

FACTORES QUE AFECTAN LA FLORACIÓN EN CEBOLLA (*Allium cepa* L.)

Héctor Gerardo Fuligna

(fuligna.hector@inta.gob.ar)

Tutor: Magister Julio Cesar Gaviola

Trabajo monográfico presentado como requerimiento
para obtener el grado de

ESPECIALISTA EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INTA (Centro Regional Cuyo)

Año 2022

ÍNDICE

Resumen	3
Abstract.....	4
1. Introducción.....	5
2. Importancia económica del cultivo de cebolla	5
3. Origen y clasificación taxonómica	7
4. Descripción botánica de la planta.....	7
5. Fisiología de la bulbificación	10
6. Factores que afectan la floración	12
6.1. Temperatura.....	13
6.2. Efecto de la luz	16
6.3. Tamaño de planta o bulbo	17
6.4. Reguladores del crecimiento	20
6.5. Fertilización.....	22
6.6. Dormición del bulbo.....	23
6.7. Genotipo	24
6.8. Manejo del cultivo.....	25
7. Devernalización y competencia bulbificación-floración	28
8. Conclusiones.....	30
9. Bibliografía.....	31

RESUMEN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una especie que requiere condiciones ambientales específicas tanto para bulbificar como florecer. En Argentina la cebolla es una hortaliza de gran importancia, se cultivan anualmente alrededor de 20.000 ha con una producción de 650.000 t de bulbos para mercado. Esta superficie incluye cebollas de días cortos, intermedios y largos, las destinadas al consumo en fresco y la industria. Además, las provincias de San Juan y Mendoza se caracterizan por ser productoras de semilla de esta especie por las excelentes condiciones ambientales que poseen. En la presente revisión se realiza la descripción morfológica de la planta de cebolla y se explica la fisiología de la bulbificación para luego describir los principales factores que afectan la floración. El objetivo del presente trabajo es describir los factores que afectan la floración de esta especie y la interacción que existe entre ellos y la bulbificación. A este respecto se analizan los efectos de las temperaturas, la luz, la fertilización, la dormición, los reguladores de crecimiento, el genotipo y el manejo del cultivo.

Palabras claves: cebolla, condiciones ambientales, fisiología de la bulbificación y de la floración, dormición, genotipo, devernalización, reguladores de crecimiento.

FACTORS AFFECTING ONION FLOWERING (*Allium cepa* L.)

Abstract

The onion (*Allium cepa* L.) is a species that requires specific environmental conditions for both bulbification and flowering. In Argentina, the onion is a vegetable of great importance, around 20,000 ha are cultivated annually with a production of 650,000 t of bulbs for the market. This area includes short, intermediate and long day onions, for fresh consumption and industry. In addition, the provinces of San Juan and Mendoza are characterized by the seed production of this species due to the excellent environmental conditions they possess. In this monograph, the morphology of the onion plant is described and the physiology of bulbification is explained, then the main factors that affect flowering are described. The objective of the present work is to describe the factors that affect the flowering of this species and the interaction that exists between them and bulbification. In this regard, the effects of temperature, light, fertilization, dormancy, growth regulators, genotype and crop management are analyzed.

Keywords: onion, environmental conditions, bulbification and flowering physiology, dormancy, genotype, devernalization, growth regulators

1. Introducción

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una especie que requiere condiciones ambientales específicas tanto para bulbificar como para florecer. El conocimiento de éstas es fundamental para el éxito de los cultivos destinados a semillas y por contraposición también para la producción de bulbos.

La producción de bulbos para el mercado argentino está concentrada en dos tipos de cebollas: las valencianas (de día intermedio y largo) y valencianitas (de día corto). El abastecimiento de semillas para la producción de estos tipos de cebolla es mayoritariamente nacional. Además, se multiplica semilla por contrato con empresas internacionales con destino a la exportación.

Es importante destacar que el creciente interés por los alimentos funcionales hace de la cebolla una hortaliza promisoría y se espera que su consumo aumente en el mediano plazo (Galmarini, 2005).

El objetivo de esta revisión es describir los principales factores ambientales y genéticos que afectan la floración en cebolla.

2. Importancia económica del cultivo de cebolla

La producción mundial de cebolla se estima en 99 millones de toneladas en una superficie de 5,1 millones de hectáreas. Los principales países productores son China, India y EE. UU., mientras que los mayores exportadores son Países Bajos, China y EE. UU. La Argentina ocupa el puesto número 29° como productor del ranking mundial (FAO, 2019).

En Argentina se siembran entre 17.000 y 20.000 ha anuales, con un rendimiento entre 600.000 a 750.000 t, representando el 1% de la producción mundial. En Argentina se consumen aproximadamente 480.000 t/año, a razón de 10-12 kg/habitante/año, similar a los 11 kg/habitante/año indicado como el consumo mundial (MAGyP, 2019).

La principal zona productora del país se encuentra en las provincias de Buenos Aires (zona sur) y Río Negro (el Valle de Río Negro), ambas representan aproximadamente un 65% de la producción nacional. Le siguen las provincias de Santiago del Estero, Salta y Córdoba que representan un 20% y las provincias cuyanas (Mendoza

y San Juan) que representan otro 15 %. En los cinturones hortícolas de las grandes ciudades, especialmente Buenos Aires y Rosario, se produce cebolla para verdeo (MAGyP, 2019).

Se estima que el 80 % de la superficie nacional implantada con cebolla pertenece a la cultivar Valcatorce INTA, conocida también como “Sintética”, siendo una cultivar de polinización abierta.

La cebolla destinada para la industria del deshidratado representa el 3 % de la producción total, produciéndose un 80 % en Mendoza y el resto en San Juan y Córdoba.

La producción de semilla de cebolla es una actividad importante en Argentina. Se desarrolla principalmente en las provincias de Mendoza y San Juan y abarca una superficie entre 800 y 1.000 hectáreas anuales. Ambas provincias poseen excelentes condiciones agroecológicas para esta actividad. San Juan produce entre 650 y 750 hectáreas de cebolla destinada para semilla, abarcando cultivares híbridas y de polinización abierta (Gaviola, 2020 b).

La exportación de semillas ha ido en aumento, aunque en el año 2020 se produjo una disminución seguramente a consecuencia de las restricciones por la pandemia por COVID-19 (Tabla 1). La producción de semillas para el mercado interno está concentrada en dos tipos de cebolla: las valencianas (de día intermedio y largo) y valencianitas (de día corto). La demanda de semillas de esta especie es prácticamente abastecida por la producción nacional, se estima que, para abastecer el mercado interno, se necesitan entre 120 y 150 t anuales de semillas de cebolla (Gaviola, 2020 a y b).

Tabla 1. Exportaciones de semilla de cebolla periodo 2018-2020.

Año	kg	Valor U\$S	
		Total	por kg
2018	260.129	17.199.293	66,1
2019	299.095	12.431.165	41,6
2020	135.009	7.575.932	56,1

Datos AFIP Posición arancelaria 038-1209-91-00 (AFIP, 2020).

3. Origen y clasificación taxonómica

La cebolla es una especie que se cultiva desde épocas remotas, la mayoría de los botánicos opinan que ya no se puede encontrar en el estado silvestre. La zona de origen serían los actuales territorios de Irán y Pakistán (Jones y Mann, 1963). Los centros secundarios de desarrollo y distribución fueron el Asia Occidental y los países del Mediterráneo, desde donde fue introducida posteriormente en América a través de viajeros y emigrantes (Acosta *et al.*, 1993).

La cebolla pertenece al género *Allium*; que pertenece a la clase *Monocotiledóneas*; superorden *Liliiflorae*; orden *Asparagales*; familia *Amaryllidaceae* J.St.-Hil., subfamilia *Allioideae* Herb., tribu *Allieae* Dumort (Fay y Chase, 1996; APG III, 2009; Chase *et al.*, 2009); especie *Allium cepa* L. El género *Allium* es numeroso y diverso con alrededor de 500 especies (Brewster, 2001). Algunas de ellas cultivadas como: *A. cepa* (cebolla), *A. sativum* (ajo), *A. porrum* (puerro), *A. fistulosum* (cebolla de verdeo), *A. ampeloprasum* (ajo macho) y *A. schoenoprasum* (cebollino).

4. Descripción botánica de la planta

La cebolla es una planta bienal que completa su ciclo biológico en dos etapas, la primera comprende desde la germinación hasta la formación del bulbo y la entrega de la planta (fase vegetativa). La segunda etapa se inicia con la brotación del bulbo y se completa con la emisión de la inflorescencia (fase reproductiva) (Figura 1) (Parodi, 1978; Rabinowitz y Brewster, 1989). Esta especie también puede subsistir vegetativamente como perenne por medio de los bulbos (Gaviola *et al.*, 1999; Gaviola, 1996; Hawthorn y Pollard, 1954; Hayward, 1953).

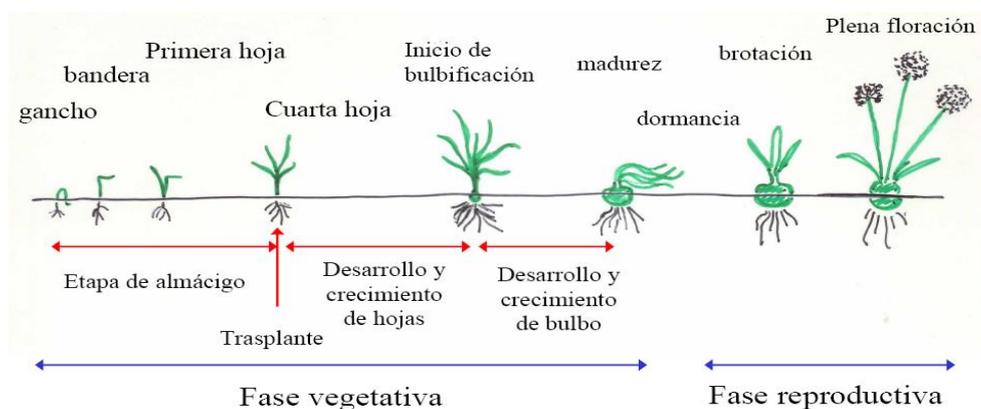


Figura 1. Esquema de los ciclos vegetativo y reproductivo de la cebolla.

Posee un sistema radical poco desarrollado. La raíz primaria se origina a partir de la radícula del embrión y luego se forman raíces adventicias desde el tallo verdadero. Las raíces alcanzan una profundidad entre 25 y 30 cm en sentido vertical y 15 cm lateralmente (Figura 2) (Jones y Mann, 1963).



Figura 2. Bulbos en la etapa de enraizamiento y brotación (Foto de Julio Gaviola).

La cebolla presenta dos tipos de tallos, uno en la base del bulbo representado por un disco subcónico de entrenudos muy cortos y otro que porta las flores. Este último puede alcanzar entre 0,60 y 1,50 m de altura. El tallo o escapo floral es hueco y presenta una dilatación en la mitad inferior. Una planta puede tener de uno a doce escapos dependiendo de la cultivar, la densidad de plantación y el sistema de producción (Brewster, 2001).

Las hojas poseen la vaina que es envolvente y la lámina es hueca, redonda y algo achatada. Las hojas se ubican en posición alternada a lo largo del falso tallo. Este último se denomina así porque las hojas nacen desde la base, envainadas y firmes, dando la apariencia de un tallo. Todas las hojas nuevas aparecen a través de un orificio que se abre en el límite entre la vaina y la lámina y se originan en la yema terminal del tallo-disco. Este crecimiento es tal que la vaina más vieja es la más externa y envuelve las otras (De Mason, 1990).

El bulbo se forma a partir del engrosamiento de las vainas de las hojas (catáfilas) por almacenamiento de sustancias de reservas. Puede tener diversas formas (cónica, globosa, chata, deprimida) y colores (blanco, amarillo, castaño, cobrizo, rojo, violáceo, púrpura) (Figura 3) según la cultivar (Acosta *et al.*, 1993).



Figura 3 Bulbos con diferentes colores y formas (Foto del autor).

Las flores son actinomorfas y hermafroditas; están formadas por tres carpelos unidos en su pistilo, tres estambres interiores y tres exteriores, tres segmentos periantos interiores y tres exteriores. El ovario contiene tres lóculos y cada uno encierra dos óvulos (Parodi, 1978). En general son vistosas, de coloración blanca o lila, hermafroditas, pero no son autógamias por presentar protandria, que es la liberación del polen antes de que el estigma este receptivo (Figura 4) (Currah y Ockendon, 1978). La polinización es entomófila, principalmente por abejas, lo que favorece la fecundación cruzada (Quagliotti, 1992).



Figura 4. Umbela en plena floración (izquierda) y con frutos cuajados (derecha) (Foto del autor).

La producción de flores esta inducida por factores genéticos y ambientales. La inflorescencia contiene entre 50 y 2000 flores, las cuales se abren en forma irregular durante un periodo que puede ser de alrededor de dos semanas. Por lo tanto, una planta

que produce varias inflorescencias puede ir abriendo sus flores durante un mes o más (Acosta *et al.*, 1993). La mayor parte del polen es liberado entre las 9 y las 17 h del día y finaliza su liberación luego de las 24-36 horas de la antesis, esto último sucede antes de que el estigma sea receptivo (Devi *et al.*, 2015).

Existen líneas con androesterilidad genética-citoplasmática, empleadas en la producción de semilla híbrida (Lee y Harvey, 2020). Estas líneas se caracterizan por ser menos atractivas a los polinizadores. La interactividad de las flores de cebolla a los polinizadores está en función de la morfología de las flores y la composición del néctar, siendo muy importante el contenido de azúcares principalmente sacarosa, fructuosa y glucosa (Soto *et al.*, 2018 y 2021).

El fruto es una capsula trilocular dehiscente con una a dos semillas por lóculo. La semilla es pequeña, de color negro o marrón, cuya superficie es lisa mientras crece y rugosa al madurar debido a la pérdida de agua (Figura 5). La semilla es aplanada en el lugar que limita con la otra semilla del mismo lóculo y convexa del otro lado. El peso promedio de mil semillas es entre 3,3 y 4,6 g (Acosta *et al.*, 1993; Quagliotti, 1992; George, 1989).

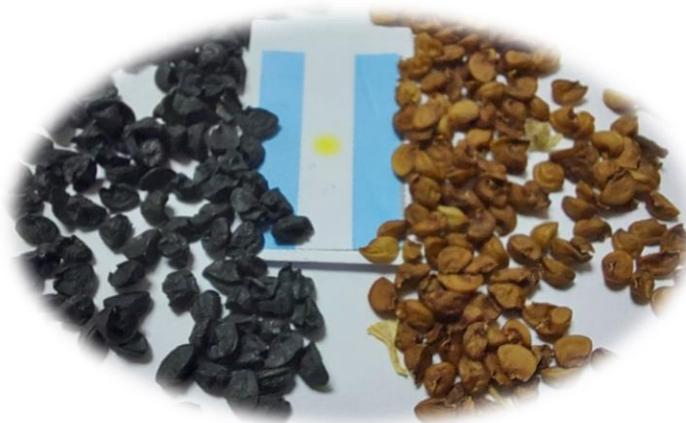


Figura 5. Semillas de cebolla de diferentes colores (Foto del autor).

5. Fisiología de la bulbificación

La formación del bulbo está relacionada con la interacción entre la temperatura y el fotoperiodo (horas de luz). En esa interacción, el factor más importante es el fotoperiodo y en función de éste se clasifican las diferentes cultivares (Galmarini, 1997).

La cebolla técnicamente es una planta de días largos para bulbificar, ya que la inducción a la formación del bulbo ocurre según aumenta el largo del día. Cada variedad de cebolla tiene un largo del día crítico para su inducción a la formación del bulbo, independientemente de la temperatura ambiental y del tamaño de la planta. Por tal razón, aunque todas las variedades necesitan días largos para iniciar la formación del bulbo se las clasifican o agrupan mayormente en tres grupos principales según el largo del día mínimo necesario que dará inicio al desarrollo del bulbo. El rango del largo del día mínimo para cada grupo puede variar en mayor o menor medida de acuerdo con la fuente de información, sin embargo, se podrían distinguir tres grupos de cultivares: de día corto (requieren entre 12 y 13 horas de luz), día intermedio (entre 13 y 14 horas) y de día largo (más de 14 horas) (Gaviola, 1996).

También la temperatura cumple un rol importante. En realidad, la bulbificación es inducida por la interacción entre el largo del día y la temperatura y esta interacción determina los límites de adaptación para las cultivares a diferentes latitudes.

El fotoperíodo es un factor limitante para la bulbificación de la cebolla, debido a que la planta solo formará bulbos si la longitud del día es igual o superior al mínimo fisiológicamente exigido. Luego de satisfacer las necesidades de fotoperíodo de la cultivar, habrá desarrollo normal de bulbos si la temperatura es favorable (Filgueira, 2013).

Las cultivares de días largos sembradas cerca al ecuador no formarán bulbos y las plantas crecerán indefinidamente formando nuevas hojas, mientras que los cultivares de días cortos que se siembren en primavera en latitudes altas, formarán bulbos casi tan pronto como hayan brotado las primeras hojas, por lo tanto, los bulbos se originarán en plantas diminutas y serán muy pequeños (Brewster, 2001). Esta última situación puede ocurrir en las siembras tardías de cualquiera de las cebollas.

Para un largo del día dado, las temperaturas altas (20 a 27 °C) aceleran las respuestas al fotoperíodo y también la formación y maduración del bulbo. Sin embargo, si la temperatura sube por encima de ese rango se retarda el proceso. Por otro lado, las temperaturas bajas pueden atrasar el comienzo del proceso de bulbificación y la posterior maduración del bulbo. Independientemente del largo del día, hay situaciones bajo las cuales ciertas variedades de cebolla no formarán bulbos a temperaturas bajas (Brewster, 2001).

No solamente es importante el largo del periodo de luz (fotoperiodo), también lo es la intensidad y calidad de la luz durante dicho periodo. Una intensidad lumínica baja puede retrasar la formación del bulbo y reducir su crecimiento y su tamaño, mientras que una intensidad lumínica alta puede aumentar el crecimiento del bulbo aún bajo condiciones de temperaturas bajas. Cuando existen condiciones de días cálidos y bien soleados (alta intensidad lumínica), la cebolla podría bulbificar bajo días más cortos que cuando prevalecen condiciones de días fríos y nublados (Rabinowitz y Brewster, 1989). La luz infra roja favorece el desarrollo del bulbo (Bertaud, 1986).

El tamaño final del bulbo se relaciona al número y tamaño de las hojas al momento de comenzar el desarrollo del bulbo, antes de que la interacción entre el fotoperiodo y la temperatura induzcan a la planta a bulbificar, pero, también se relaciona a la duración del período transcurrido desde el comienzo de la bulbificación hasta que finalice su etapa de maduración (Brewster, 2001).

La forma del bulbo está determinada por la cultivar, pero puede ser influenciada también por la temperatura y la distancia de siembra. Temperaturas altas pueden provocar que bulbos de una cultivar con forma globosa se alarguen (Acosta *et al.*, 1993).

El exceso de nitrógeno retarda el proceso de formación del bulbo, por otro lado, una deficiencia de este elemento en la planta tendería a acelerar la iniciación de la bulbificación. Ambas condiciones se consideran desfavorables para el rendimiento de bulbos (Galmarini, 1997).

El empleo de densidades elevadas también adelanta la bulbificación a consecuencia de la mayor competencia entre individuos (Lipinski *et al.*, 2002).

6. Factores que afectan la floración

Las plantas de cebolla son principalmente bienales floreciendo en la segunda estación de crecimiento, aunque bajo condiciones inductivas lo hacen en la primera estación.

La fisiología de la floración de la cebolla comprende diferentes etapas, éstas son: la correspondiente al período juvenil, la etapa de inducción floral (que requiere vernalización), y la etapa de diferenciación floral, que comprende la aparición de la

inflorescencia, el crecimiento del escapo y la formación de las flores; cada etapa tiene sus requerimientos específicos (Guiñazú, 1996).

A continuación, se tratarán los principales factores que influyen sobre la floración y la interacción que existe entre ellos.

6.1. Temperatura

La cebolla requiere una exposición más o menos prolongada a bajas temperaturas para inducir la floración, este proceso se denomina vernalización (Chouard, 1960). La vernalización puede ocurrir tanto sobre plantas en crecimiento, ya sean provenientes de bulbos o de semillas, o en bulbos que estén en depósito.

El período juvenil o fase de pre-vernalización comprende al lapso en que la planta es incapaz de percibir el estímulo de bajas temperaturas para la inducción floral (Galmarini, 1997).

La intensidad de la inducción de la floración por las bajas temperaturas varía con las cultivares. Aquellas adaptadas a las zonas frías necesitan mayor cantidad de horas de frío, mientras que las que se usan en zonas cálidas requieren de un tiempo relativamente más corto con bajas temperaturas. Por ello una cultivar correctamente adaptada a una localidad para la producción de bulbos, debe tener un período de vernalización lo suficientemente prolongado como para evitar la floración si ocurre un período de bajas temperaturas (Figura 6). Las temperaturas entre 9 y 12 °C son las óptimas para la inducción floral en plantas provenientes de semillas (Brewster, 1987 y 1983; Shishido, y Saito, 1977), mientras que para los bulbos en almacenamiento este valor oscila entre 5 y 15 °C (Galmarini, 1990).



Figura 6. Evolución de la formación de los escapos florales (Foto de Julio Gaviola).

El número de horas necesarias con esas temperaturas depende del tamaño de la planta o del bulbo y de la cultivar utilizada. Temperaturas entre 5 y 7 °C por un período de 20 a 120 días permiten la vernalización de la mayoría de las cultivares, sin embargo, aquellas que son más resistentes a la floración necesitan un periodo mayor, entre 154 y 185 días (Khokhar, 2014). Los siguientes ejemplos sirven para caracterizar la vernalización de algunas cultivares bajo condiciones específicas:

- Con la cultivar Valcatorce INTA, en La Consulta, Argentina, 33° de latitud sur, la sumatoria de grados registrada a campo entre la cosecha de bulbos (peso medio 150 g) hasta el comienzo de la emisión de las umbelas, considerando las temperaturas cardinales de 3 °C como mínima, 9 °C como óptima y 15 °C como máxima, osciló entre 755 y 868 horas, correspondiendo ese rango a dos localidades y cuatro épocas de plantación de bulbo (Gaviola, 1996).
- Empleando la cultivar Angaco INTA y con el método bulbo-semilla, en San Juan, Argentina, 31° de latitud sur, se logró una buena floración sumando 763 horas de grado de frío con base de 7 °C (Gabri *et al.*, 2020).
- En Sicilia, Italia, a 37° de latitud norte, empleando el método semilla-semilla, se necesitaron 1.896 horas con temperatura por debajo de 12 °C o 1.107 horas por debajo de 9°C, para obtener una buena floración en las once cultivares ensayadas (Branca y Ruggeri, 1994).
- Bulbillos de 22,5 g de la cultivar Hygro conservados a 5 °C durante 90 días sólo florecieron el 57 % (Khokhar *et al.*, 2007 b).

D'Angelo y Goldman, 2018, definen como período crítico de vernalización al número mínimo de días, a una temperatura determinada, necesarios para producir la emisión del escapo floral del 100 % de los bulbos brotados. Este constituye un parámetro que puede considerarse para caracterizar una cultivar, aunque puede tener variaciones relacionadas a la dormancia de los bulbos.

La mayoría de la información disponible menciona que la floración no ocurre con temperaturas elevadas en el rango de 15,5 a 30,0 °C y con temperaturas bajas, entre -3 y 0 °C (Khokhar, 2009).

La vernalización sería un proceso cuantitativo más que un cambio brusco de un estado no inductivo a uno inductivo (Thomas, 1994). Recientes estudios indican que la necesidad de las horas de frío para que florezcan los bulbos de cebolla sería de carácter facultativo y no obligatorio. La vernalización no sería la única condición para florecer, pero su efecto sobre la rapidez en florecer es importante (D'Angelo y Goldman, 2018).

Existen cultivares de día largo que son capaces de florecer sin aporte de frío, sin embargo, el aumento del número de horas de frío previo a la plantación mejora la uniformidad de floración y disminuye el tiempo de brotación y floración (D'Angelo y Goldman, 2019 y 2018). Esta capacidad de florecer sin horas de frío también se ha observado con otras cultivares (Khokhar, 2009; Currah y Proctor, 1990).

En aquellas zonas que tienen dificultades para alcanzar las horas de frío necesarias para inducir la floración se colocan los bulbos antes de su plantación en cámaras artificialmente climatizadas (Kimani *et al.*, 1994). Los tratamientos en cámara deben ser ajustados según cultivar y localidad. Se citan los siguientes ejemplos:

- En Brasil, a 25° latitud sur y a 880 m.s.n.m, bulbos de la cultivar Criolla tratados en cámara a 5 °C durante 45 días produjeron 40,5 g de semilla por planta contra 11.9 g de las plantas provenientes de bulbos que no se trataron (Reghin *et al.*, 2005).
- También en Brasil, a 15° de latitud sur, con las cultivares Texas Grano y Baia Periforme, se logró una buena floración manteniendo los bulbos a 8 °C durante 90 días (Santos *et al.*, 2012).

- En Bangladesh (25° latitud norte) y con la cultivar BARI Piaz-3, las plantas obtenidas de bulbos vernalizados artificialmente a 5 °C durante 14 días, produjeron 6,45 g de semilla por planta mientras que las que se originaron de bulbos no vernalizados alcanzaron 2,53 g de rendimiento (Khatun *et al.*, 2020).

6.2. Efecto de la luz

La luz es importante en la floración por su calidad, intensidad y fotoperíodo, este último es la duración relativa de los periodos de luz y oscuridad a lo largo del día.

Brewster (1985), probó el efecto de la densidad del flujo de fotones y la relación rojo:rojo lejano (R:RL) sobre la iniciación floral en cebolla bajo diferentes largo de día y encontró que cuando la densidad de flujo de fotones y la relación R:RL son bajas la iniciación floral se favorece. Existe una variación cíclica durante el año en la luz natural en la relación R:RL siendo menor en primavera, momento que es coincidente con la fase de emisión del escapo en cebolla (Gorski, 1980).

Por otra parte, plantas en crecimiento sometidas a baja irradiación y alta temperatura atrasan la iniciación floral. Esta respuesta sería consecuencia de la baja concentración de carbohidratos no estructurales que presentan las plantas sometidas a esas condiciones (Brewster, 1977).

Con plantas provenientes de semilla de cultivares de invierno del norte europeo se adelantó entre 20 y 30 días la iniciación floral extendiendo el fotoperíodo de 12 a 18 horas durante la vernalización, sin embargo, este tratamiento no modificó el porcentaje de floración (Brewster y Butler, 1989).

La presencia de anomalías en la floración como espata larga, presencia de rudimentos foliares, escapo corto o retorcido (Figura 7), pueden observarse en las plantas inducidas que se desarrollan en condiciones de fotoperíodo corto (8-10 horas) (Rabinowitz y Brewster, 1990).



Figura 7. Inflorescencias con anomalías (Fotos del autor y Julio Gaviola).

Luego de la vernalización y emergencia del escapo, el alargamiento de los días es decir el aumento de las horas de la luz, incrementan la velocidad de crecimiento del escapo y reduce el tiempo entre la emergencia del escapo y la apertura de la espata floral (Khokhar *et al.*, 2007 a). Hay que tener en cuenta que estos factores acompañados del aumento de temperatura, que es normal con el comienzo de la primavera, también favorecen la bulbificación, pudiendo producirse una competencia entre ambas fases.

6.3. Tamaño de planta o bulbo

Las plantas de cebolla poseen estado juvenil, que es el período durante el cual no hay vernalización, aunque se las someta a las temperaturas adecuadas para inducir la floración. Este estado se supera cuando alcanzan un crecimiento que varía entre 4 y 14 hojas según cultivar (Khokhar, 2014; Rabinowitz, 1985; Shishido y Saito, 1976). La consideración de esta característica es fundamental para determinar la época de siembra cuando se practica el método de producción semilla-semilla (Gaviola, 1997).

Shishido y Saito (1976), encontraron que cuanto mayor es el diámetro del pseudotallo más corto es el período de exposición a baja temperatura necesaria para la formación del ápice floral. Además, comprobaron que el tamaño crítico de la planta por encima del cual fueron capaces de responder a bajas temperaturas varió con la cultivar. Así con la cv. Senshuki (sembrada en otoño) el tamaño crítico fue de 6 mm de diámetro y con plantas de más de 10 mm de diámetro el ápice floral se origina luego de 30-40 días de exposición a 9 °C. Sin embargo, con la cv. Sapporoki (sembrada en primavera, y por ello tiene menos posibilidades de ser seleccionada contra la floración prematura), el tamaño crítico fue de 3 mm de diámetro y las plantas de más de 9 mm de diámetro requirieron alrededor de 20 días de exposición a 9 °C para iniciar la floración.

La edad de la planta, indicada por el período de crecimiento desde la siembra hasta la exposición a bajas temperaturas, estaría menos asociada con el requerimiento de baja temperatura para florecer que el diámetro del pseudotallo, es decir a igual edad la planta que posee mayor diámetro necesita menos horas de frío (Shishido y Saito, 1976).

Lo expresado precedentemente se pudo observar en La Consulta, Mendoza, con la cultivar Valcatorce INTA, cuando se sembró en almácigo a mediados de febrero y se trasplantó a fines de abril o mediados de setiembre. Con el trasplante de abril se obtuvo una floración del 87 % mientras que cuando se trasplantó a mediados de setiembre el porcentaje de floración fue del 20 %. En esta experiencia, aunque ambos trasplantes tenían la misma edad durante la vernalización, las plantas que permanecieron más tiempo en el almácigo tuvieron mayor competencia y menor crecimiento lo que significó una significativa merma en la floración (Gaviola, 1998).

La defoliación de plantas en la cultivar Senshuki tuvo efectos diferentes según se trate el tamaño de las plantas. Aquellas con diámetro del pseudotallo mayor a 11 mm florecieron en su totalidad luego de la exposición a bajas temperatura independientemente del grado de defoliación. Mientras que las plantas de no más de 8 mm de diámetro cuanto más severa fue la defoliación se necesitaron más días de exposición a bajas temperaturas para florecer. La explicación de esta respuesta sería que el sitio donde se induce por las bajas temperaturas y se producen los cambios bioquímicos, se ubica alrededor de la base de las hojas y éste se hallaría más desarrollado en las plantas de mayor tamaño (Shishido y Saito, 1976).

El tamaño de los bulbos también influye sobre la floración. En general se considera que el valor mínimo requerido depende principalmente de la cultivar y las condiciones de almacenamiento. Por ejemplo bulbillos (*onion set*) de 12,5 mm de diámetro de dos cultivares de día largo (Hygro y Delta) no florecieron luego de 90 o 120 días de conservación a 0-5-10-15-20-25-30 °C. Mientras que los bulbillos de 22,5 mm florecieron en todas las temperaturas de conservación indicadas, sólo la cultivar Delta no floreció cuando se conservó a 30 °C (Khokhar, 2009). Se especula que para la formación de las yemas florales sería necesario una alta concentración de carbohidratos y éstos se hallan en mayor cantidad en los bulbos de mayor tamaño, probablemente esta sea la explicación de la floración superior de los bulbos más grandes (Shishido y Saito, 1976).

En la cv. Valcatorce INTA en Mendoza, se determinó la relación entre el tamaño de los bulbillos (diámetro mayor con rango de 15-20; 20-25; 25-30; 30-35; 35-40 mm) y la brotación, la floración y la producción de semillas. Los bulbillos se cosecharon a fines de marzo y se plantaron a principios de mayo. Se determinó que entre las categorías de bulbillos no hubo diferencias respecto de la brotación (media 98 %) ni del número de umbelas por planta (media=1,135), sin embargo, el rendimiento de semilla por bulbo fue superior para los rangos 30-35 y 35-40 mm respecto de los otros tres (Figura 8).

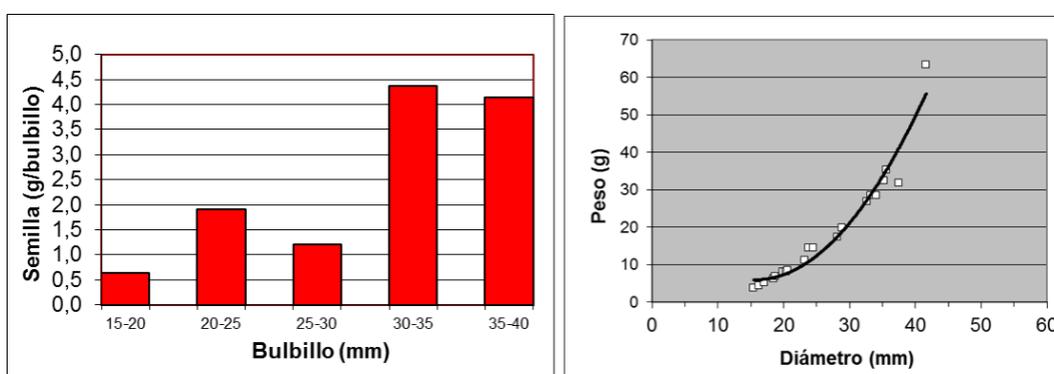


Figura 8. Rendimiento de semilla por bulbillo brotado de cebolla cv. Valcatorce INTA según el rango de tamaño de los bulbillos (izquierda). En la imagen derecha se indica la correlación entre peso y diámetro de bulbillos (Gaviola, 2011).

García (1998), determinó que, para las cultivares Valcatorce INTA y Valuno INTA, el tamaño mínimo de bulbillo en los que observó floración fue de 3 g, mientras que bulbillos de 1 a 3 g no florecieron en ninguna condición de conservación.

En Uruguay se probaron dos tamaños de bulbillos, rango entre 16 y 21 mm y rango entre 26 y 31 mm, de tres cultivares, Casera INIA, Pantanosa del Sauce y Valenciana

INIA. Para las tres cultivares los bulbillos del rango mayor tuvieron mayor precocidad en la emisión de los escapos y alcanzar el 50 % de escapos emitidos, además el número de umbelas por planta y rendimiento de semilla por planta fue superior (Peluffo *et al.*, 2016).

6.4. Reguladores del crecimiento

Los reguladores de crecimiento pueden tanto promover como impedir la floración en plantas de cebolla.

El ácido giberélico (AG_3) es efectivo en la inducción de yemas florales cuando se aplica antes o durante el período de bajas temperaturas, no teniendo efecto si se hace después de la exposición a las bajas temperaturas; también puede promover la iniciación floral en plantas con tamaño menor al mínimo requerido (Shishido y Saito, 1984).

El AG_3 también tiene efectos gametocidas si se aplica a una concentración del 2 % al comienzo del proceso de floración, por lo que se lo ha propuesto como alternativa a la emasculación manual en las tareas de mejoramiento genético de cebolla (Van der Meer y Van Bennekom, 1973).

En la EEA La Consulta, Mendoza, se realizaron ensayos de aplicación foliar de AG_3 en diferentes dosis (entre 300 y 900 mg. L^{-1}) empleando la cultivar Valcatorce INTA y el método semilla-semilla. Se determinó que la emisión de escapos florales por unidad de superficie fue superior en el testigo respecto del resto de los tratamientos durante los primeros 10 a 12 días de iniciada esta fase, pero, finalmente, el mayor número de escapos se alcanzó con la dosis más alta, decreciendo a medida que se disminuyó ésta (Figura 9) (Gaviola *et al.*, 2022). Otros autores también han observado que la emisión inicial de escapos es más tardía en las plantas tratadas con AG_3 que en las testigos sin tratar (Mushtaq *et al.*, 2018; Brewster y Butler, 1989).

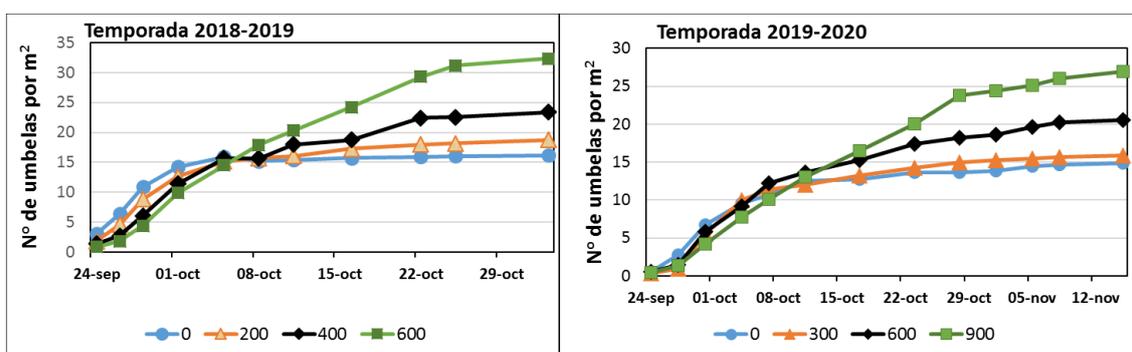


Figura 9. Evolución del número de umbelas por unidad de superficie según temporada (2018-

2019 o 2019-2020) y dosis de AG3 aplicada (0-200-400-600 mg.L⁻¹ o 0-300-600-900 mg.L⁻¹) en cebolla cv. Valcatorce INTA. Mendoza, Argentina (Gaviola *et al.* 2022).

Con el método bulbo-semilla Khatun *et al.* (2020), también determinó un aumento en la producción de umbelas por planta con tratamiento foliar de AG₃ en dosis de 100 mg.L⁻¹, agregando que en esta experiencia se combinaron tratamientos de AG₃ y de vernalización de los bulbos y ambos factores respondieron independientemente.

Shishido y Saito (1984), ensayaron etefón y ácido giberélico para evaluar su efecto sobre la inducción floral en la cultivar japonés Sapporo-ki. El etefón aplicado antes de la vernalización sobre plantas de 7 mm de diámetro de pseudotallo, con dosis de 500 o 1.000 mg.L⁻¹, produjo una severa disminución en el tamaño de las plantas y suprimió la inducción floral. Por otra parte, la aplicación de giberélico con dosis de 100 mg.L⁻¹, realizado en las mismas condiciones mencionadas para el etefón, disminuyó el tiempo necesario para la inducción floral en 20 días. Estos autores consideran que la acción del ácido giberélico es por activación de los tejidos meristemáticos y no reemplazando las horas de frío.

En cebolla de siembra otoñal, la aplicación de etefón con dosis de 5.000 ppm a fines del invierno, cuando el bulbo tenía entre 0,9 y 1,6 cm de diámetro, inhibió la floración (Izquierdo y Corgan, 1980). En México, empleando la cultivar White Grain y con la misma dosis mencionada precedentemente, se logró disminuir la floración, aunque no se suprimió (Macías Duarte *et al.*, 2017). Los efectos descritos son buscados cuando el objetivo es la producción de bulbos en zonas en las que existe riesgo de vernalización de las plantas.

Por otra parte, el etefón se ha probado en producción de semilla para disminuir la altura del escapo floral. Corgan (1975), en la cv. Excel probó dosis de 2.500, 5.000 y 10.000 ppm y logró disminuir la altura del escapo floral hasta un 42 % sin afectar el porcentaje de floración, la producción de semilla por umbela ni el peso de mil semillas.

La aplicación de hidracida maleica en dosis de 150 ppm reduce la floración y la suprime con dosis de 1.500 ppm. Este regulador es también una alternativa empleada en cultivos para bulbo (Macías Duarte *et al.*, 2017; Guiñazú, 1996).

El paclobutrazol es un derivado de los triazoles que inhibe la síntesis de AG₃ y el catabolismo del ácido abscísico (ABA). Su empleo en producción de semilla de cebolla

de la cv Therpuri, en Bangladesh, con dosis de 20-40-80 ppm, aplicado sumergiendo bulbillos entre 12 y 5 g, produjo la disminución de la altura del escapo, el número de umbelas y el rendimiento de semilla por bulbo y el peso de mil semillas, en la comparación con el testigo sin tratar (Ashrafuzzaman *et al.*, 2009).

6.5. Fertilización

La fertilización con nitrógeno es la que incide de mayor manera sobre la inducción floral y su correcta aplicación es fundamental para lograr un alto porcentaje de floración.

Las plantas que crecen con escasez de nitrógeno son más pequeñas y forman flores con un período más corto de exposición a bajas temperaturas que aquellas con alta fertilización y rápido crecimiento. A primera vista, esto puede ser incompatible con lo que se expresa respecto de que cuanto mayor sea el tamaño de la planta menor será el período de exposición a bajas temperaturas para lograr la iniciación floral. Se estima que esta contradicción se relaciona con el alto contenido de carbohidratos no estructurales y la alta relación C/N determinadas en las plantas deficientes en nitrógeno (Shishido y Saito, 1976).

Brewster (1983), menciona que un bajo contenido de nitrógeno en las plantas durante el período de frío no solo promueve la iniciación floral, sino que también suprime la necesidad de días alargándose en las cultivares que así lo requieren. Por otra parte, también menciona que un bajo nivel de nitrógeno en la etapa de iniciación floral provoca un desarrollo lento de la floración.

La respuesta detallada para cebolla entre la fertilización con nitrógeno y la floración se contraponen a lo observado en coliflor, que es también una especie bienal, en la que se demora la iniciación floral cuando es bajo el nivel de nitrógeno durante el período de inducción floral (Atherton *et al.*, 1987)

La aplicación foliar de calcio, boro y zinc sobre umbelas de cebolla durante la etapa de floración mejora el cuaje de frutos y el número de semillas por fruto (Gabri, *et al.*, 2020). Laware y Raskar (2014), redujeron el período de floración de la cebolla con la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc.

6.6. Dormición del bulbo

La dormición se define como la suspensión temporaria del crecimiento visible de cualquier estructura que contenga un meristema (Di Benedetto, 2005). Los bulbos cosechados de cebolla poseen endodormición, significa que la señal para romper la dormición se encuentra en el bulbo, y ecodormición, se refiere a la no brotación cuando las condiciones externas no son favorables (Chope *et al.*, 2012 tomado de D'Angelo y Goldman, 2019).

Al final del primer ciclo el bulbo maduro de cebolla se mantiene latente y la planta completa la senescencia de la parte aérea. En ese momento se puede observar una disminución de la mitosis en el meristema apical del tallo, un pequeño incremento en la respiración del tallo y un incremento en el peso del ápice a partir del cual se producirá la futura brotación. Luego de la maduración del bulbo se inicia una fase de dormición durante la cual el crecimiento se detiene, encontrándose importantes diferencias varietales en la duración de este período de dormición (Figura 10) (Di Benedetto, 2005).



Figura 10. Bulbos en dormición, en el corte se observa las catáfilas y el meristema apical aún sin brotar (Foto del autor).

El inicio de la dormición parece ser la consecuencia de la translocación de sustancias inhibitorias del crecimiento (ácido abscisico) desde las hojas a los bulbos durante las etapas finales de ese primer ciclo de crecimiento. La eliminación de las hojas en forma anticipada reduce el período de dormición. El ácido abscisico sufre una progresiva disminución durante el almacenamiento mientras que es posible observar un incremento primero de citocininas y luego de giberelinas y auxinas (Di Benedetto, 2005).

La salida de dormición de los bulbos es un factor que influye sobre la uniformidad de la floración. Al parecer existiría una relación excluyente entre dormición y vernalización o bien la vernalización en bulbos con dormición sería más lenta (D'Angelo y Goldman, 2018). Shishido y Saito, (1977), determinaron que bulbos colocados en condiciones de vernalización inmediatamente después de cosechados requieren un período de frío mayor que los tratados 30 días después de la cosecha.

La dormición de los bulbos explicaría por qué los requerimientos de vernalización que se determinan sobre plantas en crecimiento no pueden ser trasladados a los bulbos (D'Angelo y Goldman, 2018).

6.7. Genotipo

La cultivar considerada tiene gran importancia en la caracterización de la floración de la cebolla. Existen diferencias que se deben principalmente al origen geográfico y la época de siembra.

La cultivar japonesa Senshuki que se siembra en otoño y por ello pasa el invierno vegetando en el campo, requieren mayor tamaño crítico para desarrollar el ápice floral cuando se vernaliza a 9 °C que la cultivar Sapporoki, que se siembra en primavera y en consecuencia tiene menos posibilidades de ser seleccionado contra la floración prematura (Shishido y Saito, 1976).

Plantas provenientes de bulbillos de 17-20 mm de diámetro de las cultivares Stuttgarter y Sturon, que son cultivares de origen europeo resistentes a la floración, requieren entre 195 y 201 días mantenidas a 10 °C para que diferencien la inflorescencia (Shishido y Saito, 1975). Otra cultivar resistente a la floración, tal el caso de Sakigake Yellow requiere 56 días a 8 °C para diferenciar el escapo floral; mientras que a la misma temperatura las cvs Gladalian Brown y Early Long Keeper lo hacen a los 28 días (Bertaud, 1988).

La respuesta a la aplicación de AG₃ fue diferente entre cultivares resistentes a la floración. Brewster y Butler (1989), probaron cuatro líneas de este tipo de cultivares: tres de ellas no modificaron sustancialmente el porcentaje de floración y la restante incrementó este parámetro de 41 % al 95 %.

6.8. Manejo del cultivo

Las tareas de mantenimiento del cultivo interactúan con las características fisiológicas de la cultivar y las condiciones ambientales, afectando la floración.

La densidad del cultivo es importante por la competencia que se produce entre los individuos, lo que redundará en la tasa de crecimiento. En la localidad de La Consulta, Mendoza, Argentina, se realizaron ensayos de densidad con cebolla cv. Valcatorce INTA con el uso de los métodos bulbo-semilla y semilla-semilla (Gaviola *et al.*, 1988; Gaviola y Oliva, 1985). Con el método bulbo-semilla se plantaron líneas a razón de 12 bulbos por metro, colocando una, dos o tres líneas contiguas por cama. Se determinó que el número de varas florales por planta disminuyó cuando se incrementó el número de líneas contiguas sobre la cama de plantación: con una línea el número de umbelas por planta fue de 2,95, con dos líneas fue de 2,16 y con tres disminuyó a 1,7 (Gaviola y Oliva, 1985). Teniendo en cuenta que se partió con un lote de bulbos homogéneos se concluye que por efecto de la competencia hubo una menor diferenciación de escapos florales o éstos abortaron prematuramente.

En la misma localidad y con igual cultivar, pero con el método semilla-semilla, se determinó que el porcentaje de plantas florecidas disminuyó del 100 % con la densidad de 25 plantas.m⁻² a 75 % con 100 plantas.m⁻² (Gaviola *et al.*, 1988). En otra experiencia con el mismo método y cultivar y dos modalidades de implantación, trasplante con densidad de 17,6 plantas.m⁻² o siembra directa con densidad de 82,6 plantas.m⁻², se observó que las plantas de menor densidad tuvieron a cosecha un peso seco de 20 g y originaron umbelas de 1.200 flores mientras que las de mayor densidad tuvieron un peso seco de 10,4 g y umbelas de 700 flores (Gaviola, 1997). En este método la mayor competencia que ocurre con la alta densidad impide que muchas plantas superen el estado juvenil, además, las plantas que superan este tamaño crítico son más pequeñas y con umbelas de menor cantidad de flores.

La poda de raíces antes de la plantación es una técnica que se usa en el cultivo de cebollas dulces (de día corto) para disminuir el número de plantas que florecen. Se demostró que plantas de la cv. Granex 33 vernalizadas con siete hojas a 10 °C durante 70 días florecieron el 72 % sin poda de raíces y 28 % con poda (Sanders y Cure, 1996).

El tamaño del bulbo que se selecciona para la plantación influye sobre la floración. Rodríguez *et al.* (2016), en ensayos realizados en Cuba con la cv. Caribe 71, determinaron que el número y el tamaño de umbelas son directamente proporcionales al tamaño del bulbo.

Las distintas épocas de plantación provocan que las plantas exhiban diferentes estados de crecimiento en el momento que las temperaturas ambientales son óptimas para la inducción floral (Figura 11). Estas diferencias pueden influir sobre la vernalización, ya que, aunque este proceso se produce en el bulbo antes de brotar o luego de hacerlo, su eficiencia aumenta cuando el crecimiento de las plantas es mayor (Brewster, 1977; Galmarini, 1990; Rabinowitz y Brewster, 1990).



Figura 11. Plantas de cebolla cv Valcatorce INTA provenientes de bulbos con diferentes fechas de plantación: izquierda bulbos plantados en marzo; derecha bulbos plantados en agosto (Foto de Julio Gaviola, tomada el 15 de noviembre).

Existen experiencias en las que el atraso de la fecha de plantación de los bulbos se correspondió con una disminución del número de flores por umbela (Arboleya, *et al.*, 1986; Atkin y Davis, 1954) y del número de umbelas por planta (González *et al.*, 2008; Atkin y Davis, 1954). Otro efecto observado por la plantación tardía de los bulbos fue el retraso de la fecha de floración (Atkin y Davis, 1954; Arboleya, *et al.*, 1986). Sin embargo, en La Consulta y Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina, la plantación de bulbos de la cv Valcatorce INTA entre mayo y agosto, no modificó el número de umbelas por planta ni de flores por umbela, en tanto que el ciclo desde plantación a 50 % de emisión de escapo disminuyó con el retraso de la plantación, siendo de 107 o 100 días en la

plantación de mayo y 60 o 51 para la de agosto en La Consulta o Luján de Cuyo respectivamente (Gaviola, 1996).

Un porcentaje de plantas pueden rebrotar y reflorecer después del primer ciclo y esta característica depende del genotipo y del manejo (Figura 12) (Gaviola y Oliva, 1997). El porcentaje de plantas que rebrotan y reflorece también se relaciona con la época de plantación de los bulbos. Con la cv. Valcatorce INTA el número de umbelas producidos en la segunda floración fue de $12,3.m^{-2}$ con los bulbos plantados en marzo y de $21,5.m^{-2}$ con la plantación de agosto (Gaviola, 1996).



Figur 12. Planta de cebolla cv Valcatorce INTA rebrotada y reflorecida. Lateralmente se observa el resto del escapo emitido en el primer año (Foto de Julio Gaviola).

El método de producción también modifica la rebrotación. Con el empleo del método semilla-semilla y la cv. Valcatorce INTA se obtuvo una baja refluoración, del 1,8 % respecto de las que se produjeron la primera floración. Otras cultivares como Angaco INTA y Casera INIA, con el mismo método de producción, produjeron 26,2 % y 18,5 % más de umbelas que en la primera floración respectivamente, lo que indica que la respuesta que se obtiene se relaciona también al genotipo (Gaviola, 1999).

Una labor extendida en la plantación de los bulbos es el corte transversal del cuarto superior para facilitar su brotación, sin embargo, existe controversia sobre los efectos que provoca (Figura 13). Con la cv. Valcatorce INTA se determinó que la cantidad de umbelas por bulbo fue mayor para los tratamientos sin corte cuando se plantó a mediados de marzo o mayo, contrariamente en la plantación de principios de agosto esta variable aumentó

cuando se efectuó el corte (Gaviola, 2006). Farghali (1995), determinó que el corte de los bulbos incrementó el porcentaje de floración, pero disminuyó el número de umbelas por planta.



Figura 13. Corte transversal de bulbos previo a la plantación (Foto del autor).

7. Devernalización y competencia bulbificación-floración.

La devernalización es la reversión del proceso de vernalización. En cebolla este proceso puede no manifestar modificaciones morfológicas visibles, aunque es común encontrar el aborto del incipiente ápice floral ya diferenciado. Las temperaturas entre 28 y 31°C aplicadas a plantas o bulbos recientemente inducidos son las que pueden revertir el proceso de vernalización y muchas veces, aunque no impiden la aparición de las umbelas, éstas son malformadas y suelen presentar bulbillos aéreos (Yamasaki *et al.*, 2000; Brewster, 2001).

La reversión de la inducción floral es más fácil que se produzca sobre plantas o bulbos que estén en el límite del mínimo requerido para superar el estado juvenil o en plantas en las que la inducción floral esté menos avanzada (Brewster, 1977). Khokhar *et al.* (2007 c), determinaron que bulbos de 22,5 g conservados a temperaturas inductivas de floración, 90 días a 5 °C, y trasladados 15 días antes de la plantación a otra cámara a 30 °C, florecieron más que aquellos mantenidos a 5 °C durante todo el período previo a la plantación. Sin embargo, estos autores destacan que en otras experiencias se probaron bulbos más pequeños que los utilizados por ellos y se determinó que al colocarlos a

temperaturas no inductivas luego de la vernalización y previo a la plantación, disminuyeron la floración respecto de los mantenidos siempre a temperaturas inductivas. Ellos sostienen que esta respuesta diferente se debería a que los bulbos más pequeños poseen los primordios florales en un menor estado de desarrollo por lo que se produce su devernalización al colocarlos en altas temperaturas.

La cebolla presenta una fase de competencia entre la floración y la bulbificación. Muchas veces en la base del escapo floral desarrollado se forma una yema, luego, de acuerdo con las temperaturas y el fotoperíodo existentes durante el período de crecimiento del escapo, esta yema puede seguir caminos distintos (Figura 14). Si las temperaturas son bajas ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el día es largo, se estimula el crecimiento de los escapos florales (umbelas secundarias); contrariamente con temperaturas altas ($28\text{ }^{\circ}\text{C}$) y día largo se promueve la bulbificación, de esta manera se forma un bulbo a partir de la yema lateral e inclusive puede producirse el aborto de algún escapo floral que ya se había diferenciado (Gaviola, 1996; Brewster, 1977; Roberts y Strukmeyer, 1951). La plantación tardía de los bulbos promueve la inducción de las yemas hacia la bulbificación más que a la floración (Gaviola *et al.*, 1999).



Figura 14. Bulbos formados a partir de las yemas laterales del escapo. Estos bulbos iniciarán un nuevo ciclo luego de la primera floración (Foto de Julio Gaviola).

La presencia de umbelas anormales con bulbillos aéreos se la relaciona a fenómenos de devernalización. La aparición de bulbillos aéreos (Figura 15) se ha promovido sometiendo los bulbos a temperaturas de 28-31 °C durante 6 semanas luego de realizado el tratamiento de frío necesario para la inducción floral (Rabinowitz y Brewster, 1990).



Figura 15. Umbelas con formación de bulbillos aéreos (Foto del autor).

8. Conclusiones

La cebolla es una especie de ciclo bienal, aunque según sea el manejo puede que florecer en la misma temporada, sin que haya entrega de las plantas entre la siembra y la floración. Además, un porcentaje de plantas pueden rebrotar y reflorecer después del primer ciclo y esta característica depende del genotipo y del manejo. Presenta estado

juvenil durante el cual las bajas temperaturas no ejercen efecto inductivo sobre la floración. La necesidad de las horas de frío para que florezcan los bulbos o plantas de cebolla sería de carácter facultativo y no obligatorio. La vernalización no sería la única condición para florecer, pero su efecto sobre la rapidez en florecer es importante. El genotipo, el tamaño de planta o bulbo y las horas de frío son los principales factores que influyen en la floración, otros factores como la luz, tanto por su calidad, intensidad o fotoperiodo, fertilización, dormición de los bulbos y condiciones de manejo, pueden modificar la floración tanto en su intensidad como su velocidad.

9. Bibliografía

1. Acosta, A.; Gaviola, J. & Galmarini, C. (1993). Manual de producción de semilla de cebolla. La consulta, Mendoza. Asociación Cooperadora EEA la Consulta, p. 83 (Manual de producción de Semillas Hortícolas, fasc. 3).
2. AFIP. (2020). Estadísticas de exportación 2018, 2019 y 2020. <http://www.afip.gob.ar/operadoresComercioExterior>. [Fecha de Consulta agosto 2020].
3. Arboleya, J.E.; Villamil, J.L. & Itoh, M. (1986). Fecha de plantación de bulbos de cebolla para producción de semillas. En: Reunión Nacional de la Asociación Argentina de Horticultura (9), Reunión Latinoamericana de Horticultura (2, 1986, La Plata). Resúmenes. La Plata, ASAHO, p. 36.
4. Ashrafuzzaman, M.; Nasrul, M.M.; Razi, M.I.; Uddin, M.K.; Shahidullant, S.M. & Meon, S. (2009). Paclobutrazol and bulb size effect on onion seed production. Institute Journal of Agriculture and Biology. 11(3): p. 245-250.
5. Atherton, J.G.; Hand, D. & Williams, C.A. (1987). Curd initiation in the cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*). In Manipulation of flowering (Atherton, J.G. Ed.) Butterworths, London, p.133-145.
6. Atkin, J.D. & Davis, N.G. (1954). Altering onion flowering dates to facilitate hybrid seed production. California Agricultural Experiment Station. Bulletin 746, p.16.
7. Bertaud, D.S. (1988). Effects of chilling duration, photoperiod and temperature on floral initiation and development in sprouted and unsprouted onion bulbs. In: Proceedings of the 4th EUCARPIA Allium Symposium, Institute of Horticultural Research, Wellesbourne, UK, p. 245–261.

8. Bertaud, D.S. (1986). The effects of light on bulbing in onions. *Proceedings Agron. Soc. N Z.* 16(1): p. 79-86.
9. Branca, F. & Ruggeri, A. (1994). Reproductive response of onion seed plants to photothermal conditions. *Acta Horticulturae* 362: p. 25-34. DOI: 10.17660/ActaHortic.1994.362.2. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1994.362.2>
10. Brewster, J.L. (1977). The physiology of the onion. *Horticultural Abstracts* 47(1 y 2): p. 17-23 y 103-112.
11. Brewster, J.L. (1983). Effects of photoperiod, nitrogen nutrition and temperature on inflorescence initiation and development in onion (*Allium cepa* L.). *Ann. Bot.* 51: p. 429–440.
12. Brewstwer, J.L. (1985). The influence of seedling size and carbohydrate status and photon flux density during vernalization on inflorescence initiation in onion (*Allium cepa* L.). *Annals of Botany* 55: p.403-414.
13. Brewster, J.L. (1987). Vernalization in the onion. A quantitative approach. In: Atherton, J. G. (ed.), *The Manipulation of Flowering*. Butterworths, London, p. 177-183.
14. Brewster, J. & Butler, H.A. (1989). Inducing flowering in growing plants of overwintered onions: Effects of supplementary irradiation, photoperiod, nitrogen, growing medium and gibberellins, *Journal of Horticultural Science*, 64:3, p. 301-312, DOI: 10.1080/14620316.1989.11515958.
15. Brewster, J. (2001). *Las Cebollas y otros Alliums*. Editorial Acribia Zaragoza – España, p. 270.
16. Chase, M.W.; Reveal, J.L. & Fay, M.F. (2009). A subfamilial classification for the expanded asparagalean families Amaryllidaceae, Asparagaceae and Xanthorrhoeaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 161: p 132–136.
17. Chouard, P. (1960). Vernalization and its relations to dormancy. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 11: p. 191–238.
18. Corgan, J. N. (1975). The effect of ethephon on onion seddstalk height and seed production characteristics *HortScience* 10(6): p. 620.
19. Currah, L. & Ockendon, D.J. (1978). Protandry and the sequence of flower opening in the onion. *New Phytologist* 81 (2): p. 419-429.
20. Currah, L. & Proctor, F.J. (1990). Seed production in tropical onions. *End Onions in tropical regions*. Natural Resources Inst. Bull. N° 35.

21. D'Angelo, C.J. & Goldman, I.L. (2019). Breaking Onion Bulb Endodormancy with Hydrogen Peroxide, HortScience horts, 54(10), p. 1694-1702. Retrieved Feb 7, 2020, from <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/54/10/article-p1694.xml>.
22. D'Angelo, C.J. & Goldman, I.L. 2018. Temporal aspects of vernalization and flowering in long-day storage onion. Journal American Society Horticultural Science. 143 (6): p. 446-453. <https://doi.org/10.21273/JASHS04495-18>.
23. Devi, S.; Gulati, R.; Tehri, K. & Poonia, A. (2015). Effect of different modes of pollination on yield parameters of *Allium cepa* L. (en línea). Journal of Entomological Research. 39(2): p. 111–117. Consultado 5 abr. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2015.00004.3>.
24. Di Benedetto, A. (2005). Manejo de cultivos hortícolas: bases ecofisiológicas y tecnológicas. 1ª ed. Buenos Aires. Orientación gráfica editora. Buenos Aires, p. 382.
25. De Mason, D. A. (1990). Morphology and anatomy of *allium*. In: Rabinowitz, H. D. and Brewster, J. L. (eds), Onions and Allied Crops Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, Florida, p 27-51.
26. Fay, M.F. & Chase, M.W. (1996). Resurrection of Themidaceae for the Brodiaea alliance, and recircumscription of Alliaceae, Amaryllidaceae and Agapanthoideae. Taxon. 45: p 441–451.
27. Farghali, M.A. (1995). Effect of planting date and clipping of mother bulb on seed yield of onion under Assiut condition. Assiut Journal of Agricultural Science 26 (2): p. 81-91.
28. FAO. (2019). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. [Consultado Julio 2022].
29. Filgueira, F. (2013). Novo manual de olericultura: agrotecnología moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. rev. e ampl. Viçosa, UFV. P. 421.
30. Gabri, C.G.; Ibañez, A.A.; Güell, J.M. & Galmarini, C.R. (2020). Efecto de la aplicación foliar de boro, zinc y calcio en la producción de semilla de cebolla. Horticultura Argentina 39 (99): p. 6 – 16.
31. Galmarini, C.R. (2005). La cebolla como alimento funcional. Revista Pilquen. Sección Agronómica. Año VII. N°7. Consultado junio 2022. <https://Dialnet-LaCebollaComoAlimentoFuncional-2543768.pdf>

32. Galmarini, C.R. (1997). Manual del cultivo de la cebolla. Mendoza, AR, Centro Regional Cuyo-INTA, p. 128.
33. Galmarini, C.R. (1990). Caracterización de cultivares argentinos de cebolla (*Allium cepa* L.) de acuerdo a sus requerimientos de vernalización. Tesis M.S. instituto Agronómico mediterráneo de Zaragoza, p. 70.
34. García D. (1998). Adaptación de cultivares de cebollas “valencianas” al sistema de producción por bulbillos. Tesis. Maestría de Horticultura. Facultad de Ciencias Agrarias. U.N. Cuyo. Argentina, p. 62.
35. Gaviola, J.C. (1996). Obtención de dos ciclos reproductivos en cebolla a partir de bulbos plantados en diferentes épocas. Trabajo de Tesis presentado en Postgrado en Tecnología de Semillas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, p. 94.
36. Gaviola, J.C. (1997). Efectos del método de producción sobre la calidad y el rendimiento de semillas en cebolla cv Valcatorce INTA. Revista de la Asociación Argentina de Horticultura. V16 N° 40-41: p. 43-52.
37. Gaviola, J.C. (1998). Efectos de la época de siembra y del momento de trasplante en la producción de semillas de cebolla por el método semilla-semilla. Actas del III Jornadas de Actualización del Cultivo de Cebolla, San Juan, 1998, p. 22.
38. Gaviola, J.C. (1999). Caracterización de la refluoración con diferentes cultivares de cebolla. Informes Anuales Estación Experimental La Consulta, INTA, Argentina, p. 2.
39. Gaviola, J.C. (2006). Efectos del corte transversal de los bulbos de cebolla en distintas épocas de plantación sobre la brotación y la producción de semilla. Horticultura Argentina V.25 N° 59, p. 5-9. Publicada en agosto 2007.
40. Gaviola, J.C. (2011). Producción de semilla de cebolla cv Valcatorce INTA a partir de bulbillos (*onion set*). Informe de resultados, EEA La Consulta, INTA, Argentina, p. 4.
41. Gaviola, J.C. (2020 a). Producción de semillas hortícolas. 1° Ed. Buenos Aires. Ediciones INTA. p. 98. (en PDF). ISBN 978-987-8333-46-5 (digital).
42. Gaviola, J.C. (2020 b). El sistema semillero hortícola argentino. Horticultura Argentina 39 (100): Sep. - diciembre 2020. ISSN de la edición on line 1851-9342.
43. Gaviola, J.C. & Oliva, R.N. (1985). Efecto de la densidad de plantación de los bulbos en la producción de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). XI Seminario Panamericano de Semillas. Cali. Colombia. Resúmenes, p. 39.

44. Gaviola, J.C. & Oliva, R.N. (1997). Alternativas en la multiplicación de cebolla. *Avances en Horticultura*. Vol. 2 N° 1, p. 4-14.
45. Gaviola, J.C.; V.M. Lipinski & Della Gaspera, P.G. (2022). Efectos de la aplicación foliar de ácido giberélico sobre la producción de semilla de cebolla. *Horticultura Argentina* 41 (105): Mayo. - agosto. 2022. ISSN de la edición on line 1851-9342.
46. Gaviola, J.C.; Planchuelo, A.M. & Oliva, R.N. (1999). Evaluación morfológica de la rebrotación de plantas de cebolla (cv. Valcatorce INTA) para la producción de semillas. *Agrisciencia* Vol. XVI: p. 29-36.
47. Gaviola, J.C.; Oliva, R.N. & Makuch, M.A. (1988). Efectos de la densidad sobre el rendimiento y la calidad de semilla de cebolla producida con el método semilla-a-semilla. 11° Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza. Resúmenes, p. 15.
48. George, R.A.T. (1989). Producción de semillas de plantas hortícolas. Versión española. Ediciones Mundi prensa. Madrid, p. 330.
49. González, H.; Colnago, P.; González, P.; Peluffo, S. & Zipitría, J. (2008). Efecto de las prácticas de manejo del cultivo semillero de cebolla en la presencia de enfermedades y en el rendimiento y calidad de las semillas. Informe final CSIC, modalidad sector productivo. UDELAR. Montevideo, Uruguay. p. 57.
50. Gorski, T. (1980). Annual cycle of the red and far-red radiation. *International Journal of Biometeorology*. 24:361–365.
51. Guñazú, M.E. (1996). Factores de manejo que afectan la floración en cultivos de cebolla (*Allium cepa* L.). *Avances en Horticultura*. 1(1): p.1-9.
52. Hayward, H.E. (1953). Estructura de las plantas: *liliaceae*. Buenos Aires, Acme. P 183-216.
53. Hawthorn, L.R & Pollard, L.H. (1954). *Vegetables and Flowers Seed Production*. Nueva York. The Blakisyon Company. 626 p.
54. Izquierdo, J. & Corgan, J.N. (1980). Onion plant size and timing for ethephon-induced inhibition of bolting. *Journal of the American Society for Horticultural Science* Vol.105 No.1, p. 66-67.
55. Jones, H.A. & Mann, L.K. (1963). *Onions and their allies*. London. Leonard Hill Hooks Limited, p. 286.
56. Khatun, L.; Karim, M.; Talukder, F.U.; Rahman, M. & Jahan, I. (2020). Vernalization and gibberellic acid response in summer onion's (*Allium cepa* L.)

- reproductive phases. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 1: p. 7-14.
10.26480/taec.01.2020.07.14.
57. Khokhar, K.M. (2014). Flowering and seed development in onion: A review. *Open Access Library J.* October 2014. Volume 1 e1049.OALibJ | DOI:10.4236/oalib.1101049.
 58. Khokhar, K.M. (2009). Effect of set-size and storage temperature on bolting, bulbing and seed yield in two onion cultivars. *Horticulturae* 122(2): p. 187-194.
 59. Khokhar, K.M.; Hadley, P. & Paerson, S. (2007 a). Effect of photoperiod and temperature appearance and subsequent development towards flowering in onion raised from sets. *Scientia Horticulturae* 112: p. 9-15.
 60. Khokhar, K.M.; Hadley, P. & Paerson, S. (2007 b). Effect of cold temperature duration of onion sets in store on the incidence of bolting, bulbing and seed yield. *Scientia Horticulturae* 112: p. 16-22.
 61. Khokhar, K.M.; Hadley, P. & Paerson, S. (2007 c). Effect of reciprocal transfers of onion sets between inductive and non-inductive temperatures on incidence of bolting and bulbing and seed yield. *Scientia Horticulturae* 112:245-260. *Sepatata* 276.
 62. Kimani, P.M.; Kariuki, J.L.; Peters, R. & Rabinowitz, D.H. (1994). Potencial of onion production in a tropical enviroment. *Acta Horticulturae* N° 358, p. 341-348.
 63. Laware, S.L. & Raskar, S. (2014). Influence of zinc oxide nanoparticles on growth, flowering and seed productivity in onion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 3(7): p. 874-881.
 64. Lee, H & Harvey, M.J. (2020). Variable Penetrance among different sources of the male fertility restoration allele of onion. *Hortscience* 55(4): p. 543–546. 2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14709-19>.
 65. Lipinski, V.M.; Gaviola, S. & Gaviola, J.C. (2002). Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento de cebolla cv Cobriza INTA con riego por goteo. *Agricultura Técnica (Chile)* 62(4): p. 574-582.
 66. Macías Duarte, R.; Grijalva Contreras, R.L.; Robles Contreras, F.; López Carvaja, A. & Núñez Ramíre, F. (2017). Evaluation of growth regulators in onion for the control of the emission of floral stem. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 8 no.7 Texcoco sep./nov. 2017.

67. MAGyP (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca) (2019). Producción de cebolla en la Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/cultivo-cebolla-argentina-ministerio-agricultura.pdf>. [Consultado en julio 2022].
68. Mushtaq, S.; Amjad, M. & Ziaf, K. (2018). Gibberellins application timing modulates growth, physiology, and quality characteristics of two onion (*Allium cepa* L.) cultivars. *Environ Sci Pollut Res* 25, p. 25155–25161. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2542-9>
69. Parodi, L.R. (1978). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Buenos Aires, Acme. Tomo 1, p. 551.
70. Peluffo, S.; González Idiarte, H.; Borges, S.; Arbolea, J. & Galván, G.A. (2016). Onion sets as planting material for seed production of three cultivars in Uruguay. *Seed Sci. & Technol.*, 44, p. 500-513. <http://doi.org/10.15258/sst.2016.44.3.04>.
71. Quagliotti, L. (1992). Produzione delle sementi ortive. Bologna. Edagricole. Italia, p. 737.
72. Rabinowitz, D.H. (1985). Onions and other edible alliums. In: A.H. Halevy (ed.). *Handbook of flowering*. Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL.
73. Rabinowitz, D.H. & Brewster, J.L. (1989). Onion and allied crops. *Botany, physiology and genetics*. Boca Raton, Florida, CDC. Vol. 1, p. 273.
74. Reghin, M.Y.; Otto, R.F.; Olinik, J.R.; Jacoby, C.F.S. & Oliveira, R.P. (2005). Vernalização em bulbos e efeito no rendimento e potencial fisiológico de sementes de cebola. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p. 294-298, abr-jun 2005.
75. Roberts, R.H. & Strukmeyer, B.E. (1951). Observation of the flowering of onions. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. 58: p. 213-216.
76. Rodríguez, M.; Montenegro, C.; Marín, R. & Paz, F. (2016). Efecto del diámetro del bulbo y la densidad de plantación en la producción de semilla de cebolla, por el método semilla-bulbo-semilla. Universidad de Sancti Spíritus (UNISS), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Avenida de los Mártires # 360, Sancti Spíritus, Cuba. *cultrop* vol.37 no.4 La Habana. ISSN 0258-5936 versión On-line ISSN 1819-4087.
77. Sanders, D. C. & Cure, J.D. (1996). Control of bolting in autumn-sown sweet onions through undercutting. *Journal American Society Horticultural Science*. November 1996 Vol. 121, No. 6.

78. Santos, M.G.; Mota, W.F.; Vieira, J.C.B.; Mota, V.J.G. & Madureira, R.P. (2012). Vernalização e corte do terço apical dos bulbos na produção e qualidade de sementes de cebola. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*, 33(3): p. 989-996.
79. Shishido, Y. & Saito, T. (1977). Studies on the flower bud formation in onion plants III: Effects of physiological conditions on the low temperature induction of flower buds in bulbs. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 46: p. 310–316.
80. Shishido, Y. & Saito, T. (1976). Studies on the flower bud formation in onion plants II: Effects of physiological conditions on the low temperature induction of flower buds on green plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 45 (2): p. 160–167.
81. Shishido, Y. & Saito, T. (1975). Studies on the flower bud formation in onion plants. 1. Effects of temperature, photoperiod and light intensity on the low temperature induction of flower buds. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 44. p. 122–130.
82. Shishido, Y. & Saito, T. (1984). Effects of Plant Growth Regulators on Low Temperature Induction of Flower Buds in Onion Plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 1984 Volume 53 Issue 1, p. 45-51.
83. Soto, V.; Caselles, C.; Silva, M.F. & Galmarini, C.R. (2018). Onion Hybrid Seed Production: Relation with Nectar Composition and Flower Traits. *Journal of Economic Entomology*, 111(3), 1023–1029. <https://doi.org/10.1093/jee/toy081>.
84. Soto, V.; Gatica, I.J.G. & Galmarini, C.R. (2021). Onion (*Allium cepa* L.) hybrid seed production: Sugar content. variation during the flowering period *Crop Science*. 2021; 61: 3529–3537.
85. Thomas, B. (1994). Internal and external controls on flowering. En: Jordan BR. (ed). *The molecular biology of flowering*. CAB. Wallingford. UK. 1-19. Wiebe, H.J. 1990. Vernalization of vegetable crops: A review. *Acta Hort*. 267: p. 323–328.
86. Van der Meer, Q.P. & Van Bennekom, J.L. (1973). Gibberellic acid as a gametocide for the common onion (*Allium cepa* L.). *Euphytica* 22: p. 239–243.
87. Yamasaki, A.; Tanaka, K.; Yoshida, M. & Miura, H. (2000). Induction of devernalization in mid-season flowering cultivars of Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.) by high day temperature. *Journal of the Japanese Society for Horticultural*. 69(5):611-613.