2019.

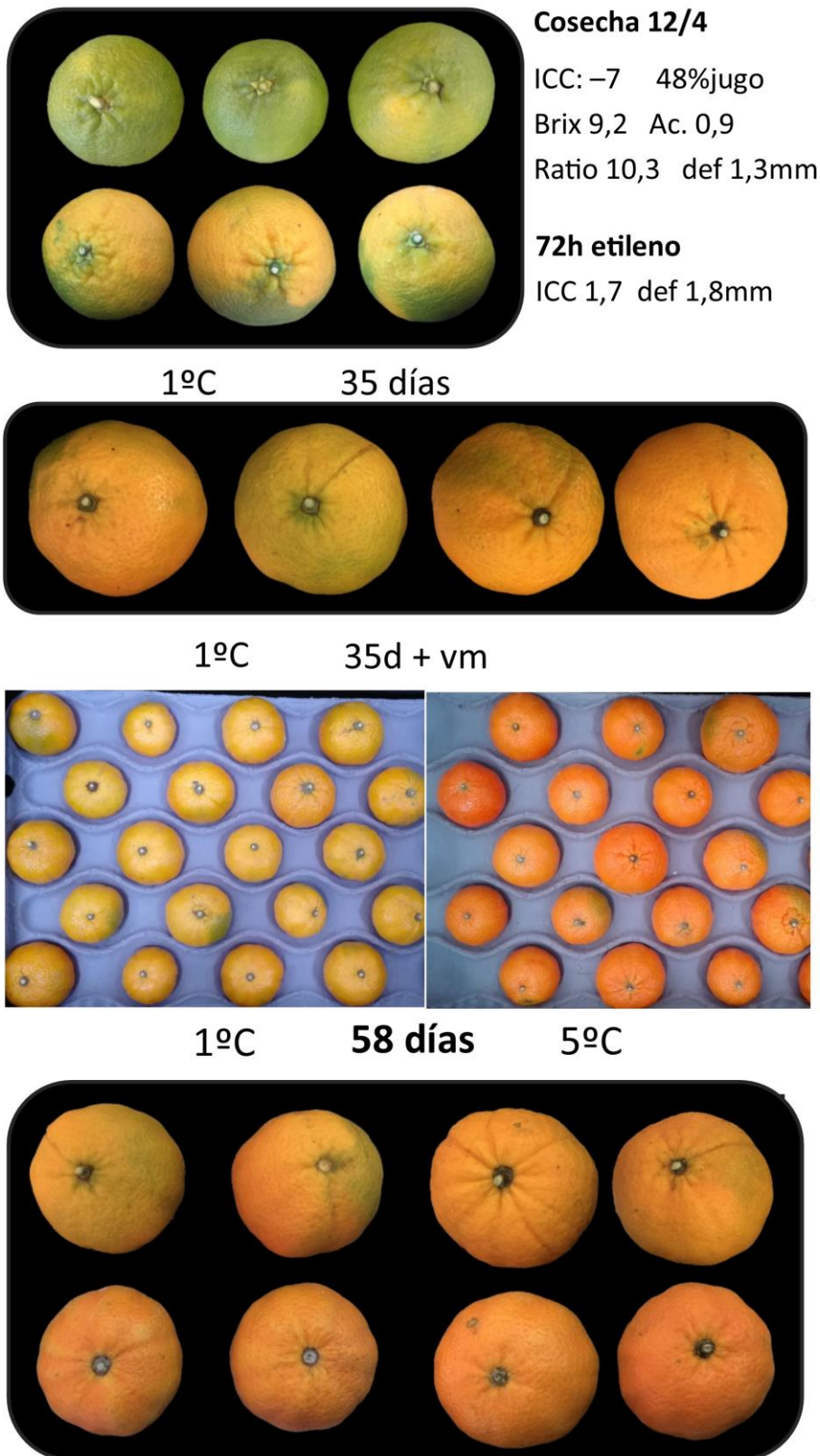


Figura 1. Comportamiento de F7P3 en desverdizado y almacenamiento a 1 y 5°C (2019).

F4P7

Esta variedad fue evaluada únicamente un año (2019), durante el cual mostró un muy buen comportamiento, manteniendo su frescura hasta el final del almacenamiento (58 días) e incluso luego de vida mostrador (Figura 2). No desarrolló este año ningún tipo de mancha ni DF, tampoco síntomas de deshidratación en el período de evaluación. Tiene una buena facilidad de pelado y muy buena aceptación entre los consumidores; mantiene un buen sabor durante dos meses de almacenamiento. La mayor limitante sería que tiende a ablandarse al tacto, visualizándose en un valor de firmeza mayor a 3,5 mm tanto a 1°C como a 5°C. Aún debe ser evaluada otros años para concluir acerca de su comportamiento global en postcosecha y más aún en condiciones de producción comercial.



Figura 2. Híbridos evaluados durante el almacenamiento postcosecha (sin desverdizado).

F3P8.

Esta variedad se comportó de forma muy destacada en postcosecha durante 3 años de evaluación (2017-2018-2019), sin manifestar ningún manchado, ni deshidratado ni daño por frío, manteniendo la frescura luego de dos meses de almacenamiento, incluso a 1°C. Muestra un buen comportamiento también a 5°C. Destaca su comportamiento en vida mostrador, en donde no se observa una pérdida de calidad ni deshidratado. Mantiene un recubrimiento céreo muy destacado y una firmeza entre 1,3 y 2,9mm (ideal) en todas las evaluaciones. Buen pelado y buena compacidad del gajo, se mantiene firme hasta el final y los gajos se separan muy bien al abrirlos, sin romperse. Bien valorada en las pruebas de consumidores lo que hace que sea una variedad que colma muy bien las expectativas a la hora de cubrir mercados de exportación. Su limitante podría centrarse en algún cambio en el sabor durante el almacenamiento extendido, ya que podría llegar a presentar un mayor contenido de acetaldehído y etanol, observaciones que deben ser validadas con cuantificación de acetaldehído y etanol así como una evaluación sensorial.

Se realizó una comparación con la variedad Afourer cosechada en fechas similares, mostrando una calidad externa superior, así como una coloración más homogénea (sin manchas verdes). Afourer presentó algunas manchas de DF leves, así como síntomas leves de deshidratado, los cuales estuvieron ausentes en F3P8 (Figura 3)



Figura 3. Comportamiento postcosecha de F3P8 en comparación con Afourer.

A continuación, se presentan resultados de la experiencia de conservación extendida para F3P8, la cual fue almacenada durante 120 días a 1°C, realizándose muestreos mensuales para evaluación de calidad externa e interna así como para la futura cuantificación de acetaldehído y etanol en jugo. Se evaluó también el posible efecto del portainjerto (trifolia vs. flying dragón) en la calidad y comportamiento postcosecha (Cuadro 2, Figura 4).

La calidad externa fue destacada durante todo el período, manteniendo la frescura y sin síntomas de deshidratación. No se observaron síntomas de manchados ni de DF. Mantuvo una elevada proporción de cálices verdes durante todo el período (Figura 4).

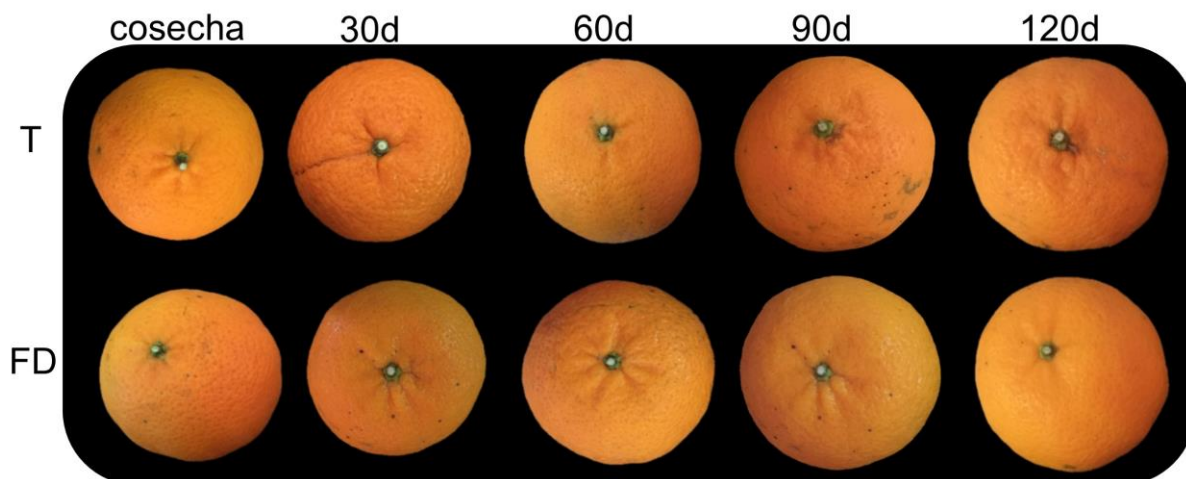


Figura 4. Calidad externa de F3P8 durante conservación extendida (120d) a 1°C. Se evaluó fruta proveniente de dos portainjertos diferentes (Trifolia-T y Flying Dragon-FD).

Cuadro 2. Calidad externa e interna en frutos de F3P8 provenientes de dos portainjertos (T-Trifolia y FD-Flying Dragon) durante conservación extendida por 4 meses (120 días) a 1°C.

	Momento	ICC	% jugo	SS	% ac	ratio	firmeza
F3P8 T	Cosecha 29/5	6,6	54,5	10,9	1,4	8,1	1,3
F3P8 FD	Cosecha 29/5	7,1	49,1	10,5	1,1	9,4	1,3
F3P8 T	30d	6,5	55,0	10,8	1,3	8,1	2,6
F3P8 FD	30d	6,9	55,1	11,0	1,1	9,8	2,3
F3P8 T	60d	6,3	54,6	11,3	1,4	8,1	2,8
F3P8 FD	60d	6,6	54,2	11,2	1,1	9,8	2,3
F3P8 T	90d	6,1	55,4	10,9	1,5	7,5	3,4
F3P8 FD	90d	6,1	53,2	11,3	1,2	9,5	2,7
F3P8 T	120d	6,9	55,5	11,4	1,3	8,9	4,2
F3P8 FD	120d	7,6	51,4	11,7	1,1	10,6	3,3

En el momento de cosecha, no se detectaron diferencias importantes entre frutos de diferentes portainjertos para calidad externa, con excepción del color (más intenso para FD en comparación con T). El ratio fue superior en FD que en Tr, asociado con una menor acidez (Cuadro 2).

Durante el almacenamiento en frío se observó un mayor ratio en todos los casos para FD, lo que estaría asociado a que trifolia tiende a mantener unos puntos más de acidez en el fruto, tanto en el momento de cosecha como durante todo el almacenamiento, lo que conlleva un menor ratio (dos puntos menos) para todas las fechas de evaluación (Cuadro 2). No se detectaron diferencias en cuanto al contenido de jugo entre ambos portainjertos durante toda la evaluación.

Destacamos que la firmeza se mantuvo en valores ideales (1,8-3,5mm de deformación de fruto) hasta los 90 días de almacenamiento, siendo mayor la firmeza (menor deformación de fruto) para FD que para trifolia (Cuadro 2). Los frutos se ablandan luego de 120 días en trifolia (4,2mm), manteniéndose en valores aún aceptables para flying dragon (3,3mm).

F2P3

Esta variedad presenta fruta muy firme (1,2 a 1,6mm de deformación en cosecha) y mantiene esta característica durante el almacenamiento tanto a 1°C como a 5°C e incluso tras el período de vida mostrador (Cuadro 3). Tolerancia bien el frío postcosecha, no desarrolla manchas ni síntomas de deshidratado en almacenamiento (Figura 5). En algún año puede presentar daños o manchados tras 2 meses de almacenamiento (únicamente visibles en frutos sobre flying dragon y no sobre trifolia). Se observa algo de rameado aunque predomina la buena apariencia general, fresca y firmeza durante la conservación. Al inicio de cosecha es más difícil su pelado, el cual se facilita a lo largo de la maduración natural o durante el almacenamiento en frío. Puede presentar algún síntoma de deshidratación próximo a la inserción peduncular y algún manchado a 1°C. Registra un muy buen sabor durante el almacenamiento, incluso luego de dos meses a 1°C.

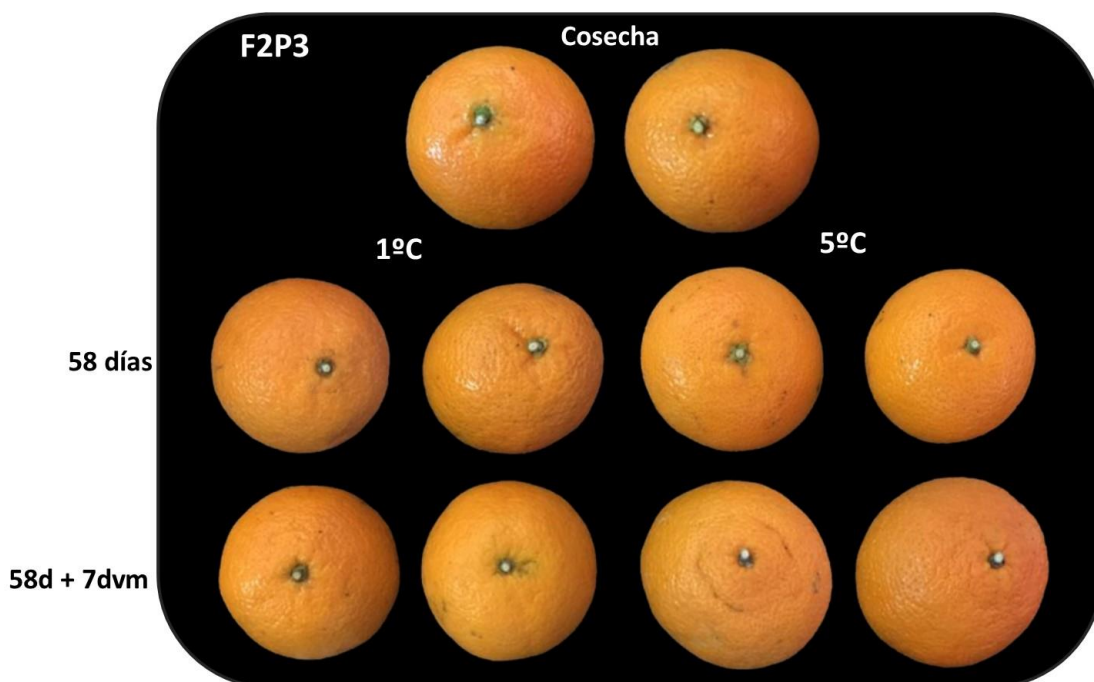


Figura 5. Calidad externa de F2P3-trifolia durante el almacenamiento a 1 y 5°C.

Se realizó también una comparación del comportamiento en conservación a 1°C entre F2P3 y Murcott, observándose un deterioro intenso de la calidad externa en Murcott, con aparición de diferentes manchas y deshidratación en la zona alrededor del pedúnculo (Figura 6). También en Murcott, se observó un ennegrecimiento más intenso del cáliz, una pérdida de firmeza más intensa, así como cambios en el sabor más importantes (observaciones no validadas con análisis sensorial).

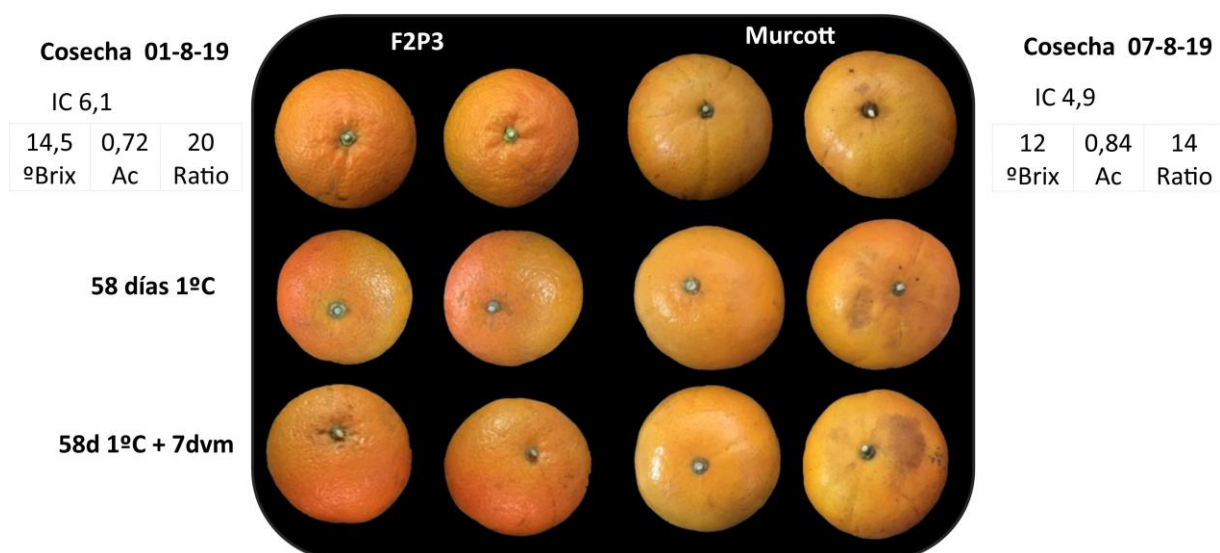


Figura 6. Comportamiento postcosecha de F2P3 en comparación con Murcott.

Cuadro 3. Datos de calidad externa e interna para F2P3 sobre dos portainjertos (T-trifolia y FD-Flying Dragon dos fechas de cosecha (31-7-19 y 8-8-2019) y durante el almacenamiento a 1 y 5°C y la posterior vida mostrador (7 días a temperatura ambiente).

	% jugo		% ac		ratio	firmeza
	ICC	SS	ICC	SS		
C 1 31/07/2019						
F2P3 T	6,1	47,3	14,5	0,7	20,0	1,3
F2P3 FD	7,4	50,2	14,6	0,8	18,3	1,4
C2 08/08/2019						
F2P3 T	6,6	46,6	14,8	0,8	17,8	1,2
F2P3 FD	7,1	47,8	14,2	0,9	16,7	1,6

	1°C	58 días						58 + 7 días VM					
		ICC	% jugo	SS	% ac	ratio	firmeza	ICC	% jugo	SS	% ac	ratio	firmeza
		F2P3 T-C1	7,1	46,5	14,9	0,8	18,0	2,1	6,9	49,3	14,3	0,7	20,7
	5°C	7,5	44,5	14,5	0,7	19,7	3,0	7,9	45,2	14,8	0,6	24,1	2,9
F2P3 FD-C1	1°C	7,6	47,6	15,3	0,8	20,2	2,2	6,9	49,9	14,9	0,7	20,6	2,2
	5°C	8,2	51,1	15,3	0,9	17,7	3,2	7,9	49,2	14,8	0,6	23,0	2,7
F2P3 T-C2	1°C	7,4	42,9	14,4	0,9	15,4	2,3	6,9	43,5	12,5	0,6	19,9	3,1
	5°C	8,5	41,4	14,3	0,6	22,4	3,1	6,9	40,6	14,1	0,8	18,6	2,7
F2P3 FD-C2	1°C	8,0	42,0	14,0	0,9	16,1	2,9	7,0	46,2	14,4	0,7	19,3	2,8
	5°C	8,3	43,4	14,0	0,7	19,2	3,7	8,6	40,9	14,0	0,7	20,4	3,7

3.3. Principales antioxidantes presentes en la pulpa de híbridos de mandarina

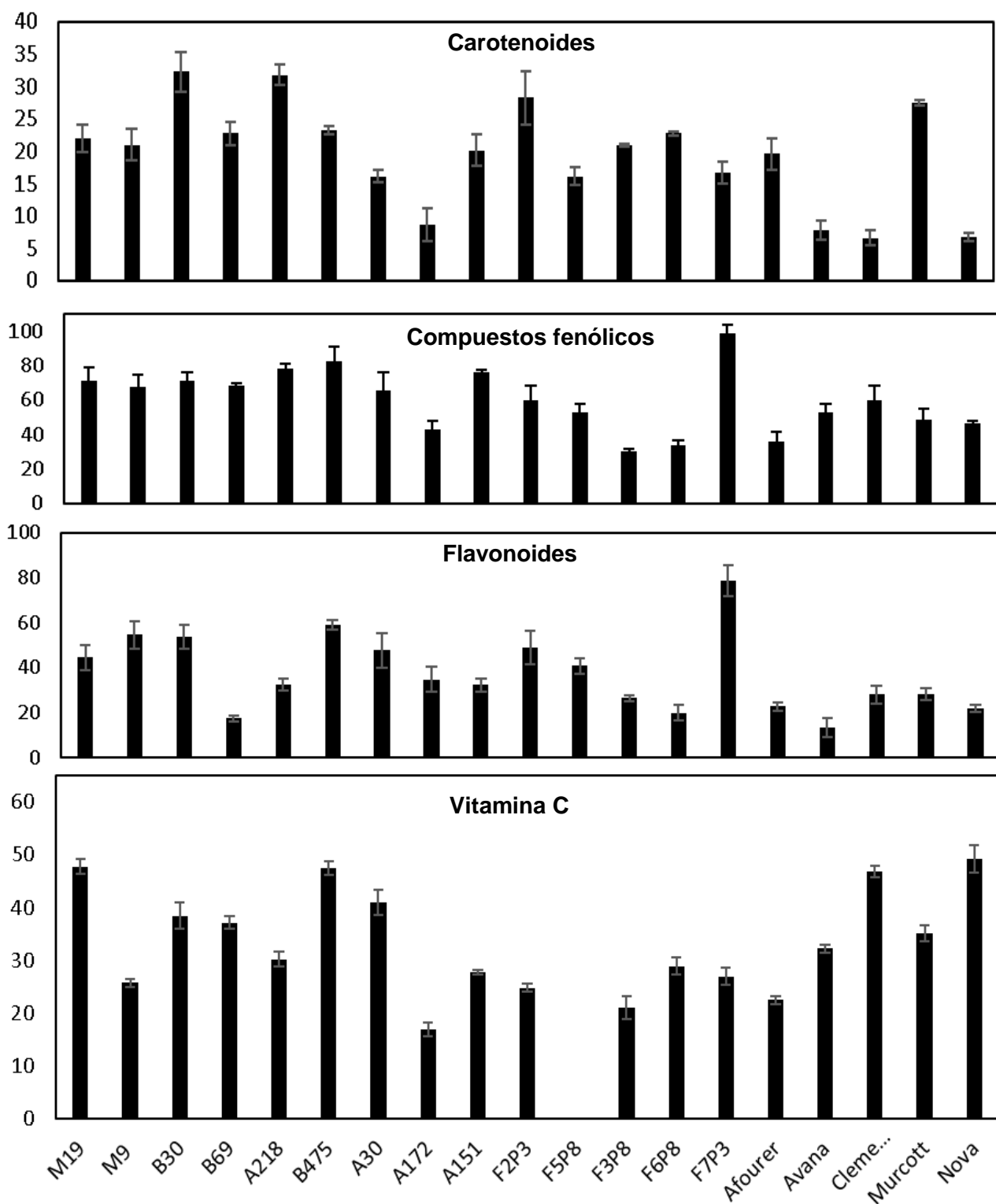


Figura 7. Contenido en la pulpa de carotenoides (μg eq. β -caroteno/g PF), compuestos fenólicos (meq ácido gálico/100g PF), flavonoides (mg hesperidina/100g PF) y vitamina C (g/100g PF) en diferentes híbridos de mandarina y en variedades de referencia (Afourer, Avana, Clementina de Nules, Murcott y Nova). Nota: No se cuenta con dato de vitamina C para F5P8, se encuentra en proceso de análisis.

Los híbridos evaluados presentaron niveles variables de antioxidantes en la pulpa, mostrando una gran diversidad (Figura 7). En cuanto al contenido de pigmentos naranjas carotenoides destacan B30, A218 y F2P3, así como también Murcott entre las variedades de referencia, con valores entre 27 y 32 $\mu\text{g/g}$ de pulpa.

El contenido de compuestos fenólicos es superior en los híbridos de Ellendale x Satsuma o Mandarina Común, siendo levemente inferior en los híbridos de Page. Nuevamente F2P3 muestra un contenido superior tanto en compuestos fenólicos como flavonoides en comparación con F3P8 o F6P8 que muestran valores bajos. Destaca el contenido de estos antioxidantes en F7P3 siendo un 100% superior que el promedio de todas las muestras evaluadas (Figura 7). Respecto a vitamina C, el contenido es mayor en B475 y M19 y menor en general para híbridos de Ellendale x Page. Destaca también el contenido en Clementina de Nules y Nova (Figura 7).

4. Conclusiones

Se evaluó el comportamiento de 16 materiales del programa de mejoramiento, seleccionando aquellos con comportamiento destacado para mercados de exportación o mercado interno: F7P3, F4P7, F3P8 y F2P3. Todas las variedades evaluadas muestran un buen comportamiento durante el almacenamiento. No presentaron en general daños por frío, aunque en el caso de F7P3 si recibe un tratamiento con etileno, es importante evaluar su comportamiento postcosecha en nuevos ensayos.

F4P7 presenta una calidad externa destacada durante el almacenamiento, buena tolerancia al frío cuarentenario y muy buen sabor, siendo la principal limitante durante este año la pérdida de firmeza luego de 58 días de almacenamiento.

F3P8 y F2P3 destacan por su buen comportamiento en calidad externa e interna durante el almacenamiento extendido, incluso con potencial para extender aún más el período de evaluación (ensayos en marcha). Mantienen la firmeza y calidad externa durante más de 58 días en frío, aunque F3P8 podría presentar cambios importantes en el sabor que deberían ser evaluados en profundidad. Destacar también la importancia de evaluar el comportamiento postcosecha en condiciones de manejo comerciales, por lo que se deberán extender estas evaluaciones cuando se disponga de material proveniente de quintas comerciales.

Existió una variabilidad interesante en la composición de antioxidantes entre los híbridos evaluados, destacando el contenido de carotenoides en B30, A218 y F2P3, el de compuestos fenólicos y flavonoides en F7P3 y el de vitamina C para M19 y B475. Entre las variedades de referencia, destaca Murcott por su contenido de carotenoides en pulpa, así como Clementina de Nules y Nova en vitamina C. Es importante destacar que muchos de los híbridos evaluados superan a las variedades de referencia en el contenido de antioxidantes, mejorando por lo tanto el aporte de estos compuestos a la dieta.

Bibliografía

Alós, E., Rodrigo, M. J., & Zacarías, L. (2014). Differential transcriptional regulation of L-ascorbic acid content in peel and pulp of citrus fruits during development and maturation. *Planta*, 239(5), 1113–1128. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2044-z>