

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CEBOLLA (*Allium
cepa* L.) MEDIANTE EL MÉTODO SEMILLA-BULBILLO-SEMILLA PARA
TRES CULTIVARES DE URUGUAY**

por

Sebastián PELUFFO FOURMENT

**TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias opción
Ciencias Vegetales.**

PROGRESO

URUGUAY

Noviembre 2013

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. Ph.D. Jorge Arboleya, Ing. Agr. Ph.D. Guillermo Galván, Ing. Agr. M.Sc. Carlos Rossi, e Ing. Agr. Dr. Esteban Vicente, el 18 de noviembre de 2013. Autor: Ing. Agr. Sebastián Peluffo Fourment. Director: Ing. Agr. M.Sc. Héctor González Idiarte.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A mi tutor, Héctor González por el interés, apoyo y compromiso asumido durante este trabajo y formación académica de la maestría.

A Alejandra Borges por la orientación en el análisis estadístico de la información.

A Isabel Sans por la revisión de la edición de este trabajo.

A mis compañeros docentes de horticultura, Santiago, Luis, Marga, Paula y Guille por el apoyo y estímulo constante al desarrollo de mi trabajo y formación personal.

A mis compañeros funcionarios de horticultura, Natalia, Víctor, Oscar y Jara por la colaboración en la implementación y ejecución de los ensayos realizados en el Centro Regional Sur.

Al Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía por permitirme desarrollar y apoyar la realización del trabajo de tesis.

Dedico este trabajo a toda mi familia, a mis padres Blanca Rosa y José Carlos.

Y en particular a mis amores, mi compañera Claudia Catalina y mi hija Martina de quienes recibo lo mejor y me apoyan constantemente.

TABLA DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA.....	III
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CEBOLLA EN URUGUAY.....	1
1.2. REQUERIMIENTOS FISIOLÓGICOS Y CLIMÁTICOS PARA LA FLORACIÓN Y FORMACIÓN DE LA SEMILLA.....	4
1.3. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA Y POLINIZACIÓN.....	7
1.4. FACTORES INVOLUCRADOS EN LA FLORACIÓN EN BULBILLOS	8
1.4.1. <u>Efecto de la temperatura</u>	8
1.4.2. <u>Tamaño de bulbillos</u>	10
1.5. MÉTODOS Y PRÁCTICAS DE MANEJO EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA	11
1.5.1. <u>Método semilla-bulbo-semilla</u>	11
1.5.2. <u>Método semilla-semilla</u>	17
1.5.3. <u>Método semilla- bulbillos-semilla</u>	18
1.6. RESULTADOS NACIONALES EMPLEANDO BULBILLOS.....	20
1.6.1. <u>Para la producción de bulbo</u>	20

1.6.2. <u>Para la producción de semilla</u>	22
1.7. HIPÓTESIS DE TRABAJO	23
1.8. OBJETIVOS.....	23
2 <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	25
2.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	25
2.1.1. <u>Obtención de los bulbillos</u>	25
2.1.2. <u>Manejo durante la conservación de los bulbillos</u>	26
2.1.3. <u>Instalación, manejo y cosecha del cultivo semillero</u>	26
2.1.4. <u>Secado, trilla y limpieza de la semilla</u>	27
2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
2.3. ANÁLISIS DE DATOS.....	29
2.4. MEDICIONES Y EVALUACIONES REALIZADAS.....	30
2.4.1. <u>Registros térmicos y cuantificación de temperaturas vernalizantes</u>	30
2.4.2. <u>Evaluación de la cosecha de bulbillos producidos en el almácigo</u>	32
2.4.3. <u>Evaluación de los bulbillos previo a la plantación en el campo</u> ..	32
2.4.4. <u>Evaluaciones durante el cultivo semillero</u>	32
2.4.5. <u>Cosecha, rendimiento y calidad de las semillas</u>	34
3 <u>RESULTADOS</u>	35
3.1. PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS BULBILLOS.....	35
3.1.1. <u>Plantas y bulbillos producidos en el almácigo</u>	35
3.1.2. <u>Conservación de los bulbillos</u>	37

3.1.3. <u>Caracterización de los bulbillos al momento de plantar</u>	38
3.2. TEMPERATURA DURANTE LA CONSERVACIÓN DE LOS BULBILLOS Y SU CULTIVO	39
3.2.1. <u>Caracterización de las temperaturas registradas en el ensayo</u>	39
3.2.2. <u>Cuantificación de horas para el rango de 5 a 13°C en el ensayo</u> .	40
3.2.3. <u>Cuantificación de horas y días efectivos de vernalización en el ensayo</u>	41
3.3. DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO.....	42
3.4. DESARROLLO REPRODUCTIVO DEL CULTIVO.....	43
3.4.1. <u>Proporción de plantas que emitieron escapo</u>	43
3.4.2. <u>Evaluación de los escapos emitidos por planta</u>	43
3.4.3. <u>Desarrollo del cultivo</u>	45
3.4.4. <u>Muestreo destructivo de plantas en plena floración</u>	46
3.4.5. <u>Número y tipo de umbelas cosechadas</u>	48
3.5. PRODUCCIÓN DE SEMILLA.....	50
3.5.1. <u>Rendimiento y producción de semilla</u>	50
3.5.2. <u>Calidad de semilla</u>	54
3.5.2.1. <u>Peso de mil semillas</u>	54
3.5.2.2. <u>Porcentaje de germinación de la semilla</u>	56
<u>DISCUSIÓN</u>	58
4.1. PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE BULBILLOS.....	58
4.2. DISPONIBILIDAD DE TEMPERATURAS VERNALIZANTES....	58

4.3.	DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO.....	60
4.4.	DESARROLLO REPRODUCTIVO DEL CULTIVO.....	60
4.5.	PRODUCCIÓN DE SEMILLA.....	64
4.6.	CALIDAD DE SEMILLA.....	66
5	<u>CONCLUSIONES</u>	69
6	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	71
7	<u>ANEXO</u> : Producción de semilla de cebolla mediante el método semilla- bulbillo-semilla para tres cultivares de Uruguay. (Artículo).....	79

Evaluación de la producción de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.) mediante el método semilla-bulbillo-semilla para tres cultivares de Uruguay

RESUMEN

La creación, demanda, y creciente adopción de los cultivares nacionales de cebolla ha generado condiciones para la organización de programas de producción de semilla de calidad controlada, e investigaciones sobre producción de semilla. Los sistemas semilla-semilla y semilla-bulbillo-semilla permitirían la producción con menores costos. Este trabajo tuvo por objetivo estudiar la adaptación del método semilla-bulbillo-semilla en los cultivares INIA Casera (IC), Pantanoso del Sauce CRS (PS), e INIA Valenciana (IV) a las condiciones del sur del país. Los tratamientos fueron la combinación de dos tamaños de bulbillo (chicos 16-21 mm y grandes 26-31 mm) y períodos en almacenamiento a 7 °C por 0, 15, 30 y 45 para IC y PS, y 0 y 30 días para IV. El ensayo se realizó en el Centro Regional Sur (Progreso, Canelones). El tamaño grande de bulbillo incremento el rendimiento de semilla para IC y PS, alcanzando rendimientos de 1001 y 745 kg ha⁻¹ respectivamente. En IV hubo interacción entre el tamaño y la condición de conservación. Bulbillos grandes conservados por 30 días a 7 °C alcanzaron un rendimiento de 595 kg ha⁻¹, el mayor rendimiento para IV. El peso de mil semillas fue mayor para el tamaño chico de bulbillo en PS; sin embargo en IV lo fue para el tamaño grande. En IC existió interacción, el mayor peso de mil semillas se obtuvo con 0 días a 7 °C y con los bulbillos chicos que estuvieron 30 días a 7 °C. El porcentaje de germinación en todos los casos fue superior al 75% establecido en la norma nacional de certificación de semilla; en IC no varió entre tratamientos; en IV fue mayor para el tamaño grande y para 30 días a 7 °C; en PS la interacción determinó que solo fuera mayor para los bulbillos grandes, cuando estuvieron 15 días a 7 °C. Para las condiciones del ensayo, estos resultados evidencian la viabilidad del método estudiado para producir semilla de calidad de los cultivares evaluados.

Palabras clave: Semilla, *Allium cepa* L., bulbillos, vernalización, tamaño.

**Onion (*Allium cepa* L.) seed production evaluation of three Uruguayan cultivars
by seed-set-seed method**

SUMMARY

The creation, demand and growing adoption of national onion cultivars have generated conditions for the organization of seed production programmes of seed with controlled quality, and research on seed production. Seed to seed and seed-set-seed methods would allow seed production with lower costs. The goal of this research was to study seed-set-seed onion production method for Southern Uruguay, in the cultivars Pantanoso del Sauce CRS (PS), INIA Casera (IC) and INIA Valenciana (IV). Treatments were the combination of two set sizes (small 16-21mm and large 26-31mm) and storage period at 7 °C for 0, 15, 30 and 45 days for IC and PS, and IV to 0 and 30 days. The experiment was carried at the Centro Regional Sur (Progreso, Canelones). Large set size increased significantly seed yield for IC and PS reached 1001 and 745 kg ha⁻¹ respectively. For IV, there was a significant interaction between set size and storage treatments. Large set size storage for 30 days a 7 °C yielded 595 kg ha⁻¹, the best yield for IV. The weight of 1000 seeds was significant greater for small set in PS, whereas for IV was for large set. For IC was found interaction, the greater weight of 1000 seeds significantly was for 0 days storage at 7 °C and 30 days at 7 °C for small sets. In all cases, the percentage of germination was above 75% established for the national certification rules of seed. For IC, the percentage of germination did not change significantly, for IV was higher significantly for large sets and 30 days storage at 7 °C. For PS was found significant interaction, were the percentage of germination was higher for large set, only for 15 days storage at 7 °C. For the conditions of this experiment, the results suggest the viability of the studied method for the production of seed with quality of the evaluated cultivars.

Key words: seed, *Allium cepa* L., sets, vernalization, size.

INTRODUCCIÓN

1.1.PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CEBOLLA EN URUGUAY

El cultivo de cebolla constituye uno de los principales rubros hortícolas del país. Se cultivan anualmente en promedio 2000 ha, involucrando a 1300 productores y generando el 11% del valor bruto de producción hortícola nacional¹ (DIEA 2010). El consumo anual de semilla de cebolla se estima en 5000 a 6000 kg (Hirczak 2012).

Tradicionalmente la producción de semilla nacional se ha realizado de forma local en el Sur y Litoral Norte del país, principales regiones donde se desarrolla el cultivo. En forma artesanal mediante el mantenimiento y multiplicación de Poblaciones Locales (PL), así como materiales derivados de cultivares nacionales y/o extranjeros de polinización abierta (VPA). Utilizando el método tradicional semilla-bulbo-semilla. Este método permite cubrir bien y regularmente las necesidades de vernalización en todos los materiales genéticos utilizados en el país, y un buen desarrollo de las plantas en la etapa reproductiva. Además permite realizar selección de plantas en la etapa de producción y conservación de bulbos. Como desventajas se citan la realización de dos ciclos productivos largos a campo y sus costos derivados, así como el requerimiento de un gran volumen de bulbos (Acosta et al., 1993), (figura 1).

A fines de los años ochenta y durante los noventa, las instituciones de investigación nacional iniciaron programas de mejoramiento genético del cultivo, originando posteriormente la creación de cultivares nacionales (González et al., 2008; Vicente et al., 2007). La liberación y adopción de los cultivares nacionales de cebolla “Pantanosos del Sauce CRS” (PS CRS) e “INIA Casera” (IC), los cuales representan un 70 % del área sembrada anual (DIEA 2010) generó condiciones para la organización de programas de producción de semilla de calidad controlada y el desarrollo de

¹ No incluye el cultivo de papa.

investigaciones sobre producción y tecnología de semilla (González et al. 2008; Vicente et al. 2007).

Actualmente el origen de la semilla utilizada en el país es aportada en partes iguales por, la producción artesanal, producción de semilla certificada de cultivares nacionales, y semilla importada (Hirczak 2012). Durante los últimos diez años, la producción de semilla certificada nacional se ha realizado utilizando el método tradicional semilla-bulbo-semilla, el cual ha permitido producir semilla de calidad (Peluffo y González, 2012). Sin embargo el rendimiento comercial promedio obtenido de 300 a 440 kg ha⁻¹ puede considerarse bajo comparando con los registros y estudios realizados en el país (González et al., 2008; Vicente et al., 2007; Arboleya et al., 1986). También se sitúa por debajo de los 500 kg ha⁻¹ promedio, obtenidos para la mayoría de las zonas productivas en el mundo (Brewster, 2008). A su vez el rendimiento nacional es variable entre años, con rendimientos promedios desde 218 a 391 kg ha⁻¹ para PS CRS y 281 a 593 kg ha⁻¹ para IC, obtenidos en años secos y sin problemas sanitarios. A nivel individual de los productores el rango es aún mayor (desde 100 a 1200 kg ha⁻¹), lo que demuestra que tanto el cultivo, como el método utilizado son altamente afectados por el año y el manejo realizado durante el cultivo (Peluffo y González, 2012). Hasta el momento, la producción de semilla de cebolla en Uruguay es considerada rentable por los productores a partir de un rendimiento de 300 kg ha⁻¹, lo cual es sustentado mayoritariamente por el alto precio obtenido y la fuerte demanda de semilla de algunos cultivares nacionales. A nivel internacional en zonas especializadas productoras de semilla de cebolla los mayores rendimientos obtenidos y los menores costos de producción, resultan competitivos frente a la producción nacional. Tal situación puede afectar a futuro la sustentabilidad de la producción comercial de semilla de cebolla en Uruguay, así como la expansión de esta nueva actividad productiva.

Los métodos semilla-semilla y semilla-bulbillo-semilla han sido investigados y aplicados comercialmente en países productores de semilla de cebolla, debido a su menor costo (figura 1) (Khokhar, 2009; Acosta et al., 1993). En Uruguay se han

realizado algunas investigaciones preliminares con el método semilla-semilla (González M 2013; González 1996), no existiendo antecedentes en el uso del método semilla-bulbillo-semilla. Sin embargo las investigaciones realizadas en el país empleando bulbillos para producir bulbos, indicarían la posibilidad en ciertas condiciones y manejos de ser potencialmente utilizados para la producción de semilla en nuestras condiciones (Andino, 2005; Laurino, 2005; Nieves y Ruiz, 1995; Kasek y Melognio, 1994; Compiani y D'Acunti, 1994). El rendimiento de semilla depende de varios factores, siendo los más importantes además del cultivar, el tamaño de bulbo/bulbillo y la temperatura durante su conservación (Khokhar, 2009; Brewster, 2008; Reghin et al., 2005).

Figura 1. Métodos utilizados en la producción de semilla de cebolla en el mundo, ventajas y desventajas de su empleo en Uruguay.

Método	Ventajas	Desventajas
Semilla-bulbo-semilla	Satisface necesidades inductivas. Rendimientos aceptables. Permite selección de bulbos.	Ciclo largo, 21-22 meses. Alto costo. Requiere un alto volumen de bulbos. Dos ciclos de cultivo en campo. Mayor superficie de cultivo. Mayor inóculo de patógenos en bulbos. Condiciones durante almácigo desfavorables.
Semilla-bulbillo - semilla	Ciclo intermedio, 16 meses. Costo intermedio. Menor volumen (bulbillos). Un ciclo de cultivo en campo Menor superficie de cultivo. Menor inóculo en bulbillos. Condiciones favorables en almácigo	No hay investigación, ni experiencia nacional. Baja Selección.
Semilla-semilla	Ciclo menor, 12- 13 meses. Bajo costo. Ausencia de inóculo inicial.	Necesidades inductivas incompletas DI- DL ? Cultivo a campo muy largo (sanidad ?). Condiciones en la instalación del cultivo. Nula Selección.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a la bibliografía y antecedentes consultados.

1.2. REQUERIMIENTOS FISIOLÓGICOS Y CLIMÁTICOS PARA LA FLORACIÓN Y FORMACIÓN DE LA SEMILLA

Las plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) son generalmente bienales floreciendo en la segunda estación de crecimiento, aunque bajo condiciones inductivas lo hacen en la primera estación. La respuesta a la floración de un cultivar (cv) en una localidad depende de una serie de factores entre ellos el clima, la temperatura requerida para la inducción floral, la época de plantación y el tamaño de los bulbos madre (Melo y Ribeiro, 1990). Según Kampen, citado por Brewster (2008) los diferentes estados fenológicos en el ciclo de vida de la cebolla pueden agruparse dentro de cuatro fases de acuerdo a la homogeneidad de los requerimientos ambientales que presentan: (I) fase juvenil, (II) termo fase, (III) fase de competencia, y (IV) fase de terminación. En la primera fase, las plantas no son receptivas al estímulo del frío. Para superar esta fase la planta debe alcanzar cierto grado de madurez fisiológica, lo cual ocurre cuando la planta tiene al menos 4-5 hojas expandidas, aunque hay diferencias entre los cultivares en el número requerido de hojas iniciadas. Rabinowitch y Currah (2002) sugieren que además es necesario un tamaño mínimo del meristema apical. Según Galmarini, citado por Guiñazú (1996) para los cvs Valcatorce INTA y Blanca Chata INTA, el estado “juvenil” de la planta finaliza cuando ésta alcanza un diámetro de 6 a 8 mm según el cultivar.

La baja intensidad de luz durante las primeras etapas del cultivo determina una baja concentración de carbohidratos no estructurales en la planta, enlenteciendo posteriormente la iniciación floral, y aumentando el número crítico de hojas necesario para superar la fase “juvenil”. Este fenómeno depende de factores ambientales y de la planta, siendo la acción de la temperatura condicionada por el tamaño de planta. La fase reproductiva se inicia con el estímulo provocado por el frío sobre las yemas localizadas en las axilas de hojas de bulbos o plantas, en condiciones naturales o artificiales de vernalización, resultando posteriormente en la emisión de escapos florales (Currah, citado por Santos et al., 2012). La vernalización es un fenómeno inductivo que provoca una aptitud para la floración, fenómeno que se manifiesta normalmente a temperaturas

superiores a la de vernalización y con fotoperiodos largos. La vernalización es un proceso cuantitativo más que un cambio brusco de un estado no inductivo a uno inductivo (Thomas, 1994). Siembras tempranas permiten acumular más horas de frío, predisponiendo en mayor forma la floración prematura. Temperaturas en el rango de 5 a 13 °C luego de la primera etapa de desarrollo del cultivo, favorecen la floración prematura (Khokhar, 2009; Shishido y Saito, 1975; Lackman y Michelson, 1960; Heath, 1943). Brewster (2008) señala un rango de 7 a 12 °C como óptimo durante la termofase, mientras que la vernalización se enlentece con temperaturas iguales ó menores a 6 °C. A su vez la temperatura óptima de vernalización varía con el cultivar, de un requerimiento de 15 a 21 °C para materiales africanos, a 3 a 4 °C para cultivares del norte de Rusia.

La fecha de floración puede ser influenciada mediante bajas temperaturas durante almacenamiento y/o por la época de plantación (Khokhar, 2008; Brewster, 2008; Jones y Mann, 1963; Aoba, 1960). La necesidad de frío para inducir la floración es la principal dificultad en la producción de semillas en países tropicales. En esas condiciones se utiliza la vernalización artificial, la cual otorga una rápida y uniforme floración (Kimani et al., citado por Streck, 2003). Según Santos et al. (2012), la vernalización artificial de bulbos es utilizada en las regiones cálidas de Brasil, viabilizando la producción de semilla. El período de almacenamiento y temperatura varía según el cultivar. Generalmente se utilizan temperaturas en el entorno de 2 °C por 60 a 90 días, continuado de 20 a 40 días a 8° C para inducir la brotación (Santos et al. 2012).

Según Hodges y Ritchie, citados por Streck (2003), la respuesta de las plantas a la vernalización es lograda mediante la combinación de dos factores: la temperatura durante el período de vernalización, y la duración del período de vernalización. La respuesta a la temperatura de vernalización depende de tres temperaturas (mínima, óptimo y máxima) cardinales (Wang y Engel, citados por Streck 2003). A su vez la duración de la exposición a temperaturas vernalizantes puede ser medida como días efectivos de vernalización (DV). Un DV es logrado cuando la planta es expuesta a la temperatura óptima durante un período de un día (24 hs). A medida que la temperatura

se aparta de ese óptimo, solo una fracción de un DV es acumulada por la planta para ese día calendario (Hodges y Ritchie, citados por Streck 2003). Por lo tanto, un modelo de vernalización tiene una función de respuesta a la temperatura, y una función de respuesta a los DV. Streck (2003) diseñó un modelo de vernalización para cebolla, asumiendo como temperatura mínima 0 °C, basado en los resultados obtenidos por Boswell (1923), quien demostró que la iniciación floral en cebolla es suprimida en el entorno de 0 °C. La temperatura óptima la determinó en 10 °C, basado en Aguiar (1984) y Rabinovich (1985), y la temperatura máxima en 16° C, basada en Brewster (1987).

Según Khokhar et al. (2007a) el fotoperíodo no tiene incidencia sobre la vernalización, pero sí sobre la elongación del escapo floral, siendo favorecido por días largos. Tanto la planta como el bulbo pueden captar el estímulo de las bajas temperaturas. El tiempo requerido para la vernalización también puede depender del cultivar (Khokhar et al., 2007c). Plantines de los cultivares japoneses Sapporiki e Imai son inducidos con 20 días a 9 °C, mientras que el cultivar Senshuki requiere 30 a 40 días. Según Gómez y López (1977) existen grandes diferencias entre cultivares en la sensibilidad a la floración prematura. Aunque bajo condiciones apropiadas todos son susceptibles a la floración prematura, y unos lo hacen con más facilidad que otros.

Durante la termo fase, la ocurrencia de temperaturas de 25 a 30 °C reduce la floración de dos maneras. Por un lado, inhiben la formación de inflorescencias, y por otro favorecen la rápida bulbificación (Rabinowitch y Brewster, 1990; Jones y Mann, 1963). La rápida formación del bulbo suprime la floración prematura durante la fase de competencia entre las inflorescencias y la expansión de las vainas reservantes durante la bulbificación. Esto puede provocar el marchitamiento y degeneración de inflorescencias iniciadas. En cambio temperaturas de 15 a 17 °C promueven el desarrollo interno de las inflorescencias respecto a la bulbificación (Rabinowitch y Brewster, 1990). Por lo tanto durante la termofase y la fase de competencia, bajas temperaturas favorecen la inducción y desarrollo de las inflorescencias iniciadas antes del inicio de la bulbificación. La fase de terminación (IV) se inicia con la emergencia de la espata visible, posteriormente

sucede la elongación del escapo floral y diferenciación floral, anthesis, fertilización, y desarrollo de las semillas. Esta fase requiere de un aumento de la temperatura con óptimos de 25 a 30 °C para el normal desarrollo de las estructuras florales. La presencia de umbelas anormales con “bulbillos” aéreos es promovida al someter bulbos o bulbillos a temperaturas de 28-31 °C durante 6 semanas, seguido de tratamientos de frío para promover la iniciación floral durante 5-6 meses (Scully et al.; Kampen; citados por Rabinowitch y Brewster, 1990). Otras anomalías como ser, espata larga, verde ó presencia de rudimentos foliares, escapo corto ó retorcido, suceden cuando las plantas inducidas se desarrollan en condiciones de fotoperíodo corto (8-10 hs). Una vez emergida la espata y durante el desarrollo del escapo hasta plena floración se requieren unos 400 grados día (GD) por encima de 10 °C, y 900 GD hasta la maduración y dehiscencia de las cápsulas (Rabinowitch y Brewster, 1990).

1.3. BIOLOGÍA REPRODUCTIVA Y POLINIZACIÓN

El tallo floral (escapo) consiste en una extensión apical del tallo basal, alcanzando una altura de hasta uno a dos metros. La planta puede producir de una a veinte umbelas, generalmente de tres a seis. El número de escapos por planta depende de varios factores incluyendo la temperatura de almacenamiento de los bulbos, la densidad de plantación y el cultivar (George, 1985). La umbela puede contener de 50 a 2000 flores perfectas, aunque generalmente contiene de 200 a 600 flores, dependiendo del cultivar, condiciones de crecimiento y factores ambientales (Brewster, 1994). El período de apertura para una flor individual es de diez días a 18 °C y de 5 días a 30 °C. En tanto, el período de floración considerando una umbela es de aproximadamente cuatro semanas (George, 1985). Durante la polinización, cuajado y crecimiento del embrión, temperaturas de 27/18 °C (día/noche), con una media de 25 °C, y menos de 70 % de HR son óptimas para la producción de semilla.

Según Grey y Ward, citados por Rabinowitch y Brewster (1990) el peso fresco máximo de la semilla se alcanza a los 30 días post floración o 570 GD, mientras que el

peso seco máximo (3 a 3,5 mg semilla⁻¹) se logra a los 45 días o 810 GD, coincidiendo con la dehiscencia de las cápsulas. La germinabilidad de la semilla comienza poco antes de completar el peso fresco, lográndose el máximo a principios de la dehiscencia.

Cada flor tiene tres carpelos con dos óvulos cada uno, siendo común cosechar 3 a 4 semillas por flor (Brewster, 2008). La polinización es llevada a cabo principalmente por abejas. Temperaturas en el entorno de 16 °C, días soleados y sin viento favorecen la actividad de los polinizadores. La fertilidad del polen es buena a 23 °C. El crecimiento del tubo polínico es bueno a 20 °C y es inhibido a 40 °C, provocando áreas con flores abortadas en las umbelas donde impacta el sol y fallas en los semilleros (Brewster, 2008). El déficit hídrico, viento caliente y enfermedades radiculares pueden conducir al marchitamiento y muerte de semillas en desarrollo, en las etapas de grano “lechoso” y “pastoso” durante el desarrollo del endosperma (Harrington, citado por Brewster, 1994).

1.4. FACTORES INVOLUCRADOS EN LA FLORACIÓN EN BULBILLOS

Los principales factores que inciden en la floración de cultivos realizados a partir de bulbillos son en orden de importancia, la temperatura, el cultivar y el tamaño del bulbillo (Voos, citado por García, 1998).

1.4.1. Efecto de la temperatura

Bulbillos grandes y plantas sembradas muy temprano tienen mayor probabilidad de acumular durante el invierno las horas de frío requeridas por el cultivar para florecer (Jones y Mann, 1963). Experiencias previas señalan que para producir semilla, bulbillos y bulbos deben ser almacenados entre 5 y 15 °C, y para retardar la floración a 0 ó 25 °C (Voos, citado por García, 1998). La mayoría de los estudios sobre los efectos de la temperatura de almacenamiento en la iniciación floral establecen el rango óptimo entre 5 a 13 °C, siendo muy reducida o suprimida a temperaturas entre 15 a 30 °C, o por debajo de -3 a 0 °C. La duración óptima del período de vernalización a temperatura de 3 a 11 °C es de 7 a 90 días (Bertaud, De Bon y Rhino, citados por Khokhar 2009). Sin embargo en el nordeste de Brasil (Aguar, 1984) obtuvo los mayores porcentajes de florecimiento

para 90 a 120 días de conservación a temperatura de 8-10 °C, en bulbos de 105 g.

Según García (1998) para bulbillos de 3,5 g y 15-16mm de diámetro de los cvs Valcatorce INTA y Valuno INTA, plantados a fines de agosto para producir bulbo, los mayores porcentajes de floración 25 y 12% respectivamente, se obtuvieron para los conservados (desde cosecha a plantación) a temperatura ambiente entre 5 a 15 °C. En segundo lugar los que se conservaron en cámara a 5 °C 17% y 7% respectivamente. En tercer lugar los que fueron conservados a 15 °C 3% y 4% respectivamente. A su vez bulbillos conservados a 25 °C no florecieron, así como los menores a 3g para cualquier condición. Las diferentes respuestas de los cultivares a la floración prematura, muestran que Valcatorce INTA es más susceptible que Valuno INTA, y es indicativa de la influencia del genotipo para este carácter (Galmarini, 1990).

Según Khokhar (2009) el efecto de la temperatura de conservación sobre la floración depende a su vez del tamaño de bulbilllo. Bulbillos menores a 13 mm de diámetro no florecieron en ningún rango de temperatura (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 °C), ni período de conservación (90 y 120 días), mientras que bulbillos de 22,5 mm lo hicieron para cualquier temperatura en el cv Higo, y hasta 25 °C en el cultivar Delta. El porcentaje de floración disminuyó de forma curvi línea a medida que aumento la temperatura de conservación. Conservar bulbillos de 22,5 mm por 120 días, respecto a 90 días a temperaturas muy bajas (0 °C) o altas (25 y 30 °C) disminuyó el porcentaje de floración. Mientras que para temperaturas de 5, 10, 15 y 20 °C el conservar por 120 días respecto a 90 días incremento la floración. Por ej. para 5 °C el porcentaje de floración aumentó de 85 a 90 % en Higo y de 32 a 38 % en Delta.

Los días a emergencia floral decrecen de forma curvi-línea al disminuir la temperatura de almacenaje. Para bulbillos de 22,5 mm de diámetro conservados a 5 °C durante 120 días, las inflorescencias emergieron 48 y 50 días después de plantación (ddp) para los cultivares Hygro y Delta, respecto a los 116 y 118 días cuando fueron conservados a 30 y 25 °C respectivamente. Por otra parte, la prolongación del período de conservación de 90 a 120 días a 10 °C, resultó en un adelantamiento de la emergencia

floral de 9 y 2 días respectivamente. Tendencias similares se observaron para el período desde plantación a la apertura floral. A 5 °C durante 120 días demoraron 80 y 88 ddp respectivamente para iniciar la apertura floral, comparado con los 143 y 156 ddp cuando fueron conservados a 30 y 25 °C para Hygro y Delta respectivamente (Khokhar, 2009).

Según Ruggeri y Branca (1994) existe interacción entre temperatura y fotoperíodo durante el cultivo, en la calidad de la floración. Las plantas que recibieron más de 1900 horas de frío, produjeron mayor cantidad de semillas en condiciones de fotoperíodo de 12,9 horas, respecto a las que se desarrollaron con 10 horas de fotoperíodo.

1.4.2. Tamaño de bulbillo

El tamaño de bulbo/bulbillo utilizado es uno de los tres factores principales que favorece la iniciación floral (Khokhar et al., 2008; Shishido y Saito, 1977). Cuanto más desarrollada está la planta, mayor su sensibilidad a la vernalización. Tanto bulbos como bulbillos provenientes de plantas que superaron el estado “juvenil” son receptivos a la vernalización. La tasa de iniciación de las inflorescencias está fuertemente influenciada por el tamaño de bulbo (Rabinowitch y Brewster, 1990), debido a que gran cantidad de carbohidratos son necesarios para la formación del brote reproductivo (Shishido y Saito, 1976). Brewster (1987), utilizando datos de Shishido y Saito (1977) demostró que la tasa de vernalización se incrementa con el peso de bulbo, como resultado de un mayor estado de desarrollo de los primordios florales en los bulbillos más grandes al momento de la plantación. Adelantando posteriormente la emergencia y apertura floral. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por Khokhar (2009) evaluando el desarrollo de plantas a partir de diferentes tamaños de bulbillo.

Según Voos, citado por García (1998) los bulbillos grandes incrementan la susceptibilidad a la floración prematura en forma directa a su tamaño. El efecto de la floración prematura en cultivos para bulbo puede reducirse plantando bulbillos menores de 16 mm. Bulbillos superiores a 22 mm, no se deberían plantar y los intermedios de entre 16 a 22 mm, deberían ser almacenados en frigoríficos de 0 a 2 °C para poder ser

utilizados como material de propagación (A.D.A.S., citado por García, 1998). Según Galmarini (1990), bulbillos de diámetro menores a 13 mm no son capaces de recibir el estímulo de la vernalización. Plantas provenientes de bulbillos menores a 13 mm de diámetro raramente florecen, mientras que el incrementar el tamaño de bulbillo, aumenta el porcentaje de floración prematura (Khokhar 2009; Jones y Mann, 1963). Bulbillos de mayor tamaño presentan mayor porcentaje de floración prematura (Hume y Secrett, 1971). Según García (1998) en los cvs INTA Valcatorce y Valuno 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. Según Brewster (1994), en el cv Sapporiki bulbos de 50 g pueden ser inducidos a un 50 % de floración si son expuestos a 9 °C durante 20-30 días; Mientras que bulbillos de 5 g requirieron más de 80 días.

En bulbos grandes la termofase y fase de competencia se desarrolla antes que la bulbificación, por esta razón sólo se emplea bulbillos pequeños para la propagación vegetativa de un cultivo. Para los cvs Sapporiki y Senshuki, el 50 % de iniciación floral se alcanza con bulbillos de 14 y 28 g respectivamente. Mientras que para el cv Ailsa Craig con 4 g, evidenciando la interacción existente entre genotipo y tamaño mínimo de bulbillo para inducir la floración.

1.5. METODOS Y PRÁCTICAS DE MANEJO EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA

1.5.1. Método semilla-bulbo-semilla

El método semilla-bulbo-semilla constituye el método más generalizado a nivel mundial. Una hectárea de bulbos cosechados durante el primer año de cultivo permite instalar más de 5 hectáreas de semillero en un segundo año. El tamaño de bulbos preferentemente utilizado es de 5 a 8 cm de diámetro (George, 1985). Según Brewster (2008), rendimientos en el entorno de 500 kg ha⁻¹ de semilla son comunes en varias regiones del mundo, aunque en U.S.A. es típico alcanzar 800-1000 kg ha⁻¹. El rendimiento de semilla es bastante variable y está directamente relacionado al cultivar,

número de umbelas por unidad de superficie y tamaño de las umbelas. Otros factores como la época y lugar de producción, manejo cultural y condiciones edafoclimáticas también influyen sobre el rendimiento (Santos et al 2012). En el sur de Brasil los rendimientos oscilan entre 150 a 450 kg ha⁻¹, considerándose en términos prácticos una buena producción cuando el rendimiento de semilla equivale al 10% del peso de los bulbos plantados (Melo, 2007). Cuocolo y Barbieri (1988) reportaron que al aumentar la densidad de plantación de 4 a 12 bulbos m⁻² (bulbos de 100 g), el rendimiento se incrementó linealmente de 700 a 1200 kg ha⁻¹, el número de umbelas por m⁻² de 11 a 35, y la producción por umbela disminuyó de 6 a 3,6 g. Por otra parte, el aumento del peso de los bulbos de 30 a 190 g incrementó el rendimiento de 1200 a 1800 kg ha⁻¹, principalmente por el aumento en el número de umbelas por planta (de 2,7 a 5), compensando la reducción (de 4,7 a 3,9 g) en la producción individual por umbela.

Por otra parte, Ronda (2004) trabajando en Cuba con la variedad Caribe-71 evaluó la producción de semilla de bulbos menores a 30 mm, de 30-40 mm, de 40-50 mm y de 50- 60 mm de diámetro. Utilizando mayor densidad de plantación desde 11,9 a 35,7 pl m⁻², a medida que reducía el calibre de bulbo. Los bulbos se mantuvieron almacenados a temperatura ambiente durante 127 días y posteriormente en cámara frigorífica entre 2 y 3 °C durante 107 días hasta la plantación. El rendimiento de semilla no fue afectado de forma significativa por ningún tamaño, situándose entre 364 a 479 kg ha⁻¹. Los bulbos de mayor tamaño produjeron umbelas más grandes y con mayor número de flores, pero el número elevado de umbelas que produjeron las altas poblaciones de bulbos más pequeños compensaron los rendimientos por superficie. Los bulbos de mayor tamaño produjeron mayor número de brotes por bulbo (2,54) respecto a los más chicos (2,10), debido a un mayor número de yemas de los primeros. Y mayor número de escapos por bulbo, 1,42 y 0,7 respectivamente. Sin embargo el número de escapos florales, así como el número de umbelas cosechadas por m⁻² fue significativamente mayor para los bulbos menores a 30 mm a 30 mm. Por otra parte el número de cápsulas con semillas por umbela fue significativamente mayor para los de mayor tamaño, determinando que no

hubieran diferencias significativas para el rendimiento por área. Tampoco hubo diferencias significativas para el peso de 1000 semillas y el porcentaje de germinación.

Según Shishido (1976), bulbos de mayor tamaño requieren menor tiempo de vernalización para alcanzar la diferenciación floral. Por otro lado, Marlow y Benne, citados por Ronda (2004) señala que el tamaño de bulbo y la densidad de plantación no afectan sustancialmente la calidad de semilla, como sí lo hacen para con el rendimiento.

Para la zona sur de Uruguay Peluffo y González (2010) analizaron las producciones de tres temporadas contrastantes (climática y sanitariamente) de 12 semilleros del programa de producción de semilla certificada del cultivar PS CRS en la zona Sur del país. Concluyeron que para la temporada con ocurrencia de lluvias intensas a fines de primavera-inicio del verano, con infección por *Peronospora* patógeno causante del mildiu y maduración anormal de semillas el rendimiento disminuyó de 311 a 130 kg ha⁻¹ y la germinación de 94 a 83%. Mientras que al comparar la temporada con un régimen normal de precipitaciones, respecto a la temporada con severo déficit hídrico, y en ambas con baja incidencia de enfermedades no resultaron diferencias estadísticamente significativas para el rendimiento ni para la germinación. Para cada año, la variabilidad en el rendimiento de semillas entre productores fue alta. La mayor variabilidad ocurrió en la temporada con menor rendimiento promedio y mayor incidencia de *Peronospora*, evidenciando la incidencia del manejo que realiza cada productor en el resultado final obtenido, particularmente en años climáticamente y sanitariamente adversos. El poder germinativo presentó menor variabilidad entre años comparado con el rendimiento, siendo mayor la variabilidad también cuando las condiciones productivas fueron malas.

Vicente et al. (2007) reportó que al analizar cinco zafras en semilleros comerciales en el litoral norte del país del cv NIA Casera, que el rendimiento promedio anual fue 440 kg ha⁻¹ con un mínimo y máximo anual de 281 y 593 kg ha⁻¹. El porcentaje de germinación promedio fue 84 % con un mínimo y máximo de 72 y 91 %. Los años de muy bajo rendimiento suceden con poca frecuencia (20%), asociados a la falta de frío

suficiente para la vernalización de los bulbos y/o a períodos con excesos de lluvias durante la polinización y cosecha. A su vez Carrega et al. (2001), para el mismo cultivar y región reporta un rendimiento promedio comercial de 633 kg ha⁻¹ y 11,8 g por planta. Para una densidad de plantación de 53300 bulbos ha⁻¹ y fecha de plantación en abril.

Según González et al. (2008), Vicente et al. (2007) y Arboleya et al. (1994) uno de los problemas mayores en la producción de semilla en Uruguay es la ocurrencia de enfermedades en el escapo floral ocasionadas por *Peronospora destructor*. Coincidiendo con lo reportado en otros países por Viranyi, y Van Doorn, según Rabinowitch y Brewster (1990).

González et al. (2008) evaluó el efecto de las prácticas de manejo en la presencia de enfermedades, rendimiento y calidad de la semilla en el cv PS CRS. Luego de evaluar dos zafra productivas, concluye que *Peronospora destructor* fue el principal agente causal en los cultivos semilleros. En el año con buenas condiciones climáticas y menor severidad promedio de “Peronospora” al momento de floración, el aumento de severidad provocó una disminución significativa de la producción por planta de 22,2 a 13,4 g, y del rendimiento de 961 a 579 kg ha⁻¹. Para el peso de mil semillas de 4,33 a 4,02 g, y el porcentaje de germinación de 76 a 71 % respectivamente, aunque no resultaron diferencia significativas. Igual tendencia se observó para la zafra climática y sanitariamente peor, siendo más bajos los valores para las variables evaluadas. Disminuyendo la producción por planta de 11,1 a 7,43 g, el rendimiento de 243 a 162 kg ha⁻¹ g y el porcentaje de germinación de 55 a 42 % de forma significativa. Para el peso de mil semillas de 3,25 a 2,73, aunque de forma no significativa.

Arboleya y Maeso (1982) evaluaron el efecto de la defoliación del follaje en distintos momentos del cultivo sobre el rendimiento y calidad de semilla en el cv Valenciana Sintética 14. La defoliación en la emergencia de escapos, respecto a realizarlo en la apertura de la primera flor provocó una disminución en el rendimiento, producción por planta y por umbela de 860 a 372 kg ha⁻¹; 14,3 a 5,7 g, y 5,7 a 2,4 g respectivamente. El testigo sin defoliación produjo los mayores valores para las tres

variables evaluadas, 1383 kg ha⁻¹, 21,9 g, y 8,97 g respectivamente. Contrariamente el peso de mil semillas y el porcentaje de germinación fueron mayores al defoliar temprano respecto a realizarlo más tarde. Sugiriendo la existencia de mecanismos de auto-compensación de las plantas. El testigo sin defoliar produjo el mayor peso de mil semillas (3,53 g) y porcentaje de germinación (99%).

González y Galván (2001) evaluaron la densidad de plantación en el cv PS CRS mediante el acercamiento de los bulbos en la fila a 40, 20 y 10 cm. El aumentar la densidad no afectó de forma significativa el porcentaje de germinación, vigor, ni el peso de mil semillas. Si bien la producción de semilla por bulbo disminuyó de 13,2 a 10,6 g. El rendimiento por superficie aumentó de forma significativa, al sobrecompensar la mayor densidad de plantas y escapos la menor producción individual por planta. A su vez el número de escapos por planta 3,5 y 3,4 no difirió de forma significativa.

González et al. (2008) también evaluó el efecto de la época y densidad de plantación de los bulbos sobre el rendimiento y calidad de la semilla en el cv PS CRS, empleando dos épocas de plantación, 27 de julio y 28 de agosto; y dos densidades de plantación 44.500 y 89.000 plantas ha⁻¹, utilizando bulbos de 175 g de peso promedio. La producción de semilla por planta fue afectada significativamente por la interacción de la época y densidad de plantación. Siendo más afectada por la época que por la densidad. En la primera época un aumento en la densidad provocó una disminución significativa en la producción por planta de 20,4 a 14,8 g, mientras que para la segunda época no lo fue con 9,7 y 9,1 g respectivamente. El rendimiento de semilla por hectárea, fue afectado de forma significativa por la época y la densidad de plantación. La primera fecha rindió en promedio más que la segunda, 1189 y 665 kg ha⁻¹ respectivamente. La densidad alta, produjo mayor rendimiento respecto a la menor, 1135 y 718 kg ha⁻¹ respectivamente. El mayor rendimiento se obtuvo con la primera época y mayor densidad, mientras que el menor rendimiento con la segunda época y menor densidad, 1405 y 463 kg ha⁻¹ respectivamente. El peso de 1000 semillas fue afectado de forma significativa por la fecha de plantación, incrementándose de 4,51 a 4,84 g al retrasar la fecha de plantación.

El porcentaje de germinación no fue afectado significativamente por ningún factor. La fecha de plantación más temprana produjo mayor número de escapos por planta respecto a la más tardía para cualquier densidad, mientras que el aumento de la densidad de plantación tuvo un efecto menor. El número de escapos por m² disminuyó al retrasar la época de plantación, y bajar la densidad de plantación. La totalidad de las plantas en la primera fecha emitieron escapo, y el 98% lo hicieron en la segunda fecha. El tamaño de los escapos fue afectado en mayor magnitud por la época de plantación, reduciéndose solamente al aumentar la densidad de plantación en la fecha más temprana. Por otra parte, el retrasar la fecha de plantación acortó en mayor medida el ciclo de desarrollo del cultivo desde plantación a 50% de plantas florecidas, respecto al período desde 50% de plantas florecidas a fin de cosecha.

Arboleya et al. (1986) también evaluó el efecto de la fecha de plantación de bulbos, desde marzo a julio en el cv Valenciana Sintética 14. Reportando que al retrasar la fecha de plantación el rendimiento disminuyó. Mientras que para el porcentaje de germinación y peso de mil semillas no fue afectado. Recomendando plantar antes de mediados de junio. También observó que al retrasar la fecha de plantación se acortó el período entre plantación, brotación, emisión de escapos y apertura floral. Menor desarrollo foliar al inicio de la fase reproductiva del cultivo, que afectó negativamente el diámetro de umbelas, número de flores, frutos y semillas por umbela. Por otra parte Itoh, citado por Arboleya (1993) observó que el peso de mil semillas disminuyó de 3,8 a 2,1 g cuando el período de floración a cosecha pasó de 58 a 36 días.

Arboleya et al. (1985) evaluó el efecto de cinco tamaños de bulbo desde 93 a 282 g sobre la producción de semilla. No encontraron diferencias significativas para el rendimiento, la producción por planta, ni para la producción por umbela, aunque al aumentar el tamaño de bulbo desde 93 a 184 g el rendimiento absoluto varió de 477 a 670 kg ha⁻¹, el número de escapos lo fue de 3,5 a 4,5 y la producción por planta de 7,2 a 9,1 g. El peso de mil semillas promedio fue 3,2 g y el porcentaje de germinación promedio de 96%, no siendo afectados significativamente por el tamaño de bulbo.

1.5.2. Método semilla-semilla

Se adapta a regiones donde los requerimientos de vernalización y desarrollo del cultivo pueden ser completados en un ciclo productivo anual (Brewster, 1994). Se realiza mediante la siembra directa o trasplante de plantines, obteniéndose la semilla al finalizar el ciclo del cultivo en el mismo año (Silva, citado por Santos et al., 2012).

Gaviola y Paunero (1999) evaluaron el método semilla-semilla en Mendoza, Argentina en cinco cultivares con diferentes requerimientos de fotoperíodo. Sembrados a mediados de diciembre, y trasplantados a fin de febrero principios de marzo cuando los plantines alcanzaron 3 a 4 hojas a una densidad de 150.000 plantas por ha⁻¹. Observaron que la fecha de siembra utilizada permitió el crecimiento de las plantas para superar el estado juvenil antes del invierno, y a su vez poder completar la vernalización durante el cultivo. Estimaron un total de frío inductivo de 696 a 730 horas dependiendo del cultivar desde trasplante a inicio de emisión de escapos en principios de setiembre, utilizando la propuesta de Sands et al. (1979) con temperaturas cardinales de 3 y 15 °C, y óptima 9 °C. Los cultivares con menor requerimiento de fotoperíodo crítico bulbificaron en el almácigo. Algunas plantas senescieron y originaron un bulbo pequeño, observándose un crecimiento lento luego del trasplante a campo y un menor porcentaje de floración. Los cultivares INIA Casera (IC) y Criolla (CR) desarrollaron 1,23 umbelas por planta, mientras que Inverniza RE (INRE) desarrollo 1,0 umbelas. IC e INRE presentaron el mayor número de hojas 9,2 y 8,9 respectivamente al inicio de emisión de escapos el 4 de setiembre. Los mayores rendimientos fueron en promedio para IC e INRE 1550 kg ha⁻¹. El porcentaje de germinación promedio fue 90%, sin diferencias significativas entre los cultivares. Los cvs Ancasti e INRE produjeron de forma significativa mayor peso de mil semillas 4,05 y 3,94 g respectivamente.

Sin embargo las primeras experiencias realizadas en Uruguay (González, 1996) evaluando el método no resultaron muy alentadoras. Los porcentajes de plantas que emitieron escapos fueron bajos y medios, presentaron anomalías reproductivas en la estructura floral atribuibles a las condiciones locales ocurridas deficientes de

vernalización. Por otra parte el extenso período de cultivo en el campo, afectó la sanidad del mismo siendo severamente afectado por el mildiú. Planteando que para las condiciones del Sur de Uruguay es factible que dado el régimen térmico, las condiciones durante cultivo y la variabilidad climática, los resultados del método semilla-semilla sean más erráticos y con menor producción respecto al método semilla-bulbo-semilla.

Por otra parte González M. (2013) evaluó en la región de Salto durante tres zafras la producción de semilla del cv INIA Casera mediante el método semilla-semilla de forma comparativa con el método semilla-bulbo-semilla. En dos de tres años la producción por hectárea del método semilla- semilla con trasplante en marzo, tuvo un rendimiento promedio de 740 kg ha^{-1} similar al obtenido con método semilla-bulbo-semilla con un promedio 682 kg ha^{-1} . Mientras que para el tercer año el rendimiento del método semilla-semilla fue algo inferior con $481 \text{ vs } 640 \text{ kg ha}^{-1}$ obtenido con el método tradicional. La mayor densidad de plantas utilizada en el método semilla-semilla, en promedio $72.000 \text{ pl ha}^{-1}$ respecto a las $38.000 \text{ pl ha}^{-1}$ utilizadas con el método semilla-bulbo-semilla, compensó el menor número de escapos desarrollados por el método semilla-semilla comparado con el método tradicional, 2,2 y 4,8 respectivamente. Para el promedio de los tres años, la producción por umbela obtenida con el método semilla-semilla fue 4,0 g y para el método semilla-bulbo-semilla 3,6 g. Mientras que el poder germinativo fue 94 % y 86 % respectivamente. El peso de mil semillas 3,8 g y 3,7 g respectivamente. Por otra parte al retrasar la fecha de plantación a mayo y aumentar la densidad de plantación a $186.000 \text{ pl ha}^{-1}$ produjo menor rendimiento, al no ser compensado el número de escapos por hectárea, y una menor producción por umbela.

1.5.3. Método semilla-bulbillo-semilla

A nivel mundial los antecedentes de investigación evaluando la producción de semilla para este método son menores, comparados con el método semilla-bulbo-semilla. La mayoría de los estudios han evaluado el efecto del tamaño de bulbillo, la temperatura, así como el período de exposición a las mismas durante la conservación.

Khokhar (2009) observó que el rendimiento de semilla por umbela se incrementó de forma significativa para los cvs Hygro y Delta al aumentar el tamaño de bulbillo, también observó una respuesta de forma curvi-línea con la temperatura de almacenamiento. Los rendimientos más bajos correspondieron a bulbillos conservados a 30 y 25 °C, mientras que los más altos con los conservados a 5 °C. Bulbillos de 22,5 mm de diámetro, conservados a 5 °C, por 90 días produjeron 3.07 y 2.96 g de semilla por umbela para Hygro y Delta respectivamente, mientras que para los conservados a 25 °C fue 0.40 y 0,41 g. La duración del período de almacenamiento también resultó significativa sobre el rendimiento. El prolongar de 90 a 120 días la conservación a 5 °C incremento el rendimiento por umbela en ambos cultivares en 5 y 12% respectivamente.

Belfort (2004) evaluó el tamaño de bulbillo y el tiempo de vernalización sobre la producción de semilla para el cv Baia Periforme en la región de Viscosa en el estado de Minas Gerais. Utilizando cuatro tamaños de bulbillo, \geq a 9,7 g; \leq 7,8 a $<$ 9,7g; \leq 5,8 $<$ 7,8; y $<$ a 5,8 g. Y tres períodos de conservación en cámara (CC) a 6-8 °C durante 2, 3 y 4 meses. Evaluó el peso de semilla (semillas+impurezas) producido por parcela (PSP) de 6 plantas. Para el PSP resulto significativa la interacción entre el tamaño de bulbillo y el período de CC en cámara. Para cualquier período de CC los bulbillos \geq a 9,7 g integraron la categoría con mayor PSP significativo. A su vez, en los bulbillos \geq a 9,7 g el prolongar el período de CC de 2 a 4 meses produjo un incremento en el PSP de forma significativa, mientras que para los demás tamaños no lo fue. El incremento producido de 5,88 a 11,53g, equivalió a una diferencia de 470 kg ha⁻¹. A su vez para las categorías \geq a 9,7 g y \leq 7,8 a $<$ 9,7 g con 3 meses de CC, el PSP fue 8,39 y 1,89 respectivamente, lo que equivalió a una diferencia de 344 kg ha⁻¹. Y para 4 meses de CC el PSP de ambas categorías fue 11,53 y 1,96 g respectivamente, lo que equivalió a una diferencia de 796 kg ha⁻¹. El número de hojas a los 60 ddp (NH60) y el número de plantas florecidas (NPF) fue significativamente mayor para la categoría \geq a 9,7 g. Mientras que el NH60 fue significativamente menor para 2 meses de CC. El NPF fue significativamente menor

para 4 meses de CC. Recomendando por lo tanto utilizar la categoría \geq a 9,7 g y 4 meses de CC para la producción de semillas con el método de bulbillos.

Gaviola (2011) evaluó la producción de bulbillos, y la producción de semilla en la región de Mendoza, Argentina, a partir de bulbillos en el cultivar INTA Valcatorce. Evaluó dos fechas de siembra de almácigo 7 y 21 de octubre, y tres densidades de siembra en almácigo 7, 14 y 21 g m² para ambas fechas. Los bulbillos se cosecharon el 20 de marzo y 5 de abril (164 y 166 dds). El diámetro medio de los bulbillos fue 27,3 mm y el peso medio de 19,4 g, igual para ambas fechas. En cambio, el aumento de la densidad de siembra disminuyó el diámetro medio de bulbillo de 29,7 a 25,5 mm, y el peso medio de bulbillo de 22,8 a 16,8g. Para la producción de semilla se evaluaron dos densidades de plantación 125.000 y 250.000 bulbillos ha⁻¹. El porcentaje final de plantas con escape para los bulbillos de ambas épocas de siembra, sembrados a menor densidad de almácigo fue 100 %. Mientras que a densidades de siembra mayores fue 90 % para la primer época. En la segunda época fue 84 % para la densidad intermedia y 79 % para la mayor densidad. Observó que las umbelas fueron pequeñas y muchas de ellas presentaron bulbillos aéreos o frutos sin semillas. Debido a problemas para completar la vernalización y/o de cuajado. El número de umbelas cosechadas por superficie se incremento de 11,5 a 19,7 umbelas m⁻² al duplicar la densidad de plantación. Al igual que el rendimiento de semilla de 7,7 a 17,7 g m⁻². Evaluó el efecto del tamaño de bulbillo de 15-20; 20-25; 25-30; 30-35; 35-40 mm sobre la floración y la producción de semillas, el tamaño de bulbillo no afectó significativamente el número promedio de umbelas por planta 1,14. Sin embargo la producción de semilla por bulbillo de los bulbillos de 30-35 y 35-40 mm fue significativamente mayor con 4,4 y 4,2 g planta⁻¹, comparado con los calibres de 15-20, 20-25 y 25-30 mm con 0,6-1,9 y 1,2 g planta⁻¹.

1.6. RESULTADOS NACIONALES EMPLEANDO BULBILLOS

1.6.1 Para la producción de bulbo

En Uruguay solo se ha estudiado el uso de bulbillos para la producción de bulbos.

Kasek y Melognio (1994) estudiaron la influencia de la época y densidad de siembra en almácigo, sobre la producción de bulbillos para producción de bulbos en los cultivares Texas Early Grano 502 (TEG) y Sintética Valcatorce (SV). La siembra temprana y a menor densidad produjo los bulbillos de mayor peso y diámetro. Para TEG y SV el mayor peso fue 20 y 15,4 g respectivamente. Mientras que el mayor porcentaje de bulbillos de diámetro mayor a 25 mm fue 57 y 59 % respectivamente.

Compiani y D'Acunti (1994) utilizaron los cultivares de día corto Texas Early Grano 502 (TEG) y Angaco INTA (AI), evaluaron la época de plantación de bulbillos y el tamaño de bulbillito sobre la producción de bulbos. La primer época de plantación fue a principios de junio y presentó el mayor porcentaje promedio de plantas florecidas 14 %. La fecha de plantación más tardía de mediados de agosto fue la de menor porcentaje (1%). El mayor desarrollo de las plantas en las dos primeras épocas al momento en que ocurrieron temperaturas inductivas, explican dichos resultados, que concuerdan con los de Heath (1943). A su vez la variedad TEG tuvo mayor porcentaje de plantas florecidas que AI. El mayor porcentaje de plantas florecidas (20%) se produjo con el mayor tamaño de bulbillito (20-30 mm), mientras que el menor porcentaje (0,3%) con el tamaño menor (10-15 mm), coincidiendo con Heath (1943). Hubo interacción entre la época de siembra, variedad y tamaño de bulbillito. El tamaño menor de bulbillito floreció sólo en para el cultivar TEG y la primer época. Mientras que el tamaño de bulbillito más grande de AI no presentó floración para la última época de plantación. Mientras que TEG presentó floración en todas las fechas de plantación, siendo mayor (47%) en la primer época. Los resultados obtenidos por Compiani y D'Acunti (1994) coinciden con los reportados por Khokhar 2008, Gómez y López (1977), Heath (1943).

Nieves y Ruiz (1995) evaluaron el rendimiento y calidad de los bulbos de cebolla obtenidos a partir de bulbillos en el cultivar de día largo Valcatorce INTA. El porcentaje de plantas florecidas, fue afectado significativamente por la época de plantación, el tamaño de bulbillito y la interacción de ambos factores. La primera época de plantación a mediados de agosto presentó el mayor porcentaje promedio de plantas florecidas (26 %)

y la época más tardía a mediados de octubre el menor (6 %). El tamaño de bulbillo fue el factor más importante en determinar la magnitud de plantas florecidas, siendo 0% para los más chicos (10-15 mm) hasta un máximo de 43% para los más grandes (25-35 mm), en promedio para las tres épocas. El porcentaje de floración más alto (73 %) correspondió a la primera época de plantación y tamaño mayor de bulbillo. Los bulbillos más chicos no florecieron en ninguna época de plantación.

Por su parte Laurino (2005), estudió el efecto del tamaño de bulbillo y la época de plantación sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de bulbos de cebolla en el cultivar INIA Casera. Observó que al retrasar la época de plantación, disminuyó el porcentaje de floración prematura y el tamaño promedio de bulbo. El porcentaje de floración fue fuertemente afectado por la época de plantación, el tamaño de bulbillo, y la interacción significativa entre ambos factores. El porcentaje de floración máximo fue 97% para el calibre mayor (20-25 mm) en la segunda época de plantación realizada el 21 de junio, (en la primera no se plantó este calibre), y el mínimo porcentaje de floración fue 0% para la época de plantación más tardía a fines de julio con el tamaño menor (10-15 mm). Concluyendo que siembras tempranas y tamaños grandes de bulbillo favorecen la ocurrencia de floración prematura.

Tendencias similares a Laurino (2005), obtuvo Andino (2005) en el cultivar Pantanoso del Sauce CRS. Para el cual, la primera época de plantación y los mayores tamaños de bulbillo aumentaron el porcentaje de plantas florecidas. La plantación a fines de mayo produjo los mayores porcentajes de floración, siendo 79% para los bulbillos de 20-25 mm de diámetro y 60 % para los de 15-20 mm.

Los resultados experimentales expuestos indicarían la posibilidad bajo ciertas condiciones y manejos de ser potencialmente empleados para la producción de semilla.

1.6.2. Para la producción de semilla

González M. (2011) evaluó comparativamente los métodos semilla- semilla con siembras en principios de marzo y abril, semilla-bulbillo-semilla utilizando bulbillos de

46 g plantados a fin de abril, y semilla-bulbo-semilla con bulbos de 220 g plantados a fines de abril. La población de plantas efectivamente implantadas para el método semilla-semilla fue 62667 y 149333 pl ha⁻¹ respectivamente para ambas fechas, para el método bulbillos-semilla 82667 pl ha⁻¹, y para bulbo-semilla 36000 pl ha⁻¹. El método semilla-semilla registro el mayor porcentaje de fallas de implantación de plantines, siendo en el trasplante de marzo de 67%. El número promedio de escapos por planta desarrollados fue 2,4 - 1,1 - 2,4 y 4,6 respectivamente. El número promedio de escapos por ha⁻¹ fue de 148440 - 156893 - 194227 y 169773 respectivamente, siendo mayor en el método utilizando bulbillos. La sanidad general del cultivo al mes de setiembre resultó peor para el método utilizando bulbos, respecto a bulbillos y plantines. Aún siendo mayor la densidad de follaje obtenida por los bulbillos. Para los bulbillos, la producción de semilla por escapo 4,0 g y el rendimiento 764 kg ha⁻¹ fue similar respecto al método empleando bulbos. Mientras que la producción de semilla por planta lograda empleando bulbos fue mayor con 18g, respecto a los bulbillos 11 g y a plantines trasplantados en marzo 9 g. La menor producción fue para los plantines trasplantados en abril 4g. Sin embargo no se observaron diferencias en el porcentaje de germinación 82 a 84%, ni en el peso de mil semillas 3,61 a 3,76 g, entre los métodos y fechas evaluados.

1.7. HIPOTESIS DE TRABAJO

1. El uso de bulbillos permitiría acumular temperaturas vernalizantes durante la conservación y el cultivo, desarrollando la expresión reproductiva durante el cultivo.
2. El tamaño de bulbillo y la cantidad de frío acumulada afectan el rendimiento y la calidad de semilla, en cada cultivar.

1.8. OBJETIVOS

Estudiar la adaptabilidad del método semilla-bulbillo-semilla para producir semilla de calidad en tres cultivares de cebolla en las condiciones de la región sur del país, evaluando el efecto del tamaño de bulbillo y la temperatura durante la conservación sobre el rendimiento y calidad de la semilla.

Los objetivos específicos fueron:

1. Caracterizar la producción y conservación de bulbillos a utilizar para la producción de semilla en los cultivares “Pantanoso del Sauce CRS”, “INIA Casera” e “INIA Valenciana”.
2. Cuantificar las horas de frío vernalizantes acumuladas durante el almacenamiento de los bulbillos y el desarrollo del cultivo.
3. Evaluar el efecto del tamaño de bulbillo y la temperatura durante almacenamiento sobre el desarrollo del cultivo, la floración, la producción y calidad de semilla en los cultivares “Pantanoso del Sauce CRS”, “INIA Casera” e “INIA Valenciana”.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

El ensayo se realizó en el campo experimental del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, localizado en Progreso (Canelones) Latitud Sur 34°36'49"; Longitud Oeste 56°13'04". Constó de seis etapas: una etapa de almácigo para la producción de bulbillos entre octubre de 2009 y enero de 2010, una etapa de secado y conservación de los bulbillos en condiciones de galpón durante febrero y marzo de 2010, una etapa de exposición a diferentes períodos de frío (natural y artificial en cámara refrigerada) entre abril y mayo, una etapa de desarrollo del cultivo semillero a campo desde plantación de los bulbillos en junio de 2010 a la cosecha de la semilla en enero de 2011, una etapa de secado, trilla y limpieza de la semilla en galpón, y la determinación del peso y calidad de la semilla en laboratorio.

Se utilizaron tres cultivares de cebolla: Pantanoso del Sauce CRS (PSCRS), INIA Casera (IC) e INIA Valenciana (IV), constituyendo cada cultivar un ensayo, evaluándose en forma independiente en cada uno la respuesta a los tratamientos establecidos.

2.1.1. Obtención de los bulbillos

La siembra de almácigo de los tres cultivares se realizó el 26 de octubre de 2009 empleando una densidad de siembra de 3 g m⁻², utilizándose 25 m⁻² de cantero para cada cultivar. Se aplicó cama de pollo (15000 kg ha⁻¹) repartido en dos aplicaciones, una antes de la siembra y la otra a la siembra para cubrir el cantero. Se regó por goteo de acuerdo a los requerimientos en cada etapa. El desmalezado fue a mano en dos oportunidades, se realizaron dos aplicaciones con fungicidas para prevenir el desarrollo de enfermedades foliares. La cosecha se realizó de forma manual el 11, 15 y 28 de enero para IC, PSCRS e IV respectivamente. Los bulbillos fueron almacenados con su follaje en bolsas de malla plástica, las cuales se colgaron en galpón para realizar el curado y

ventilado de los bulbos. Luego del curado se descolaron, calibraron y pesaron, continuando en galpón hasta la asignación de tratamientos. Para el ensayo se escogieron los bulbillos con diámetro ecuatorial entre 16-21 mm (chicos) y 26-31 mm (grandes).

2.1.2. Manejo durante la conservación de los bulbillos

Todos los bulbillos se mantuvieron bajo las mismas condiciones de conservación a galpón en bolsas de malla calada. El 16 de abril, 24 abril y 1 de mayo se colocaron en cámara refrigerada lotes de bulbillos de ambos calibres. Mediante el ingreso en distintas fechas, se establecieron condiciones diferentes de exposición al frío durante la conservación (45, 30 y 15 días en cámara refrigerada de INIA Las Brujas). A su vez, un cuarto tratamiento con bulbillos de ambos calibres permaneció siempre a temperatura ambiente en el galpón. Para el cultivar IV, los tratamientos de conservación fueron sólo 0 y 30 días en cámara. La temperatura de conservación en cámara de 7 °C fue escogida considerando lo reportado y los resultados obtenidos en la vernalización de bulbillos por varios autores (Khokhar, 2009; García, 1998; Brewster, 1987; Aguiar, 1983; Shishido y Saito, 1977; Lackman y Michelson, 1960; Heath, 1943). Todos los tratamientos diferenciales de conservación finalizaron el 31 de mayo, y posteriormente los bulbillos (combinaciones de calibre y una condición de frío para cada cultivar) permanecieron en galpón hasta la plantación. Antes y luego de los tratamientos de conservación se evaluó el peso y las causas de descartes de bulbillos durante la conservación.

2.1.3. Instalación, manejo y cosecha del cultivo semillero

El ensayo se instaló el 4 de junio 2010, sobre un rastrojo de *Sorghum vulgare*, en un suelo perteneciente al grupo de Vertisoles Rúpticos en fase profunda (cuadro N°1).

Cuadro 1. Análisis químico del suelo utilizado en el ensayo a campo.

pH H ₂ O	pH KCl	M.O. (%)	P (ppm)	Ca	Mg (meq/100 g suelo)	K	Na
6,7	5,6	4,6	60	25,1	5,9	1,23	0,52

pH en suspensión suelo:agua (H₂O)/cloruro de potasio (KCl) en relación 1:2,5. Materia Orgánica (M.O.) según Walkley-Black. Fósforo (P) por método Bray N° 1. Calcio (Ca), Magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) en acetato de amonio 1 N a pH 7.

La fertilización de base fue con cama de pollo (15000 kg ha⁻¹). Se aplicó riego por goteo de acuerdo a las exigencias del cultivo desde octubre y hasta la cosecha. El control de malezas se realizó con Linuron (0,5 lt PA ha⁻¹), dos carpidas manuales y una aplicación posterior de Oxifluorfen (0,24 lt PA ha⁻¹) + Haloxifop metil (0,12 lt PA ha⁻¹).

A partir de mediados de setiembre y hasta fin de noviembre se realizaron siete aplicaciones foliares preventivas y/o curativas contra bacteriosis, Peronóspora y Alternaria. Los principios activos empleados fueron oxiclورو de cobre, mancozeb, metalaxil, dimetomorph y difenoconazole a las dosis recomendadas. El cultivo se condujo colocando dos laderos por cantero sostenidos por postes de madera, para minimizar el vuelco de las plantas. No se incorporaron colmenas, debido a que durante la floración se observó gran número de polinizadores y abejas de colmenas cercanas. La cosecha se realizó manualmente (repases semanales), cortando el escapo unos 4-5 cm por debajo de la umbela. El criterio de cosecha fue umbelas con más de 1% de cápsulas abiertas, ó sin abrir de color marrón pajizo (senescente). Se cosecharon separadamente las umbelas sanas, de las enfermas o provenientes de escapos enfermos por mildiú con más de 50% de severidad o anillados.

2.1.4. Secado, trilla y limpieza de la semilla

Las umbelas cosechadas en cada parcela se mantuvieron en bolsas de arpillera colgadas en galpón ventilado hasta la trilla, la cual se realizó de forma manual empleando una zaranda de alambre. La limpieza se realizó sumergiendo la semilla trillada en un recipiente con agua, colectándose las que permanecieron en el fondo. Posteriormente la semilla se secó al sol en zarandas de tejido mosquitero. Una vez seca se mantuvo en bolsas de papel hasta determinar el rendimiento. Luego de pesar las semillas de cada bolsa se extrajo una muestra de 800 semillas por parcela para determinar el peso de mil semillas, luego se conservaron en bolsas de plástico con silicagel a 5° C hasta evaluar la germinación.

2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo tuvo un diseño de Parcelas al Azar (DPA), con 4 repeticiones por tratamiento. En un arreglo factorial completo desbalanceado (2x4). Se ensayaron dos factores, con dos niveles para el tamaño de bulbillo (factor 1) y cuatro niveles para los tratamientos de temperatura previos al cultivo (factor 2):

- Factor 1. Tamaño de bulbillo (TB)

TB Grande: Bulbillos con diámetro ecuatorial promedio de 26-31 mm

TB Chico: Bulbillos con diámetro ecuatorial promedio de 16 a 21 mm

- Factor 2. Condición durante la conservación de los bulbillos (CC).

CC1: Conservación a temperatura ambiente en galpón hasta plantación.

CC2: Conservación en cámara a 7 °C durante 15 días, (16 al 31 de mayo).

CC3: Conservación en cámara a 7 °C durante 30 días, (1° al 31 mayo).

CC4: Conservación en cámara a 7 °C durante 45 días, (16 abril al 31 de mayo).

Cada cultivar constituyó un ensayo independiente (figura 2). El largo de parcela fue 2,7 m y la distancia entre canteros 1,4 m. En cada parcela de 3,78 m² se plantaron 54 bulbillos. Sobre canteros de 80 cm de ancho en tres líneas de 18 bulbillos a intervalos de 15 cm en la línea. La densidad de plantación fue 142.857 pl ha⁻¹.

PS CRS	T8R4	T4R1	T7R4	T1R1	T6R4	T3R4	T7R1	T4R3
	T2R3	T6R1	T3R2	T5R4	T1R2	T5R2	T5R3	T4R4
	T1R3	T2R4	T2R2	T8R2	T4R2	T2R1	T8R3	T7R2
	T5R1	T6R3	T6R2	T7R3	T3R1	T3R3	T1R4	T8R1
INIA Valenciana	T1R1	T5R1	T2R3	T5R2	T2R4	T6 R4	T1R4	T6R1
	T6R2	T2R2	T1R2	T5R4	T1R3	T6R3	T2R1	T5R3
INIA Casera	T4R2	T6R2	T1R2	T7R4	T5R3	T5R4	T1R4	T7R1
	T8R4	T3R3	T4R4	T6R3	T5R2	T2R1	T3R4	T6R4
	T1R1	T7R2	T3R1	T5R1	T8R2	T4R3	T2R2	T4R1
	T6R1	T2R3	T8R1	T1R3	T3R2	T7R3	T8R3	T2R4

Figura 2. Diseño del ensayo en el campo. (T) combinaciones evaluadas de tamaños de bulbillos y tratamientos de frío pre-plantación; (R) repetición.

2.3. ANÁLISIS DE DATOS

Para las variables más importantes se realizó el Análisis de varianza (Prueba F, $p < 0,05$) para evaluar el efecto del tamaño de bulbillo, la condición de conservación y la interacción de ambos factores. El modelo estadístico para el análisis de varianza fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

y_{ijk} : Valor de la variable para el i -ésimo tamaño de bulbillo y la j -ésima condición de conservación en la parcela k .

μ : Media poblacional

A: Efecto tamaño de bulbillo.

B: Efecto condición de conservación.

AB: Interacción entre tamaño de bulbillo y condición de conservación.

e: Error experimental.

Para las variables en que resultó significativo el efecto de los factores evaluados o de la interacción, se realizó la comparaciones de las medias entre cada nivel del factor mediante el test de tukey ($p < 0.05$). En caso de no cumplirse la igualdad de varianzas para algún factor, se modeló la misma empleando la distribución que mejor ajustó.

El análisis de datos se realizó con el programa estadístico INFOSTAT versión 2008 y SAS versión 2007. Según la distribución de la variable a analizar se uso:

- Modelo lineal general. Para las variables continuas con distribución normal, independientes y con $\varepsilon \sim (0, \sigma \text{ única})$.
 - Modelo Lineal generalizado. Para las variables discretas y conteos, se utilizó la función lógica que mejor se ajustó a la distribución de la variable.
- Para la caracterización y descripción del material experimental (bulbillos) se realizaron muestreos y mediciones, empleándose parámetros de estadística descriptiva (media, desvío, percentiles) para determinar los rangos de variación.

- Para las principales variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo y en cosecha se analizó la correlación (R = coeficiente de Pearson) con el rendimiento por parcela y/o la producción por umbela. Para las variables con correlación significativa ($p < 0,05$), se realizó posteriormente el ANAVA, así como el test de tukey ($p < 0,05$)

2.4. MEDICIONES Y EVALUACIONES REALIZADAS

2.4.1. Registros térmicos y cuantificación de temperaturas vernalizantes

Desde el inicio de conservación de los bulbillos (11 de enero) y hasta el momento de plantarlos, se registró la temperatura y humedad relativa en el galpón y en cámara mediante dos sensores electrónicos programables (i-buttons Dallas modelo Hygrochron 1923-F5), con precisión de $\pm 0,5$ °C, y humedad relativa de $\pm 5\%$. Se programaron mediante el software One-wire viewer para registrar datos cada 30 minutos, realizando el promedio para establecer la temperatura y humedad relativa horaria. Posteriormente se instaló un sensor en el campo a 30 cm de altura, para registrar ambas variables durante el desarrollo del cultivo y hasta la cosecha de la semilla.

Con el objetivo de caracterizar y evaluar térmicamente las condiciones ocurridas durante el ensayo, se consultaron y cuantificaron las temperaturas medias del aire y unidades de frío de Richardson (1974) ocurridas para los períodos evaluados durante el ensayo, en la serie histórica 2007-2012 del banco climático de la estación experimental de INIA Las Brujas localizada a unos 13 km del ensayo (disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/69264611.php>).

Para poder cuantificar la disponibilidad de temperaturas vernalizantes aportadas por cada condición de conservación y posteriormente las ocurridas durante el cultivo se utilizaron dos metodologías, de acuerdo a los antecedentes bibliográficos. El primer método consistió en la suma del número de horas en el rango de 5 a 13 °C durante la conservación de los bulbillos y durante el desarrollo del cultivo hasta el 31 de octubre.

El segundo método consistió en la estimación de horas efectivas de vernalización (HV) de acuerdo al modelo de vernalización en cebolla propuesto por Streck (2003), con

algunas modificaciones. Para calcular la respuesta a la vernalización, se utilizó la función Beta (Yan y Hunt, 1999). Las temperaturas cardinales utilizadas en la función para estimar la respuesta a la vernalización fueron: mínima 0 °C, óptima 10 °C, y máxima 16 °C. , tal como se describe en la siguiente ecuación (1):

$$[1] \quad r/R_{\max} = \left(\frac{T_{\max} - T}{T_{\max} - T_{\text{opt}}} \right) \left(\frac{T}{T_{\text{opt}}} \right)^{\frac{T_{\text{opt}}}{T_{\max} - T_{\text{opt}}}}$$

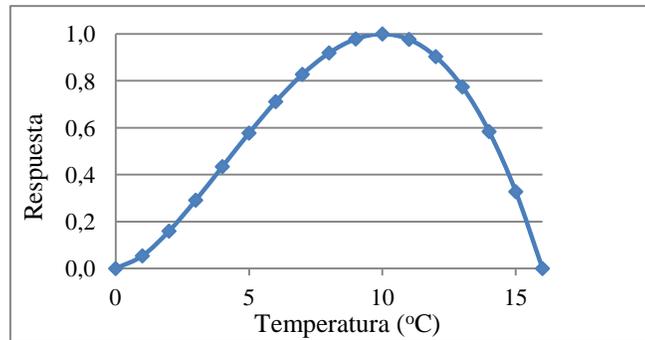


Figura 3. Tasa de vernalización en función de la temperatura, ecuación [1].

La tasa promedio de respuesta a la vernalización para un período considerado, se calculó haciendo el promedio ponderado de las tasas de vernalización resultantes por hora con la función Beta para el período considerado.

El cálculo de HV para un cierto período se realizó multiplicando el total de horas dentro del rango establecido (0 a 16°C), por la tasa promedio de respuesta a la vernalización del período considerado. Para el cálculo de días efectivos de vernalización (DV) se realizó el cociente entre el total de HV del período considerado y 24.

La utilización del modelo propuesto por Streck (2003) se debió a que permite cuantificar y discriminar de forma más precisa la respuesta esperable a la vernalización, cuando se trabaja comparando condiciones diferenciales de temperatura y ensayos con el objetivo de asociar la respuesta obtenida bajo cierto régimen térmico ocurrido, debido a que este modelo asigna un valor específico de eficiencia de vernalización para cada hora

según el valor de temperatura registrado, integrándolo en una suma total para un período considerado.

2.4.2. Evaluación de la cosecha de bulbillos producidos en el almacigo

En la cosecha se evaluaron 20 plantas por cultivar, las cuales se clasificaron en categorías según el diámetro ecuatorial del bulbillo en, < a 16, 16-21, 22-25, 26-31 y > a 31mm. Para cada categoría se calcularon los valores promedios de peso fresco y seco de planta, hojas verdes, hojas secas, y porcentaje de materia seca. Se cuantificó el número de hojas presentes totales, verdes y secas, el largo de hojas, el diámetro ecuatorial de bulbillo. Se calculó el índice de bulbificación (relación diámetro ecuatorial / cuello).

Al momento de iniciar los tratamientos diferenciales en la condición de conservación el 16 de abril, se pesaron 270 bulbillos sanos por tratamiento y se calculó el peso promedio por bulbillo para cada tratamiento.

2.4.3. Evaluación de los bulbillos previo a la plantación en el campo

Para evaluar la conservación y causas de descarte para cada tratamiento se pesaron los lotes de bulbillos al inicio de la conservación y la fracción, sanos, brotados y con pudriciones al final de conservación el 31 de mayo, calculándose el peso promedio de bulbillos sanos para cada tratamiento.

Al finalizar el período de conservación, sobre una muestra al azar de 40 bulbillos por tratamiento se evaluó, el diámetro ecuatorial y peso. Se calculó el percentil 10 y 90 para el peso y diámetro. Desvío estándar (s_{n-1}) para el peso y diámetro. Se colocaron 20 bulbillos de cada tratamiento en estufa por 48 hs a 60 °C para determinar la materia seca.

2.4.4. Evaluaciones durante el cultivo semillero

- Proporción de bulbillos emergidos: Se contabilizó en 54 plantas de cada parcela el 18 y 25 de junio (14 y 21 ddp), 25 de junio (21 ddp) y 2 de julio (28 ddp).

- Número de brotes foliares promedio por planta: Se determinó en 18 plantas de la fila central de cada parcela el 26 de agosto (83 ddp).
- Número de hojas promedio por planta: Se determinó en 8 plantas de la fila central de cada parcela el 26 de setiembre (114 ddp).
- Proporción de plantas que emitieron escapo: Se determinó en 18 plantas de la fila central de cada parcela cada 10-15 días. El inicio de la evaluación fue el 16 de setiembre (104 ddp). Para IC se evaluó hasta el 21 de diciembre (200 ddp) y para PS CRS e IV hasta el 3 de enero (213 ddp).
- Número promedio de escapos por planta: Se determinó en 18 plantas de la fila central de cada parcela cada 10-15 días. El inicio de la evaluación fue el 16 de setiembre (104 ddp). Para IC se evaluó hasta el 21 de diciembre (200 ddp) y para PS CRS e IV hasta el 3 de enero (213 ddp).
- Proporción de umbelas florecidas: Se determinó en 18 plantas de la fila central de cada parcela cada 10-15 días. Desde el inicio de la floración y hasta el 21 de diciembre (200 ddp) para IC, y el 3 de enero (213 ddp) para PS CRS e IV.
- Muestreo destructivo de plantas: Se realizó al momento de plena floración- inicio de cuajado. Para IC la evaluación se realizó el 6 de diciembre (185 ddp) para todos los tratamientos. Para PS CRS se realizó el 14 y 20 de diciembre (193 y 199 ddp) para grandes y chicos, Para IV la evaluación se realizó el 15 y 28 de diciembre. Para tres plantas con escapo por parcela se evaluó, el peso promedio de planta, diámetro promedio de umbela, el área fotosintética por planta aportada por los escapos (AFE cm^{-2}) calculándose la superficie (área) de cada escapo individual por trigonometría y luego se sumaron, el área fotosintética total (AFT cm^{-2}) por planta (sumando al AFE, la superficie de hojas verdes por planta). La superficie de cada hoja se calculó por trigonometría. Luego se sumaron las áreas individuales de cada hoja en cada planta. El índice de Área foliar (IAF), calculado como el cociente entre el AFT en la parcela y la superficie por

parcela. El índice de área fotosintética aportada sólo por los escapos (IAFE), calculado como el cociente entre el AFE en la parcela y la superficie por parcela.

2.4.5. Cosecha, rendimiento y calidad de las semillas

- Número de umbelas cosechadas por parcela: Se cuantificaron las umbelas cosechadas por parcela para cada tipo de umbela en cada cosecha parcial que se realizó.
- Tipo de umbela cosechada: Sanas, con maduración normal, provenientes de escapos con menos de 50% de mildiú y sin anillar. Enfermas, provenientes de escapos con más de 50 % de mildiú ó anillados. Anormales, provenientes de escapos con menos de 10 cm de longitud, presencia de bulbillos aéreos, con reversiones florales, anomalías florales, y/o escasas flores cuajadas.
- Determinación del rendimiento: En su determinación se incluyó la semilla producidas por todas las categorías de umbelas para cada parcela.
 - Producción de semilla por parcela: Se pesó la semilla producida por el total de las umbelas cosechadas por parcela.
 - Producción de semilla por planta ⁻¹): Se calculó como el cociente entre la producción de semilla por parcela y el número de plantas vivas en la cosecha.
 - Producción de semilla por umbela (g umbela⁻¹): Se calculó como el cociente entre la producción de semilla por parcela y el número de umbelas cosechadas por parcela.
- Calidad de semilla:
 - Peso de mil semillas: Provenientes de umbelas sanas y anormales indistintamente. Para establecer el peso de mil semillas, se pesaron ocho submuestras de cien semillas derivadas de cada parcela, siguiendo las normas ISTA 2006 y las Reglas de análisis de semilla del Ministerio de Agricultura y Reforma Agraria de Brasil (MARA, 1992).
 - Proporción de semillas germinadas: Se evaluó el poder germinativo de la semilla de cada parcela, producida indistintamente por las umbelas sanas y anormales, mediante la realización de test de germinación (12 días), siguiendo las reglas ISTA 2006.

RESULTADOS**3.1. PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS BULBILLOS****3.1.1. Plantas y bulbillos producidos en el almácigo**

La cosecha de bulbillos para IC fue el 11 de enero (77 dds), para PS CRS el 15 de enero (81 dds), y para IV el 28 de enero (94 dds).

La categoría de calibres más frecuente para IC fue la fracción mayor ó igual a 32 mm, para PS CRS fue la categoría de 21-25mm y para IV la fracción de 26 a 31mm. El porcentaje de plantas al momento de la cosecha con bulbillos mayores o iguales a 26 mm fue 50% para IC, y 40% para PS CRS e IV (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de bulbillos producidos en almácigos para cada categoría de calibre en IC, PSCRS e IV.

Calibre	IC (%)	PS CRS (%)	IV (%)
< a 16	5	10	25
16 a 21	20	15	25
22 a 25	25	35	10
26 a 31	20	30	35
>31	30	10	5
Total ^a	100	100	100

^aDatos promedio de 20 plantas extraídas del almácigo.

El número de hojas totales (verdes + secas) de los bulbillos chicos y grandes en el almácigo presentes al momento de la cosecha fue 3,5 y 4,1 para IC, 6,4 y 5,4 para PSCRS, y 6,0 y 7,7 para IV respectivamente (cuadro 3). PS CRS e IV tuvieron mayor número de hojas y largo de hojas en la cosecha.

Para los tres cultivares y ambos calibres evaluados, el índice de bulbificación (IB) mayor a dos indicó que las plantas bulbificaron antes de la cosecha, siendo mayor el IB para IC y para los bulbillos grandes respecto a los chicos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de hojas verdes y de hojas secas, largo máximo de hojas, diámetro de bulbillo e índice de bulbificación, según calibre para IC, PS CRS, e IV.^a

Calibre (mm)	Hojas verdes (Nº)	Hojas secas (Nº)	Largo hojas verdes (cm)	Diámetro mayor (mm)	Índice de bulbificación
IC					
16 a 21	2,0	1,5	7,5	19,3	3,7
26 a 31	2,3	1,8	9,5	29,0	6,1
PS CRS					
16 a 21	3,7	2,7	23,3	19,3	2,6
26 a 31	3,2	2,2	18,0	27,6	3,8
IV					
16 a 21	2,6	3,4	22,4	18,9	2,6
26 a 31	4,2	3,7	23,1	28,1	2,9

^a Datos promedio de 20 plantas extraídas del almáceo.

El cuadro 4 muestra que el peso total de la planta y del bulbillo siempre fue mayor para el tamaño grande, en el entorno de 2,5 veces respecto al calibre chico. El menor peso de planta (5,6 g) correspondió a IC, el cultivar con menor requerimiento fotoperiódico. El mayor peso de planta y de bulbillo (32,8 g y 15,7 g) correspondió a IV, el cultivar con mayor requerimiento fotoperiódico. El índice de partición de materia seca (peso bulbillo/planta) fue linealmente mayor para los cultivares con menor requerimiento fotoperiódico, y en menor medida a su vez lo fue para los bulbillos grandes respecto a los chicos.

Cuadro 4. Peso fresco de planta, hojas verdes, hojas secas, falso tallo y bulbillos según calibre para IC, PS CRS, e IV.^a

Calibre (mm)	Planta (g)	Hojas verdes (g)	Hojas secas (g)	Falso Tallo (g)	Bulbillo (g)
IC					
16 a 21	5,6	0,6	0,0	0,2	4,7
26 a 31	16,2	1,2	0,2	0,8	14,0
PS CRS					
16 a 21	13,7	5,3	0,1	2,2	6,0
26 a 31	20,3	4,7	0,3	2,5	12,8
IV					
16 a 21	14,8	5,9	0,5	2,4	6,1
26 a 31	32,8	11,1	0,9	5,1	15,7

* Datos promedio de 20 plantas extraídas del almáceo.

3.1.2. Conservación de los bulbillos

Para los bulbillos que permanecieron sanos en conservación, se evaluó el porcentaje de pérdida de peso durante la conservación. Para las diferentes condiciones de conservación la diferencia en la disminución del peso inicial para la fracción de bulbillos sanos fue menor a 1%.

Al comparar el porcentaje de pérdida de peso de los bulbillos sanos para cada tamaño se observó que los bulbillos grandes perdieron mayor peso respecto a los chicos. En el cultivar IC el porcentaje de pérdida de peso promedio de los cuatro tratamientos de conservación fue 11,8 % y 4,3% para los bulbillos grandes y chicos respectivamente. En PS CRS fue 12,9 % y 4,7 % respectivamente. En IV fue 13,6 % y 5,2 % respectivamente.

A su vez se contabilizaron los bulbillos sanos, brotados y podridos al final de la conservación. En el cuadro 5 se presentan los porcentajes de bulbillos de cada fracción al final de la conservación, para cada cultivar, tamaño de bulbilllo, y las condiciones más diferenciales de conservación, ya que para las condiciones intermedias los valores resultaron linealmente intermedios. El porcentaje promedio de bulbillos sanos al final de la conservación fue 97 % para PS CRS, 89 % para IV y 86 % para IC (cuadro 5).

En IC la mayor causa de descartes fue debido a brotación, mayoritariamente para los conservados en condiciones de galpón y los de tamaño grande. El mayor porcentaje de bulbillos sanos, 91%, fue para los conservados 45 días en cámara y de tamaño chico.

En IV los descartes se debieron tanto a brotaciones como a pudriciones, presentando los bulbillos chicos mayores descartes. La conservación en cámara disminuyó ambas causas de descartes en los dos tamaños de bulbilllo. El mayor porcentaje de bulbillos conservados, 97%, fue para los bulbillos grandes que permanecieron 30 días en cámara.

Cuadro 5. Porcentaje de bulbillos sanos, brotados y podridos luego de 45 días de conservación para IC y PS CRS, y de 30 días de conservación para IV, según tamaño de bulbillo y condición de conservación. ^a

Tamaño	Días en Cámara	Sanos (%)	Brotados (%)	Podridos (%)
IC				
Chico	0	85,8	13,6	0,6
	45	90,8	9,2	0,0
Grande	0	80,0	19,0	1,0
	45	87,7	11,5	0,8
PS CRS				
Chico	0	97,6	1,7	0,7
	45	96,1	2,5	1,4
Grande	0	97,5	1,4	1,1
	45	97,8	1,1	1,1
IV				
Chico	0	82,1	10,0	7,9
	30	89,1	6,5	4,4
Grande	0	90,0	5,8	4,2
	30	96,7	1,7	1,7

^a Datos promedio de 270 bulbillos por tratamiento.

Para PS CRS el porcentaje de bulbillos sanos fue similar para todas las condiciones de conservación y ambos tamaños de bulbillo de 96 y 98 %. Los descartes causados por brotación y con pudriciones fueron en general bajos.

3.1.3. Caracterización de los bulbillos al momento de plantar

En el cuadro 6, se presentan los datos promedio de las cuatro condiciones de conservación, para los bulbillos chicos y grandes de los tres cultivares evaluados. En cada cultivar y para cada tamaño de bulbillo la variación entre las medias según condición de conservación fue muy baja, con un coeficiente de variación menor al 5%.

Para los bulbillos chicos el diámetro y peso fresco promedio fue 20,1; 20,2 y 20,0 mm, y 5,4; 5,9 y 5,8 g para IC, PS e IV respectivamente. Para los bulbillos grandes el

diámetro y peso fresco promedio fue 28,7- 28,6 y 29,1 mm, y 13,0-13,9 y 14,5 g para IC, PS e IV respectivamente.

Cuadro 6. Media, desvío estándar, percentil (10) y (90) para el diámetro y el peso fresco; media para peso seco y materia seca de los bulbillos de INIA Casera, PS CRS e INIA Valenciana, según tamaño de bulbilllo al momento de la plantación ^a.

Calibres	Diámetro (mm)				Peso fresco (g)				Peso seco (g)	Materia seca (%)
	media	desvío	P10	P90	media	desvío	P10	P90		
INIA Casera										
Chicos	20,1	1,7	17,9	22,3	5,4	1,2	3,7	6,8	0,62	11,5
Grandes	28,7	1,9	26,2	31,0	13,0	2,3	10,1	16,2	1,36	10,4
PS CRS										
Chicos	20,2	1,5	18,1	22,1	5,9	1,3	4,3	7,6	0,65	11,0
Grandes	28,6	1,8	26,6	30,9	13,9	2,5	11,0	17,7	1,44	10,4
INIA Valenciana										
Chicos	20,0	1,7	17,8	22,0	5,8	1,1	4,1	6,8	0,66	11,4
Grandes	29,1	1,5	27,0	30,9	14,5	2,2	11,6	17,2	1,40	10,4

^a Datos promedio de 160 bulbillos para IC y PS CRS, y 80 bulbillos para IV.
(P10): Valor en el percentil 10; (P90): valor en el percentil 90.

Para los tres cultivares el peso fresco de los bulbillos grandes fue 2,5 veces superior en promedio al de los bulbillos chicos, y 2,2 veces superior en peso seco. El porcentaje de materia seca fue 11-11,5% para los bulbillos chicos, según el cultivar, y para los grandes 10,4%. En los tres cultivares el material experimental fue más heterogéneo (valor del P10 y P90 respecto a la media) para el peso respecto al diámetro. A su vez, la heterogeneidad fue mayor en los bulbillos chicos respecto a los grandes.

3.2. TEMPERATURA DURANTE LA CONSERVACIÓN DE LOS BULBILLOS Y SU CULTIVO

3.2.1. Caracterización de las temperaturas registradas en el ensayo

El balance de temperaturas promedio registradas durante el período de conservación de los bulbillos (enero-mayo 2010) y durante cultivo (junio-octubre) fue en promedio fue muy similar a las ocurridas para el promedio 2007-12 (Cuadro 7); A su vez comparando con las temperaturas en el ensayo fueron también muy similares, siendo superiores según la etapa en 0,8 y 0,9 °C, respecto al promedio 2007-12. Los registros de

unidades de frío muestran la misma tendencia, para ambos períodos, el año de ensayo no difirió en más de un 3 % del total de unidades de frío respecto al promedio 2007-12.

Cuadro 7. Temperatura media mensual y unidades de frío (Richardson, 1974) mensual para el período 2007-2012 y 2010.

Período	Temperatura media mensual (°C)				Unidades de frío (Richardson)			
	2007-12 ^a	2010 ^a	desvío ^b	ensayo ^c	2007-12 ^a	2010 ^a	desvío ^b	
Enero	23,2	23,5	0,3	24,4	-668	-688	-20	
Febrero	22,5	22,3	-0,3	23,0	-615	-607	8	
Marzo	20,5	20,7	0,2	21,7	-585	-584	1	
Abril	16,7	15,9	-0,8	16,7	-244	-185	59	
Mayo	13,6	14,5	0,9	14,6	29	-81	-110	
Promedio	19,3	19,4	0,1	20,1	Suma	-2083	-2145	-62
Junio	10,0	11,2	1,2	11,0	348	268	-80	
Julio	9,3	10,2	0,9	10,0	357	319	-38	
Agosto	11,2	10,4	-0,7	10,7	265	300	35	
Setiembre	13,5	13,6	0,1	13,8	58	59	1	
Octubre	15,7	15,1	-0,6	15,9	-139	-81	58	
Promedio	11,9	12,1	0,2	12,3	Suma	889	864	-25

^a Fuente: Banco Climático de INIA Estación Experimental Las Brujas, Canelones.

^b Diferencia entre el registro climático en 2010 y el promedio 2007-12.

^c Datos registrados en el sitio del ensayo con un datalogger automático.

Durante la conservación el balance de unidades de frío Richardson (1974) fue claramente negativo, mientras que para los meses de junio a setiembre resultó positivo, siendo mayo en promedio el mes en que se da el punto de inflexión. En el año del ensayo el mes de mayo fue levemente más cálido en 0,9 °C que el promedio 2007-12. Al igual que los meses de junio, 1,2 °C y julio 0,9 °C. Y en las condiciones del ensayo lo fueron en 1,0 y 0,7 °C. En agosto de 2010 resultó menor al promedio 2007-12, tanto a nivel de los registros en estación meteorológica -0,7 °C, como en el ensayo -0,5 °C. Las temperaturas de setiembre 2010 en el ensayo fueron superiores al promedio 2007-12, en 0,1 °C y 0,3 °C. Para octubre, la temperatura en la estación meteorológica de referencia, fue menor al promedio 2007-12 en 0,6 °C, aunque para el ensayo fue mayor en 0,2 °C. En todos los registros la temperatura promedio de octubre fue mayor a 15° C, y las unidades de frío para octubre tienen balance mensual negativo. En el período junio a setiembre se acumularon 1028 y 946 UF para el promedio 2007-12 y el 2010

respectivamente, siendo en el año del ensayo un 8% por debajo del promedio quinquenal. Los tres meses de mayor acumulación de UF fueron junio, julio y agosto, de los cuales para el 2010 los dos primeros meses acumularon menos UF que los respectivos meses en el promedio 2007-12, mientras que para agosto resultó superior.

3.2.2. Cuantificación de horas para el rango de 5 a 13°C en el ensayo

Cuadro 8. Número de horas en el rango de 5 a 13 °C durante la conservación de los bulbillos, el cultivo y el total acumulado, según condición de conservación.

Tratamiento	Durante la conservación (enero- mayo)			Durante el cultivo ^a (junio-octubre)	Totales ^a (enero-octubre)
	En galpón ^a	En cámara ^b	Total ^a		
0	514	0	514	1664	2178
15	368	360	728	1664	2392
30	220	720	940	1664	2604
45	86	1080	1166	1664	2830

^a Horas en el rango de 5 a 13 °C.

^b Horas a 7 °C.

El mayor número de horas en el rango de 5 a 13 °C se generó durante la etapa de cultivo, independientemente de la condición durante la conservación (Cuadro 8). Durante el cultivo se generaron entre el 76 y 59% del total de las horas vernalizantes del ensayo, para las condiciones extremas de conservación. En cultivo, de junio a setiembre fue la mayor acumulación, en torno a 350 horas de 5 a 13 °C por mes. Durante la conservación, la condición de 45 días en cámara incrementó 127% las horas de 5 a 13 °C, respecto a la conservación sólo en galpón. Sin embargo, considerando el total acumulado (conservación y cultivo), el incremento generado fue 30%. En galpón el mes con mayor acumulación de horas de 5 a 13 °C fue mayo con 300 hs.

3.2.3. Cuantificación de horas y días efectivos de vernalización en el ensayo

El mayor número de HV se generó durante la etapa de cultivo independientemente de la condición durante la conservación (Cuadro 9). Durante el cultivo se generaron entre el 75 y 65% del total de las HV en el ensayo, para las

Cuadro 9. Horas efectivas de vernalización (HV) y días efectivos de vernalización (DV) durante la conservación (galpón y cámara), el cultivo, y los totales acumulados según condición de conservación.

Tratamiento ^a	Durante conservación (enero- mayo)			Durante el cultivo (junio-octubre)	Totales (enero-octubre)
	En galpón	En cámara ^a	Total		
	HV				
0	640	0	640	1936	2576
15	459	298	757	1936	2693
30	279	596	875	1936	2811
45	119	894	1013	1936	2950
	DV				
0	27	0	27	81	107
15	19	12	31	81	112
30	12	25	37	81	117
45	5	37	42	81	123

^a Tratamiento a 7 °C.

condiciones extremas de conservación. Los meses de mayor aporte de HV y DV fueron junio a setiembre con aportes similares en torno a 410 HV y 17 DV por mes. Durante la conservación desde enero a mayo el número de HV y DV siempre aumento de forma lineal al prolongar el período de conservación en cámara. El tratamiento con 45 días en cámara comparado con la condición siempre en galpón incremento 58% las HV durante la etapa de conservación. Sin embargo, si se considera el total acumulado durante conservación y cultivo, el incremento fue 15%. En galpón, el mes con mayor acumulación de HV fue mayo con 360 HV.

3.3. DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO

El número de plantas emergidas por parcela a los 21 ddp no fue afectado significativamente por el tamaño de bulbillos ni por la condición de conservación. El porcentaje de plantas emergidas fue 100% para IC, 93% para IV, y 87% para PS CRS. A los 28 ddp IC y PS CRS alcanzó el 100% de plantas emergidas, mientras que para IV el porcentaje final fue 98%, con un 2% de bulbillos que se pudrieron.

El número de brotes foliares por planta a los 83 ddp y el número de hojas por planta a los 114 ddp fueron afectados significativamente ($p < 0,0001$) por el tamaño de bulbillo en los tres cultivares. El tamaño grande de bulbillos produjo un número de brotes foliares (2,63; 2,30 y 2,11) significativamente mayor ($p < 0,05$) que los bulbillos chicos (1,42; 1,34 y 1,40) para IC, PSCRS e IV respectivamente. También lo fue para las hojas por planta ($p < 0,05$) de los bulbillos grandes (16,4; 13,7 y 12,0) respecto a los chicos (9,0; 8,3 y 7,8) para IC; PS e IV respectivamente. El desarrollo foliar de los bulbillos grandes duplicó prácticamente al de los chicos.

3.4. DESARROLLO REPRODUCTIVO DEL CULTIVO

3.4.1. Proporción de plantas que emitieron escapo

Para la proporción de plantas con escapos de IC, PS e IV el efecto del tamaño de bulbillo resultó significativo ($p < 0,05$). Resultando mayor de forma significativa ($p < 0,05$) para las plantas provenientes de bulbillos grandes (Cuadro 10). La condición de conservación no afectó la proporción de plantas con escapo de forma significativa ($p > 0,05$), en ninguno de los tres cultivares. El porcentaje de plantas con escapo observado en los bulbillos chicos de IV fue superior al de PS y el de PS a IC.

Cuadro 10. Proporción de plantas con escapo en IC, PS CRS e IV, según tamaño de bulbillo.

Tamaño de Bulbillo	IC			PS CRS			IV	
	media absoluta	EE ^c	estimada ^b	media absoluta	EE ^c	estimada ^b	Media ^a	EE ^c
Grande	0,99	1,00 a	0,50	0,97 a	1,00 a	0,50	0,96 a	0,02
Chico	0,59	0,59 b	0,03	0,71 b	0,72 b	0,03	0,84 b	0,03

^a Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey ($p < 0,05$).

^b Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de ML ($p < 0,05$).

^cEE: Error Estándar

3.4.2. Evolución de los escapos emitidos por planta

El número promedio de escapos por planta al final del desarrollo del cultivo fue afectado significativamente por el tamaño de bulbillo ($p < 0,001$) en los tres cultivares

evaluados (figura 4). Para IC, PS CRS e IV el número de escapos por planta al final del desarrollo del cultivo fue mayor de forma significativa para las plantas desarrolladas a partir de bulbillos grandes. El número de escapos por planta para los bulbillos grandes y chicos fue 2,60 y 0,91 en IC, 2,33 y 0,99 en PS CRS, y 2,16 y 1,28 en IV (Figura 4).

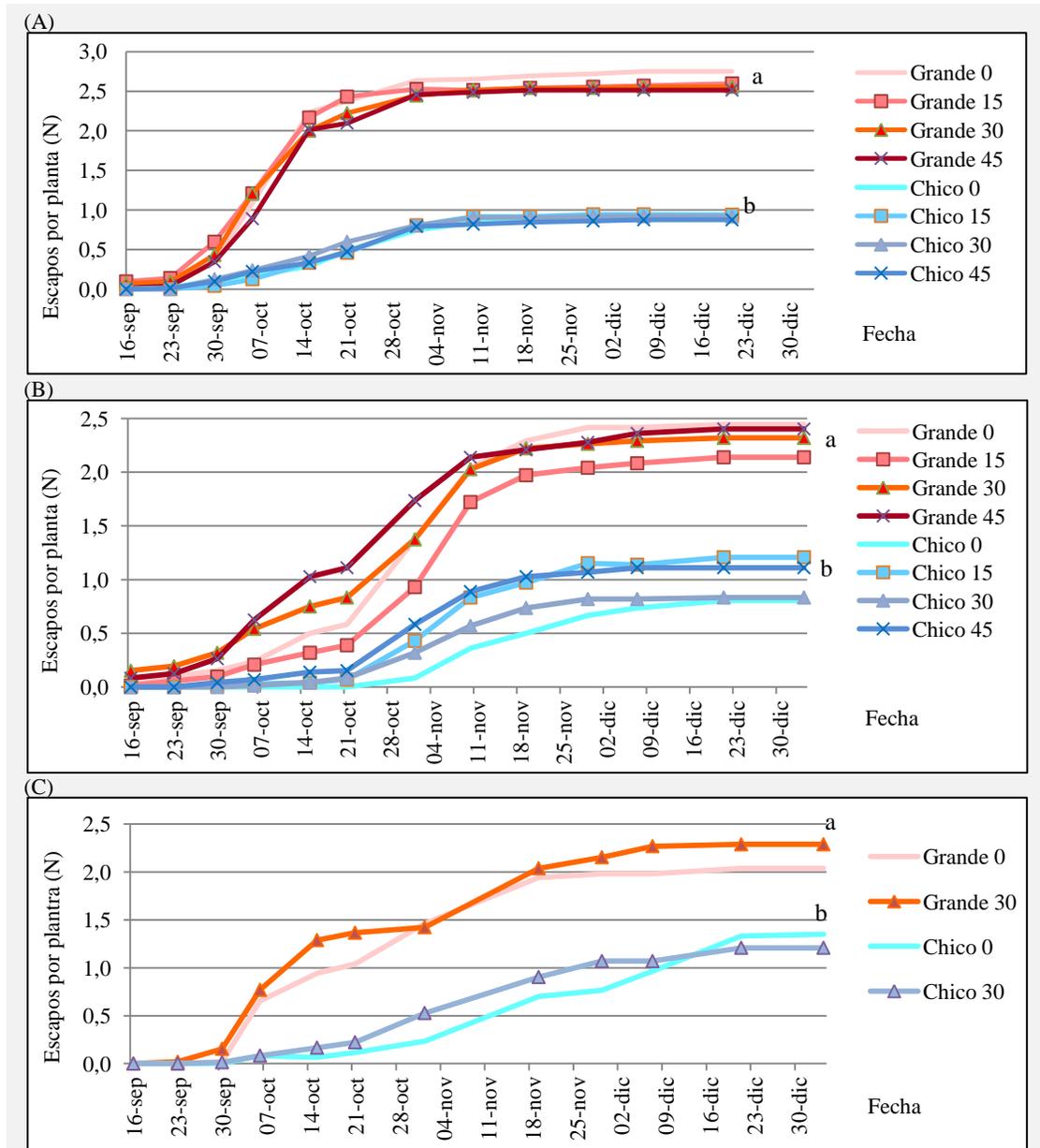


Figura 4. Evolución del número promedio de escapos por planta, según tamaño de bulbilllo (grande o chico) y condición de conservación (días en cámara) para: IC (A), PS CRS (B), e IV (C). Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey ($p < 0,05$).

3.4.3. Desarrollo del cultivo

El período comprendido entre el 50% de plantas emergidas al momento en que se cosechó el 50% de umbelas fue de 205 y 207 días en IC, 215 y 218 días en PS CRS para bulbillos grandes y chicos respectivamente (Cuadro 11). Para IV fue de 211 días para los dos tamaños. Ese período fue de 207 días para los bulbillos conservados en cámara 45 días y de 214 para los que no recibieron frío en cámara en el cv PS CRS. Para IC e IV no se observó diferencias en dicho período según la condición de conservación.

Cuadro 11. Fecha de inicio de emergencia de escapos (IEE), 50% de escapos emergidos (EE), 50% de umbelas florecidas (UF) y 50% de umbelas cosechadas (UC). Período 50% de emergencia de plantas (EP) a IEE, 50% EP a 50% de EE, 50% de EE a 50% de UF, y 50% de UF a 50% de UC según tamaño de bulbillo, condición de conservación y cultivar.

Tamaño	Días de frío	IEE	Fecha				días			
			50% EE	50% UF	50% UC	50% EP a IEE	50% EP a 50% EE	50% EE a 50% UF	50% UF a 50% UC	
IC										
Grande	-	19-sep	07-oct	25-nov	09-ene	94	112	49	45	
Chico	-	29-sep	20-oct	01-dic	10-ene	104	124	42	41	
-	0	23-sep	15-oct	28-nov	10-ene	98	119	44	43	
-	15	23-sep	14-oct	28-nov	09-ene	98	118	45	43	
-	30	25-sep	12-oct	28-nov	09-ene	100	116	47	43	
-	45	25-sep	14-oct	28-nov	09-ene	100	118	46	42	
PS CRS										
Grande	-	19-sep	28-oct	05-dic	21-ene	86	126	38	47	
Chico	-	19-oct	07-nov	11-dic	22-ene	117	135	35	42	
-	0	10-oct	08-nov	13-dic	24-ene	107	136	35	42	
-	15	04-oct	04-nov	09-dic	22-ene	102	132	36	44	
-	30	02-oct	01-nov	06-dic	23-ene	99	129	35	48	
-	45	30-sep	27-oct	04-dic	17-ene	97	125	38	44	
IV										
Grande	-	02-oct	20-oct	02-dic	25-ene	99	118	42	55	
Chico	-	08-oct	09-nov	12-dic	28-ene	105	137	33	47	
-	0	08-oct	03-nov	09-dic	27-ene	105	132	36	49	
-	30	02-oct	26-oct	04-dic	26-ene	99	124	39	53	

El IEE como el momento en que habría el 50% de EE fue más precoz para los bulbillos grandes que los chicos (Cuadro 11). El 50% de EE se alcanzó 13, 10 y 20 días

antes para los bulbillos grandes comparado con los chicos para IC, PS CRS e IV respectivamente. También los bulbillos grandes alcanzaron antes el 50% de UF, 6 días en IC y PS CRS, y 10 días en IV.

En PS CRS e IV a mayor prolongación de la conservación en cámara, se adelantó el IEE y el 50% de EE. El 50% de EE se alcanzó 12 y 8 días antes para los bulbillos que permanecieron por más tiempo en cámara comparado con los que no lo estuvieron en PS CRS e IV respectivamente. Lo mismo sucedió para llegar al 50% de UF adelantándose en 9 y 5 días respectivamente.

El momento en que se llegó al 50% de UC no fue afectado de forma importante por ningún factor en IC, IV y los bulbillos grandes de PS CRS. En cambio para los bulbillos chicos de PS CRS alcanzaron 7 días antes el 50% de UC con 45 días en cámara comparados con los que no ingresaron.

Los períodos desde 50% EP a IEE y desde 50% EP a 50% EE fueron más acotados para los bulbillos grandes comparado con los chicos para los tres cultivares. La misma tendencia se observó para la condición más prolongada de conservación en cámara comparado con los que no ingresaron a cámara para PS CRS e IV.

Los períodos desde 50% EE a 50% UF y desde 50% UF a 50% UC fueron mayores para los bulbos grandes comparado con los chicos para los tres cultivares, en menor magnitud también para los conservados por más tiempo en cámara comparado con los que no ingresaron a cámara para PS CRS e IV.

3.4.4. Muestreo destructivo de plantas en plena floración

En IC, las variables que se correlacionaron significativamente ($p < 0,05$) de forma positiva con el rendimiento por parcela y la producción por umbela, fueron el área fotosintética total (AFT) por planta con $R^2=0,72$ y $R^2=0,43$, y el índice de área foliar del cultivo (IAF), con $R^2=0,83$ y $R^2=0,39$ respectivamente. El peso de planta se correlacionó con el rendimiento por parcela con $R^2= 0,49$. En el ANAVA (prueba F)

resultó significativo ($p < 0,05$) el factor tamaño de bulbillito para las tres variables. Los bulbillos grandes tuvieron significativamente ($p < 0,05$) mayor peso de planta, AFT por planta e IAF del cultivo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Peso de planta (PP), área fotosintética total (AFT) por planta, índice de área fotosintética (IAF) del cultivo, índice de área fotosintética de escapes (IAFE), diámetro de umbela (DU), según tamaño de bulbillito en IC, PS CRS e IV.

Tamaño De bulbillito ^a	PP (g)		AFT (cm ²)		IAF		IAFE		DU (mm)	
	Media	EE ^b	media	EE ^b	media	EE ^b	media	EE ^b	media	EE ^b
IC										
Grande	513,1 a	29,2	2064 a	202	2,91 a	0,29	-	-	-	-
Chico	416,7 b	29,2	1096 b	160	0,98 b	0,17	-	-	-	-
PS CRS										
Grande	504,3 a	25,4	1624 a	202	-	-	-	-	58,0 a	1,1
Chico	379,1 b	25,4	1048 b	160	-	-	-	-	51,4 b	2,9
IV										
Grande	-	-	-	-	-	-	1,90 a	0,22	76,5 a	4,0
Chico	-	-	-	-	-	-	1,18 b	0,22	58,8 b	4,0

^a Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey ($p < 0,05$).

^b EE: Error estándar.

Para PS CRS las variables que se correlacionaron significativamente de forma positiva con el rendimiento por parcela y la producción por umbela fueron, el AFT con $R^2=0,60$ y $R^2=0,39$, el IAF del cultivo con $R^2=0,80$ y $R^2=0,63$, y el diámetro de umbela (DU) con $R^2=0,38$ y $R^2=0,43$. El PP se correlacionó de forma significativa con el rendimiento por parcela con $R^2=0,45$. En el ANAVA el tamaño de bulbillito resultó significativo ($p < 0,05$) para el peso de planta, AFT por planta, diámetro de umbela, e IAF. El PP, DU y AFT fue mayor de forma significativa ($p < 0,05$) para el tamaño grande (Cuadro 12). Para el IAF resultó significativa ($p < 0,05$) la interacción entre el tamaño y la condición de conservación. El IAF del cultivo para los bulbillos grandes conservados 0, 30 y 45 días en cámara fue significativamente mayor ($p < 0,05$), respecto a los bulbillos chicos, mientras que para la condición de 15 días en cámara no fue significativo (datos no presentados). Para el DU resultó significativa ($p < 0,05$) la condición de frío, siendo el DU significativamente mayor ($p < 0,05$) para la condición de conservación de 45 días en

cámara respecto a las condiciones de 15 y 0 días en cámara, a su vez la condición de 30 días de frío resultó significativamente ($p < 0,05$) mayor a 0 días de frío. Por lo tanto los mayores diámetros de umbela (63,3 y 65,3 mm) se alcanzaron, utilizando bulbillos grandes y períodos de conservación en cámara de 30 y 45 de frío.

Para IV, las variables que se correlacionaron significativamente de forma positiva con el rendimiento por parcela y la producción por umbela fueron el IAFE con $R^2=0,61$ y $R^2=0,58$, y el diámetro de umbela con $R^2=0,74$ y $R^2=0,77$ respectivamente. En el ANAVA, el IAFE y el diámetro de la umbela (DU) resultaron afectados significativamente ($p < 0,05$) por el tamaño de bulbillo. Siendo significativamente ($p < 0,05$) mayor el IAF y DU para los bulbillos grandes (cuadro 12).

3.4.5. Número y tipo de umbelas cosechadas

El número de umbelas cosechadas por parcela totales, sanas y enfermas, resultaron afectadas significativamente por el tamaño de bulbillo ($p < 0,0001$) en los tres cultivares, siendo mayor para los bulbillos grandes de forma significativa ($p < 0,05$) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Número de umbelas totales, sanas, enfermas, anormales y proporción de umbelas sanas cosechadas por parcela, según tamaño de bulbillo en IC, PS CRS e IV.

Tamaño de bulbillo ^a	Umbelas por parcela (N°)		Umbelas sanas (N°)		Umbelas enfermas (N°)		Umbelas anormales (N°)		Umbelas sanas (proporción)	
	media	EE ^b	media	EE ^b	media	EE ^b	media	EE ^b	media	EE ^b
INIA Casera										
Grande	128,5 a	2,8	96,2 a	5,1	32,1 a	4,3	0,2 b	0,2	0,75 b	0,00
Chico	39,5 b	1,6	33,1 b	2,1	4,7 b	0,6	1,7 a	0,5	0,84 a	0,01
PS CRS										
Grande	113,0 a	2,7	103,1 a	3,8	8,5 a	1,9	1,4	0,3	0,91	0,01
Chico	45,6 b	1,7	41,8 b	3,8	2,6 b	0,6	1,2	0,3	0,92	0,01
INIA Valenciana										
Grande	111,4 a	2,7	86,9 a	4,5	18,2 a	2,4	6,3 b	1,4	0,78 a	0,02
Chico	64,9 b	1,7	48,1 b	4,5	3,3 b	0,7	13,5 a	1,4	0,74 a	0,02

^a Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey $p < 0,05$.

^b EE: Error estándar.

El número de umbelas anormales resultó afectado significativamente ($p < 0,01$) por el tamaño de bulbillo en IC e IV, siendo mayor para los bulbillos chicos de forma

significativa ($p < 0,05$). Para PS CRS no hubo efecto significativo del tamaño. En IV resultó significativo ($p < 0,05$) la condición de conservación, siendo para la condición de 30 días mayor de forma significativa ($p < 0,05$), respecto a 0 días en cámara, con 12,5 y 7,3 umbelas anormales respectivamente (datos no presentados). Por lo tanto los bulbillos chicos sin conservación en cámara presentaron el mayor número de umbelas anormales, 16,5, mientras que los bulbillos grandes que permanecieron por 30 días en cámara registraron el menor valor con 4,4 umbelas anormales.

La proporción de umbelas sanas resultó afectada significativamente ($p < 0,0001$) por el tamaño de bulbillo en IC, siendo mayor para los bulbillos chicos de forma significativa ($p < 0,05$). Para PS CRS e IV no hubo efecto significativo ($p > 0,05$) del tamaño. Para PS CRS la proporción de umbelas sanas resultó afectada significativamente ($p < 0,05$) por la condición de conservación, siendo significativamente ($p < 0,05$) mayor para los bulbillos que no ingresaron a cámara, 0,95, respecto a los que estuvieron por 45 días en cámara, 0,89 (datos no presentados).

Para PS CRS resultó significativa ($p < 0,05$) la interacción entre el tamaño de bulbillo y la condición de conservación para el número de umbelas totales. El número de umbelas totales fue significativamente ($p < 0,05$) mayor para los bulbillos grandes respecto a los chicos para cualquier condición de conservación (Figura 5), mientras que para los bulbillos chicos, la condición de conservación con 15 y 45 días en cámara resultó significativamente ($p < 0,05$) mayor respecto a los que no estuvieron en cámara.

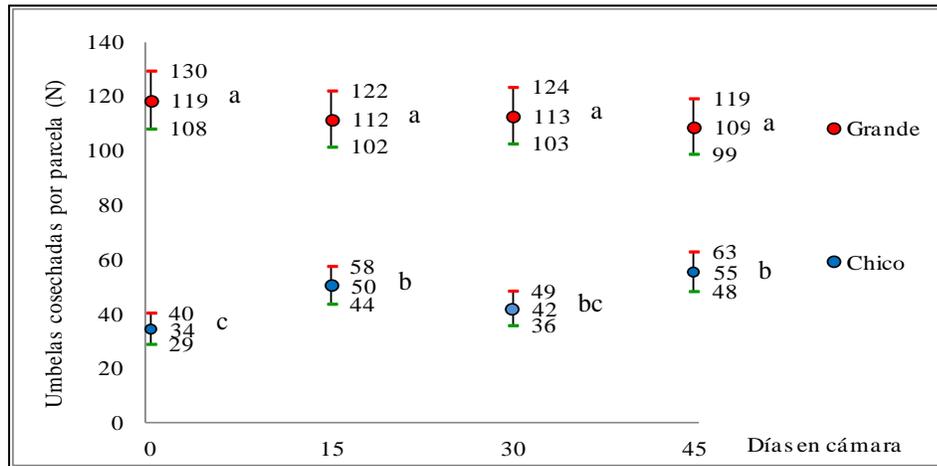


Figura 5. Número de umbelas por parcela, según tamaño de bulbillo y condición de conservación en PS CRS. Letras distintas indican diferencias significativas, test de Tukey ($p < 0,05$). Para cada media las barras indican los valores del intervalo de confianza estimados.

3.5. PRODUCCIÓN DE SEMILLA

3.5.1. Rendimiento y producción de semilla

El stand de plantas al momento de la cosecha fue 100% para todos los tratamientos en IC y PSCRS. En IV fue de 95 y 94% para bulbillos grandes y chicos respectivamente.

El rendimiento de semilla por parcela, la producción de semilla por planta y el número de umbelas por planta fue afectado significativamente ($p < 0,0001$) por el tamaño de bulbillo en los tres cultivares. Siendo significativamente ($p < 0,05$) mayor para el tamaño grande de bulbillo (cuadro 14 y figura 6).

La producción de semilla por umbela no resultó afectada de forma significativa ($p > 0,05$) por ningún tratamiento en IC. Mientras que en PS CRS e IV fue significativamente ($p < 0,05$) mayor para los bulbillos grandes.

Cuadro 14. Rendimiento de semilla por parcela según tamaño de bulbillo para IC y PSCRS, producción de semilla por planta, número de umbelas cosechadas por planta y producción de semilla por umbela según tamaño de bulbillo para IC, PS CRS e IV, y producción de semilla por planta y por umbela según condición de conservación en IV.

Factores experimentales	Rendimiento por parcela (g)		Producción por planta (g)		Umbelas por planta (N°)		Producción por umbela (g)	
	Media	EE ^b	media	EE ^b	media	EE ^b	Media	EE ^b
Tamaño de bulbillo ^a			IC					
Grande	378,5	a 17,4	7,01	a 0,3	2,38	a 0,1	2,95	a 0,2
Chico	101,0	b 9,8	1,87	b 0,2	0,73	b 0,1	2,55	a 0,2
			PS CRS					
Grande	281,5	a 15,2	5,21	a 0,28	2,09	a 0,1	2,49	a 0,1
Chico	79,2	b 15,2	1,47	b 0,28	0,84	b 0,1	1,62	b 0,1
			IV					
Grande	^c		3,65	a 0,34	2,15	a 0,06	1,71	a 0,16
Chico	^c		0,45	b 0,03	1,27	b 0,06	0,37	b 0,03
Días en cámara ^a			IV					
30	^c		2,46	a 0,33	ns		1,26	a 0,14
0	^c		1,64	b 0,13	ns		0,82	b 0,08

^a Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey ($p < 0,05$).

^b EE: Error estándar.

^c Dado que la interacción fue significativa, ver figura 6.

A su vez en IV la producción de semilla por umbela y la producción por planta fue significativamente ($p < 0,005$) mayor cuando los bulbillos se mantuvieron en cámara por 30 días en comparación con los que no lo estuvieron. La mayor producción de semilla por umbela, 2,04 g, y por planta, 4,40 g, se obtuvo con bulbillos grandes conservados en cámara durante 30 días. La menor producción de semilla por umbela, 0,27 g, y por planta, 0,38 g, se obtuvieron con los bulbillos chicos que no permanecieron en cámara.

En IV el rendimiento de semilla por parcela también resultó afectado significativamente ($p < 0,05$) por la condición de conservación y la interacción entre ambos factores. Al analizar la interacción se observó que el rendimiento de semilla por parcela resultó significativamente ($p < 0,05$) mayor para los bulbillos grandes que permanecieron 30 días en cámara comparado con los bulbillos grandes que no recibieron frío adicional, mientras que los bulbillos chicos y para cualquier condición de conservación fueron los que rindieron menos (Figura 6).

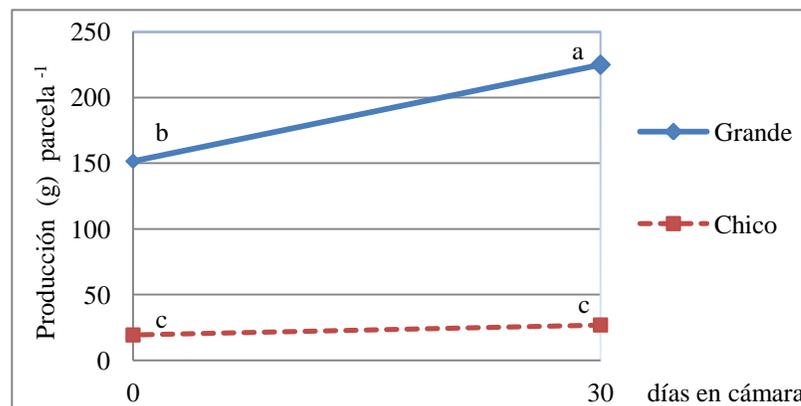


Figura 6. Producción de semilla por parcela, según tamaño de bulbo y condición de conservación en IV. Letras distintas indican diferencias significativas, (test de Tukey, $p < 0,05$).

Para los bulbillos chicos de PS CRS el rendimiento de semilla por planta y por parcela fue significativamente mayor ($p < 0,05$) cuando los bulbillos permanecieron por 45 días en cámara comparado con los que no lo estuvieron (Cuadro 15).

Cuadro 15. Rendimiento de semilla por parcela y producción de semilla por planta, según condición de conservación para los bulbillos chicos de PS CRS.

Días en cámara ^a	Rendimiento por parcela (g)		Producción por planta (g)	
	media	EE ^b	media	EE ^b
45	104,4 a	22,3	1,93 a	0,41
15	99,8 ab	28,2	1,85 ab	0,52
30	75,0 ab	23,3	1,39 ab	0,43
0	37,7 b	8,8	0,70 b	0,16

^a Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey $p < 0,05$).

^b EE: Error estándar.

Complementariamente a las variables analizadas en el muestreo destructivo, las siguientes variables también se correlacionaron con el rendimiento.

El número de brotes foliares por planta evaluado a los 83 ddp se correlacionó positivamente de forma significativa ($p < 0,001$) con el rendimiento de semilla por parcela, $R = 0,91$; $R = 0,85$ y $R = 0,91$ para IC, PS CRS e IV respectivamente. El número de hojas por planta a los 114 ddp también se correlacionó positivamente de forma significativa ($p < 0,001$) con el rendimiento de semillas por parcela, $R = 0,91$; $R = 0,81$; $R = 0,90$ para IC, PS CRS e IV respectivamente.

Existió una correlación significativa ($p < 0,001$), $R = 0,95$ y $R = 0,95$ entre el número de umbelas cosechadas y el rendimiento de semilla por parcela en IC y PS CRS respectivamente (Figura 7A y 7B). En IV también lo fue aunque con un menor coeficiente de correlación, $R = 0,82$ (Figura 7C).

Existió una correlación significativa ($p < 0,001$), $R = 0,89$ y $0,99$ entre la producción de semilla por umbela y el rendimiento de semilla por parcela en PS CRS e IV respectivamente (Figura 7E y 7F). En IC también lo fue ($p < 0,005$) aunque con un menor coeficiente de correlación, $R = 0,53$ (Figura 7D).

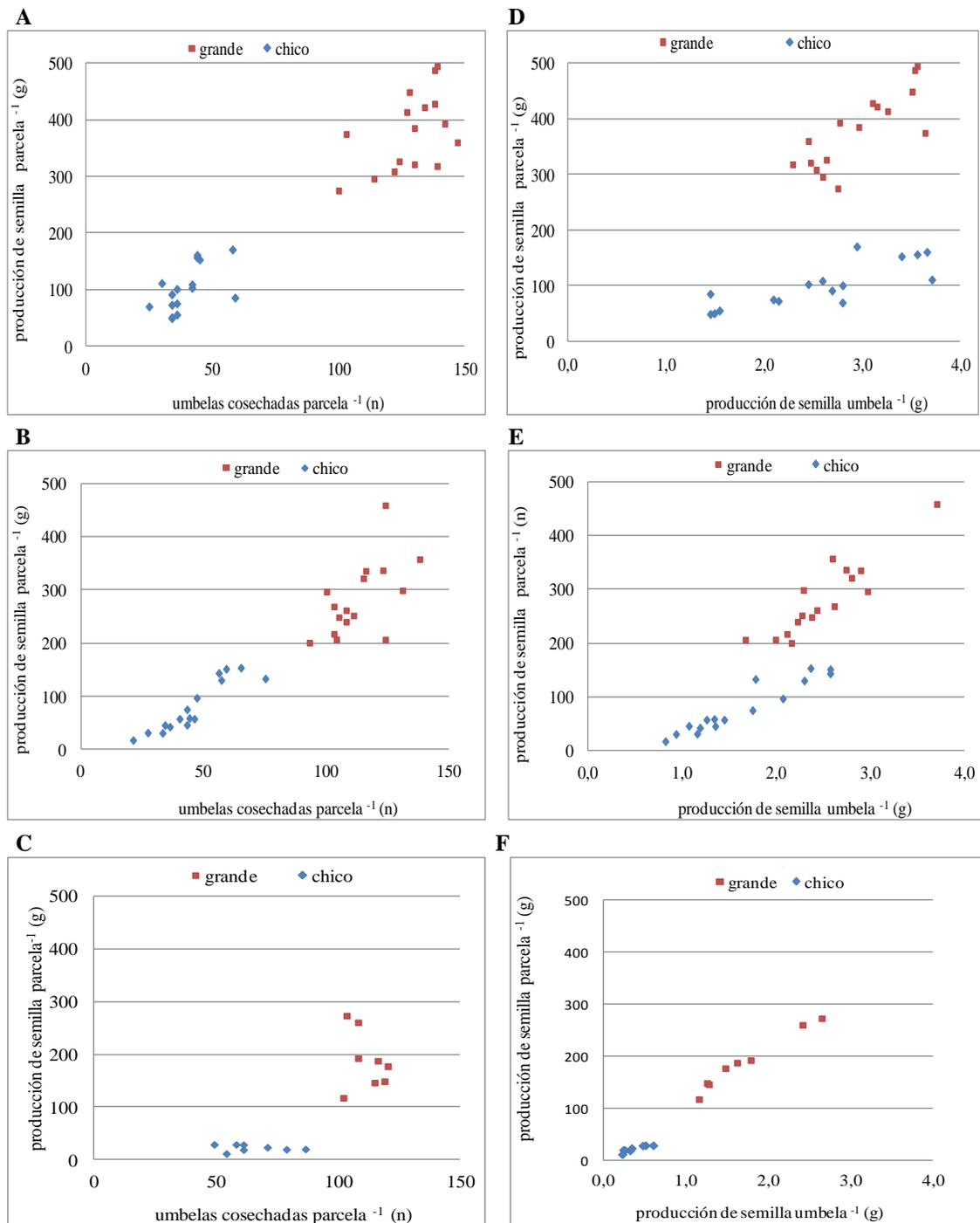


Figura 7. Producción de semilla por parcela y umbelas por parcela, según tamaño de bulbillo en IC (A), PS CRS (B) e IV (C). Producción de semilla por parcela y producción por umbela, según tamaño de bulbillo en IC (D), PS CRS (E) e IV (F).

3.5.2. Calidad de semilla

3.5.2.1. Peso de mil semillas

El peso de mil semillas resultó afectado significativamente ($p < 0,01$) por el tamaño de bulbillo en PS CRS e IV. Para PS CRS el peso de mil semillas resultó mayor de forma significativa ($p < 0,05$) para los bulbillos chicos. Sin embargo para IV fue significativamente ($p < 0,05$) mayor para los bulbillos grandes (cuadro 16). Mientras que para IC resultó significativa ($p < 0,05$) la interacción entre el tamaño de bulbillo y la condición de conservación (Figura 8). El mayor peso de mil semillas significativo fue logrado con los bulbillos que no estuvieron en cámara y con los bulbillos chicos que estuvieron 30 días en cámara.

Cuadro 16. Peso de mil semillas en PS CRS e IV, según tamaño de bulbillo.

Tamaño ^a	PS CRS (g)		IV (g)	
	media	EE ^b	media	EE ^b
Chico	4,54 a	0,03	4,24 b	0,06
Grande	4,39 b	0,03	4,58 a	0,06

^a Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey $p < 0,05$.

^b EE: Error estándar.

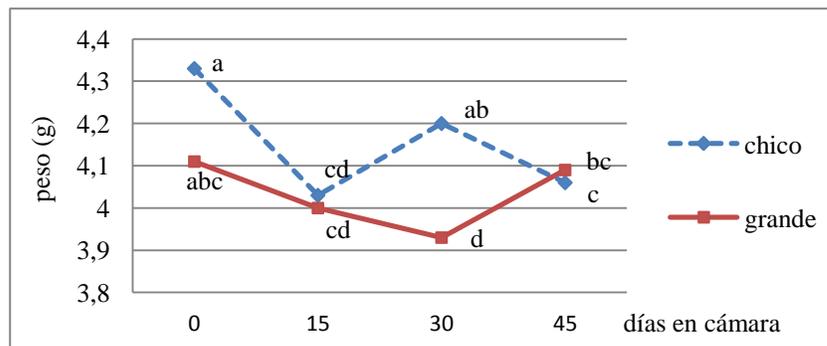


Figura 8. Peso de mil semillas para IC, según tamaño de bulbillo y condición de conservación. Letras distintas indican diferencias significativas, test de Tukey ($p < 0,05$).

3.5.2.2. Porcentaje de germinación de la semilla

El porcentaje de germinación de la semilla se evaluó mediante la proporción de semillas germinadas.

Cuadro 17. Proporción (p) de semillas germinadas para IC e IV, según tamaño de bulbillo, y según condición de conservación para IV.

Factores experimentales	IC (p)		IV (p)	
	media	E.E	Media	E.E
Tamaño^a				
Grande	0,97	0,003	0,88 a	0,008
Chico	0,96	0,003	0,81 b	0,015
Días en cámara^a				
30			0,87 a	0,009
0			0,83 b	0,010

^a Medias con una letra común no son significativamente diferentes, test de Tukey $p < 0,05$.

^b EE: Error estándar.

La proporción de semillas germinadas no fue afectada de forma significativa ($p < 0,05$) por ninguno de los factores estudiados en IC (cuadro 17). Para IV resultaron significativos el tamaño de bulbillo ($p < 0,001$) y la condición de conservación ($p < 0,05$). La proporción de semillas germinadas fue mayor de forma significativa ($p < 0,05$) para los bulbillos grandes; y para los que permanecieron en cámara por 30 días comparado con los que no lo estuvieron.

En PS CRS resultó significativo ($p < 0,01$) el tamaño de bulbillo y la interacción ($p < 0,05$) de ambos factores (Figura 9). La proporción de semillas germinadas fue significativamente ($p < 0,05$) mayor para los bulbillos grandes respecto a los chicos cuando estuvieron en cámara por 15 días.

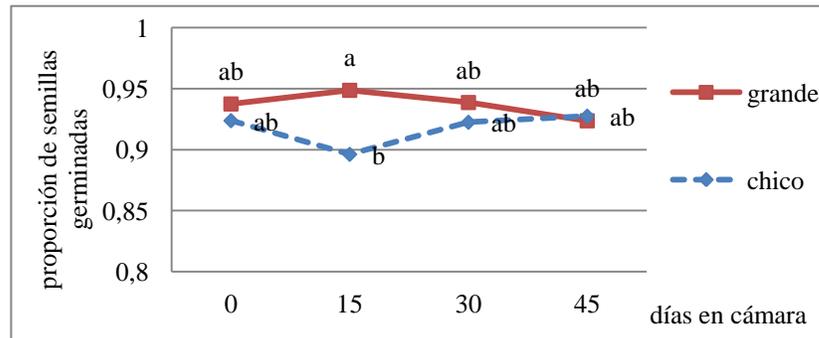


Figura 9. Proporción de semillas germinadas para Pantanos del Sauce CRS, según tamaño de bulbilló y condición de conservación. Letras distintas indican diferencias significativas, test de Tukey ($p < 0,05$).

4

DISCUSIÓN**4.1. PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE BULBILLOS**

La siembra de mediados de octubre permitió obtener bulbillos de los tamaños planificados en los tres cultivares, en ciclos desde 77 a 94 días de acuerdo a los requerimientos fotoperiódicos para bulbificar de los cultivares. La proporción de bulbillos de calibres grandes superaron a los reportados por Kasek y Melognio (1994), lo cual se debería principalmente a la menor densidad de siembra utilizada en este ensayo. Para aumentar aún más la proporción de bulbillos grandes, se podría anticipar la fecha de siembra. Complementariamente para PS CRS, y en particular para IV se podría retrasar la fecha de cosecha. Las buenas condiciones de crecimiento durante el almácigo, contribuiría a mejorar la homogeneidad del tamaño de los bulbillos cosechados.

La conservación de los bulbillos de los tres cultivares fue mayor a la reportada por DIEA (2010) para el año de evaluación respecto a los bulbos conservados con el método tradicional de cultivo. Para IC el período de conservación y la fecha de plantación no debería extenderse más allá de principios de junio, dada la brotación observada y las características del cultivar. En IC e IV el almacenaje en cámara a 7 °C, disminuyó las pérdidas por brotación y pudrición. La pérdida de peso de los bulbillos sanos durante la conservación fue baja, lo cual permitió posteriormente el buen desarrollo del cultivo, a diferencia de lo citado por Gaviola y Paunero (1999) y por García (1998). Ello se debería a la mayor humedad relativa del ambiente en la condición de galpón y en la cámara durante la conservación desde fin de verano y durante el otoño en este ensayo.

4.2. DISPONIBILIDAD DE TEMPERATURAS VERNALIZANTES

El régimen térmico ocurrido durante la conservación de los bulbillos y durante el desarrollo del cultivo no difirió respecto al promedio registrado para el quinquenio 2007-12. Por tanto, puede ser considerado como un año normal y de referencia válido

para la cuantificación realizada de la disponibilidad de temperaturas vernalizantes, así como de la interpretación de la respuesta obtenida en el desarrollo y producción de los cultivos semilleros. A partir de mediados de marzo y hasta fin de octubre se produjeron condiciones naturales de acumulación de temperaturas vernalizantes. La cuantificación realizada indicaría para la condición natural de conservación en galpón una disponibilidad total según los métodos utilizados, de 2178 horas de 5 a 13° ó 2576 HV utilizando el método propuesto por Streck. Estas condiciones permitieron inducir la floración de los bulbillos grandes en valores superiores al 95% en los tres cultivares. Por otra parte no se obtuvo respuesta a las mayores disponibilidades de temperatura a 7 °C aportadas por los tratamientos de conservación en cámara. La disponibilidad establecida con los métodos evaluados superó las 1900 hs de frío reportadas por Galmarini (1990) como necesarias para la vernalización del cultivar Sintética 14. Sin embargo en éste ensayo la disponibilidad de temperaturas igual ó menor a 7 °C durante conservación y cultivo fue de 727 hs totales para la condición natural de conservación, y 1384 y 1728hs para los que se conservaron 30 y 45 días en cámara. Por otra parte los resultados obtenidos en la inducción de los bulbillos de acuerdo a la disponibilidad cuantificada en este ensayo concuerdan con los reportados para similares condiciones por Khokhar (2008), Brewster (1987), Aguiar (1984), Shishido y Saito (1977), Lackman y Michelson (1960) y Heath (1943). Por lo que el método propuesto por Streck (2003), así como la cuantificación de horas para el rango de 5 a 13°C serían apropiados para cuantificar la disponibilidad de temperaturas vernalizantes. Si bien los tratamientos de conservación incrementaron la disponibilidad de temperaturas vernalizantes, el tratamiento que determinó la mayor exposición a temperaturas vernalizantes, produjo un incremento relativo de entre el 15-30% del total disponible para todo el período considerado, aunque la cuantificación en términos absolutos indica valores importantes. Sin embargo la mayor acumulación de temperaturas vernalizantes para cualquiera de los tratamientos de conservación se generó durante la etapa de cultivo. Con ambos métodos las primeras horas disponibles vernalizantes se generaron a partir de mediados de marzo,

a diferencia de lo establecido por el método de UF de Richardson (1974), el cual no establece un balance positivo de acumulación de UF hasta el mes de mayo.

La respuesta observada en la tasa de vernalización para los bulbillos grandes en los tres cultivares evaluados, indicaría que el método de producción de semilla mediante bulbillos grandes permitiría captar desde un principio las primeras temperaturas vernalizantes. Lo cual constituiría una ventaja respecto al sistema semilla-semilla en nuestras condiciones para cultivares con alta resistencia a la floración prematura.

4.3. DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO

El número de brotes foliares (NBF) desarrollados por bulbillo dependió del tamaño utilizado. Para los tres cultivares los bulbillos grandes superaron los dos brotes por planta, siendo una de las bases que explicaron posteriormente los rendimientos obtenidos. La correlación constatada entre el NBF emergidos y el número de hojas (NH) por planta con el rendimiento de semilla obtenido en los tres cultivares, coincidió con lo reportado por Asaduzzaman et al. (2012). Ambos parámetros permitirían poder estimar en etapas tempranas del ciclo, el rendimiento relativo potencial de un cultivo semillero. A su vez el NBF desarrollado por los bulbillos grandes para cada cultivar estuvo en concordancia con los umbrales de rendimientos alcanzados por cada uno.

4.4. DESARROLLO REPRODUCTIVO DEL CULTIVO

El mayor porcentaje de plantas con escapo y mayor número de escapos por planta desarrollados por los bulbillos grandes para los tres cultivares evaluados, se debería a la mayor disponibilidad de reservas (carbohidratos no estructurales), tal cual sugieren Reghin et al. (2005), Brewster (2008), Galmarini (1990), García (1998), Shishido y Saito (1977) sumado al mayor número de meristemas susceptibles a diferenciarse en la base de los brotes foliares en los bulbillos grandes. Y a la emergencia más rápida de los escapos luego de la iniciación floral, en acuerdo con (Khokhar et al., 2007c).

El número de escapos por planta en los bulbillos grandes, fue superior a los valores reportados por Gaviola (2011) y Ronda (2004). Tal diferencia se debería a un mayor número de meristemas susceptibles de vernalizarse al momento de recibir el estímulo de las bajas temperaturas, seguido por condiciones favorables de fotoperíodo para el desarrollo de los escapos y no para la bulbificación, además de la existencia de diferencias genéticas entre los cultivares, como sugiere Brewster (2008). Las diferentes respuestas observadas entre los tamaños de bulbillos y cultivares indicaría, la existencia de varios factores involucrados en la determinación del porcentaje de plantas con escapo, tal cual sugiere Brewster (1994). Los bulbillos chicos de los cultivares con mayor longitud de fotoperíodo crítico para iniciar la bulbificación presentaron mayor porcentaje de plantas con escapo y viceversa, coincidiendo con Khokhar (2009), Guiñazu (1996) y Brewster (1994). Esto demuestra la interacción entre las exigencias de vernalización de los cultivares, los momentos receptivos, la disponibilidad de temperaturas ocurridas y las exigencias de fotoperíodo crítico de los cultivares para bulbificar, sobre el porcentaje de plantas florecidas y el número de escapos desarrollados, tal cual sugiere Brewster 2008. La proporción de plantas con escapo observada para los bulbillos chicos de IC coincidió con la reportada por Laurino (2005) utilizando la misma época de plantación y tamaño de bulbilllo. Para los bulbillos chicos de IC, el prolongar la conservación en cámara, no permitiría levantar la limitante establecida posteriormente en el campo por el régimen foto periódico. Sin embargo para los bulbillos chicos de PS CRS el número de umbelas cosechadas se fue incrementado significativamente por una mayor exposición a temperaturas bajas durante la conservación, evidenciando las diferencias entre los materiales genéticos en la respuesta a la vernalización, en acuerdo con Khokhar (2009). Para los bulbillos chicos de PS CRS e IV el porcentaje de plantas con escapos resultó mayor a los valores reportados por Khokhar et al. (2007b) para cultivares resistentes al florecimiento prematuro, vernalizados a 10 °C por 90 días. Esto demuestra la alta disponibilidad de temperaturas vernalizantes ocurrida en el presente ensayo. Por otra parte el porcentaje de

plantas con escapo en los bulbillos chicos tuvo un alto coeficiente de variación comparado con los bulbillos grandes, para cualquier condición de conservación en los tres cultivares, siendo más errática la respuesta a obtener en la predicción de la variable.

El porcentaje de plantas con escapos de los bulbillos grandes de IC concuerda con los valores reportados por Laurino (2005). Por su parte para los bulbillos grandes de IV, dicho porcentaje supero los mencionados por Nieves y Ruiz (1995) para el cultivar Valcatorce INTA. Esto se debería a la plantación 70 días antes en este ensayo. Por otra parte se coincidió con los valores máximos reportados por Gaviola (2011).

Para los tres cultivares los bulbillos grandes, iniciaron y desarrollaron antes los escapos, permitiendo un mayor período de desarrollo de las umbelas, en condiciones de menor temperatura, promoviendo una mejor y mayor diferenciación interna de las mismas y por lo tanto mayor potencial de producción, tal cual sugiere Brewster (2008). En acuerdo con lo anterior, el retraso en el desarrollo de los escapos y umbelas afectó de mayor forma a los cultivares más tardíos. Esto también coincide con lo reportado por Khokhar et al. (2007 a) quien encontró una disminución significativa en el número de flores por umbela al aumentar la temperatura durante la diferenciación floral. Para los bulbillos chicos de PS CRS el inicio de emisión de escapos se produjo 24 días antes y las umbelas de los bulbillos que estuvieron por 45 días en cámara respecto a los que no recibieron frío adicional, produjeron un 75% más de semilla, concordando con Khokhar et al. (2007c), aunque tales diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$) en el presente ensayo debido a una alta variabilidad entre las repeticiones. Los bulbillos grandes siempre emergieron y alcanzaron antes el 50% de escapos emergidos en los tres cultivares, similar tendencia se encontró para PS CRS e IV al incrementar la exposición al frío durante el almacenamiento, coincidiendo con lo reportado por Khokhar (2009).

El AFT por planta y el IAF del cultivo resultaron mayores para los bulbillos grandes de IC y PS CRS, sustentado principalmente a un mayor número de escapos por planta. Altos valores de AFT por planta y IAF se correlacionaron de forma positiva con el rendimiento por parcela y la producción por umbela en acuerdo con Hesse et al.

(1977). Mientras que en IV lo fue sólo para el IAFE, debido a que altos valores de IAF también fueron producidos por plantas que desarrollaron escapos tardíos.

El número promedio de umbelas cosechadas equivalente por hectárea para los bulbillos grandes y chicos fue, en IC 340.000 y 105.000 umbelas ha⁻¹, en PS CRS de 298.000 y 120.000 umbelas ha⁻¹, y en IV 295.000 y 172.000 umbelas ha⁻¹ respectivamente. Han sido superiores para el caso de los bulbillos grandes a las 146.000 umbelas ha⁻¹ reportadas por González et al. (2008) para el método tradicional semilla-bulbo-semilla en PS CRS. 194.000 Fueron también superiores a las 115.000 y 197.000 umbelas ha⁻¹ reportadas por Gaviola (2011) en Mendoza utilizando bulbillos de similar tamaño del cv INTA Valcatorce plantados a una densidad de 125.000 y 250.000 pl ha⁻¹. El menor número de umbelas por planta reportado por Gaviola (2011) se podría deber al menor grado de desarrollo interno de los primordios en los bulbillos utilizados, al ser plantados inmediatamente de ser cosechados, y a la mayor densidad de siembra utilizada para producirlos. En este ensayo el número de escapos con umbelas por hectárea fue mayor al observado por González (2013), lo cual se debió a la menor densidad de plantación empleada, siendo igual el número de escapos desarrollados por planta.

El alto número de umbelas cosechadas en el presente trabajo demuestra el alto potencial alcanzado para este componente del rendimiento por los bulbillos grandes, en los tres cultivares. Sólo en los bulbillos chicos de PS CRS, la condición de conservación incrementó el número de umbelas cosechadas, siendo un 60% mayor para los que recibieron frío adicional por 45 días, respecto a los que no tuvieron frío en cámara.

La umbelas cosechadas mayoritariamente correspondieron al tipo normal y sanas para todos los cultivares y tratamientos. En segundo lugar para IC, PS CRS y los bulbillos grandes de IV lo fueron las umbelas enfermas. En el caso de bulbillos chicos de IV lo fueron las umbelas anormales, y en mayor medida para los bulbillos que no recibieron frío adicional. Coincidiendo en parte con Gaviola (2011) quien reportó umbelas pequeñas, con presencia de bulbillos aéreos o frutos sin semillas, sugiriendo

problemas de vernalización y/o de cuajado. También Brewster (2008) asoció la ocurrencia de umbelas con anomalías a deficiencias durante la vernalización.

4.5. PRODUCCIÓN DE SEMILLA

El mayor rendimiento por superficie y por planta obtenido por los bulbillos grandes en los tres cultivares, se debió mayoritariamente al mayor número de umbelas cosechadas. Complementariamente en PS CRS e IV a una mayor producción individual de las umbelas desarrolladas a partir de bulbillos grandes. Concordando con Khokhar (2009), Ronda (2004), Cuocolo y Barbieri (1988), quienes reportaron incrementos en el rendimiento de semilla al aumentar el tamaño de bulbillos y bulbos. A su vez, para IV la producción de semilla por parcela, por planta y por umbela fue mayor en los bulbillos grandes que recibieron frío complementario durante el almacenamiento, debido al incremento en la producción individual de las umbelas sustentado en la mejor calidad y número de flores desarrolladas. También en PS CRS los bulbillos chicos que permanecieron 45 días en cámara produjeron mayor rendimiento por parcela y por planta, pero debido a un mayor número de umbelas cosechadas.

Si bien, la producción obtenida por planta (7,01 y 5,21 g) para los bulbillos grandes de IC y PS CRS resultó menor, comparada con las producciones (10 a 20 g) obtenidas en buenos semilleros utilizando el método tradicional de semilla-bulbo-semilla (González et al. 2008, Arboleya y Maeso, 1982), la mayor densidad de plantación utilizada en este ensayo permitió obtener para los bulbillos grandes, rendimientos equivalentes a 1001 y 745 kg ha⁻¹ para IC y PS CRS respectivamente. Estos valores superan los rendimientos promedios nacionales obtenidos en los programas de certificación de PS CRS e IC en el país (Peluffo y González, 2012; Vicente et al 2007; Carrega et al 2001), superando para IC, e igualando para PS CRS los registros de rendimientos más altos obtenidos con semilleros comerciales con el método tradicional (Peluffo y González, 2012). El rendimiento por hectárea obtenido en IC, resultó superior al rendimiento reportado por González M. (2011) para el mismo cultivar,

método y año de ensayo en la zona Norte del país. Lo cual se debió a la menor densidad de plantación utilizada. Y no a una menor producción por planta, quien reporta 11g, siendo superior a los resultados obtenidos en este ensayo.

Para IC y PS CRS los rendimientos alcanzados, producto de la densidad de plantación utilizada y la producción individual por planta, permitiría hacer viable el método para bulbillos grandes, conservados en condición de galpón o de cámara y empleando alta densidad de plantación. La instalación de una hectárea de semillero empleando bulbillos grandes de 13 a 14,5 g requeriría un volumen de 1857 a 2017 kg de bulbillos, siendo menor al volumen requerido de 4875 kg ha⁻¹ por el método tradicional empleando bulbos de 140 a 160g (González et al., 2008). Siendo mayor la tasa de multiplicación para los bulbillos.

En IV el rendimiento obtenido también resulto mayor para los bulbillos grandes, a su vez en estos se incremento de 401 a 595 kg ha⁻¹ (48% más) al exponer por 30 días en cámara los bulbillos previo a su plantación. Si bien la producción por planta y por umbela fue incrementada de forma aditiva por el tamaño y la conservación en cámara, en los bulbillos chicos fue ocho y cinco veces menor a la de los bulbillos grandes. En acuerdo con Belfort (2004) quien reportó un incremento en la producción de semilla por planta de dos a cinco veces, al incrementar el tamaño de bulbillos desde menores a 5,7 g a mayores a 9,7 g y de forma conjunta prolongar de dos a cuatro meses la exposición de los bulbillos a temperaturas vernalizantes, a su vez los bulbillos menores a 5,7 no variaron su producción. Estos resultados son coincidentes con el menor potencial de las umbelas desarrolladas por los bulbillos chicos en el presente ensayo. En estos una mayor proporción de umbelas emergió más tarde, con menor diámetro en floración, y mayor porcentaje de umbelas anormales en la cosecha. Si bien el incremento porcentual de la producción individual de las umbelas a la exposición durante 30 días en cámara, fue similar para ambos calibres, en términos absolutos implicó un aumento en el rendimiento por hectárea de 194 kg ha⁻¹ para los bulbillos grandes respecto a los 20 kg ha⁻¹ de incremento en los chicos. Por lo tanto, para los bulbillos grandes se justificaría

evaluar el efecto de períodos de más de 30 días de exposición a temperaturas vernalizantes sobre la calidad de las umbelas y el rendimiento. Si bien los rendimientos obtenidos con los bulbillos grandes resultaron superiores a los reportados por Gaviola (2011), tal diferencia se debió principalmente al mayor número de umbelas desarrolladas por planta en este ensayo que permitió una mayor producción por planta. Por otra parte los rendimientos fueron inferiores a los reportados por Arboleya et al. (1986) utilizando el método bulbo-semilla en el cultivar INTA Valcatorce y empleando bulbos de 165 a 133, debido al mayor número de escapos desarrollados por planta y producción por umbela, sumado a la alta densidad de plantación reportada por el autor. Estos resultados podrían indicar un menor potencial del método evaluado para IV, al menos utilizando bulbillos sin exponer a bajas temperaturas previo a su plantación. A diferencia de lo observado para IC y PS CRS, lo cual se debería a una mayor exigencia en las condiciones de vernalización de IV, y en particular cuando se utilizan bulbillos.

4.6. CALIDAD DE SEMILLA

En los tres cultivares y para todos los tratamientos evaluados, los valores del peso de mil semillas fueron superiores a los valores reportados por Brewster (2008), Reghin et al. (2005), Arboleya et al. (1986) y George (1985), y similares a los reportados por González et al (2008). Tales resultados indican la alta calidad para este componente obtenido con el método y cultivares evaluados. En los tres cultivares el peso de mil semillas resultó afectado por el tamaño de bulbillito a diferencia de lo reportado por Reghin et al. (2005). Coincidiendo con el autor en la ausencia de tendencias significativas debidas a la condición de vernalización, para PS CRS el peso de mil semillas resultó mayor para los bulbillos chicos. Esto se debería a la ocurrencia de mecanismos de auto compensación entre el número y tamaño de las semillas formadas por las umbelas como sugieren González et al. (2008), y Cuocolo y Barbieri (1988).

El menor peso de mil semillas obtenido por los bulbillos chicos en IV se debería al menor desarrollo de los escapos alcanzado en la floración, menor diámetro de umbelas y

mayor proporción de umbelas anormales producido por un retraso de tres semanas en la emergencia de escapos comparado con los bulbillos grandes. A su vez se observó una disminución de siete días en el período desde el 50% de floración-inicio de cuajado a cosecha, determinando un menor período de crecimiento de las semillas, y por lo tanto de su peso en acuerdo con Spurr et al. (2002) e Itoh (1981), citado por Arboleya (1993).

Para IC el peso de mil semillas no fue afectado por ningún factor, salvo para la condición de conservación de 30 días en cámara en la cual resulto mayor para los bulbillos chicos, para lo cual no se observaron diferencias explicativas durante el desarrollo del cultivo, descartándose a su vez la ocurrencia de mecanismos de auto compensación, debido a que la producción de semilla por umbela de ambos tamaños fue estadísticamente igual. La temprana emergencia de escapos y desarrollo de las umbelas permitió obtener umbelas de calidad de forma indistinta por todos los tratamientos.

Los valores obtenidos de germinación de la semilla superiores al 90% para IC y PS CRS, indica la alta calidad fisiológica de la semilla producida con el método evaluado. Siendo similares a los valores alcanzados en el país por los mejores lotes de buenos semilleros utilizando el método tradicional de bulbo-semilla (Peluffo y González, 2012). Estos resultados se sustentan en el buen desarrollo de las plantas, la alta y buena calidad de las umbelas producidas por IC y PS CRS respectivamente. Además concuerda con lo reportado por Morozowska y Holubowicz (2009), Arboleya et al. (1985) quienes no encontraron diferencias en el poder germinativo al evaluar diversos tamaños de bulbos y bulbillos. Concordando también con Reghim et al. (2005) quien no encontró diferencias en la germinación de la semilla producida por plantas derivadas de bulbos sometidos a diferentes condiciones de vernalización durante la conservación. Si bien en PS CRS sólo para la condición de 15 días en cámara, la germinación resulto significativamente mayor para los bulbillos grandes respecto a los chicos, tal resultado no estuvo asociado a ninguna variable explicativa.

Para IV el porcentaje de semillas germinadas fue afectado de forma aditiva por el tamaño de bulbillo y la condición de frío durante la conservación. La mayor

germinación (88%) se obtuvo mediante la combinación de tamaño grande de bulbillo y conservación en cámara por 30 días, y la menor germinación (77%) lo fue para los bulbillos chicos que no recibieron frío adicional. Esto podría ser explicado por la menor calidad de las umbelas y flores producidas debido a deficiencias en la vernalización de los bulbillos que no recibieron frío adicional, principalmente para los bulbillos chicos. Lo cual se vio reflejado en el número de umbelas anormales significativamente mayor de los bulbillos chicos y de forma aditiva para los que no estuvieron en cámara. A su vez en éstos la proporción de umbelas anormales sobre el total cosechadas fue mayor. También tuvieron un menor período entre la emergencia de escapos y floración, y desde floración-inicio de cuajado a cosecha. Salvo en estos, los valores de germinación obtenidos concuerdan con los reportado por Arboleya et al. (1986) utilizando el método bulbo-semilla en el cultivar Sintética Valcatorce.

5

CONCLUSIONES

La metodología y manejo realizado, permitió obtener, conservar y utilizar bulbillos como propágulos para instalar un cultivo semillero en los cultivares IC, PS CRS e IV.

La cuantificación de horas en el rango de 5 a 13 °C, así como el método propuesto por Streck, evidenció una alta disponibilidad de temperaturas vernalizantes durante la conservación, y mayoritariamente durante la etapa de cultivo. Relativizando a su vez, el aporte producido por las diferentes condiciones establecidas durante la conservación.

Bulbillos grandes de IC, PS CRS e IV con diámetro promedio para cada cultivar de 28,7; 28,6 y 29,1 mm produjeron mayor rendimiento por planta y por superficie comparado con bulbillos de 20,1; 20,2 y 20,0 mm para cada cultivar.

Para los bulbillos grandes de IC y PS CRS la conservación en condiciones de galpón fue suficiente para lograr la buena expresión reproductiva del cultivo y mayores rendimientos por superficie y por planta.

Bulbillos chicos de PS CRS conservados por 45 días en cámara producen mayor rendimiento y producción por planta respecto a los conservados siempre en galpón.

En IV la producción de semilla por planta fue ocho veces mayor para los bulbillos grandes comparado con los chicos, y una vez y media mayor cuando se expusieron por 30 días en cámara comparado con cuando no lo estuvieron.

Para los bulbillos grandes de IV la conservación en cámara a 7 °C por 30 días incrementó el rendimiento de semilla respecto a los que no lo estuvieron.

El peso de mil semillas promedio para los tres cultivares, tamaño de bulbillos y condición de conservación fue 4,3 g, reflejando la alta calidad de la semilla producida mediante el método en las condiciones del ensayo.

La germinación promedio de 91% obtenida por los tres cultivares y para cualquier tratamiento superaron el valor establecido de 75% por la norma actual de producción de semilla certificada en Uruguay, indicando la alta calidad de la semilla producida.

Sugerencias a futuro...

Para poder realizar una mejor evaluación y cuantificación del método ensayado resulta necesario repetir el ensayo para conocer los resultados productivos con diferentes regímenes térmicos, precipitaciones y condiciones sanitarias.

En IC y PS CRS se debería continuar evaluando calibres superiores, así como otras variables de manejo, principalmente la densidad y la fecha de plantación.

En IV se deberían evaluar para bulbillos grandes o mayores, períodos de más de 30 días de conservación a temperaturas vernalizantes en cámara.

6

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta A, Gaviola C., Galmarini, C. 1993. Producción de semilla de cebolla. En: Crnko, J. (Ed.). Manual de producción de semillas hortícolas (fasc. 3). INTA La Consulta: Asociación Cooperadora EEA La Consulta. 83p.
- Aguiar P. 1984. Periodo de vernalizacao dos bulbos de cebola para produção de sementes, no nordeste do Brasil. Pesquisa agropecuaria brasileira. Brasília. 19(2). 197:200.
- Aguiar P, D'Oliveira L, Assunção M. 1983. Vernalização de bulbos na produção de sementes de cebola na região do Submédio Sao Francisco. Pesquisa agropecuaria brasileira. Brasília. 18(7). 741:746.
- Andino M. 2005. Efecto de la época de plantación y tamaño de bulbillos sobre el crecimiento y rendimiento de cebolla cv Pantanoso del Sauce CRS. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 48 p.
- Aoba T. 1960. The influence of the storage temperature for onion bulbs on their seed production. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 29, 135-141.
- Arboleya J, Suarez C, Vázquez J. 1994. Efecto de la densidad de plantación de bulbos en la producción de semilla de cebolla, p. 99-105. En: Resultados experimentales en cebolla 1993-1994. Serie actividades de difusión N 6. INIA Las Brujas.
- Arboleya J. 1993. Investigación en producción de semilla de cebolla. En: El cultivo de cebolla en la zona Sur. Serie actividades de difusión. 29.38-40. INIA Las Brujas.
- Arboleya JE, Villamil JM, Itoh M. 1986. Efecto de la fecha de plantación de bulbos de cebolla sobre el rendimiento y la calidad de la semilla. Investigaciones Agronómicas (Uruguay), 7 (1): 22-30.
- Arboleya JE, Villamil JM, Maeso CR. 1985. Efecto del tamaño de bulbo en la producción de semilla de cebolla. En Resultados experimentales en hortalizas: Cultivos de invierno 1984-1985. Reunión de divulgación, 22 de octubre de 1985. Rincón del Colorado. CIAAB, MGAP, 3-4.

- Arboleya JE, Maeso CR. 1982. Resultados experimentales en hortalizas: Cultivos de invierno 1981-1982. Reunión de divulgación, 21 de octubre de 1982. Rincón del Colorado. CIAAB, MGAP. 4p.
- Asaduzzaman M, Hasan M, Hasan M, Moniruzzaman, M. (2012). Quality seed production of onion (*Allium cepa* L.): An integrated approach of bulb size and plant spacing. *Journal of Agricultural Research*, 50 (1), 119-128.
- Belfort G, Gomes P, Silva D, Guimaraes G, Santos R, Costa J, Gava J. 2004. Avaliação do peso dos bulbinhos e do tempo de vernalização para a produção de sementes de cebola. (En línea). Consultado el 10 de noviembre de 2013. 5p. Disponible en: <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/Default.asp?id=3989>
- Boswell VR. 1923. Influence of the time of maturity of onions on the behavior during storage, and the effect of storage temperature on subsequent vegetative and reproductive development. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, College Park, v. 20, n. 1, p. 234-239.
- Brewster JL. 2008. Onions and other vegetable alliums. 2nd ed: Crop production science in horticulture series, 15. Wallingford. UK. CABI. 455p.
- Brewster JL. 1994. Onions and other vegetable alliums. Crop production science in horticulture series; 3. Wallingford. UK. CABI. 236p.
- Brewster JL. 1987. Vernalization in the onion – a quantitative approach. En: Atherton JG. *Manipulation of flowering*. London: Butterworths, Cap. 13, 171-183.
- Carrega G, Apatie R, Carrato A, Derregibus J, Franchi S. 2001. Producción de semilla de cebolla cv. INIA Casera en las zonas de Salto y Bella Unión (Resumen). VII Congreso Nacional de Horticultura -Seminario Regional de Frutilla. Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura. 7 al 10 de noviembre 2001. Salto. p 48.
- Compiani L, D'acunti M. 1994. Influencia de la época de siembra de bulbillos, tamaño de bulbillos y cultivar en el rendimiento y calidad de bulbos de cebolla, (*Allium cepa* L.). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 64 p.

- Cuocolo L, Barbieri G. 1988. The effect of nitrogen fertilization and plant density on seed yield of onion (*Allium cepa* L.). *Bangladesh Horticulture*, 16, 30-35.
- DIEA. 2010. Dirección de Estadística Agropecuaria. Encuesta hortícola zona Sur y Norte 2009. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo. Serie encuestas N° 290. 30p.
- Dogliotti S, Tommassino H. 1991. La semilla hortícola en el Uruguay. Montevideo: AGRODATA. 60 p.
- Galmarini C. 1990. Caracterización de cultivares argentinos de cebolla (*Allium cepa* L.) de acuerdo a sus requerimientos de vernalización. Tesis M.Sc. Instituto Agronómico de Zaragoza. España. 71p.
- García D. 1998. Adaptación de cultivares de cebollas “valencianas” al sistema de producción por bulbillos. Tesis M.Sc. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 62p.
- Gaviola JC. 2011. Resultados preliminares de ensayos. Información sin publicar. EEA La Consulta – INTA. Argentina. 6p.
- Gaviola JC, Paunero I. 1999. Adaptación al método semilla-semilla de cultivares de cebolla de diferente fotoperíodo usados en Argentina, Brasil y Uruguay. Seminario Panamericano de Semillas. Buenos Aires. Octubre 1998. 7p
- George RA. 1985. Vegetable seed production. New York. Ed: Longman, 318 p.
- Gómez A, López M. 1977. Cultivo de cebolla de día corto. Generalitat Valenciana. Conselleria D'agricultura i pesca. Valencia. Serie de divulgación técnica N°5. 40p.
- 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. 57p.
- González H, Galván H. 2001. Efecto de la distancia de plantación de los bulbos en el rendimiento y calidad fisiológica de la semilla. pp 29-30. En: Resultados

- experimentales de los programas de mejoramiento genético y producción de semilla de cebolla. INIA LB. Actividades de difusión. 15 de noviembre 2001. 32p.
- González H. 1996. Notas de evaluaciones realizadas en ensayos semilla-semilla por la Cátedra de Horticultura, Facultad de Agronomía, Montevideo, no publicadas. 7p.
- González M. 2013. Análisis de la viabilidad de la producción de semilla de cebolla del cultivar INIA Casera mediante el método semilla-semilla en la región de Salto. INIA Salto Grande. Material no publicado.
- González M. 2011. Avances en investigación de métodos alternativos de producción de semilla. INIA Salto Grande. Material no publicado.
- González P, Colnago P, Peluffo S, Zipitría J, González H, Galván GA. 2011. Quantitative studies on downy mildew (*Peronospora destructor* Berk. Casp.) affecting onion seed production in southern Uruguay. Special Issue of European Journal of Plant Pathology. 129:303-314.
- Guiñazú M. 1996. Factores de manejo que afectan la floración en cultivos de cebolla (*Allium cepa* L.). Universidad Nacional de Cuyo. Avances en Horticultura. 1 (1): 41-54, 1996. (En línea). Consultado el 1 de diciembre 2012. Disponible en: http://www.horticulturaar.com.ar/avances_en_horticultura.htm.
- Heath OVS. 1943. Parte. I. Studies in the physiology of the onion plant. *Annals of Applied Biology*, 30 (3): 208-220.
- Hesse PS, Vest G, Honma S. 1979. The effect of 4 storage treatments on seed yield components of 3 onion inbreds. *Scientia Horticulturae*. Elsevier. Amsterdam, Netherlands. 11: 207-215.
- Hume WG, Secrett FA. 1971. Producción comercial de cebollas y guisantes. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 176p
- Hirczak A. 2012. Programa de certificación de semilla de cebolla del Instituto nacional de semilla (INASE). Serie de actividades de actividades de difusión, N° 676, 37-41, INIA Las Brujas. 27 de marzo de 2012.

- InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 329 p.
- ISTA.2006. International Rules for Seed Testing Association. ISTA Handbook on Seedling Evaluation, Third Edition 2006. ISTA Secretariat, CH-Switzerland.
- Jones HA, Mann LK. 1963. Onions and Their Allies. Botany, Cultivation, and Utilization. World crops books. Interscience Publishers, Inc. New York. 286p.
- Kasek R, Melognio R.1994. Influencia de la época de siembra y densidad de plantación en el rendimiento y calidad de bulbillos de cebolla (*Allium cepa* L.) para propagación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 82p.
- Khokhar, KM. 2009. Effect of set-size and storage temperature on bolting, bulbing and seed yield in two onion cultivars. *Scientia Horticulturae*. 122: 187–194.
- Khokhar KM. 2008. Effect of set-size and planting time on the incidence of bolting, bulbing, and seed yield in two onion cultivars. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 83 (4):481–487.
- Khokhar KM, Hadley P, Pearson S. 2007a. Effect of photoperiod and temperature on inflorescence appearance and subsequent development towards flowering in onion raised from sets. *Scientia Horticulturae*. 112: 9-15.
- Khokhar KM, Hadley P, Pearson S. 2007b. Effect of reciprocal transfers of onion sets between inductive and non-inductive temperatures on the incidence of bolting and bulbing and seed yield. *Scientia Horticulturae*. 112: 245–250.
- Khokhar KM, Hadley P, Pearson S. 2007c. Effect of cold temperature durations of onion sets in store on the incidence of bolting, bulbing and seed yield. *Scientia Horticulturae*. 112: 16-22.
- Lackman WH, Michelson LF.1960. Effects of warm storage on the bolting of onions grown from sets. *Proceedings. American Society for Horticultural Science*. Vol. 75: 495-499.

- Laurino B. 2005. Evaluación del efecto de la fecha de plantación y del tamaño de bulbillos sobre el crecimiento y rendimiento de cebolla (*Allium cepa L*) cultivar Casera INIA. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, F. de Agronomía. 43p.
- MARA.1992. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Las Reglas de análisis de semilla del Ministerio de Agricultura y Reforma Agraria de Brasil (MARA). Brasília. 365p.
- Melo PC, Ribeiro A. 1990. Produção de sementes de cebola: cultivares de polinização aberta e híbridos. In: Castelane PD, Nicolosi WM, Hasegawa M. (Ed.). Produção de sementes de Hortaliças. Jaboticabal: FCAV/FUNEP. 15-59.
- Morozowska M, Holubowicz R. 2009. Effect of bulb size on selected morphological characteristics of seed stalks, seed yield and quality of onion (*Allium cepa L.*) seeds. *Folia Horticulturae*. 21 (2): 27-38.
- Nieves A, Ruiz A. 1995. Influencia de la época de siembra, tamaño y posición de los bulbillos en el rendimiento y calidad de los bulbos de cebolla (*Allium cepa L.*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 81p.
- Peluffo S, González H. 2012. Producción de semilla certificada del cv de cebolla Pantanoso del Sauce CRS. Serie de actividades de actividades de difusión, N° 676, INIA Las Brujas. 27 de marzo de 2012. 43-47.
- Peluffo S, González H. 2010. Efecto de la severidad de infección de peronospora en el escape floral de cebolla sobre la producción y calidad de la semilla. Resumen y póster. XXII Seminario Panamericano de Semillas, Asunción. Paraguay. 4-6 de agosto de 2010.
- Rabinowitch HD, Brewster JL. eds. 1990. Onions and Allied Crops. I. Botany, Physiology, and Genetics. CRC Press Inc. Boca Raton, FL, USA, 273p.
- Rabinowitch HD, Currah L. 2002. *Allium Crop Science: Recent advances*. Wallingford. UK. CABI. 517p.

- Reghin MY, Otto RF, Olinik JR, Jacoby CF, Oliveira RP. 2005. Vernalização em bulbos e efeito no rendimento e potencial fisiológico de sementes de cebola. *Horticultura Brasileira*, Brasília, vol 23, 2: 294-298.
- Richardson EA, Seeley SD, Walter DR. 1974. A model for estimating the completion of rest for «Redhaven» and «Elberta» Peach trees. *Horticultural Science*, 9 (4):331-332.
- Ronda R. 2004. Uso de bulbos madres de tamaño pequeño en la producción de semilla de cebolla en condiciones tropicales. *Centro Agrícola*, 31(1-2), 13-17.
- Ruggeri A, Branca F. 1994. Sowing date and GA3 in onion seed production. *Acta Horticulturae*, 362, 35-42.
- Sands PJ, Hacett C, Nix HA. 1979. A modelo of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L) I Derivation from well-managed fields crops. *Field Crop Research*, 2: 309-331.
- Santos MGP, Mota WF, Vieira JCB, Mota VJG, Madureira RP. 2012. Vernalização e corte do terço apical dos bulbos na produção e qualidade de sementes de cebola. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*, 33(3): 989-996.
- 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, 310–316.
- 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, 160-167.
- Shishido Y, Saito T. 1975. Studies on the flower bud formation in onion plants. I. Effects of temperature, photoperiod and light intensity on the low temperature induction of flower buds. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 44, 122–130.

- Spurr CJ, Fulton DA, Brown PH, Clark RJ. 2002. Changes in Seed Yield and Quality with Maturity in Onion (*Allium cepa* L., cv. 'Early Cream Gold'). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 275–280.
- Streck NA. 2003. A vernalization model in onion (*allium cepa* l.). *Revista brasileira Agrociência*, 9 (2): 99-105.
- Thomas B. 1994. Internal and external controls on flowering. En: Jordan BR. (ed). *The molecular biology of flowering*. CAB. Wallingford. UK. 1-19.
- Vicente E, Carrega G, Manzioni A, Vilaro F, Rodríguez. 2007. El cultivar de cebolla INIA Casera. *Boletín de divulgación*, N 92. INIA Salto Grande-Las Brujas.
- Yan W, Hunt LA. 1999. An equation for modeling the temperature response of plants using only cardinal temperatures. *Annals of Botany*. 84 (5): 607-614.

7

ANEXO**Producción de semilla de cebolla mediante el método semilla-bulbillo-semilla para tres cultivares de Uruguay ²**

Peluffo, Sebastián¹; González Idiarte, Héctor¹; Borges Alejandra²

¹ Departamento de Producción Vegetal, Centro Regional Sur (CRS), Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Camino Folle km 36, Progreso, Canelones, Uruguay. Correo electrónico: peluffos@gmail.com

² Departamento de Biometría, Estadística y Cómputo, Facultad de Agronomía, Universidad de la República.

Título abreviado: Producción de semilla de cebolla mediante bulbillos

² Artículo de investigación para publicar en la revista Agrociencia.