

AROMÁTICAS

Efecto del tamaño de los cormos y de la incubación sobre el tiempo a floración y la producción de azafrán en hebras (*Crocus sativus* L.)

L.M. Poggi y J.A. Portela

EEA La Consulta INTA. CC 8 (5567) La Consulta, Mendoza, Argentina. lpoggi@laconsulta.inta.gov.ar

Recibido: 24/10/09

Aceptado: 15/09/10

Resumen

Poggi, L.M. y Portela, J.A. 2010. Efecto del tamaño de los cormos y de la incubación sobre el tiempo a floración y la producción de azafrán en hebras (*Crocus sativus* L.). *Horticultura Argentina* 29(69): 26-32.

La floración del azafrán se concentra en un período entre 15 y 20 días, dependiendo marcadamente de la temperatura. Esto genera, consecuentemente, una importante concentración de la demanda de trabajadores para cosecha y desbrizne. Resulta necesario profundizar los estudios de fisiología de la floración del azafrán para ajustar criterios de control de la formación de flores en el cultivo. Los objetivos de este trabajo fueron verificar las posibilidades de modificar y escalonar el período de floración en condiciones controladas, y estudiar la producción en función del tamaño del propágulo y de la duración del período de incubación. Se evaluaron cormos de dos tamaños según diámetro

ecuatorial, entre 4,4 y 3,5 cm (T4) y entre 3,4 y 2,5 cm (T3), en seis tiempos de incubación de entre 59 y 101 días en "cámara de verano" (CVe; 23-27 °C y 80 % HR). El diseño utilizado fue completamente aleatorizado, con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Se realizó análisis de varianza y prueba de medias por Fisher y Scott & Knott ($\alpha = 0,05$). Se verifica la posibilidad de adelantar y escalonar la floración en condiciones controladas. La distinción de tamaños de cormo propuesta permite discriminar niveles de producción relativos a la biomasa del propágulo. En condiciones controladas, los cormos T4 son tres veces más productivos que los T3. La duración óptima de la incubación está entre 80 y 90 días; períodos más prolongados atentan contra el rendimiento en hebras.

Palabras clave adicionales: Fisiología de la floración, crecimiento, temperatura, ambiente controlado.

Abstract

Poggi, L.M. and Portela, J.A. 2010. Effect of corm size and the incubation on flowering period and saffron thread production (*Crocus sativus* L.). *Horticultura Argentina* 29(69): 26-32.

Flowering in a saffron crop is concentrated in a 15-20 days lapse, strongly depending on temperature. Consequently, workers demand for flowers harvest and stigmas removal also increase markedly in that period. A more profound knowledge on saffron flowering physiology is needed in order to establish criteria to control flowers formation. The aim of this work was to verify possibilities of modifying and extending the flowering period under controlled environment, as well as to study thread production in function of corm size and the duration of incubation. Two size categories according to the equatorial diameter of corms were proven: T4, corm diameter between 4.4-3.5 cm, and T3, corm diameter between 3.4-2.5 cm. Six incubation pe-

riods, within a range from 59 to 101 days of corm permanence under "summer chamber" conditions (SCH; 23-27 °C and 80 % RH), were also proven. The experimental design was a completely randomized one, with factorial arrangements and four replicates. Analysis of variance and Fisher and Scott & Knott tests of means ($\alpha = 0.05$) were conducted. The possibility to advance and extend saffron flowering under controlled conditions was verified. The two size-categories proposed here allowed discriminating production potentials according to the propagule biomass. Under controlled environment, T4-corms were three times more productive than T3-corms. The optimum duration of incubation is from 80 to 90 days; longer treatments reduce threads yield.

Additional keywords: Flowering physiology, growth, temperature, controlled environment.

1. Introducción

En el azafrán, el principal producto a cosechar es el estigma, que es lo que se emplea como especia. La floración del cultivo es muy concentrada, ya que transcurre en un período de entre 15 y 20 días dependiendo marcadamente de las condiciones térmicas del ambiente (Molina *et al.*, 2004).

Si bien la cantidad de flores que se abren por día es muy variable, en San Carlos (Mendoza, Argenti-

na) fue posible establecer un patrón de floración caracterizado por el 50 % de antesis en dos días en particular (conocidos vulgarmente como "días de manto"); otro 25 % de antesis ocurre en cinco días, y el 25 % restante en los demás días del período de floración citado (Poggi & Silvapintos, 2007). Esto, en San Carlos, tiene lugar a fines de abril y principios de mayo.

Las cifras anteriores ponen de manifiesto la complejidad de planificar los requerimientos de mano

de obra para la cosecha: se trata de un período corto, de muy alta concentración de tareas, las que además son de intensidad variable.

Desde la domesticación del cultivo, la gran demanda de mano de obra ha sido determinante del mismo: los costos de cosecha y desbrizado de las flores son la causa de que ésta sea la especie más cara del mundo (Winterhalter & Straubinger, 2000). En tanto, el incremento del valor de la mano de obra, hecho mundialmente generalizado, ha tornado la producción inviable en ciertas zonas tradicionales, a pesar del alto precio del producto en el mercado (Fernández, 2004). Las posibilidades del cultivo en la Argentina no escapan a esta situación.

No obstante, se ha probado que es factible controlar artificialmente la floración del azafrán mediante el tratamiento térmico de los cormos (propágulos), emulando condiciones térmicas de verano y de otoño en cámaras de crecimiento (Molina *et al.*, 2004). Combinando momentos de recolección de los cormos y períodos de incubación de los mismos en condiciones de verano, es posible acortar el período hasta floración y su escalonamiento (Molina *et al.*, 2004; Molina *et al.*, 2005).

Un planteo tecnológico que aúne el tratamiento en cámara de crecimiento con el cultivo directo a campo podría permitir el aprovechamiento más eficiente de la mano de obra, así como de los propágulos y del espacio disponible para la actividad. Resulta necesario, entonces, profundizar los estudios de la fisiología de la floración del azafrán, para ajustar los criterios de control de la formación de flores en el cultivo.

A fin de comenzar la puesta a punto de una metodología que posibilite el uso más eficiente de los recursos productivos, distribuyendo la floración del azafrán en un lapso más amplio, los objetivos de este trabajo fueron verificar las posibilidades de modificar y escalonar el período de floración en condiciones térmicas controladas, y estudiar la producción en función del tamaño del propágulo y de la duración del período de incubación.

2. Materiales y métodos

El experimento fue realizado con cormos provenientes de una finca ubicada en el paraje de El Cepillo, San Carlos (Mendoza, Argentina). Los mismos fueron cosechados la última semana de noviembre, una vez alcanzada la total senescencia de las hojas del cultivo.

Previo al ingreso a la cámara de crecimiento en condiciones de verano (CVe), los cormos se calibraron y trataron preventivamente contra *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. y *Rhizoctonia* sp., aplicando carbendazim a razón de 20 mL·L⁻¹ en baño de inmersión durante 20 minutos. Se establecieron dos categorías de cormos por tamaño, considerando el diámetro ecuatorial de los mismos. Se denominó T4 a la categoría de cormos con diámetro entre 4,4 y 3,5 cm, y T3 a la categoría con diámetro entre 3,4 y 2,5 cm. El peso promedio de los cormos de cada categoría fue equivalente a 20 g y 10 g, respectivamente.

Los propágulos se colocaron en bandejas plásticas de 29 cm por 43 cm, con 15 cm de profundidad, dispuestos directamente sobre unos 3 cm de un sustrato compuesto en 50 % por fibra de coco (Golden Mix) y en el otro 50 % por un preparado orgánico comercial (Terraferil; 15-20 % de materia orgánica, relación C:N de 7,7). La cantidad de propágulos por bandeja fue de 385 cormos·m⁻² en la categoría T4 y 560 cormos·m⁻² en la T3.

Se utilizaron secuencialmente dos tipos de cámaras: de incubación, primero, y de floración después. La de incubación (CVe) buscó emular condiciones térmicas de verano y se mantuvo a temperaturas entre 23 °C y 27 °C, con humedad relativa no menor a 80 % y en condiciones de completa oscuridad. Luego, la cámara de floración, establecida para emular condiciones térmicas de otoño (COt), se mantuvo a 17 °C y con luz artificial (densidad de flujo de fotones de 20 μmol·m⁻²·s⁻¹), con un fotoperíodo programado de 8/16 horas (luz/oscuridad) para evitar la etiolación de los brotes.

En la CVe se probaron seis períodos de incubación, de 59; 73; 87; 91; 94 y 101 días, respectivamente. Cuando finalizó cada período de incubación, las bandejas pasaron a la COt y se cubrieron los cormos con otros 5 cm del sustrato antes mencionado. Se las regó hasta empapar el sustrato. No se les realizó fertilización.

Tabla 1. Valores de probabilidad para cada fuente de variación resultantes del análisis de varianza de las variables de producción estudiadas.

Fuentes de variación	Brotes principales por cormo	Flores por cormo	Flores por brote	Hebras por flor (mg)	Hebras por cormo (mg)
Tamaño	0,0001	0,0001	0,0001	0,0015	0,0001
Tiempo de incubación	0,0297	0,3562	0,1289	0,0001	0,0012
Interacción Tamaño-Tiempo de incubación	0,5165	0,8846	0,8424	0,4163	0,421

Tabla 2. Efecto del tamaño del cormo sobre la producción de azafrán.

Tamaño de cormo	Brotos principales por cormo ^z	Flores por brote	Flores por cormo	Hebras por flor (mg)	Hebras por cormo (mg)
T3	1,22 b	0,89 b	1,08 b	9,21 b	9,99 b
T4	1,96 a	1,54 a	3,01 a	9,64 a	29,06 a
C.V. y	9,08	13,49	14,91	4,63	17,01
Relación T3:T4	1:1,6	1:1,73	1:2,79	1:1,05	1:2,9

^zLetras distintas indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de DMS de Fisher ($\alpha = 0,05$). ^yC.V.: Coeficiente de variación.

El diseño estadístico planeado fue completamente aleatorizado con arreglo factorial y cuatro repeticiones de 12 cormos cada una. Los factores probados fueron el tamaño del cormo y la duración de la incubación, en los niveles antes comentados. Como variables respuesta se midieron el número de brotes principales por cormo, el número de flores por brote, el número de flores por cormo, el peso de la hebra (mg), y el peso de las hebras por cormo (mg).

Paralelamente a este ensayo, una muestra de los mismos cormos T3 y T4 fue plantada a campo, en el paraje de El Cepillo (San Carlos, Mendoza), para contrastar la evolución de la floración en condiciones naturales con la observada en la cámara de crecimiento.

Se realizó análisis de la varianza de todas las variables. Como pruebas de comparación múltiple de medias se emplearon la de DMS de Fisher y la de Scott & Knott; ambas con $\alpha = 0,05$. Asimismo, se analizó la regresión lineal para algunas de las variables estudiadas. Estos análisis fueron realizados con el software estadístico Info-Gen (Balzarini & Di Rienzo, 2004).

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los valores de probabilidad de cada fuente de variación resultantes del análisis de varianza realizado a las variables de producción en estudio. Existieron diferencias estadísticamente significativas entre tamaños de cormo y entre tiempos de incubación, pero no hubo significancia en la interacción entre estos factores; por lo tanto, el análisis de los datos continuó sobre cada factor por separado.

3.1 Efecto del tamaño de los cormos sobre la producción

Los cormos T4 fueron más productivos que los T3 (Tabla 2). El número medio de flores obtenido en cormos T4 fue casi tres veces mayor que en cor-

mos T3. Las hebras de azafrán obtenidas de flores de cormos T4 resultaron ser 5 % más pesadas que las obtenidas en los T3. La sumatoria de todos estos factores determinó que la producción medida en hebras de azafrán por cormo fuera casi el triple en los T4. Estas diferencias en el potencial productivo en

relación al tamaño del propágulo deberán ser tenidas en cuenta al planificar un nuevo cultivo, ya que cada clase de cormo podrá requerir también manejos agronómicos diferenciales.

En líneas generales, estos resultados son coincidentes con el hecho ya comprobado de que a mayor tamaño del cormo es mayor la producción de flores (De Mastro & Ruta 1993; Negbi *et al.*, 1989; De Juan *et al.*, 2003). No obstante, es importante destacar que la separación de categorías de tamaño aquí propuesta, entre T3 y T4, logró discriminar significativamente los potenciales productivos de cada una y muestra ser de gran utilidad agronómica, por permitir diferenciar claramente niveles de producción relativos a la biomasa del cormo.

3.2 Efecto de los tiempos de incubación sobre la producción

Focalizando sobre el potencial productivo de los cormos de mayor tamaño (T4), en la Tabla 3 se muestran los rendimientos en hebras por cormo en función de la duración del período de incubación. Los distintos períodos probados quedan estadísticamente separados en dos grupos: los que tuvieron hasta 73 días de incubación, por un lado, y los que tuvieron de 87 a 101 días, por el otro.

En el primer grupo el rendimiento fue menor ($P = 0,043$) que en los que se mantuvieron los cormos

Tabla 3. Efecto del tiempo de incubación y la producción de hebras en cormos T4.

Días de incubación	Hebras por cormo (mg) ^z
59	22,9 b
73	26,4 b
87	33,3 a
91	30,4 a
94	32,1 a
101	29,3 a

^zLetras distintas indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de Scott & Knott ($\alpha = 0,05$).

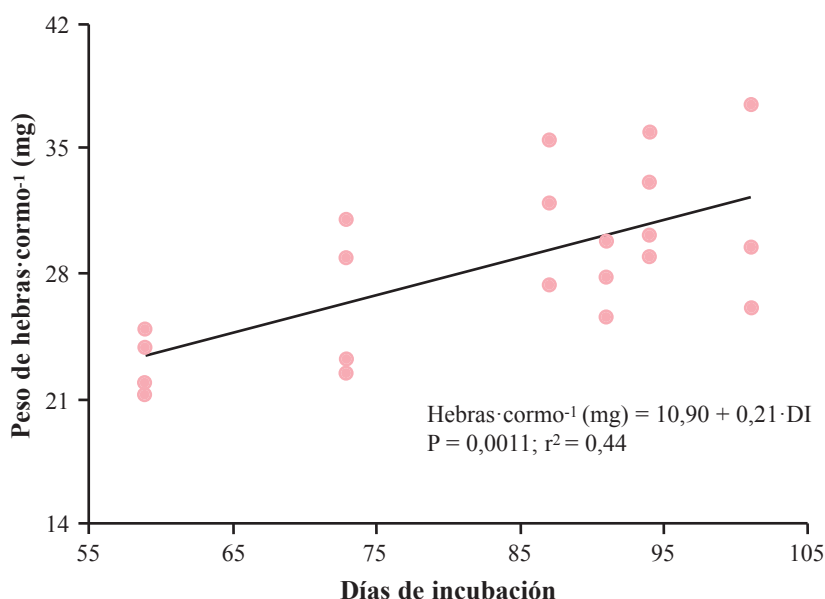


Figura 1. Relación entre la producción de hebras (mg) en cormos T4 y la duración del tratamiento en cámara de verano. DI: días de incubación en cámara.

incubando por 87 días o más. No obstante, los rendimientos obtenidos en las cámaras de crecimiento fueron siempre altos y comparables con los comunicados por Molina *et al.* (2004) para los mismos períodos de incubación, y mayores que los registrados localmente a campo con propágulos de igual origen y tamaño (datos no presentados).

Ajustando los datos a una recta de regresión lineal del rendimiento por cormo (mg) sobre los días de incubación, el modelo de primer grado tuvo probabilidad de repetibilidad estadísticamente significativa ($P = 0,0011$), con $r^2 = 0,44$. La relación entre estas variables fue positiva (Figura 1), indicando que el rendimiento aumenta linealmente al prolongarse la incubación en Cve; al menos, en el rango de días de incubación aquí probados.

Sin embargo, al realizar la regresión del rendimiento en peso de la hebra de azafrán sobre los días de incubación en Cve el modelo con mejor ajuste fue de segundo grado (Figura 2), con $P = 0,0001$ y $r^2 = 0,90$. Al ser un polinomio de segundo grado, la curva resulta ser una parábola con un rango óptimo que podría marcarse entre los 80 y 90 días. Empleando la ecuación de regresión obtenida, se define que el máximo peso por hebra se alcanzaría

con 84 días de incubación.

Es decir, que la producción total de hebras por cormo en las condiciones aquí probadas aumenta linealmente con la duración del tratamiento en Cve, lo que podría explicarse por un mayor número de flores formadas por cormo al prolongarse la incubación. Pero, si se considera la productividad por flor (peso de la hebra), la relación alcanza un máximo, indicando que períodos de incubación excesivamente prolongados (más de 90 días) atentan contra la productividad individual.

La explicación de esto último podría encontrarse en una respuesta de aclimatación de la planta a condiciones ambientales de verano demasiado extendidas en el tiempo. De hecho, Molina *et al.* (2005) encuentra que incubaciones muy largas (mayores a 150 días a 25 °C) o temperaturas muy altas (de 30 °C) comienzan a producir aborto de flores en los cormos; luego, incubaciones de 180 días producen ya aborto total de flores, tanto a 25 °C como a 30 °C.

Esta respuesta de aclimatación, a su vez, podría estar asociada al envejecimiento de los propágulos; esta hipótesis, no obstante, deberá ser contrastada en futuros trabajos.

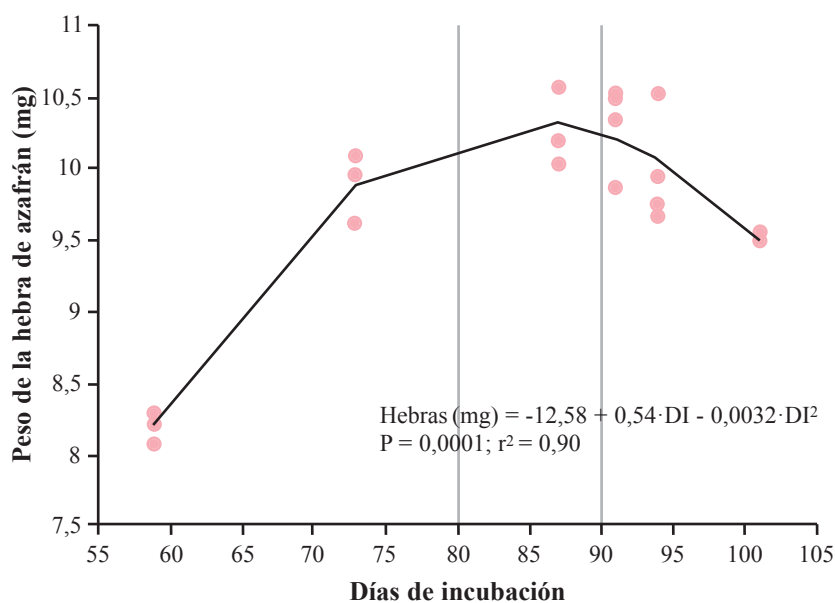


Figura 2. Efecto de los días de incubación sobre el peso de la hebra de azafrán (mg). DI: días de incubación en cámara.

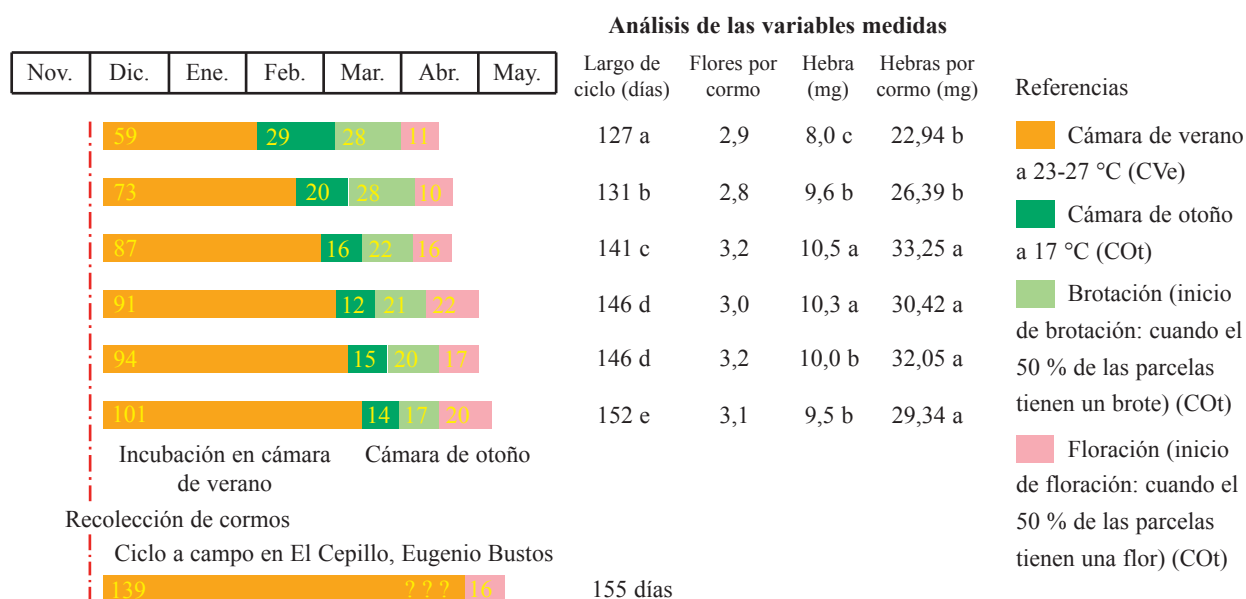


Figura 3. Efecto de la incubación sobre el escalonamiento de la producción de azafrán.

3.3 Efecto de los tiempos de incubación sobre la ocurrencia de la floración

Comparando los tiempos hasta floración entre los tratamientos en CVe y los propágulos plantados a campo, la incubación a temperatura constante (entre 23 °C y 27 °C) posibilitó adelantar la floración en hasta 29 días (Figura 3). El tratamiento de mayor duración de la incubación en cámara (101 días) generó resultados equivalentes a los observados en condiciones naturales, en cuanto al período transcurrido hasta antesis. Los demás tratamientos anticiparon la floración, permitiendo escalonarla.

En la Figura 3 se representa la duración del período en CVe en color naranja, mientras que en verde y rosa se representa el período transcurrido en COt (a 17 °C). El período coloreado con verde oscuro marca un lapso sin brotación, en que el cultivo comienza a formar raíces; luego, con verde claro se marca el período en que la brotación comienza a ser observable a simple vista y, finalmente, en rosa, se indica la duración del período en que tuvo lugar la antesis de las flores.

Analizando en conjunto los días de incubación y el total de días hasta el final de la floración, la relación entre estos períodos re-

sultó ser positiva y de primer grado (Figura 4). La pendiente de la recta de este modelo indica que, en el rango de períodos de incubación probados, por cada día de anticipación de la salida de CVe a COt el lapso hasta fin de floración se acorta en 0,58 días.

Luego, analizando en conjunto los días de incubación y los días en la cámara de otoño sin considerar la floración, la relación vuelve a ser lineal pero esta vez negativa, indicando que por cada día de prolongación de la incubación disminuye en 0,64 días el lapso hasta inicio de antesis (Figura 5). Estos

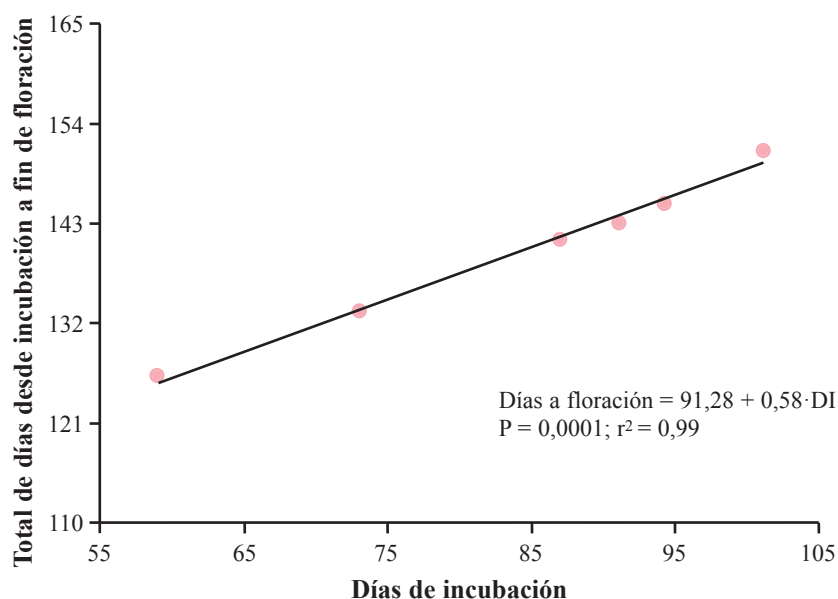


Figura 4. Relación entre el período completo desde el inicio de la incubación hasta el final de la floración y la duración del tratamiento en cámara de verano. DI: días de incubación en cámara.

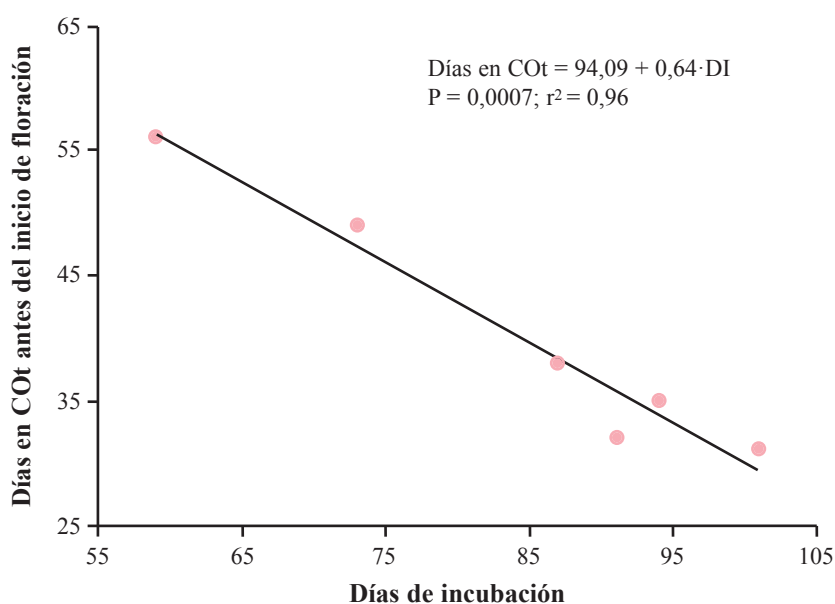


Figura 5. Relación entre los días en la cámara de otoño (hasta el inicio de la floración) y la duración del tratamiento en cámara de verano. DI: días de incubación en cámara.

datos son coincidentes con los obtenidos por Molina *et al.* (2004).

Estos modelos ajustados podrán ser de gran utilidad para predecir la ocurrencia de la floración en función del tiempo de incubación, así como para planificar el uso de las cámaras de crecimiento. No obstante, si bien estos resultados verifican el hecho de que la floración se adelanta al acortarse la incubación en cámara, existen límites para estas respuestas; por ejemplo, como ya se expresó, la incubación demasiado prolongada atenta contra la formación de flores.

Los resultados presentados hasta aquí marcan que la producción en cámara de crecimiento podrá resultar un importante complemento del cultivo a campo, permitiendo al productor adelantar y escalonar la floración respecto a los propágulos plantados en el campo, consiguiendo de esa manera el uso más eficiente de los recursos disponibles en la explotación.

No obstante, deberá aún verificarse la calidad de las hebras de azafrán producidas en cámara, la factibilidad económica de la producción en condiciones controladas, y estudiar un rango más amplio de tiempos de incubación en experimentos futuros.

Asimismo, será necesario estudiar la evolución de los cormos que han florecido en ambiente controlado, para fundamentalmente establecer qué ocurre con su potencial productivo en los sucesivos ciclos de crecimiento.

4. Conclusiones

La producción de hebras de azafrán en cámara de crecimiento es factible y posibilita tanto el adelantamiento de la floración como su escalonamiento.

La distinción de tamaños de cormo por diámetro ecuatorial aquí empleada es de gran utilidad agronómica, por permitir discriminar niveles de producción relativos a la biomasa del propágulo.

Existe un período óptimo para la duración de la incubación en cámara de verano. Incubaciones más cortas o prolongadas atentan contra el rendimiento en hebras.

5. Bibliografía

- Balzarini, M. & Di Rienzo, J. 2004. Info-Gen: Software para análisis estadístico de datos genéticos. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.
- De Mastro, G. & Ruta, C. 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. *Acta Horticulturae* (344): 512-517.
- De Juan, J.A.; Moya, A. & López, S. 2003. Influencia del tamaño del cormo y la densidad de plantación en el rendimiento y la calidad de la producción de cormos de *Crocus sativus* L. *ITEA* 99(2):169-180.
- Fernandez, J.A. 2004. Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. *Plant Sci.* 2: 127-159 ISBN: 81-7736-239-9.
- Molina, R.V.; Valero, M.; Navarro, Y.; García-Luis, A. & Guardiola, J.L. 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103:79-91.
- Molina, R.V.; Valero, M.; Navarro, Y.; García-Luis, A. & Guardiola, J.L. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103:361-379.
- Negbi, M.; Dagan, B.; Dror, A. & Basker, D. 1989. Growth, flowering, vegetative reproduction, and dormancy in the saffron crocus (*C. sati-*

- rus*). Israel J. Bot. 38: 95-113.
- Poggi, L.M. & Silvapintos, F. 2007. Experiencias productivas con el cultivo de azafrán (*Crocus sativus*) en el Valle de Uco, Mendoza. Comunicación. Horticultura Argentina 26(61): 100.
- Winterhalter, P. & Straubinger, M. 2000. Saffron: Renewed interest in an ancient spice. Food Rev. Int. 16:39-59.