

Respuesta de diferentes variedades de cítricos a los daños causados por fuertes heladas en la región central de Santa Fe

Response of some *Citrus* species to frost damage at the central area of Santa Fe, Argentina

Norma Guadalupe Micheloud ¹, Damián César Castro ^{1,2}, María Alejandra Favaro ¹,
Marcela Alejandra Buyatti ¹, Rubén Andrés Pilatti ¹, Norberto Francisco Gariglio ¹

Originales: *Recepción*: 11/11/2015 - *Aceptación*: 30/06/2016

RESUMEN

En la región central de Santa Fe, durante los días 7 y 8 de junio del año 2012 se produjeron heladas advectivas de gran intensidad y duración. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los daños por heladas y el comportamiento vegetativo y reproductivo de diferentes variedades de cítricos, durante la siguiente estación de crecimiento. En las plantaciones se reportaron pérdidas de fruta, defoliaciones y hasta muerte de plantas. La brotación del siguiente ciclo (y) estuvo inversamente relacionada con la defoliación (x) producida ($y=146,32-0,92x$). Se observó una reducida intensidad de floración con predominio de brotes vegetativos y generativos con hojas. El cuajado de los frutos aumentó entre un 69 a 92% en relación con los valores medios de la zona, a excepción de las mandarinas. El rendimiento alcanzado por cada variedad luego de los daños por fuertes heladas se relacionó con su intensidad de floración media en la zona. Las variedades que normalmente desarrollan intensidades de floración superiores a 250 flores cada 100 nudos en años sin fuertes heladas presentaron un rendimiento superior a su valor promedio. En cambio, aquellas que normalmente presentan menores intensidades de floración tuvieron disminuciones de rendimiento entre un 26,3 y 84,5% respecto de su valor medio.

Palabras clave

daño de frío • brotación • floración • producción

1 Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias. Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, Argentina. nmicheloud@fca.unl.edu.ar

2 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Rivadavia 1917. Argentina.

ABSTRACT

The aim of this work was to quantify frost damage and the reproductive and vegetative behaviour of some *Citrus* species after intense frost events registered between June 7th and 8th 2012. After the frost events, trees showed severe fruit drop, partial or total defoliation and eventually, tree death. Growth response during the following growing season showed that percentage of sprouting (y) was inversely related to defoliation (x) caused by frost ($y=146.32-0.92x$). Flowering intensity was reduced in the majority of the citrus varieties tested, with a relative increase of vegetative and leafy shoots. Fruit set was increased (69-92%) in relation with years without frost occurrence with the exception of tangerines. Fruit yield of each variety was related with its mean flowering intensity at the central area of Santa Fe. Those cultivars which normally reach high flowering intensities (>250 flowers per 100 nodes) showed higher fruit yield, up to 67% compared to non-frost years. In the other hand, cultivars which normally reach lower flowering intensities showed low fruit yields (<26.3- 84.5%) in comparison with non-frost years.

Keywords

frost injury • sprouting • flowering • fruit yield

INTRODUCCIÓN

El rango de temperaturas óptimas del desarrollo de los *Citrus* está entre 23 y 34°C, el máximo valor es de 39°C y el mínimo de 13°C (1, 9, 20). En regiones tropicales y subtropicales, de donde son originarios, producen varios ciclos de brotación y floración durante el año (9, 22), mientras que en climas templados como el de la región central de Santa Fe (13) presentan un período de reposo invernal causado por el importante descenso térmico (15, 17, 19).

Posteriormente, con el aumento de la temperatura durante la primavera, producen la brotación más importante desde el punto de vista productivo, ya que es la única que presenta brotes florales, a excepción del limonero (1).

En general, los *Citrus* soportan temperaturas por debajo de -2°C (5, 23, 25, 26).

El limonero es la especie cítrica de mayor sensibilidad al frío, mientras que los mandarinos son los más resistentes (1, 5, 26).

La especie *Poncirus trifoliata* es utilizada como pie de injerto y tiene la capacidad de tolerar -15°C (1, 5) confiriendo un mejor comportamiento a la copa ante este factor abiótico.

Los daños por congelación están relacionados con la formación de hielo inter/intracelular (23, 24, 27).

Los daños ocasionados por las heladas dependen de su intensidad (temperatura mínima alcanzada) y duración (5, 8, 23, 24). Los síntomas del daño se pueden expresar en las hojas como manchas necróticas, acartuchamiento, y abscisión (1, 3, 26). Los árboles pueden recuperarse de una defoliación total y aún florecer y dar fruta en la temporada siguiente. También causan daños en la madera de diferentes edades, incluso

en las ramas principales y en el tronco (23, 24, 26).

El grado del daño ocasionado por una helada también está en relación con el nivel de aclimatación de las plantas. Esto se produce cuando los árboles crecen bajo condiciones de temperaturas diurnas entre 20-25°C y registros nocturnos menores a 12,5°C, durante al menos un período de dos semanas. Estas condiciones provocan el cese del crecimiento, y se incrementa la resistencia a las heladas (24, 27).

Por otro lado, la presencia del fruto mantiene activa a la planta por lo que la hace más susceptible al frío (1). Los factores que atenúan el efecto de las heladas son la presencia de cortinas rompevientos, la ubicación topográfica a mayor altitud, un alto contenido hídrico del suelo, la mayor densidad de plantas, un adecuado nivel nutricional de las mismas, entre otros (2, 5, 8).

En la región citrícola litoral de Argentina, durante los días 7 y 8 de junio del año 2012, se produjeron heladas que no respondieron al patrón normal de la zona, ya que las mismas fueron del tipo advectivas. En la región citrícola del Río Uruguay no contaban con antecedentes de una situación similar (7, 12) y, por lo tanto, son escasas las investigaciones relacionadas con su impacto sobre el cultivo de los cítricos.

Objetivo

Caracterizar los daños producidos por estas heladas en la localidad de Esperanza, sobre las plantaciones de cítricos, y su comportamiento durante la siguiente estación de crecimiento.

Hipótesis

Se espera una relación inversa entre defoliación y daños en los brotes causados

por las heladas en cada variedad con su comportamiento vegetativo y reproductivo en la siguiente estación de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental de Cultivos Intensivos y Forestales de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral (C1) y en una finca comercial (C2), ambos predios ubicados en la localidad de Esperanza (31°26' S; 60°56' W; 40 m s. n. m.), provincia de Santa Fe (Argentina). Durante los días 7 y 8 de junio del año 2012, se produjeron heladas advectivas (7, 12), de 11 y 9 horas de duración y de -4,5°C y -4,1°C, respectivamente. Los registros de temperatura se obtuvieron de una estación meteorológica automática Li-cor 1400 ubicada en C1.

Las plantas de cítricos evaluadas tenían 9 años de edad, injertadas sobre pie de injerto *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. y dispuestas a una distancia de plantación de 5 x 3 m. Se evaluaron variedades de naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) del grupo navel, tales como *Newhall* (C2), *Washington navel* (C1) y *Lane late* (C1 y C2), y del grupo blancas, como *Salustiana* (C1), *Midnight* (C1 y C2), *Valencia late* (C1) y *Delta Seedless* (C1). Los mandarinos correspondieron a las variedades *Okitsu* (C1 y C2) del grupo Satsuma (*Citrus unshiu* M.), y *Clemenules* (C1) del grupo de las Clementinas (*Citrus clementina* Hort. ex Tanaka). Además, se evaluaron híbridos como *Ellendale* (C2) y *Murcott* (C2) (*Citrus sinensis* (L.) Osb. X *C. reticulata* Bl.).

Previo a la brotación correspondiente a la primavera del año 2012, se identificaron los tipos de daños según su naturaleza y órgano afectado.

En cada lote experimental se registró la proporción de plantas muertas. Además, en cada variedad se seleccionaron 10 plantas al azar, en las cuales se estimó de manera cuantitativa el porcentaje de frutos caídos, el porcentaje de defoliación en función del follaje persistente (de manera visual), y el daño en ramas, como la proporción de ramas secas en relación con el total de ramas presentes en las copas de los árboles.

Luego de la brotación, y en ambos predios, se realizó el seguimiento fenológico en cada una de las plantas seleccionadas, utilizándose la metodología desarrollada por la EEA INTA Concordia (6, 15). Fueron marcadas cuatro ramas ubicadas en los distintos puntos cardinales de la copa y se cuantificaron los nudos sin brotar, con brotes múltiples, brotes vegetativos (BV), brotes campaneros (FC), flores solitarias (FS), ramilletes florales (RF) y ramos mixtos (BM), y las flores en los brotes multiflorales.

La intensidad de floración se expresó como flores cada 100 nudos (FCN). Fue calculado el porcentaje de cuajado de frutos, como la relación entre el número de frutos luego de la caída fisiológica y el número máximo de flores que presentó cada rama en observación.

A la cosecha, se registró el número total de frutos por árbol y el peso medio de los frutos.

Se estimó el rendimiento (kg.pl^{-1}) multiplicando el peso promedio de los frutos (kg.fruto^{-1}) de cada planta por la cantidad de frutos por planta (frutos.pl^{-1}). También se estimó el rendimiento en kg.ha^{-1} , teniendo en cuenta una densidad de plantación de 660 pl.ha^{-1} en *Okitsu* y de 550 pl.ha^{-1} en las demás variedades.

Los datos obtenidos fueron comparados con los promedios de los cinco años previos, en los cuales las plantas no fueron afectadas por las fuertes heladas,

y se calculó la variación porcentual de los valores correspondientes al ciclo productivo 2012/13, con respecto a dichos años.

Los datos se analizaron mediante el ANOVA utilizando como factores de variación las fincas, variedades, y la interacción entre finca y variedad en aquellas variedades que estaban plantadas en ambas fincas. Los datos provenientes de variedades no compartidas en ambas fincas fueron analizadas mediante un ANOVA donde el único factor fue la variedad. En ambos casos el ANOVA se realizó como en un diseño completamente aleatorizado. Se utilizó el test de DGC para la separación de medias con un nivel de significancia del 5%. Además, se realizaron modelos de regresión lineal entre las variables de brotación y floración con los tipos de daños, y con los componentes del rendimiento, con el fin de observar qué variables explicaron mejor el rendimiento en un año condicionado por heladas extremas. Para el análisis estadístico se utilizó el software Infostat (4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Daños provocados por las heladas

Las fuertes heladas causaron la abscisión de frutos, la cual no mostró diferencias entre fincas ($p = 0,4224$).

La caída fue generalizada en las variedades de recolección tardía, independientemente de la especie y variedad de cítrico (tabla 1, pág. 47).

En las variedades de mandarinas tempranas, tales como *Okitsu* y *Clemenules*, en las naranjas *Newhall*, *Washington navel* y *Salustiana*, la recolección de la fruta fue previa a la ocurrencia de las heladas, por lo que la cosecha no fue afectada.

Tabla 1. Caída de frutos, proporción de ramas dañadas, e intensidad de defoliación de diferentes variedades de cítricos ocasionadas por el efecto de las heladas ocurridas los días 7 y 8 de junio del año 2012. Datos provenientes de dos fincas de la región central de Santa Fe.

Table 1. Fruit drop, branch damage and tree defoliation caused by winter frost on different citrus varieties from two farms at the central region of Santa Fe (Argentina).

	Variedad	Frutos caídos (%)	Ramas con daño (%)	Defoliación (%)
Finca 1	<i>Okitsu</i>	--	75,5 a	67,5 b
	<i>Lane late</i>	100 a	40,0 c	91,0 a
	<i>Midnight</i>	100 a	15,0 d	90,0 a
Finca 2	<i>Okitsu</i>	--	24,0 d	95,0 a
	<i>Lane late</i>	97 a	60,0 b	98,0 a
	<i>Midnight</i>	100 a	34,0 c	88,0 a

-- Cosecha previa a la ocurrencia de las heladas. Diferentes letras entre variedades indican diferencias significativas, según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

-- Harvested before frost occurrence. Different letters within a cultivar indicates significant differences by DGC test ($p \leq 0.05$).

Los daños en las ramas de la copa de los árboles no se diferenciaron entre fincas ($p = 0,3292$; 43,5% en C1 y 39,4% en C2), pero sí difirieron entre variedades ($p < 0,0001$) y hubo interacción entre finca y variedad ($p < 0,0001$). La proporción de ramas dañadas por las heladas, fue menor en la variedad *Midnight* (24,7%), en relación con *Lane late* y *Okitsu* (49,8 y 49,9%, respectivamente). La interacción finca x variedad se explica porque las variedades *Midnight* y *Lane late* presentaron una mayor proporción de ramas dañadas en la finca 2 (+19,4 y 19,5%, respectivamente), mientras que en el cv. *Okitsu* fueron mayores (+51,3%) en la finca 1 (tabla 1).

Los niveles de defoliación difirieron entre fincas ($p < 0,0001$), variedades ($p < 0,0001$), y además hubo una interacción significativa finca x variedad ($p < 0,0001$).

En promedio, la defoliación fue un 11% mayor en la finca 2 (94% en C2 y 83% en C1) y este comportamiento se observó en todas las variedades a excepción de

Midnight, lo cual explica la interacción finca x variedad (tabla 1).

En valores promedios, la variedad *Okitsu*, presentó niveles de defoliación significativamente menores a los de *Midnight* y *Lane late* (81,4; 90,2 y 94,6%, respectivamente).

Las hojas son los órganos de las plantas que primero expresan los efectos de las heladas, su enfriamiento es rápido debido a que tienen una gran superficie y poco volumen en comparación a otros órganos (5, 26).

Además, las ramas, tallos y troncos presentan una mayor resistencia al frío debido a la menor proporción de agua en su composición (27).

Por lo tanto, el nivel de defoliación de los árboles es un buen indicador para evaluar el grado de intensidad o daño provocado por las heladas (3, 12, 25, 26).

El ANOVA indicó que solo hubo diferencias entre fincas para la variable defoliación, y este efecto posiblemente se deba al tipo de cortina presente en cada finca.

La eficacia del cortaviento depende de su estructura y permeabilidad (5, 12, 25). Mientras que la finca 2 cuenta con una cortina de hojas caducas en el lado sur, la finca 1 posee una cortina de especies perennes en los cuatro cuadrantes. Este aspecto es importante teniendo en cuenta el tipo de helada ocurrida que fue de tipo advectiva con una masa de aire frío ingresando desde el sur (7).

Al analizar las variedades que no se encontraban en ambas fincas se observó que la proporción de frutos caídos y la defoliación fueron totales en los cítricos cultivados en la finca 2, tales como los tangors *Murcott* y *Ellendale*, y la naranja *Newhall*.

En la finca 1, la caída de frutos también fue de importancia en las variedades tardías (97-98%) pero la defoliación promedio fue significativamente inferior, fundamentalmente en la mandarina *Clemenules* (82%) y en la naranja *Delta Seedless* (89%).

En cambio, *Washington navel*, *Salustiana* y *Valencia late*, presentaron altas defoliaciones (entre 95 y el 97%), similares a lo mencionado para la finca 2.

Existieron diferencias de comportamiento más marcadas entre las variedades en la proporción de ramas secas.

En la finca 1, *Valencia late* y *Salustiana*, presentaron proporciones de ramas dañadas relativamente bajas (19 y 21%, respectivamente), *Clemenules* y *Delta Seedless* alcanzaron valores intermedios (31 y 36%), mientras que *Washington navel* mostró los valores más altos (50%) de las variedades que no fueron comunes a ambas fincas.

En la finca 2 se observó escaso daño en las ramas en *Newhall*, mientras que la incidencia fue alta para los tangor *Ellendale* (85%) y *Murcott* (100%). En este último caso, la sensibilidad fue muy alta y se produjo la mortandad del 100%

de las plantas. En cambio, ninguna de las otras variedades evaluadas presentó mortandad de plantas.

Estos resultados presentan aspectos comunes a los reportados por el INTA Concordia (12) sobre las plantaciones ubicadas en Concordia, Federación y Chajarí (Entre Ríos), donde los menores daños en el follaje fueron observados en la mandarina *Okitsu*, caracterizada como una variedad de mayor resistencia al frío (1, 5, 24).

Los mayores daños fueron observados en híbridos como *Ellendale* y *Murcott*, mientras que en las naranjas del grupo blancas se registraron daños intermedios.

Brotación y floración

A partir del 01 de septiembre del 2012 se observó el inicio de la brotación.

La intensidad de la misma fue significativamente diferente entre fincas ($p < 0,0001$), variedades ($p < 0,0001$), y además se observó una interacción significativa finca x variedad ($p < 0,0001$).

En términos promedios, la intensidad de brotación en la finca 1 fue superior a la finca 2 (68,7% y 57,4%, respectivamente), y en la variedad *Okitsu* fue superior a *Lane late* y *Midknight* (70,6; 59,4 y 59,2%, respectivamente).

La interacción finca x variedad se explica porque las variedades *Okitsu* y *Lane late* tuvieron un mayor porcentaje de yemas brotadas (IB) en la finca 1 (+10%) en relación con la finca 2, mientras que *Midknight* mostró la misma proporción de yemas brotadas en ambas fincas (tabla 2, pág. 49).

La intensidad de floración (IF), expresada como cantidad de flores cada 100 nudos (FCN), no difirió significativamente entre fincas ($p = 0,2688$; 55,3 y 43,3 FCN en C1 y C2, respectivamente) pero sí entre variedades ($p < 0,0001$).

Tabla 2. Caracterización de la brotación primaveral de diferentes variedades de cítricos afectadas por fuertes heladas invernales en dos fincas de la región central de Santa Fe.

Table 2. Proportion of shoots formed during spring growth on different citrus varieties affected by severe winter frosts in two farms at the central region of Santa Fe (Argentina).

	Variedad	IB (%)	IF (FCN)	BV (%)	FC (%)	FS (%)	BM (%)	RF (%)
Finca 1	<i>Okitsu</i>	77,2 a	42,3 b	50,3 a	21,7 a	28,0 a	0,0 b	0,0 b
	<i>Lane late</i>	70,1 a	103,6 a	33,1 a	22,0 a	14,9 b	21,7 a	8,3 a
	<i>Midknight</i>	58,3 b	20,1 b	71,5 a	23,0 a	1,7 c	1,9 b	1,9 b
Finca 2	<i>Okitsu</i>	64,0 b	36,6 b	47,2 a	25,8 a	27,0 a	0,0 b	0,0 b
	<i>Lane late</i>	48,3 c	42,4 b	46,1 a	17,1 a	21,0 a	11,2 a	4,6 a
	<i>Midknight</i>	60,0 b	50,9 b	52,5 a	26,2 a	7,0 b	10,8 a	3,5 a

Porcentaje de yemas brotadas (IB), intensidad de floración (IF) expresada como flores cada cien nudos (FCN); porcentaje de brotes vegetativos (BV), campaneros (FC), flores solitarias (FS), brotes mixtos (BM) y ramilletes florales (RF). Diferentes letras indican diferencias significativas entre variedades, según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Percentage of sprouted buds (IB), flowering intensity (IF) as flowers per 100 nodes (FCN); vegetative shoots (BV), leafy single flowered (FC), leafless single flowered (FS), leafy inflorescence (BM) and leafless inflorescence (RF). Different letters within cultivars indicate significant differences by DGC test ($P \leq 0.05$).

Además, se observó una interacción finca x variedad ($p < 0,0001$). En promedio, la mayor intensidad de floración la presentó la variedad *Lane late* (73 FCN), en relación con *Midknight* y *Okitsu* (35,5 y 39,5 FCN) que no difirieron entre sí (tabla 2).

La interacción finca x variedad se debió al comportamiento de *Lane late*, cuya intensidad de floración en la finca 1 duplicó al de la finca 2, mientras que lo contrario ocurrió con la variedad *Midknight* (tabla 2).

La proporción de los diferentes tipos de brotes emitidos no se modificó significativamente por efecto de la finca. Además, la proporción de brotes vegetativos ($p = 0,0956$) y campaneros ($p = 0,5534$) tampoco difirió con la variedad.

En cambio, la proporción de flores solitarias ($p = 0,0003$), brotes mixtos ($p < 0,0001$) y ramilletes florales ($p = 0,05$) fueron afectados por la variedad (tabla 2). Los brotes vegetativos fueron los de mayor

importancia relativa en todas las variedades y los brotes campaneros rondaron un valor relativamente alto, en torno al 20% de los brotes emitidos, en todos los casos.

Las flores solitarias tuvieron una importancia poco significativa en *Midknight* y los brotes mixtos y los ramilletes florales fueron más relevantes en *Lane late*. Por el contrario, estos brotes no fueron emitidos por el cv. *Okitsu* (tabla 2).

Al analizar las variedades que no se encontraban en ambas fincas se observó que todas brotaron, excepto *Murcott*, donde las heladas produjeron la muerte de las plantas. Los menores porcentajes de brotación se registraron en *Newhall* y *Ellendale*, cultivadas en la finca 2 (48 y 47%, respectivamente).

En la variedad *Ellendale* la totalidad de las yemas produjeron brotes vegetativos, y en *Newhall* el 85% de las yemas brotadas fueron de este tipo.

Por otro lado, la mayor intensidad de brotación se observó en las variedades cultivadas en la finca 1; en las variedades *Delta Seedless* y *Clemenules* brotaron entre el 74% y el 77% de las yemas presentes.

El inicio de floración se registró el 5 de septiembre y la plena floración un mes más tarde. La mayor intensidad de floración se observó en *Delta Seedless* con 63,3 FCN. La menor intensidad de floración se obtuvo en *New Hall* con 10,9 FCN. Las demás variedades presentaron entre 30 y 45 FCN.

Al analizar la totalidad de las variedades, se observó que la intensidad de brotación disminuyó con la proporción de defoliación que mostraron las plantas luego de las heladas ($p < 0,0018$; $R^2 = 0,6042$), según el modelo $y = 146,32 - 0,92x$, donde 'y' representa la intensidad de brotación y 'x' el porcentaje de defoliación. Las demás variables de daño cuantificadas no se correlacionaron con la intensidad de brotación.

También se encontró una relación significativa entre la IF y la IB ($p=0,0352$), según el modelo: $y = -46,83 + 1,4x$, donde 'x' representa la IB e 'y' la IF, aunque el coeficiente de correlación resultó relativamente bajo ($R^2 = 0,3438$) debido a la variable proporción de brotes vegetativos que emitió cada variedad. En cambio, la IF estuvo mejor correlacionada con la IB en las variedades 'Navels' (*Lane late* y *Washington navel*), en las que predominaron los brotes mixtos y los ramilletes florales ($y = -76,16 + 2,21x$; $p < 0,0001$; $R^2 = 0,42$).

Las características de la brotación de la primavera 2012 y las intensidades de floración observadas en las variedades de cítricos evaluadas no respondieron al comportamiento característico de cada variedad en la zona (tabla 3, pág. 51), (17, 19).

Si se comparan los parámetros promedios de cada variedad en los años

sin ocurrencia de fuertes heladas con los de la brotación del año 2012, se observa que las heladas modificaron la brotación, siendo de menor intensidad en *Midknight* y *Washington navel* (-13 a -14%), y por el contrario, de mayor intensidad en *Salustiana* y en *Okitsu*. En el resto de las variedades, los cambios en la proporción de yemas brotadas fueron muy leves (tabla 3, pág. 51).

La intensidad de floración fue marcadamente inferior en todas las variedades con respecto a años anteriores. La floración fue reducida entre un 83 y un 91% en las variedades *Washington navel*, *Valencia late* y *Midknight*; por el contrario, la variedad menos afectada fue la mandarina *Okitsu*, donde la reducción de la intensidad de floración respecto a un año sin heladas fue del 43% (tabla 3, pág. 51).

Como consecuencia de esto, la proporción de brotes vegetativos aumentó enormemente su importancia relativa (75,3 a 995,5%). Además, se observó un cambio en la proporción relativa de los brotes florales desarrollados. La proporción de brotes campaneros aumentó (61,5 a 424,8%), a excepción de las mandarinas donde disminuyó entre un 3,7 a 31,8%.

La proporción de FS, BM, y de RF decreció de manera muy marcada (tabla 3, pág. 51).

La proporción de FS disminuyó entre 23,5 a 84,7%, la de BM entre 42,5 y 96,2%, y la de RF entre 66 y 93%. Por otro lado, en *Salustiana* la proporción de flores solitarias aumentó como consecuencia del daño de las heladas (tabla 3, pág. 51).

Esta respuesta a las heladas mostradas por las diferentes variedades de cítricos fue similar a lo observado cuando se aplica en forma foliar giberelinas previo al inicio de la brotación (10, 14).

Tabla 3. Datos promedios (2007-2011) de la intensidad de brotación, intensidad de floración, y proporción de los diferentes tipos de brotes emitidos por variedades de cítricos en la zona central de Santa Fe; y variación de estos parámetros ($\Delta\%$) causados por heladas invernales muy intensas.

Table 3. Average data (2007-2011) in percentage of sprouting, flowering intensity, and proportion of different types of shoots formed by Citrus cultivars at the central area of Santa Fe; and changes ($\Delta\%$) in the parameters caused by intense winter frost events.

		% IB	IF (FCN)	% BV	% FC	% FS	% BM	% RF
<i>Okitsu</i>	$\Delta\%$	68,7	74,3	19,3	23,2	50,9	5,6	1,0
		12,4%	-43,1%	163,0%	-3,7%	-42,7%	--	--
<i>Clemenules</i>	$\Delta\%$	78,0	113,3	18,4	43,9	21,3	16,1	0,4
		-0,90%	-64,5%	204,6%	-31,8%	-37,1%	-81,3%	--
<i>Washington navel</i>	$\Delta\%$	67,7	266,0	7,3	4,5	22,2	39,3	26,8
		-14,0%	-83,1%	649,9%	359,3%	-71,3%	-68,4%	-77,7%
<i>Lane late</i>	$\Delta\%$	67,7	290,7	7,2	5,7	20,8	39,5	26,8
		3,5%	-64,4%	417,9%	301,8%	-23,5%	-42,5%	-66,0%
<i>Salustiana</i>	$\Delta\%$	50,0	127,3	31,6	12,5	14,6	31,1	10,2
		25,2%	-73,0%	75,3%	68,5%	29,9%	-82,3%	--
<i>Delta Seedless</i>	$\Delta\%$	72,7	280,0	5,1	5,9	9,4	59,6	20,0
		3,0%	-77,4%	841,6%	424,8%	-60,6%	-72,6%	-93,1%
<i>Valencia late</i>	$\Delta\%$	63,3	220,0	22,9	8,5	7,7	49,3	11,6
		-8,4%	-86,4%	192,3%	158,6%	-78,3%	-81,1%	--
<i>Midnight</i>	$\Delta\%$	67,3	223,0	6,5	14,3	12,3	50,0	16,8
		-13,4%	-91,0%	995,8%	61,5%	-84,7%	-96,2%	-88,7%

Sin desarrollo en el año 2012 (--). Porcentaje de yemas brotadas (IB), intensidad de floración (IF) expresada como flores cada cien nudos (FCN). Proporción de brotes vegetativos (BV), campaneros (FC), flores solitarias (FS), brotes mixtos (BM) y ramilletes florales (RF).

Without data during sprouting of 2012(--). Proportion of sprouted buds (IB), flower intensity (IF) expressed as flowers per 100 nodes (FCN), vegetative shoots (BV), leafy single flowered (FC), leafless single flowered (FS), leafy inflorescence (BM) and leafless inflorescence (RF).

En numerosas condiciones fue comprobado el efecto del ácido giberélico disminuyendo la intensidad de floración como consecuencia de la disminución del porcentaje de los brotes generativos (RF y FS) y un aumento de los brotes que contienen hojas (BV, FC y BM) (8, 9). Este comportamiento es igualmente observado en las brotaciones correspondientes a los años "off" (11, 16).

Cuajado de frutos y rendimiento

A partir de la tercera semana de octubre se produjo el cuajado de los frutos. Este componente del rendimiento no presentó diferencias entre fincas ($p = 0,6277$; 9,5% en C1 y 11,9% en C2) como tampoco entre las variedades comunes a ambas fincas ($p = 0,4347$). El número final de frutos por planta, en cambio sí fue afectado por el efecto finca ($p < 0,0001$) y variedad ($p < 0,0001$).

La carga de frutos fue en promedio un 70% superior en la finca 1 (110,8 frutos.pl⁻¹) en relación con la finca 2 (23,3 frutos.pl⁻¹), siendo la variedad *Okitsu* la de mayor carga, en segundo lugar *Lane late* y por último *Midknight* (93,7; 58,2 y 17,7 frutos.pl⁻¹, respectivamente).

La interacción finca x variedad no fue significativa ($p = 0,5597$).

El peso de los frutos no fue afectado por la variable finca ($p = 0,4164$), pero hubo una interacción significativa finca x variedad ($p < 0,0001$), debido a que en *Lane late* el mayor peso de frutos se observó en la finca 1, mientras que las demás variedades presentaron frutos de mayor peso en la finca 2 (tabla 4).

El rendimiento por planta y por hectárea fue afectado significativamente por las variables finca ($p < 0,0001$), variedad ($p < 0,0001$), y además se observó una interacción significativa entre ambas variables ($p < 0,0001$).

Los rendimientos por planta de la finca 1 fueron superiores en un 74% en comparación a los obtenidos en la finca 2 (17,9 y 4,7 kg.pl⁻¹, respectivamente).

Los rendimientos medios fueron superiores en las variedades *Lane late* y *Okitsu* (16,1 y 14,2 kg.pl⁻¹, respectivamente) con respecto a *Midknight* (3,5 kg.pl⁻¹).

La interacción se explica porque *Lane late* fue la variedad de mayor rendimiento en la finca 1, mientras que en la finca 2 lo fue *Okitsu* (tabla 4).

En cuanto a las variedades que no fueron comunes a ambas fincas, el cuajado de los frutos fue nulo en *Newhall*, mientras que en las demás variedades se registraron valores entre 4 y 15%, sin que las diferencias fuesen estadísticamente significativas.

Comparando los componentes del rendimiento promedio de las diferentes variedades para años sin fuertes daños por heladas con respecto a los registrados durante la campaña 2012/2013, se observó que, a excepción de las mandarinas, el porcentaje de cuajado de frutos fue entre un 69 a 92% superior en el año con daños por las heladas en relación con los registrados en años anteriores en la zona (tabla 5, pág. 53) (17, 19).

Tabla 4. Porcentaje de cuajado de frutos, número de frutos por planta, peso medio de frutos y rendimiento de fruta en diferentes variedades de cítricos cultivadas en dos fincas de la región central de Santa Fe afectadas por fuertes heladas invernales.

Table 4. Fruit set, number of fruits per plant, fruit weight and fruit yield of different Citrus cultivars affected by winter frost events in two farms at the central region of Santa Fe (Argentina).

Finca	Variedad	Cuajado de frutos (%)	Frutos. planta ⁻¹	Peso fruto (g)	Kg.planta ⁻¹	Kg.ha ⁻¹
1	<i>Okitsu</i>	10,4 a	152,7 a	143,2 c	21,9 b	14454 a
	<i>Lane late</i>	4,6 a	96,2 b	289,8 a	27,9 a	15345 a
	<i>Midknight</i>	10,9 a	29,6 c	195,5 b	5,8 c	3183 b
2	<i>Okitsu</i>	7,0 a	40,5 c	183,6 b	7,4 c	4907 b
	<i>Lane late</i>	6,3 a	23,6 c	224,0 b	5,2 c	2908 b
	<i>Midknight</i>	3,0 a	5,75 c	211,7 b	1,2 c	670 b

Diferentes letras en la columna indican diferencias significativas entre variedades, según la prueba DGC ($p \leq 0,05$).

Different letters within the same column indicates significant difference by DGC test ($p \leq 0.05$).

Esto se puede deber a la baja intensidad de floración observada en el año con heladas (tabla 2, pág. 49 y tabla 3, pág. 51), que generaría una menor competencia por recursos entre los órganos reproductivos (11, 21).

También se puede explicar por la elevada proporción de brotes campaneros (tabla 2, pág. 49 y tabla 3, pág. 51), que junto con los brotes mixtos tienen un cuajado de frutos que supera a los brotes florales sin hojas (11, 16, 18, 22).

Sin embargo, el elevado porcentaje de establecimiento de frutos no se tradujo en altos valores de frutos por planta (tabla 4, pág. 52 y tabla 5), debido principalmente a la escasez de flores (tabla 2, pág. 49 y tabla 3, pág. 51).

En general, se observó una elevada variabilidad entre plantas en lo referente a su carga de fruta, la cual disminuyó entre un 4 a un 85% en relación con los años previos (tabla 5).

Tabla 5. Valores promedios (S/H; 2007-2011) de los porcentajes de cuajado de frutos, número de frutos por planta, peso medio de frutos y rendimiento de fruta de diferentes variedades de cítricos en la zona central de Santa Fe (Argentina), y cambio ($\Delta\%$) de estos parámetros causados por heladas invernales muy intensas.

Table 5. Average data (S/H; 2007-2011) of fruit set, number of fruits per plant, fruit weight and fruit yield of different Citrus cultivars at the central area of Santa Fe (Argentina); and changes ($\Delta\%$) in the parameters caused by intense winter frost events.

		Cuajado de frutos (%)	Frutos. pl ⁻¹	Peso fruto (g)	Rendimiento	
					Kg.pl ⁻¹	Kg.ha ⁻¹
<i>Okitsu</i>	S/H	10,5	159	184	29,7	19602
	$\Delta\%$	-0,9%	-4,0%	-22,2%	-26,3%	-26,3%
<i>Clemenules</i>	S/H	5,2	217	132	29,2	16060
	$\Delta\%$	-36,5%	-85,0%	3,2%	-84,9%	-84,5%
<i>Washington navel</i>	S/H	0,5	35	284	10,9	5995
	$\Delta\%$	93%	69,0%	5,9%	63,3%	63,3%
<i>Lane late</i>	S/H	1,4	73	280	20,9	11495
	$\Delta\%$	69,6%	31,8%	3,5%	33,5%	33,5%
<i>Salustiana</i>	S/H	4,1	198	189	40,4	22220
	$\Delta\%$	79,0%	-80,7%	11,6%	-80,0%	-80,0%
<i>Delta Seedless</i>	S/H	1,9	106	190	20,3	11165
	$\Delta\%$	83,0%	67,5%	-23,9%	67,6%	67,6%
<i>Midnight</i>	S/H	3,3	40	205	10,1	5556
	$\Delta\%$	69,7%	-26,0%	-4,6%	-42,6%	-42,6%
<i>Valencia late</i>	S/H	2,3	204	211	47,4	26070
	$\Delta\%$	89,2%	-48,6%	-1,2%	-53,8%	-53,8%

Por otro lado, las variedades *Delta Seedless*, *Washington navel* y *Lane late* presentaron una mayor cantidad de frutos por planta en comparación a los años sin fuertes heladas previas a la brotación, lo cual se tradujo en aumentos de rendimiento de estas variedades (tabla 5, pág. 53).

En años sin heladas, en cambio, los mayores rendimientos promedios ocurren en las variedades *Valencia late*, *Salustiana* y *Okitsu* (tabla 5, pág. 53), siendo *Salustiana* y *Clemenules* las variedades que mayor pérdida relativa de rendimiento mostraron como consecuencia de las fuertes heladas.

El rendimiento por planta está estrechamente relacionado con el número de frutos por planta (9, 11, 16), lo cual también fue observado en esta experiencia ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,95$).

Es interesante destacar que la variable que mejor explicó el rendimiento por planta luego de los daños por heladas fue la intensidad de floración que fue capaz de alcanzar cada variedad ($y = -1,69 + 0,4x$; $p = 0,0379$; $R^2 = 0,34$), lo cual estuvo relacionado con la intensidad de floración media de cada variedad en la zona. Así, las variedades que normalmente desarrollan elevadas intensidades de floración (superiores a 250 FCN) presentaron mayor número de frutos y mayor rendimiento por planta luego de las fuertes heladas, según el modelo $y = 1,265 \cdot e^{0,0111x}$ ($R^2 = 0,6153$), siendo "x" la intensidad de floración (FCN) promedio de la variedad en la zona e "y" el rendimiento en $\text{kg} \cdot \text{pl}^{-1}$.

Por el contrario, las variedades que normalmente presentan escasa intensidad de floración, mostraron un bajo rendimiento en el año de daños por fuertes heladas.

Si se analiza el cambio de rendimiento de cada variedad en relación con su valor promedio en la zona, se observa que el mismo fue negativo en las variedades que normalmente presentan intensidades de floración menores a 250 FCN, siendo mayor la pérdida de rendimiento cuanto menor es la intensidad de floración promedio de la variedad (tabla 3, pág. 51 y tabla 5, pág. 53).

Por el contrario, las variedades que normalmente presentan intensidades de floración superiores a las 250 FCN fueron capaces de aumentar su rendimiento hasta en 67% en los años con ocurrencia de fuertes heladas invernales a pesar de los daños que sufren las plantas. La ecuación que relaciona ambos parámetros resultó ser:

$$y = -210 + 0,89x$$

donde:

'y' = variación porcentual de rendimiento en el año con heladas respecto del valor medio.

'x' = intensidad de floración media de la variedad en la zona ($P = 0,0063$ y $R^2 = 0,8$).

La variedad *Okitsu* no respondió a lo mencionado precedentemente debido a que es una de las variedades cítricas más tolerantes al frío (1, 5, 23, 26), por lo que su comportamiento y rendimiento resulta relativamente poco afectado por las fuertes heladas en relación con el resto de los cítricos.

CONCLUSIONES

Los principales efectos de las heladas ocurridas durante los días 7 y 8 de junio del 2012 sobre las plantaciones de cítricos fueron la pérdida de la fruta en las variedades de maduración tardía, intensa defoliación y necrosis de ramas en las copas de los árboles, y mortandad de la totalidad de las plantas en el tangor *Murcott*.

En el siguiente ciclo de crecimiento las plantas recuperaron su estructura y área foliar. La brotación disminuyó con el grado de defoliación mientras que la intensidad de floración disminuyó por la menor

brotación y por la menor proporción relativa de los brotes multiflorales (brotes mixtos y ramilletes florales). El porcentaje de cuajado de frutos aumentó considerablemente en la mayoría de los casos. El rendimiento logrado por cada variedad no se relacionó con los daños de defoliación o de brotes afectados, sino con la intensidad de floración que cada variedad fue capaz de alcanzar, lo cual estuvo en relación directa con la intensidad de floración media de cada variedad en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí, M. 2003. 2º ed. Citricultura. Madrid, España. Ed. Mundi-prensa. 422 p.
2. Alayón Luaces, P.; Rodríguez, V. A.; Píccoli, A. B.; Chabbal, M. D.; Giménez, L. I.; Martínez, G. C. 2014. Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 46(1): 87-96.
3. Arco Molina, J. G.; Hadad, M. A.; Gonzalez Antivilo, F.; Roig, F. A. 2015. Muerte foliar en plantines de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch por efecto de temperaturas de congelamiento. Resultados preliminares. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 47(1): 59-65.
4. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar> (fecha de consulta: 20/03/2013).
5. FAO. 2010. Protección contra heladas: fundamentos, práctica y economía. Vol. 1. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s00.htm>, (fecha de consulta 07/07/2013).
6. Garrán, S. M.; Anderson, C. M.; Garín, R. O. 2005. Metodología para el registro de observaciones fenológicas en cítricos. Actas V Congreso Argentino de Citricultura, Concordia. p.2.
7. Garrán, S. M.; Garín, R. O. 2012. Informe heladas 7, 8 y 9 de Junio de 2012 en la región citrícola del río Uruguay. Informe Técnico. Sistema INTA -FruTIC. 11 p. Disponible en: <http://comunidad.fruitic.org.ar> (fecha de consulta 07/07/2013).
8. Golberg, A. 2010. El viento y la vida de las plantas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 42(1): 221-243.
9. Goldschmidt, E. E.; Koch, K. E. 1996. *Citrus*. In Zamski, E.; Schaffer, A. A. (eds.). Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships. New York. Basel Hong Kong. Ed. Marcel Dekker. Inc. 797- 822.
10. Gravina, A. 2007. Aplicación del ácido giberélico en Citrus: revisión de resultados experimentales en Uruguay. Agrociencia. 11(1): 57-66.
11. Iglesias, D. J.; Cercos, M.; Colmenero-Flores, J. M.; Naranjo, M.; Ríos, G.; Carrera, E.; Ruiz-Ribero, O.; Lliso, I.; Morillon, R.; Tadeo, F. R.; Talon, M. 2007. Physiology of *Citrus* fruiting. Review. Braz. J. Plant Physiol. 19(4): 333-362.

12. INTA Concordia. 2012. Informe sobre los daños causados en las plantaciones cítricas de la región del Río Uruguay por las heladas ocurridas los días 7, 8 y 9 de junio de 2012. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/documentos> (fecha de consulta 07/07/2013).
13. Köppen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde, Walter De Gruyter & Co. Berlin und Leipzig. Aufl. XII. 388 p.
14. Koshita, Y.; Takahara, T.; Ogata, T.; Goto, A. 1999. Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Horticulturae*. 79: 185-194.
15. Liljesthröm, G. G.; Bouvet, J. P. R. 2014. Variaciones numéricas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Sternorrhyncha: Psyllidae) y del Ectoparásitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en una plantación de naranjos de Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 46(1): 1-14.
16. Martínez Fuentes, A.; Mesejo, C.; Muñoz-Fambuena N.; Reig, C.; Gonzales-Mas, M. C.; Iglesias, D. J.; Primo-Millo, E.; Agustí, M. 2013. Fruit load restricts the flowering promotion effect of paclobutrazol in alternate bearing *Citrus* spp. *Scientia Horticulturae*. 151: 122-127.
17. Micheloud, N.; Pilatti, R. 2014. Cítricos. En: Gariglio, N. F.; Bouzo, C.; Travadelo, M. R. (eds.). *Cultivos frutales y ornamentales para zonas templado-cálidas. Experiencias en la zona central de Santa Fe. Santa Fe, Argentina. Ediciones UNL*. 25-49.
18. Nebauer, S. G.; Avila, C.; García-Luis, A.; Guardiola, J. L. 2006. Seasonal variation in the competence of the buds of three cultivars from different *Citrus* species to flower. *Trees*. 20: 507-14.
19. Pilatti, R. A.; Dovis, V. L.; Gariglio, N. F.; Buyatti, M. A.; Micheloud, N. G. 2009. Efecto de la fertilización foliar con nitrógeno sobre la floración, el establecimiento de frutos y el rendimiento en cítricos. *Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias*. 8(2): 19-28.
20. Pimentel, C.; Bernacchi, C.; Long, S. 2007. Limitations to photosynthesis at different temperatures in the leaves of *Citrus limon*. *Braz. J. Plant Physiol*. 19(2): 141-147.
21. Ribeiro, R. V.; Machado, E. C. 2007. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions. *Review. Brazilian. J. Plant Physiology*. 19(4): 393-411.
22. Rivas, F.; Martínez-Fuentes, A.; Mesejo, C.; Reig, C.; Agustí, M. 2010. Efecto hormonal y nutricional del anillado en frutos de diferentes tipos de brotes de cítricos. *Agrociencia*. 14(1): 8-14.
23. Saltveit, M. E.; Morris, L. L. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. In: Wang, C. Y. (Ed.). *Chilling Injury of Horticultural Crops*. Boca Raton, FL USA. CRC Press Inc. 3-15.
24. Thomashow, M. F. 1999. Plant Cold Acclimation: Freezing Tolerance Genes and Regulatory Mechanisms. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*. 50: 571-599.
25. Toledo, S. A. 2011. Las heladas en fruticultura. Chile. Universidad Católica de Valparaíso. Disponible en: <http://www.ecoplant.cl> (fecha de consulta 07/07/2013).
26. Torres-Ramírez, M. A. 2010. Riesgos climáticos en cítricos. *Sintomatología y evolución de daños*. Madrid, España. Ed. Mundi prensa. 21 p.
27. Wang, J.; Li, L.; Dan, Y. 2003. The correlation between freezing point and soluble solids of fruits. *J. Food Engineering*. 60: 481-484.