

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CONSERVACIÓN POSCOSECHA
EN GALPÓN Y EN CÁMARA REFRIGERADA DE
CEBOLLAS cv PANTANOSO DELAUCE

por

Rolando Germán ALMEIDA RODRÍGUEZ

TESIS presentada como
uno de los requisitos
para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2023

Tesis aprobada por:

Directora:
Ing. Agr. Dra. Fernanda Zaccari

.....
Ing. Agr. Dra. Ana Cecilia Silveira

.....
Ing. Agr. PhD. Guillermo Galván

Fecha: 11 de mayo de 2023

Autor:
Rolando Germán Almeida Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Al esfuerzo de la directora de tesis, Fernanda Zaccari y equipo del grupo disciplinario de poscosecha de frutas y hortalizas de la Facultad Agronomía, para el desarrollo de todo este trabajo.

Al personal del Centro Regional Sur.

Al apoyo brindado por mi familia y amigos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE CEBOLLA	3
2.1.1. <u>Cultivares de cebolla segun respuesta al fotoperiodo</u>	4
2.1.2. <u>Formación y maduración del bulbo</u>	4
2.2. DESCRIPCIÓN DEL Cv. PANTANOSO DEL SAUCE CRS	5
2.3. PROCESOS FISIOLÓGICOS EN ALMACENAMIENTO	6
2.3.1. <u>Dormición</u>	6
2.3.2. <u>Respiración</u>	7
2.3.3. <u>Deshidratación</u>	8
2.4. ALMACENAMIENTO DE LOS BULBOS DE CEBOLLA.....	9
2.4.1. <u>Características del cultivar</u>	9
2.4.2. <u>Medidas de manejo del cultivo</u>	10
2.4.3. <u>Condiciones de almacenamiento</u>	17
2.5. TECNOLOGÍAS APLICADAS EN ALMACENAMIENTO	17
2.5.1. <u>Cámaras frigoríficas</u>	18
2.5.1.1. Efecto de la temperatura	19
2.5.1.2. Efecto de la humedad relativa	20
2.5.1.3. Efecto de la ventilación.....	20
2.5.2. <u>Cámaras de atmósfera controlada y modificada</u>	21
2.5.3. <u>Uso del etileno</u>	21
2.6. CAUSAS DE PÉRDIDAS DE CEBOLLA	22

2.6.1. <u>Deshidratación</u>	22
2.6.2. <u>Pérdidas fisiológicas</u>	23
2.6.2.1. Brotación	23
2.6.2.2. Crecimiento de raíces.....	23
2.6.2.3. Verdeado	24
2.6.2.4. Catáfilas translúcidas.....	24
2.6.3. <u>Pérdidas causadas por enfermedades y plagas</u>	24
2.6.3.1. Podredumbre gris del cuello, <i>Botrytis sp</i>	24
2.6.3.2. Carbonilla - <i>Aspergillus niger</i>	26
2.6.3.3. Podredumbre basal - <i>Fusarium sp</i>	26
2.6.3.4. <i>Pseudomona - gladioli pv. Alliicola</i>	26
2.6.3.5. Catáfilas internas secas	27
2.6.3.6. Trips.....	27
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	28
3.1. MATERIAL VEGETAL UTILIZADO	28
3.2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN.....	28
3.2.1. <u>Descripción de la cámara de frío</u>	29
3.2.2. <u>Descripción del galpón</u>	30
3.3. VARIABLES EVALUADAS	31
3.3.1. <u>Peso de cebollas con calidad comercial y descartes</u>	31
3.3.2. <u>Pérdida de catáfilas externas</u>	32
3.3.3. <u>Color de las catáfilas externas</u>	32
3.3.4. <u>Número y espesor de catáfilas secas</u>	33
3.3.5. <u>Índice de cerrado de cuello</u>	33
3.3.6. <u>Cobertura de las cebollas con catáfilas secas</u>	33
3.3.7. <u><i>Aspergillus sp.</i> sobre la superficie de la cebolla</u>	33
3.3.8. <u>Cebollas con bacteriosis en el interior del bulbo</u>	33
3.3.9. <u>Crecimiento del brote</u>	34
3.3.10. <u>Color de las catáfilas internas</u>	34
3.3.11. <u>Materia seca</u>	34

3.3.12. <u>Sólidos solubles totales</u>	34
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	35
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	36
4.1. CALIDAD EXTERNA DE LAS CEBOLLAS	36
4.1.1. <u>Peso de cebollas con calidad comercial</u>	36
4.1.2. <u>Descartes de cebolla durante la conservación</u>	39
4.1.2.1. Descartes por brotación.....	42
4.1.2.2. Descartes por pudriciones bacterianas.....	43
4.1.2.3. Descartes por crecimiento de raíces	45
4.1.2.4. Descartes por <i>Aspergillus sp.</i>	46
4.1.2.5. Descartes por otras causas	47
4.1.3. <u>Pérdida de catáfilas externas</u>	48
4.1.4. <u>Color de las catáfilas externas</u>	50
4.1.5. <u>Número y espesor de las catáfilas secas</u>	52
4.1.6. <u>Índice de cerrado del cuello</u>	54
4.1.7. <u>Cobertura de las cebollas con catáfilas secas</u>	56
4.1.8. <u>Porcentaje de cebollas con <i>Aspergillus sp</i></u>	58
4.2. CALIDAD INTERNA DE LAS CEBOLLAS.....	60
4.2.1. <u>Bacteriosis no visible externamente en las cebollas</u>	60
4.2.2. <u>Crecimiento del brote en el interior de las cebollas</u>	62
4.2.3. <u>Color de catáfilas internas</u>	63
4.2.4. <u>Contenido de materia seca</u>	65
4.2.5. <u>Contenido de sólidos solubles totales</u>	67
5. <u>CONCLUSIONES</u>	70
6. <u>RESUMEN</u>	71
7. <u>SUMMARY</u>	72
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	73

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Pérdida de cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresada como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas.....	38
2. Descartes mensuales de cebollas conservadas en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas.....	39
3. Número total de descartes de cebollas a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas	40
4. Descartes de cebolla por brotación en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas.....	42
5. Número de descarte de cebollas por brotación a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas	43
6. Descartes de cebolla por pudriciones bacterianas en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas.....	44
7. Número de descartes de cebollas por bacteriosis a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas	44
8. Descartes de cebolla por enraizamiento en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas.....	45
9. Descartes de cebolla por <i>Aspergillus sp.</i> en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses,	

expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas.....	46
10. Descartes de cebolla por otras causas en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas.....	47
11. Peso de catáfilas secas desprendidas de las cebollas en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas.....	48
12. Peso de catáfilas secas desprendidas de cebollas a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas.....	49
13. Número de catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero- octubre.....	52
14. Número de catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón.....	53
15. Espesor de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre, expresado en m.....	53
16. Espesor de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón expresado.....	54
17. Índice de cerrado del cuello de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y en galpón durante 8 meses, febrero – octubre, expresado como, ICC = diámetro ecuatorial/diámetro de cuello.....	55
18. Índice de cerrado del cuello de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4,6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, ICC = diámetro ecuatorial/diámetro de cuello.....	55
19. Incidencia de pudrición bacteriana en el interior de las cebollas conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero- octubre, expresado como, porcentaje de	

bulbos con bacteriosis	60
20. Severidad de pudrición interna bacteriana de las cebollas conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre, expresado como, porcentaje de catáfilas internas con bacteriosis	61
21. Incidencia de pudrición interna bacteriana de cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje de bulbos con bacteriosis.....	61
22. Severidad de pudrición interna bacteriana de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje de catáfilas internas con bacteriosis.....	62
23. Crecimiento interno del brote de cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y en galpón durante ocho meses, febrero – octubre, expresado como, porcentaje del diámetro longitudinal.....	62
24. Crecimiento interno del brote de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del diámetro longitudinal	63
25. Contenido de materia seca de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero- octubre expresado en, porcentaje.....	66
26. Contenido de materia seca de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado en, porcentaje.....	67
27. Contenido de sólidos solubles totales de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero – octubre, expresado en, °Brix	68
28. Contenido de sólidos solubles totales de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de almacenamiento en cámara y galpón, expresado en °Brix.....	68

Figura No.

1. Esquema de la cámara utilizada para la conservación.....	29
2. Cámara de frío utilizada para la conservación.....	29
3. Esquema del galpón utilizado para la conservación	30
4. Galpón utilizado para la conservación	30
5. Evolución del peso de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 9 meses, febrero – noviembre , expresado como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas.....	36
6. Número total acumulado mensual de cebollas descartadas de cámara y galpón durante 9 meses, febrero – noviembre, expresado como, porcentaje del total de cebollas inicialmente almacenadas	39
7. Causas de descarte mensuales de cebollas almacenadas en cámara y galpón durante nueve meses, febrero- noviembre, expresadas como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas.....	41
8. Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas externas de las cebollas conservadas en cámara y en galpón durante 9 meses, febrero a noviembre	50
9. Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas externas de las cebollas en 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón.....	51
10. Evolución de la superficie externa de las cebollas recubiertas con catáfilas secas conservados en cámara y galpón durante 8 meses, febrero- octubre, expresada como, porcentaje del total de la superficie de las cebollas	56
11. Superficie externa de las cebollas con calidad comercial recubiertas con catáfilas secas a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresada como, porcentaje del total de la superficie de las cebollas.....	57
12. Incidencia y severidad de <i>Aspergillus sp.</i> en la superficie de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero – octubre, expresada como, porcentaje del total de la superficie del bulbo	58

13. Incidencia y severidad de <i>Aspergillus sp.</i> en la superficie de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresada como, porcentaje del total de la superficie del bulbo	59
14. Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas internas de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y en galpón durante 8 meses, febrero –octubre	64
15. Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas internas de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón	65

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay en los últimos años se han desarrollado trabajos para conocer la respuesta a la conservación de los cultivares desarrollados localmente en diferentes sistemas de almacenamiento y entre ellos a la conservación refrigerada.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

El objetivo de este trabajo fue identificar y cuantificar mensualmente la cantidad de cebollas con calidad comercial y las principales causas de alteraciones y / o defectos que determinan la pérdida de calidad de los bulbos de cebollas del cultivar "Pantanoso del Sauce CRS" conservadas desde febrero a noviembre en dos sistemas de almacenamiento cámara refrigerada, galpón y sometidas posteriormente a un mes de vida mostrador.

1.1.2. Objetivos específicos

Al mismo tiempo, evaluar y comparar mensualmente y al final de un mes de vida mostrador el efecto de cada tipo de almacenamiento sobre los siguientes atributos de calidad de los bulbos: pérdida, espesor y número de catáfilas secas, color de las catáfilas externas e internas, cerrado de cuello, porcentaje de cobertura de los bulbos con catáfilas secas y de *Aspergillus sp.* bacteriosis y crecimiento del brote no visible externamente y por último el contenido de materia seca y sólidos solubles totales.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Uruguay cuenta con una superficie hortícola de 9.774 ha de las cuales se destinan al cultivo de cebolla 1.796 ha. El cultivo de cebolla se encuentra en el primer lugar en número de productores involucrados en la producción hortícola, seguidos por zapallo tipo kabutia, boniatos y zanahoria respectivamente y ocupa el tercer lugar en superficie luego de la papa y del zapallo, y es seguido por los cultivos de zanahoria y boniato. El consumo estimado de cebolla es de 8 kg/persona/año (MGAP. DIEA, 2019).

Se destacan claramente dos zonas de producción. La zona del litoral Norte (Salto, Bella Unión) con 124 productores que cosechan el 27% de la superficie de cebolla, con una producción total de 8.508 toneladas y la zona Sur (Canelones y San José) con 737 productores que produce unas 23.327 toneladas (MGAP. DIEA, 2019).

En la zona Norte la cosecha de las cebollas tiene como objetivo principal abastecer el mercado interno con cultivares precoces y con muy poca conservación poscosecha (2 a 3 meses) por el período de setiembre a diciembre. Las cebollas producidas en la zona Sur, por el contrario, tienen como objetivo principal abastecer la demanda nacional mediante la conservación prolongada de 6 a 8 meses posteriores a la cosecha, desde mediados de octubre hasta agosto del siguiente año (Campelo y Arboleya, 2005).

En Uruguay el cultivar de cebollas “Pantanosos del Sauce CRS” por sus características, representa el 60% de la superficie de cebollas cultivadas en la zona Sur de del país (Galván et al. 2005, Giménez et al. 2017).

La cantidad de cebolla que se comercializa en el Mercado Modelo de Montevideo es estable a lo largo de todo el año. Sin embargo, entre los meses de julio a setiembre se registran los menores ingresos de partidas de cebollas nacionales y en consecuencia hay incrementos del precio, en estos meses generalmente es cuando se autoriza la importación de cebollas para cubrir la demanda interna.

Las importaciones de cebolla provienen de Argentina y Brasil y en menor proporción de Chile. En el año 2018 se importaron 108 t por un monto aproximado de 33 mil US\$, mientras que en el año 2013 fue la más alta cantidad importada, 6.401 toneladas (MGAP. DIEA, 2019).

Los destinos de las exportaciones de cebolla son fundamentalmente

España, puntualmente Brasil y en menor medida las Islas Malvinas. Las exportaciones alcanzaron un máximo de 1.400 toneladas en el año 2012, y en el año 2015 se exportaron 16,5 t con valor equivalente a 16,3 mil US\$ (MGAP. DIEA, 2019).

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE CEBOLLA

El género *Allium* es en gran parte de origen asiático, siendo las principales áreas de diversidad genética Afganistán, Irán y el Oeste de Pakistán. Las formas silvestres de la cebolla no se conocen aunque Asia Central es generalmente considerada como un centro de domesticación, es la especie más extensamente producida de este género en el mundo y ha sido cultivada por más de 5000 años (Rubatzky y Yamaguchi 1997, Goldman et al. 2000).

Las poblaciones de cebollas fueron introducidas a Europa y de ahí a América mediante la llegada de los inmigrantes. Los campesinos han mantenido dichas poblaciones por más de 300 años antes de que el interés científico se propusiera el mejoramiento genético de las mismas (Goldman et al., 2000).

Las hojas de las plantas de la cebolla crecen desde la placa base o tallo, las mismas están compuestas por una lámina fotosintética hueca y una vaina cilíndrica que se produce dentro de las envolturas foliares circundantes de las hojas más viejas, de modo que se forma un cuello o falso tallo, las raíces también se producen a partir de la placa base o tallo (Currah y Proctor, 1990).

El hábito de bulbificación puede haber sido una estrategia en la evolución de los antepasados de la cebolla para tolerar el estrés y sobrevivir a las sequías de verano (Grime, 2006).

Los cultivos que forman bulbos como, la cebolla, chalote, ajo, otras, desarrollan dormancia en respuesta a largos fotoperíodos y temperaturas extremas de invierno y verano, manteniendo la viabilidad de la planta durante el período desfavorable para el crecimiento y son por naturaleza adecuados para el almacenamiento (Brewster, 2008).

El contenido de agua de los bulbos de cebolla varía entre 80% en las variedades destinadas a la industria del deshidratado y 94% en las destinadas al consumo fresco, pese a eso tienen una tasa de deshidratación reducida debido a la baja relación superficie/volumen y a la presencia de catáfilas externas muertas (secas) que actúan como barrera a la difusión de vapor de agua (Ryall y Pentzer, 1982).

Las catáfilas secas consisten en capas de células firmemente compactas con una cutícula externa brillante, el número de catáfilas secas puede variar entre 1 y 3 y el espesor de las mismas entre 0,02 y 0,10 mm, dependiendo de la variedad y la posición en el bulbo (Tanaka 1991, Hole et al. 2002, Brewster 2008).

2.1.1. Cultivares de cebolla según respuesta al fotoperiodo

A nivel mundial se comercializan cultivares clasificados según su respuesta a la duración mínima del fotoperiodo necesaria para estimular el desarrollo del bulbo como variedades de día corto, día intermedio, día largo y muy largo. Los cultivares de día corto pueden iniciar la bulbificación cuando la longitud del fotoperiodo excede las 11-12 h, se almacenan brevemente por 2 a 3 meses, incluso a bajas temperaturas 0 - 2°C y se tienen que consumir inmediatamente. Los cultivares de día intermedio comienzan a bulbificar cuando la longitud del fotoperiodo es mayor a 13 -14 h y algunos pueden ser almacenados por periodos prolongados 5 a 7 meses a bajas temperaturas. Por último, los cultivares que requieren más de 16 h para iniciar la bulbificación, son de día largo y muy largo que se caracterizan por ser cultivares de larga conservación procedentes del Noreste de Estados Unidos y del Norte de Europa (Goldman et al., 2000).

2.1.2. Formación y maduración del bulbo

Según García y De la Peña (1983) cuando el diámetro mayor de la base de las vainas duplica al diámetro del cuello de las cebollas se considera iniciado el proceso de bulbificación.

Jones y Mann (1963) mencionan que en la bulbificación la planta de cebolla forma solo las vainas de las hojas (sin láminas) y en la base de éstas comienza a acumular sustancias de reservas.

En la etapa de bulbificación de las cebollas se forman las células iniciales de las hojas en el ápice del tallo que se diferencian en pequeños brotes de hojas que rodean el punto de crecimiento (Brewster, 1994).

Según Currah y Proctor (1990) durante la bulbificación la mayor parte de la materia seca que se encuentra en las hojas se transfiere al bulbo.

Durante la maduración de las cebollas las catáfilas exteriores pierden agua formando catáfilas delgadas y secas que envuelven las catáfilas reservantes (Brewster, 2008).

Luego que el bulbo se formó entra en lo que se denomina período de reposo, período que se caracteriza por un metabolismo reducido de los mismos, en éste periodo carecen de la capacidad de emitir hojas (Ryall y Pentzer, 1982).

Lancaster y Gandar (1986) encontraron que los bulbos maduros del cultivar “Spartan Sleeper “ cultivado en Nueva Zelanda tienen de 9 a 12 catáfilas reservantes que se forman después del inicio de la bulbificación con 8 hojas desarrolladas.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL Cv. PANTANOSO DEL SAUCE CRS

Las principales características del cultivar “Pantanososo del Sauce CRS“ según Galván et al. (2004) se presentan en los siguientes párrafos, dicho cultivar fue desarrollado en UdelaR. Facultad de Agronomía. Centro Regional Sur (Progreso) a partir de poblaciones locales de la zona con el mismo nombre del Departamento de Canelones, Uruguay.

Este cultivar se caracteriza por ser de día intermedio, en la región Sur de Uruguay la fecha de siembra de almácigos es en abril, los trasplantes en el periodo julio-agosto, el inicio de la bulbificación se da a fines de octubre o principios de noviembre, la cosecha y curado del bulbo se da en diciembre.

El follaje es vigoroso, con láminas de color verde oliva o grisáceo con alta serosidad, resistencia parcial a la aparición de punta seca, manchas causadas por *Botrytis squamosa*, y *Peronospora destructor*, esta última enfermedad se manifiesta generalmente cuando es clave mantener el área foliar sano porque el cultivo inicia la fase de bulbificación.

Los bulbos son de forma esférica y con buen cerrado del cuello, los que son muy grandes tienden a ser ligeramente alargados en la base (trompo), el peso individual puede superar los 300 g, con 9 a 12 cm de diámetro, para la mejor conservación poscosecha y de acuerdo a las exigencias del mercado nacional se prefieren bulbos de 5 a 7cm de diámetro y un peso de 150 a 200 g.

El color externo es marrón o bronceado más claro que el color típico de cultivares tardíos como el grupo de las “valencianas” y más intenso que los cultivares precoces del grupo “grano” (bronceado claro a amarillo pajizo).

La retención de las catáfilas protectoras es media quedando 3 a 4 luego del curado febrero-marzo y de 2 a 3 en promedio al final de la conservación. Las catáfilas reservantes son completamente de color blanco con un contenido

de materia seca de 11 a 13% y contenido de SST de 10 a 12 °Brix.

El rendimiento del cultivo obtenido ha sido de 24 a 47 ton/ha con un máximo de 75 ton/ha. El buen potencial de producción está dado porque escapa a las condiciones adversas de verano durante la bulbificación (déficit hídrico y altas temperaturas) que limitan el rendimiento aun contando con la posibilidad de riego. Presenta buena conservación poscosecha alcanzando entre 50 y 90% del peso inicial con calidad comercial en el mes de agosto.

2.3. PROCESOS FISIOLÓGICOS EN ALMACENAMIENTO

Segun Kader (1989) todos los cultivos hortícolas frescos en el periodo de poscosecha son susceptibles a la desecación, daños mecánicos, degradación patológica que implica ataque de bacterias y hongos y degradación fisiológica debido a respiración, producción y acción del etileno, cambios de en el color, textura, sabor y valor nutritivo, brotación y enraizamiento.

2.3.1. Dormición

La dormición de los bulbos de cebolla se define como la suspensión temporal del crecimiento de los tejidos meristemáticos de los brotes (Benkeblia, 2003).

La liberación de la dormición en una población de bulbos de cebolla no es uniforme y puede extenderse por varias semanas (Yasin y Bufler, 2007).

Los niveles de hormonas de crecimiento son bajos en el período de dormición, pero a medida que los brotes se empiezan a desarrollar aumenta el nivel de citoquininas seguido por giberelinas y auxinas. La elongación de los brotes dentro del bulbo durante el almacenamiento es debido al alargamiento de las células iniciales (Brewster, 2008).

Segun Abdallah y Mann (1963) inmediatamente después de la cosecha los bulbos de cebolla se encuentran en su estado natural de latencia, la duración de la latencia varía con la composición genética del cultivar y por el efecto de factores ambientales como la temperatura.

Lang et al. (1987) propusieron que la latencia de los bulbos de cebolla se define como la suspensión del crecimiento de las láminas de las hojas.

Cuando se inicia la brotación de las cebollas la lámina de las hojas se alarga, pero no la vaina (De Mason, 1990).

Sharma et al. (2016) sostienen que el final de la latencia de los bulbos sucede cuando aparece el primer brote interno, pero la vida de almacenamiento y el valor de mercado de la cebolla se mantienen hasta que haya crecimiento de los brotes visibles externamente y/o se produzca el enraizamiento.

Después de la cosecha la duración de la latencia puede extenderse por varias semanas, en bulbos del cultivar "Copra", curados a 25 °C durante 2 semanas y luego almacenados a $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 90% de HR, el tiempo previo a que se iniciara la brotación interna fue de aproximadamente 7 semanas y alcanzó casi 100% de los bulbos a las 13 semanas después de la cosecha y la brotación fue acompañada de un aumento en la actividad respiratoria (Yasin y Bufler, 2007).

Brewster (2008) sostiene que el conocimiento de la fisiología de la latencia y de la epidemiología de almacenamiento son los requisitos para lograr una adecuada conservación de largo plazo. La duración de la latencia y por lo tanto el potencial de almacenamiento de los bulbos puede aumentarse mediante técnicas de mejoramiento.

La conservación de los bulbos se correlaciona positivamente con el alto contenido de materia seca, alta pungencia y con la formación de varias y gruesas catáfilas (Currah y Proctor, 1990).

De acuerdo con Chitarra y Chitarra (2005) las bajas temperaturas de 0 a 5 °C pueden alargar el periodo de latencia y retrasar el inicio de la brotación debido a la reducción de la actividad metabólica.

2.3.2. Respiración

Los bulbos de cebolla en el rango de 0 a 20 °C tienen una tasa de respiración entre 3 a 8 mg/kg/h de CO₂ y pueden considerarse indicativos de una escasa actividad metabólica (Kader, 1992).

Los bulbos en estado de latencia y en un rango de temperatura entre 10 y 30 °C poseen un valor de Q₁₀ aproximado de 1,3 (Brewster, 2008).

El aumento de la tasa de respiración es la consecuencia de cambios fisiológicos que corresponden al levantamiento del período de dormición (Benkeblia, 2003).

Segun Garba et al. (2014) el aumento de la tasa de respiración de las cebollas es proporcional a los daños causados en el manejo poscosecha y al tiempo de almacenamiento.

Chope et al. (2006) indican que la tasa de respiración de las cebollas después de dos meses a 20 °C aumenta casi el 50 % en comparación con los bulbos recién cosechados.

Benkeblia y Shiomi (2004) mencionan que el mayor consumo de O₂ y la actividad metabólica intensa provocan principalmente el catabolismo de carbohidratos que están almacenados en la materia seca de los bulbos, de modo que dicho parámetro se reduce.

Segun Benkeblia et al. (2005) los picos de actividad de las enzimas 1-fructo-exohidrolasa (1-FEH) y 1-kestosa (1-KH) degradantes de fructanos, que son la principal reserva de carbohidratos de la cebolla puede ser una señal fuerte de la liberación de la latencia y el inicio de la fase de brotación.

Los altos niveles de concentración de azúcares solubles en muestras de cebollas conservadas en refrigeración y muestras control a temperatura ambiente coincidieron con el inicio de la brotación (Benkeblia, 2003).

2.3.3. Deshidratación

Segun Thamizharasi y Narasimham (1988) la pérdida de vapor de agua de los bulbos de cebolla es mayormente a través de las catáfilas secas de la zona del cuello o de la zona de la placa base.

La deshidratación es una de las principales causas de pérdida de peso en bulbos sanos (Ryall y Pentzer, 1982).

Segun datos obtenidos por Herold et al. (1998) con bulbos del cultivar "Rijnsburger Balstora" cosechados a mano, curados durante 4 días, almacenados en contenedores en oscuridad a 12 -14 °C, 60 % HR y con un flujo de aire de 10 L/kg/h, la tasa de deshidratación fue de 32,6 mg de H₂O/kg/h, luego de 19 días de almacenamiento.

2.4. ALMACENAMIENTO DE LOS BULBOS DE CEBOLLA

Segun Gubb y MacTavish (2002) la capacidad de almacenamiento de los bulbos de cebolla depende de las características del cultivar, medidas de manejo del cultivo y condiciones de almacenamiento.

2.4.1. Características del cultivar

El cultivar debe presentar bulbos que cumpla con determinados atributos de calidad y los mismos se deben prolongar el máximo tiempo posible en almacenamiento. Los bulbos deben presentar la forma y color característica del cultivar, estar cubiertos por catáfilas secas firmemente adheridas, sus partes internas no deben ser visibles exteriormente, no deben presentar signos de verdeado, la consistencia de los mismos debe ser firme y no ceder a la fuerte presión realizada con la mano (Krarup et al., 1987).

Los bulbos blandos son el resultado de una excesiva deshidratación, daños por insolación, daños mecánicos o debidos al desorden fisiológico conocido como catáfilas traslucidas. El cuello de los mismos debe ser angosto y estar seco pues la presencia de cuellos anchos indica un mal curado, producción de un escapeo floral o inicio de brotación. Las raíces deben estar completamente secas ya que el crecimiento de éstas no es deseable (Furlani y Rivero, 1997).

Jones y Mann (1963) mencionan que el contenido de materia seca de las cebollas puede variar entre 4 y 25%.

Los genotipos con bajo contenido de materia seca tienden a acumular mayor cantidad de azúcares simples como glucosa y fructosa y se caracterizan por menor potencial de almacenamiento de largo plazo, a diferencia de los genotipos con alto contenido de materia seca que contienen más fructanos que durante el almacenamiento se hidrolizan en fructosa y glucosa (Suzuki y Cutliffe 1989, O'Donoghue et al. 2004).

Formando parte de la materia seca están los sólidos solubles totales (SST) parámetro que se define como el total de todos los sólidos que se disuelven en agua incluyendo azúcares, sales, proteínas y ácidos orgánicos (Chope et al., 2006).

Malek y Heidarisoltanabadi (2015), Nega et al. (2015) sostienen que el contenido de SST es un parámetro importante de calidad, que depende del cultivar y se correlaciona positivamente con el grado de conservación de la cebolla.

2.4.2. Medidas de manejo del cultivo

La fecha de siembra, la densidad de plantación de cultivo, la fertilización nitrogenada, el riego y la aplicación de inhibidores de la brotación y momento de cosecha son medidas de manejo que pueden condicionar la conservación de las cebollas. La fecha de siembra debe ser tal que permita tener en invierno plantas lo suficientemente jóvenes para evitar la vernalización proceso inducido por bajas temperaturas para iniciar la floración y suficientemente grandes para sobrevivir a las condiciones invernales y producir una cobertura de hojas abundante en primavera (Salter, 1975).

Cuando se está produciendo la bulbificación los ápices de crecimiento inducidos a la floración son indeseados en los bulbos para conservación (Brewster, 2008).

Si la siembra se realiza demasiado tarde el cultivo no alcanza el tamaño suficiente para que el bulbo se desarrolle completamente antes de que las temperaturas y largo del fotoperiodo aumenten al principio del verano provocando una reducción del rendimiento y plantas de cuello grueso que no maduran y por tanto reducen su calidad (Warwick HRI, UK, citado por Brewster, 2008).

Marquisa y Mola (1999) en la zona Sur de Uruguay con cebollas del cultivar "Pantanos del Sauce CRS" conservadas en galpón en el periodo que fue desde el 16 de febrero al 31 de agosto obtuvieron el mayor porcentaje de las mismas con calidad comercial 40,7% respecto a las inicialmente almacenadas cuando la siembra de almácigos se realizó el 21 de abril y el trasplante el 13 de agosto, en comparación con siembras almácigos del 2 de abril y 10 de mayo y trasplantes del 16 de julio y 9 de setiembre respectivamente.

Segun Brewster (2008) con alta densidad de plantas el cultivo de cebolla alcanza su madurez y está listo para la cosecha antes que si el cultivo se planta a densidad baja. La mayoría de los mercados requieren bulbos de 5 – 7 cm de diámetro, que se obtienen con densidades entre 250 mil y 500 mil plantas/ha segun las condiciones de crecimiento.

Altieri et al. (2003) con el cultivar "Pantanos del Sauce CRS" a una densidad de trasplante de 286 mil plantas/ha en la zona Sur del país obtuvieron bulbos de calidad comercial con un peso medio de 173,9g y con un rendimiento de 44,8 t/h, a diferencia de trasplantes de 357 mil y 428 mil plantas /ha donde el peso promedio de los bulbos se redujo.

En el caso de cultivos realizados con siembra directa siempre estarán sujetos a mayor riesgo de no establecer un cultivo uniforme. Por lo tanto, el tamaño final de los bulbos será variable y creará dificultades para determinar el momento óptimo para la cosecha y posible aplicación de inhibidores de la brotación (Brewster, 2008).

En un ensayo con el cultivar “Pantanoso del Sauce CRS” mediante el sistema de siembra directa con sembradora neumática en la zona Sur del país con fechas de siembra de fines de mayo a mediados de junio y con una cantidad de 2,7 kg/ha de semilla se logró una densidad de 419,608 pl/ha, pero estas condiciones determinaron un alto número de bulbos menores a 5 cm que no alcanzaron un diámetro de calidad comercial lo que provocó un bajo rendimiento de 23,8 t/ha (Berrueta et al., 2015).

Otro de los factores a considerar es el riego, en este sentido, García et al. (1985) concluyeron que el riego debe manejarse con frecuencias de 8 a 20 días, con láminas máximas de 25 mm porque el cultivo explora poca profundidad de suelo. Si los riegos son muy espaciados ocasionan bulbos dobles.

Segun Valk (1988) para favorecer la maduración de los bulbos es aconsejable suspender los riegos aproximadamente 15 días antes de la fecha probable de cosecha o con 1% y 10 % de las plantas volcadas.

García y De la Peña (1983) mencionan que el total de nitrógeno extraído por un cultivo oscila entre 60 y 160kg/ha dependiendo de la densidad de plantación y los rendimientos obtenidos.

Segun Altieri et al. (2003) para el cultivar “Pantanoso del Sauce CRS” serían necesarios riegos que cubran el 50% de la evapotranspiración del cultivo (Etc) y una dosis de nitrógeno de 100 kg/ha para obtener bulbos de calidad comercial y los rendimientos antes mencionados de 44,8 t/h.

Hay que considerar también el uso de inhibidores de la brotación, Appleton et al. (1981) mencionan que la hidracida maleica (HM), 1,2-dihidro-3,6-piridazinadiona actúa como un regulador o inhibidor sistémico del crecimiento de las plantas o como herbicida ya que inhibe la mitosis en la región meristemática del bulbo.

Komossa y Sandermann (1995) establecieron que la HM se fija dentro de la planta y no se metaboliza por lo que no afecta el metabolismo, en especial de los carbohidratos presentes durante el almacenamiento.

Benkeblia (2004) analizó el efecto de la hidracida maleica en bulbos del cultivar "Rouge Amposta", el experimento consistió en tratar a los bulbos durante 15 min en soluciones de 45×10^{-6} mol L⁻¹ (HM₂), 20×10^{-6} mol L⁻¹ (HM₁), y un testigo solo agua destilada, posteriormente los bulbos fueron secados a 35°C durante 30 min y se los almacenó a 4 °C y 85% HR; 10 °C y 80% HR y 20°C y 65% HR.

El valor Q_{10CO2} a las 8 semanas de almacenamiento a 4 °C y 85% HR aumento de 1,98; 1,58 y 1,84 a 2,43; 2,47 y 2,89 para el tratamiento HM₂, HM₁ y testigo respectivamente. En cuanto a la brotación después de 24 semanas de almacenamiento de los bulbos tratados a 4 °C y 85% HR el nivel fue muy bajo, oscilando entre 7% y 5%, sin ninguna diferencia significativa entre tratamientos, pero a 10 °C y 80% HR y 20 °C y 65% HR la brotación de los bulbos osciló entre 17 y 75%. Esto indica que las temperaturas de 10 y 20 °C parecen ser más favorables para la brotación de los bulbos de cebolla, independientemente del tratamiento químico aplicado. En éste estudio hubo un bajo porcentaje de descartes de bulbos debido a pudriciones a temperaturas de 4 y 10 °C, esto puede atribuirse a que la baja temperatura reduce la velocidad de propagación de hongos.

Campelo et al. (2017) evaluaron desde marzo a setiembre el efecto sobre la conservación de bulbos del cultivar "Pantanoso del Sauce CRS" al aplicar dosis de 8 y 12 L/ha de HM con un gasto de agua de 513L sobre un cultivo con 16% de plantas volcadas, curadas a campo luego de la cosecha y las compararon con un tratamiento control. Las plantas de cebolla tratadas con 12 L/ha de HM conservaron 65,3% del número inicial de bulbos almacenados con calidad comercial y 21% de bulbos brotados. El tratamiento de 8 L/ha conservó el 50,3% del número inicial de bulbos almacenados y registró 33% de bulbos brotados, mientras que con el tratamiento control la conservación fue del 24% del número inicial de bulbos con calidad comercial almacenados y un porcentaje de bulbos brotados de 73%.

En la cosecha se debe procurar que el suelo esté lo más seco posible ya que la presencia de humedad favorece el manchado de los bulbos y el deterioro de su calidad (Furlani y Rivero, 1997).

Segun Krarup et al. (1987) el índice de madurez de las cebollas más utilizado es el debilitamiento y curvaturas de las hojas en la zona del falso cuello, lo que provoca el vuelco de las plantas y el amarillamiento de las hojas que luego se secan completamente.

Isenberg et al. (1987) indican que deben evitarse las cosechas muy tempranas o tardías. Si los bulbos se cosechan anticipadamente resultan en

menor peso, demoran más en secarse, pueden resultar en cuello abierto arrugados y blandos, puede continuar el crecimiento de las hojas debido a que en la maduración hay síntesis de inhibidores de la brotación como lo es el ácido abscísico (ABA) que es trasladado a los bulbos y al mismo tiempo en esta etapa disminuye el contenido de hormonas de crecimiento como las auxinas y giberelinas. Si la cosecha se realiza tarde con un porcentaje de plantas volcadas cercanos al 100% el peso de los bulbos es mayor pero puede haber daño por insolación, pérdida de catáfilas externas y una menor capacidad de conservación debido al ataque causado por los microorganismos.

El uso de rodillos, herbicidas o el corte de raíces para secar el follaje no ayudan a la maduración del bulbo y muchas veces acortan el periodo de vida comercial (Valk, 1988).

La mayoría de los estudios muestran que la calidad de las catáfilas y el tiempo previo a la brotación en almacenamiento es máxima cuando las plantas se cosechan con 50-80% del follaje volcado (Komochi, 1990).

La cosecha anterior o posterior también afecta la calidad de las catáfilas en cuanto a color y producción de rajaduras en almacenamiento (Brewster, 2008).

Segun Currah y Proctor (1990) en climas cálidos y secos como en California la vida de almacenamiento es mayor y hay menos podredumbres cuando los bulbos se cosechan con el follaje completamente senescente.

En regiones templadas y húmedas, con probabilidad de lluvia durante el período de cosecha para que la misma se pueda realizar en forma adecuada y reducir riesgos de pudriciones por exceso de agua tiene que ser con bajo porcentaje de plantas volcadas, 10-20% (Carballo 2005, Galván et al. 2015, Petropoulos et al. 2016, 2017).

Luego de la cosecha se debe realizar el curado de las cebollas, proceso de secado de las catáfilas externas de las mismas, segun Stone y Jarbis (1981) el curado le da una mayor protección a las cebollas contra daños físicos, la penetración de patógenos y la pérdida de agua. En el periodo de curado se debe lograr una pérdida de entre el 3% y 5% del peso inicial de las cebollas si son destinadas a larga conservación. En las cebollas destinados para consumo inmediato el curado no es necesario pero sí es conveniente realizar un corto curado u oreado para eliminar los excesos de humedad sobre las mismas luego de la cosecha.

Las condiciones requeridas para lograr un buen curado de los bulbos son temperaturas cercanas a 30 °C y HR menores al 60%, ya que valores mayores provocan el manchado de las cáscaras (Currah y Proctor 1990, Zaccari et al. 2005, Brewster 2008, Petropoulos et al. 2017).

Se distinguen el método de curado de cebollas natural o a campo y el método artificial. El método de curado natural o a campo implica el simple hilerado a la utilización de zarzos, galpones o invernaderos. El método de hilerado de las cebollas a campo consiste en juntar las cebollas de dos o tres camellones en una hilera de bulbos y cubrirlos con paja, malezas o sus propias hojas, éste método es el más utilizado en la región Sur de Uruguay y tiene como ventaja que es de bajo costo y se logran durante buena parte del día condiciones ideales de temperatura (27-32 °C), baja HR y alta tasa de remoción del aire, teniendo efecto directo sobre la coloración de los bulbos y retención de las catáfilas, el curado puede durar hasta 20 - 30 días (Carballo et al. 2005, Galván et al. 2015).

La desventaja del método de curado a campo es el riesgo por lluvia que ocasiona el mal cerrado de cuello favoreciendo las pérdidas por pudriciones y la ocurrencia de carbonilla causada por *Aspergillus sp.* (Galván et al., 2015).

Segun Stone y Jarbis (1981) se puede utilizar el método de curado artificial si las condiciones ambientales no permiten realizar el curado a campo. El método de curado artificial consiste en ubicar una serie de conductos en el piso conectados a un ventilador y una fuente de calor, sobre dicha estructura los bulbos son almacenados a granel con alturas no superiores a los 4 m y deben recibir una corriente de aire de 1,5 a 2 m³ min⁻¹m⁻³ de cebolla. En éstas condiciones el período de secado dura de 1 a 7 días dependiendo de la madurez de los bulbos y las temperaturas empleadas, siendo las óptimas entre 35 y 38 °C.

Segun Ryall y Pentzer (1982) un buen curado de las cebollas resulta en un producto sin olores extraños ni manchas sobre el follaje que debe permanecer flexible, de color pajizo y cuello reducido. El sobre-curado implica mayores pérdidas de peso y el desprendimiento de las catáfilas externas de los bulbos ya que se vuelven quebradizas.

Apeland (1971) menciona que la deshidratación de los bulbos en el proceso de curado previo al almacenamiento seca y sella el cuello del bulbo impidiendo la entrada de los microorganismos, aumenta la resistencia a la difusión de los vapores y provoca cambios bioquímicos en las catáfilas externas que dan lugar a pigmentos oscuros y sustancias antifúngicas. El curado a altas

temperaturas (30 - 34°C) si se aplica a bulbos que no están completamente maduros puede acortar su vida útil.

Brewster (2008) menciona que si la catáfilas externas y la base del bulbo son humedecidas y a la vez están cubiertas por las hojas en descomposición después de la cosecha favorecen al crecimiento de hongos como *Botrytis cinera* provocando una coloración oscura de las catáfilas y favoreciendo el crecimiento de las raíces.

Una exposición prolongada de los bulbos a la radiación solar provoca daños irreversibles en los mismos. El problema está asociado con las altas temperaturas y/o los rayos ultravioletas que dañan los tejidos de las cebollas y se manifiestan en forma de ampollas y por rotura de la peridermis, especialmente cuando las cebollas han sido sometidas a temperaturas cercanas a los 50 °C (Yahia e Higuera, 1992).

Galván et al. (2015) estudiaron el efecto del sol y la temperatura durante el curado de cebollas del cultivar “Pantanoso del Sauce CRS” en gavillas cubiertas con malla sombra a campo y se compararon los resultados con el curado tradicional en la zona Sur de Uruguay, la cobertura de las gavillas a campo con malla sombra plástica puede ser una alternativa de bajo costo para bajar la temperatura sobre la superficie de los bulbos y reducir el daño por quemado de sol durante el curado tradicional. La temperatura en la gavilla tradicional cubierta con malla sombra bajó de 30,4 a 26,1 °C, reduciendo el porcentaje de bulbos quemados por el sol de 0,6 a 0%. El daño por quemado de sol y mal cerrado de cuello de los bulbos se puede agravar debido a la pérdida acelerada del follaje en la fase final del cultivo. Por tanto, se midió el efecto del sol en cebollas descoladas (simulando la cosecha mecanizada) y/o con un estado muy avanzado de hoja seca al momento de la cosecha cubiertas y sin cubrir con malla sombra. El uso de la malla sombra sobre las cebollas permitió reducir la cantidad de descartes de cebollas debido a daños causados por sol de 47,8 a 0,8 %.

A las cebollas para ser almacenadas en cámara luego del curado se les realiza el descolado que consiste en eliminar las raíces, restos de las partes aéreas, catáfilas sueltas y parte de la tierra adherida, eligiendo las que están libres de daños mecánicos o patológicos. Se realiza con cuchillo o tijera generalmente en forma manual evitando dañar el bulbo. Si se realiza incorrectamente se acorta la vida comercial dado que quedan heridas y el cuello no termina de cerrarse adecuadamente hecho que aumenta la susceptibilidad de los bulbos a los ataques y daños por hongos y bacterias (Furlani y Rivero, 1997).

Herold et al. (1998) determinaron mediante el uso de la fruta artificial PMS-60 y la esfera de grabación de impactos IS100 las pérdidas de peso debido a la deshidratación, respiración, pudrición y brotación causadas por la manipulación de las cebollas luego del curado, los resultados se describen en los siguientes párrafos.

La manipulación de las cebollas se traduce en cargas mecánicas dinámicas que consiste en caídas de las cebollas de diferentes alturas y en cargas mecánicas estáticas determinada por la compresión entre placas equivalente a una pila de cebolla de 5 m de alto. El experimento consistió en dejar caer cebollas del cultivar. "Rijnsburger Balstora" desde alturas de 17,5; 35; 70 y 105 cm sobre una superficie de impacto horizontal duro que consistió en una placa de acero de 10 mm de espesor y también desde alturas de, 35; 70 y 105 cm sobre una cinta transportadora de PVC. El número deseado de caídas se definió de acuerdo con dos niveles diferentes de energía cinética de impacto o de suma de altura de caída equivalente 210 y 630 cm que fueron el resultado de multiplicar el número de caídas por la altura de caídas, calculados de cuatro maneras $12 * 17,5$; $6 * 35$; $3 * 70$; $2 * 105$ cm y $36 * 17,5$; $18 * 35$; $9 * 70$; $6 * 105$ cm respectivamente. Luego de estos tratamientos a las muestras de cebollas se las dividió en dos grupos: al primer grupo de cebollas se las almacenó a 12-14°C, 60%HR y fue utilizado para pruebas de respiración y al segundo grupo se las utilizó para una prueba de almacenamiento de 5 meses en condiciones de temperatura que varió entre 15°C y -1°C, la humedad relativa estaba cerca de la humedad del ambiente.

Enseguida que se inicia el experimento la tasa de respiración de las cebollas del primer grupo que cayeron sobre la placa de acero aumento fuertemente en todos los tratamientos. A los 19 días de iniciado el experimento con caídas de 105 cm sobre la placa de acero con sumas de altura de caída equivalente de 630 cm la tasa de respiración y deshidratación alcanzaron los mayores valores, de 17mg/kg h de CO₂ y 46mg/kg h de H₂O, mientras que la deshidratación acumulada y la pérdida de peso fueron de 27,5g/kg de H₂O de 34,1g/kg respectivamente. Para la misma fecha, día 19 e igual situación de altura de caída equivalente 630 cm pero sobre la correa la tasa de respiración y deshidratación de las cebollas fueron menores, con 9,217mg/kg h de CO₂ y 33,7mg/kg h de H₂O, mientras que la deshidratación acumulada y la pérdida de peso fueron de 21,4g/kg y 24,6g/kg respectivamente.

En cuanto a los resultados obtenidos con las cebollas del segundo grupo hubo mayor pérdida total, con un valor de 34% del peso inicial de cebollas almacenadas con la aplicación de una carga mecánica estática y seis caídas sobre la placa de acero a 105 cm, con sumas de altura de caída equivalente de 630 cm.

Las pérdidas debido a brotación no se diferenciaron significativamente entre los tratamientos con diferentes alturas de caídas de las cebollas sobre la correa, pero lo contrario sucedió cuando hubo un aumento de las alturas de caídas sobre la placa de acero.

2.4.3. Condiciones de almacenamiento

Durante la cosecha, transporte, envasado y almacenamiento las cebollas son expuestas a diversos tratamientos y condiciones ambientales provocándoles estrés que puedan afectar sus atributos de calidad y características fisiológicas, causando importantes cambios bioquímicos en los tejidos de los bulbos (Benkeblia et al., 2000).

El objetivo de la tecnología de almacenamiento es mantener a los bulbos en condiciones inalteradas, de manera que se prolongue la vida útil varios días después de retirados de los mismos para permitir el transporte y la comercialización antes de su posible deterioro (Brewster, 2008).

Sistemas para proporcionar condiciones en almacenamiento como las cámaras frigoríficas o la conservación de los bulbos a temperatura de 30°C se pueden diseñar usando principios físicos de control de la temperatura y HR, teniendo en cuenta factores económicos y tecnológicos (Currah y Proctor, 1990).

2.5. TECNOLOGÍAS APLICADAS EN ALMACENAMIENTO

En Uruguay la conservación de las cebollas se realiza en estructuras sin control de la temperatura, humedad relativa y la ventilación, son de tamaños y características diversas, comprenden estructuras como galpones, zarzos o bins que pueden estar tanto a la intemperie como cubiertos para evitar que la lluvia moje directamente a los bulbos, otra forma de conservar cebolla en Uruguay que cada vez cobra mayor importancia es en cámara de frío (Záccari y Carballo, 2005).

En condiciones de refrigeración a temperaturas entre 0-5°C la velocidad de deterioro, el desarrollo de pudriciones y brotación de las cebollas se minimiza considerablemente (Currah y Proctor 1990, Brewster 2008).

2.5.1. Cámaras frigoríficas

Segun Currah y Proctor (1990) el uso de cámaras frigoríficas es una estrategia básica que mantiene la temperatura de almacenamiento lo más baja posible, pero por encima de rangos que causen daños por congelación (-2 °C), la refrigeración es un método ampliamente utilizado en regiones templadas como el Noroeste de Europa.

Kader (1992) determinó que a 0°C y 65 a 70% de HR constituyen las condiciones óptimas de conservación de cebollas y contribuyen a controlar la diseminación de enfermedades y producción de raíces.

Krarpur et al. (1987) describen que la liberación de calor por respiración y la pérdida de agua por deshidratación obligan a utilizar envases adecuados y una correcta disposición de los mismos para que la ventilación permita intercambiar el aire circundante. Debido a la baja humedad relativa 65 a 75% HR requerida en la conservación de cebollas no siempre es posible el uso de las cámaras de frío empleadas para almacenar frutas y verduras pues éstas requieren humedad relativa con valores superiores al 85%.

El manejo de la cámara frigorífica se describe brevemente a continuación segun Furlani y Rivero (1997) al realizar la carga se debe dejar el 10% del volumen de la cámara libre para favorecer la circulación del aire. La altura de la pila dependerá de la ubicación de los evaporadores, embalajes, disponibilidad de mano de obra y mecanización. El manejo de la cámara debe asegurar una correcta distribución del aire frío para lograr la disipación del calor de respiración y del calor transmitido a través de las paredes, para ello es conveniente manejar el producto en forma palletizada utilizando bins o cajas. Cualquiera que sea el sistema los envases deben estar ordenados de manera de dejar pasillos entre ellos dispuestos en forma perpendicular a los evaporadores a fin de facilitar la circulación del aire. Los envases nunca pueden estar apoyados directamente sobre el piso sino que hay que ordenarlos sobre plataformas de madera. La cámara debe estar organizada de modo de facilitar el acceso a las partidas que van a ser comercializadas en primer término. Un método intermedio podría ser conservar las cebollas de 3 a 5 meses a campo o en galpón y luego llevarlos a cámara a 0 °C porque muchas comienzan a tener capacidad ociosa debido a que se ha vendido gran parte de la fruta. Las cámaras pueden ser diseñadas solo para cebolla igual que para ajo donde el costo de instalación es ligeramente menor que el de las cámaras de frío utilizadas para frutas debido a que al requerirse menor humedad se necesita menor superficie del evaporador.

2.5.1.1. Efecto de la temperatura

Segun Miedema (1994) en un estudio de cultivares de cebolla originarios de Japón, Holanda y EEUU observó que la velocidad de brotación en almacenamiento fue 2 a 3 veces más lenta a 5 y 30 °C que a temperaturas intermedias. La temperatura óptima para la brotación estuvo entre 10 a 20°C dependiendo del cultivar. Temperaturas de 30 - 35 °C aplicadas después de la cosecha de las cebollas durante 3 semanas y luego almacenadas en condiciones secas a 15 °C determinaron una brotación acelerada de los bulbos. En bulbos plantados en vermiculita húmeda a 15 °C además de causar brotación acelerada causó enraizamiento comparados con bulbos plantados a temperaturas más bajas.

Tanaka et al. (1985a) observaron que la velocidad de brotación fue mayor en bulbos transferidos de 0 ó 5 °C a 25 °C que en los que se mantuvieron a 25 °C. El alargamiento del periodo de latencia de los bulbos se logra mediante el almacenamiento a 25-30 °C ya que a esta temperatura disminuye la actividad de las citoquininas hormonas que favorecen el crecimiento celular.

Petropoulos et al. (2015, 2016) estudiaron la composición química, valor nutricional, calidad y el efecto del almacenamiento de largo plazo, 210 días en bulbos de la cebolla criolla "Vatikiotiko" junto con tres cultivares más "Creamgold", "Sivan F1" y "Red Cross F1" en dos condiciones de almacenamiento: $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $60-70\% \pm 5$ HR, y $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $60-70\% \pm 5$ HR hasta el punto en que las cebollas no se podían comercializar debido a la brotación temprana y mala apariencia visual. En la variedad "Vatikiotiko" el almacenamiento a 5 °C provocó una pérdida de peso del 6,65% debido a pérdidas de agua y materia seca con respecto al peso inicial de cebollas almacenadas mientras que el contenido de materia seca y SST se mantuvieron constantes (16% y 14 °Brix respectivamente). Sin embargo, las cebollas almacenadas a 25 °C la pérdida de peso fue de 12,6%, siendo similar el contenido de materia seca, pero observándose una leve reducción en los SST (13,4 °Brix). En los otros cultivares estudiados estos autores determinaron que fue necesaria la temperatura baja 5 °C para mantener la calidad de los bulbos y reducir las pérdidas por brotación. La temperatura de 25°C se considera ideal para el almacenamiento de cebolla de corto a mediano plazo hasta 3 meses mientras que 0-5°C se consideran el rango óptimo de temperatura para el almacenamiento a largo plazo.

Por otra parte, Benkeblia y Selselet-Attou (1999) estudiaron el inicio de la brotación en bulbos de cebolla del cultivar "Rouge Amposta" cosechados en el área del Rímel (Argelia) en agosto, secados en el campo y sometidos a 0 y

9°C durante 2 y 3 semanas para finalmente almacenarse a 18 °C y 70% de HR. La aparición más rápida de las primeras hojas verdes internas se observó a las 4 semanas cuando el tratamiento previo fue de 3 semanas a temperatura de 9 °C. Solo el 20% de los bulbos del tratamiento control comenzó a brotar después de 8 semanas. En los tratamientos de frío se observaron altos niveles de azúcares solubles y glucosa después de 4 semanas de almacenamiento probablemente debido a la hidrólisis de los fructanos y/o oligosacáridos que se acumularon, pero el metabolismo de los brotes se redujo por las bajas temperaturas. La acumulación de azúcares se determinó poco antes del inicio de la brotación. Los resultados de esta investigación muestran que a 0 °C hubo una disminución en los compuestos fenólicos y de la actividad de la peroxidasas responsables de extender el estado de latencia de bulbos de cebolla y que el tratamiento a nivel intermedio de temperatura 9 °C además de disminuir el contenido de los compuestos fenólicos y de la actividad peroxidasa indujo a una interrupción de la latencia de los brotes interiores de los bulbos de cebolla.

2.5.1.2. Efecto de la humedad relativa

Valores mayores del 70% de HR favorecen el desarrollo de raíces y por debajo del 50% las catáfilas se secan excesivamente separándose del bulbo y dejando expuesta la superficie interna (Kader, 1992).

En un estudio realizado por Teixeira de Matos et al. (1997) con bulbos del cultivar “Baia Periforme” almacenados durante 30 días entre 20 y 35°C y 30 y 100% de HR demostraron que a medida que aumenta la temperatura aumenta la tasa de pérdida de materia fresca. La mayor pérdida de materia fresca se registró con 35 °C y valores por debajo de 55 y por encima de 75% de HR alcanzando un valor de 0,2 g kg⁻¹ día⁻¹. Cuando los bulbos se almacenaron a 20 °C y entre 55 y 75% de HR registraron las tasas más bajas de pérdida de materia fresca con 0,12 g kg⁻¹ día⁻¹.

2.5.1.3. Efecto de la ventilación

La ventilación es necesaria para disipar el calor producido por la respiración de los bulbos que aumenta con el tiempo de almacenamiento. Dentro de la cámara el aire se debe desplazar a través de la pilas con tasas de 170 m³/h/t de cebollas y con un contenido de vapor de agua controlado que permita mantener valores de 75-85 % de HR en el almacenamiento. El uso de termostatos diferenciales asegura que el aire exterior solo ingrese a la cámara cuando la diferencia es menor a 3°C con respecto al aire interno. Para evitar daños por congelamiento el aire entorno a los bulbos no debe ser menor a -2 °C (Brewster, 2008).

2.5.2. Cámaras de atmósfera controlada y modificada

Las técnicas de almacenamiento bajo atmósferas controladas y atmósferas modificadas requieren que la composición gaseosa de la atmósfera que rodea a un vegetal sea rica en CO₂ y pobre en O₂ ya que en buena parte los alimentos se deterioran por reacciones oxidativas que pueden ser propias del metabolismo celular de las cebollas, del desarrollo de microorganismos, patógenos o insectos (Del Valle y Palma, 2002).

Robinson et al. (1975) determinaron que la tasa de respiración de las cebollas del cultivar "Bedfordshire Champion" en condiciones de atmósfera regular con 21% de O₂ a temperaturas de 0, 5, 10, 15 y 20 °C fue de 3, 5, 7, 7 y 8 mL kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente, pero con niveles de 3% de O₂, para las mismas temperaturas, la tasa de respiración se redujo a 2, 2, 4, 4, 4 mL kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente.

Kader (1992) recomienda para el almacenamiento de cebollas en cámara refrigerada un rango de temperatura entre 0 y 5 °C, una concentración de CO₂ entre 0 y 5% y de O₂ entre 1 y 2%.

El ablandamiento acelerado y pudriciones de las cebollas se han reportado a partir de niveles de O₂ <1% (Gubb y MacTavish, 2002).

Segun Priya et al. (2014) el almacenamiento de los bulbos en atmósferas modificadas es poco común debido a que si no se diseña el envase adecuadamente se puede acumular humedad dentro de las bolsas que pueden causar pudrición y crecimiento de raíces.

2.5.3. Uso del etileno

El gas etileno en condiciones de almacenamiento evita el alargamiento de los brotes dentro de los bulbos y por lo tanto extiende la vida de almacenamiento de los mismos y no presentan peligro para los operadores a diferencia de los almacenamientos con bajo nivel de O₂. Dentro de las ventajas del etileno también está el hecho de que una vez que los bulbos se retiran del almacenamiento el etileno se difunde fuera en 3 días sin dejar residuos a diferencia de la hidracida maleica que no se metaboliza (Bufler, 2009).

Bufler et al. (2008) investigaron los efectos del etileno exógeno y del 1-MCP (1-metilciclopropeno) inhibidor de la acción de etileno en cebollas del cultivar "Copra" en los estados la latencia y alargamiento del brote interno. La investigación consistió en tratar a un grupo de cebollas con etileno (10,6 ± 1,4 mL de etileno L⁻¹) entre 2 y 4 semanas después de la cosecha y comparar los

efectos con un tratamiento control sin tratar con etileno y se vio que en ambos tratamientos la brotación se inicio al mismo tiempo, 7 semanas después de la cosecha. Cuando el tratamiento con etileno se extendió durante 7 semanas la brotación se inició a las 18 semanas después de la cosecha. El etileno exógeno inhibió el crecimiento de los brotes de los bulbos cuando se suministró durante la brotación interna. Se sugiere que la acción del etileno fue principalmente en el alargamiento de las láminas de las hojas de los brotes y no en la latencia. A otro grupo de cebolla en los estados de latencia cuatro semanas después de la cosecha se lo incubó durante 5 horas a 20 °C con 1-MCP, el tratamiento control consistió en colocar bulbos de cebolla en iguales condiciones, pero sin tratarlos con 1-MCP. Los bulbos tratados con 1-MCP presentaron brotación prematura, el crecimiento del brote se inició 5 semanas después de la cosecha a diferencia de bulbos sin tratar donde la brotación comenzó 7 semanas después de la cosecha como sucedió con las cebollas de los tratamientos control del primer grupo.

El etileno endógeno podría estar implicado en el mantenimiento de la latencia de los bulbos. Parece probable que el etileno pueda ser un factor en una interacción compleja de sustancias de crecimiento que aun no se han identificado (Bufler, 2009).

2.6. CAUSAS DE PÉRDIDAS DE CEBOLLA

Las mayores pérdida de cebollas en almacenamiento son por deshidratación, brotación y pudriciones (Benkeblia, 2003).

En la zona Sur de producción de Uruguay se identificaron dos períodos en la etapa de almacenamiento de las cebollas. En el primer período febrero- mayo las principales causas de pérdidas son por pudriciones bacterianas y hongos 14 a 25 % mientras que en el segundo período junio-agosto las principales causas de pérdidas se deben a la brotación, emisión de raíces y en menor proporción a otras causas como pudriciones y presencia de *Aspergillus sp.* 30 a 50% (Frachia et al. 1996, Alonso y Rivas 1999, Zaccari et al. 2001, Zaccari y Carballo 2005, Peluffo y Curbelo 2012).

2.6.1. Deshidratación

Grevsen y Sorensen (2004), Adamicki (2005) sostienen que la pérdida de agua de los bulbos es el factor limitante para el almacenamiento a largo plazo y está altamente correlacionada con el inicio de la brotación que se traduce en tasas metabólicas altas y pérdidas de materia seca.

La podredumbre de los bulbos probablemente aumenta la permeabilidad de las catáfilas al vapor de agua aumentando así la tasa de transferencia de agua de los bulbos a la atmósfera de almacenamiento (Brewster, 2008).

2.6.2. Pèrdidas fisiológicas

Las catáfilas externas secas de los bulbos de cebolla protegen a las cátafilas internas de reserva de los daños mecánicos, enfermedades y evitan que las mismas se sequen. Experimentos de simulación de daño cutáneo indican que los daños disminuyen al disminuir la rigidez de las catáfilas, pero se encontraron correlaciones mucho más fuertes de calidad después del daño causado a medida que aumenta el peso específico de las catáfilas, el grosor y el número (Brewster, 2008).

2.6.2.1. Brotación

Segun Komochi (1990) luego de la cosecha de los bulbos la brotación es uno de los principales factores fisiológicos que limitan su vida útil. Se ha demostrado que el ARN mensajero necesario para producir la histona 2A disminuye bruscamente en los ápices de los brotes durante la madurez del bulbo y comienza a aumentar después de la cosecha.

El pico de síntesis de histonas está asociado con un pico de división celular en el brote de los bulbos almacenados ya que se producen aproximadamente al mismo tiempo, pero el tiempo de brotación no fue necesariamente asociado con la división celular en el ápice del brote ya que el intervalo entre esta actividad meristemática y la elongación de las hojas del brote diferían entre los cultivares (Carter et al., 1999).

2.6.2.2. Crecimiento de raíces

Tanaka et al. (1985b) distinguieron dos tipos de enraizamiento de los bulbos en poscosecha. El enraizamiento exterior que es la formación de raíces en la base del bulbo y el enraizamiento interior que es la formación de nuevas raíces más profundas dentro de éste. Durante el almacenamiento la forma del bulbo cambia lentamente a medida que las hojas de los brotes y las raíces internas se desarrollan desde el punto de crecimiento.

El alargamiento cerca de la base del bulbo está asociado con el crecimiento de la raíz interna provocando tensiones en las catáfilas que conducen a grietas que son en su mayoría verticales que luego se extienden hacia la parte superior del bulbo (Tanaka et al., 1985c).

Segun Ryall y Pentzer (1982) el crecimiento de las raíces es un problema de poscosecha que no necesariamente está asociado a la brotación aérea.

2.6.2.3. Verdeado

La cebolla al igual que la papa producen clorofila cuando están expuesta a la luz causando un reverdecimiento indeseable en poscosecha que es más evidente en variedades blancas o claras. Para evitarlo se recomienda reducir al máximo la permanencia de los bulbos en el campo o en lugares muy iluminados (Furlani y Rivero, 1997).

2.6.2.4. Catáfilas translúcidas

El problema de catáfilas translúcidas se genera frecuentemente luego de 3 a 4 meses de almacenamiento en frío, siendo mayor la incidencia en bulbos grandes. Suele iniciarse en la porción más curva de las catáfilas que luego se tornan parcialmente transparentes en contraste con la apariencia opaca del tejido sano. En casos severos, el bulbo se ablanda y es invadido por patógenos. Su incidencia se reduce significativamente enfriando lo antes posible el producto luego del curado (Furlani y Rivero, 1997).

Los experimentos de campo mostraron que la cosecha tardía, alta temperatura y una larga duración de secado dan altos niveles de CO₂ interno y alta incidencia de catáfilas translúcidas (Brewster, 2008).

2.6.3. Pérdidas causadas por enfermedades y plagas

A continuación se describirán características de las principales enfermedades y plagas que causan pérdidas de cebolla en almacenamiento.

2.6.3.1. Podredumbre gris del cuello, *Botrytis sp.*

La podredumbre gris del cuello del bulbo puede ser causada por uno o más de los siguientes patógenos: *Botrytis acclada*, *Botrytis allii munn*, y *Botrytis cinerea pers.* Este complejo de especies de patógenos es uno de los principales problemas reportados en almacenamiento en todo el mundo (Currha y Proctor 1990, Brewster 2008). Sin embargo, no es el problema principal relevado en Uruguay (Alonso y Rivas 1999, Marquisa y Mola 1999, Zaccari et al. 2001, Peluffo y Curbelo 2012).

La pudrición causada por *Botrytis allii* se origina por la infección que se da en el campo durante el ciclo del cultivo. Afecta a las hojas basales para

descender hacia el bulbo durante la senescencia de las plantas. También se da la infección cuando los cuellos de las cebollas se lesionan (Jorjandi et al., 2009).

Segun Nischwitz et al. (2013) *Botrytis acclada* y *Botrytis allii* son patógenos específicos de las Alliaceae (cebolla, ajo, etc.) que causan la pudrición del cuello de bulbo.

Las esporas de *Botrytis sp.* se producen sobre el tejido muerto de las cebollas descartadas durante el clima frío y húmedo cuando las temperaturas oscilan entre 10 y 24 °C luego se propagan por el viento llegan a los bulbos con heridas o bulbos con cuellos suculentos germinan e ingresan al mismo (Lacy y Lorbeer, 2008).

Debe tenerse en cuenta que las esporas de de la *Botriys sp.* sólo germinan cuando hay agua libre como por ejemplo en cebollas heridas mecánicamente o cuando se condensa agua sobre la superficie de las mismas por causa de un cambio de temperatura en el ambiente de conservación. Es importante para reducir el inóculo la desinfección de pallet, bins, equipos, estructuras de almacenamiento y conservar sólo cebollas sanas (Jorjandi et al., 2009).

El método de secado artificial de los bulbos con aire caliente forzado a 33-38°C puede ser necesario para acelerar el curado si las condiciones climáticas húmedas están presentes durante la cosecha, y de esta manera reducir la incidencia de los patógenos (Lacy y Lorbeer, 2008).

Actualmente no hay cultivares resistentes disponibles para la podredumbre gris del cuello causada por *Botrytis sp.* (Schwartz y Mohan, 2008).

Las investigaciones de la actividad antagonista de 50 aislamientos de actinomicetos del suelo en el laboratorio determinaron que 13 de los mismos mostraron una alta actividad antifúngica contra *Botrytis. allii* (Jorjandi et al., 2009).

La ingeniería genética brinda la oportunidad de proteger a las plantas de enfermedades fungicas y reducir el uso de sustancias químicas para su control. Los genes de los metabolitos antifúngicos del aislamiento No. 347 de *streptomyces* puede ser diseñado para plantas de cebolla y aumentar la resistencia de los bulbos a ataque de los hongos (Jorjandi et al., 2009).

2.6.3.2. Carbonilla - *Aspergillus niger*

El hongo *Aspergillus niger* se desarrolla en tejido dañado y necrótico del cuello y en las catáfilas externas golpeadas o partidas y/o en las nervaduras de las catáfilas del bulbo. La cebolla infectada presenta en las catáfilas superficiales una coloración negra en forma de costra que corresponden a las esporas de dicho hongo. Este hongo muy difícilmente provoca por sí sólo la pudrición total del bulbo sino que genera una vía de entrada para bacterias y *Fusarium sp.* El color negro debido a carbonilla en la superficie deteriora el aspecto del bulbo bajando la calidad del mismo (Currha y Proctor, 1990).

Aspergillus niger se observa en las cebollas durante el periodo de almacenamiento, aunque la infección proviene del campo ya que se mantienen las esporas en la materia orgánica del suelo. Las condiciones ambientales que optimizan la infección del bulbo son temperaturas altas entre 28° y 35°C y al menos seis horas libres de humedad sobre la superficie del mismo y en las condiciones de almacenamiento temperaturas de 24-30°C (Currha y Proctor 1990, Snowdon 2010).

2.6.3.3. Podredumbre basal - *Fusarium sp.*

El hongo *Fusarium sp.* infecta al bulbo en el campo a través de herida por la zona basal generando pudriciones secas o blandas que se pueden observar en el almacenamiento. Las condiciones que favorecen la infección y desarrollo del hongo son temperaturas altas entre 25-28°C y excesiva humedad en el suelo (Currha y Proctor 1990, Arboleya 2005, Snowdon 2010).

2.6.3.4. *Pseudomonas - gladioli pv. Alliicola*

Pseudomonas - gladioli pv. Alliicola es una de varias especies bacterianas asociadas con el deterioro de las cebollas en poscosecha. Los síntomas de la enfermedad son similares a los de la pudrición blanda causada por *Pseudomonas cepacia*. Las bacterias patógenas pueden infectar a los bulbos si se produce una herida cuando el follaje de la cebolla se elimina en la cosecha. Externamente los bulbos infectados parecen ser sanos, pero cuando se aplica presión sobre el cuello de los mismos se sienten más blandos. Si los bulbos son cortados por la mitad se observan algunas catáfilas reservantes que están normalmente empapadas en agua y tienen un tono amarillo cremoso o coloración amarillo-marrón. En la mayoría de los casos la infección comienza en el cuello de la cebolla y progresa hacia la zona basal en una o más catáfilas del bulbo y de allí se propaga a otras catáfilas pudiendo descomponer todo el bulbo provocando un fuerte olor a ácido acético (Wright et al., 1993).

2.6.3.5 Catáfilas internas secas

Se caracteriza por la muerte prematura de las hojas emergentes del bulbo o un colapso parcial o total en la parte superior de una o más catáfilas de reserva que provoca síntomas semejantes a una capa delgada de papel. Una causa común de dicho problema es la infección causada por la mancha amarilla grave del iris (IYSV) transmitido por el vector *Trips tabaci* (du Toit et al., 2004).

La infección causada por dicho virus en la zona del cuello de la cebolla evita el colapso natural del mismo cuando los bulbos maduran (Pasco y Stuart Reitz, citados Jensen et al., 2003).

Segun du Toit et al. (2003), Schwartz y Mohan (2008) los bulbos con síntomas de catáfilas internas secas a menudo son colonizados por el hongo *Fusarium proliferatum*, presentando micelio de color blanco a rosa claro. Esta es una especie diferente a la que causa la podredumbre basal de la cebolla identificado como *Fusarium oxysporum f. sp. cepae*.

2.6.3.6 Trips

Los trips son insectos delgados de 2mm de largo cuando son adultos, se concentran entre las hojas jóvenes en la parte superior del cuello de la cebolla raspando y perforando las células y alimentándose de la savia liberada. Como resultado los espacios de aire en las células foliares dan al follaje una apariencia plateada. Los daños más severos se asocian con climas calientes y secos, en éstas condiciones la expansión foliar es lenta y el aumento del número de trips es rápido (Jensen et al., 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en las instalaciones de la UdelaR. Facultad de Agronomía. Laboratorio de Poscosecha de frutas y hortalizas (Montevideo) y en el Centro Regional Sur (Progreso).

3.1. MATERIAL VEGETAL UTILIZADO

Las cebollas del cultivar “Pantanoso del Sauce CRS” se obtuvieron en el Centro Regional Sur, CRS, provenientes de un cultivo destinado a la producción de bulbos para obtención de semillas. Las cebollas fueron cosechadas en la segunda quincena de diciembre y mantenidas en galpón para su secado y conservación. Al finalizar el secado, 18 de febrero de 2016, se les quitó la tierra y las raíces y fueron descoladas manualmente dejando aproximadamente 2 cm de hojas seca sobre el cuello del bulbo. Posteriormente se seleccionaron las cebollas que presentaban calidad comercial sin defectos visibles, con un diámetro ecuatorial entre 5 y 8 cm, con más del 80% de la de la superficie total externa cubierta con catáfilas secas y hasta no más de un 30% de su superficie con presencia de *Aspergillus sp.* (Mercado Modelo, 2016).

En bolsas tipo red fueron colocadas 15 cebollas seleccionadas con un peso promedio de 2,2 kg las que constituyeron la parcela del trabajo, que fueron numeradas y en los que se marcó en la zona ecuatorial un círculo de 1,5 cm a fin de realizar el seguimiento del color de las catáfilas externas. Las cebollas acondicionadas como se mencionó anteriormente fueron conservadas durante nueve meses, desde febrero a noviembre en dos sistemas de almacenamiento, cámara y galpón. Además, luego de 2, 4, 6 y 8 meses de conservación, las cebollas se sacaron del almacenamiento se dejaron 30 días en condiciones de vida mostrador, donde se evaluó nuevamente su calidad.

3.2. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN

Las estructuras de almacenamiento de cebollas utilizadas en éste estudio fueron:

- Una cámara refrigerada a 5 ± 1 °C y $75 \pm 5\%$ de HR, instalada en UdelaR. Facultad de Agronomía. Laboratorio de Poscosecha de Frutas y Hortalizas (Figuras 1 y 2).
- Un galpón sin control de temperatura y humedad, con un promedio de 15 ± 6 °C y $84 \pm 14\%$ HR durante el período de conservación estudiado, instalado en UdelaR. Facultad de Agronomía. Centro Regional Sur (Progreso) (Figuras 3 y 4).

Además, se evaluó la calidad de las cebollas en vida mostrador bajo las condiciones ambientales controladas a 20 ± 2 °C y $75 \pm 5\%$ de HR. Estas condiciones fueron generadas con un aire acondicionado doméstico en el laboratorio de Poscosecha de Frutas y Hortalizas.

La temperatura y humedad relativa fueron monitoreadas cada una hora en ambos almacenamientos y en vida mostrador con sensor registrador de datos (Hobo®H8 Pro Series, EUA).

3.2.1. Descripción de la cámara de frío

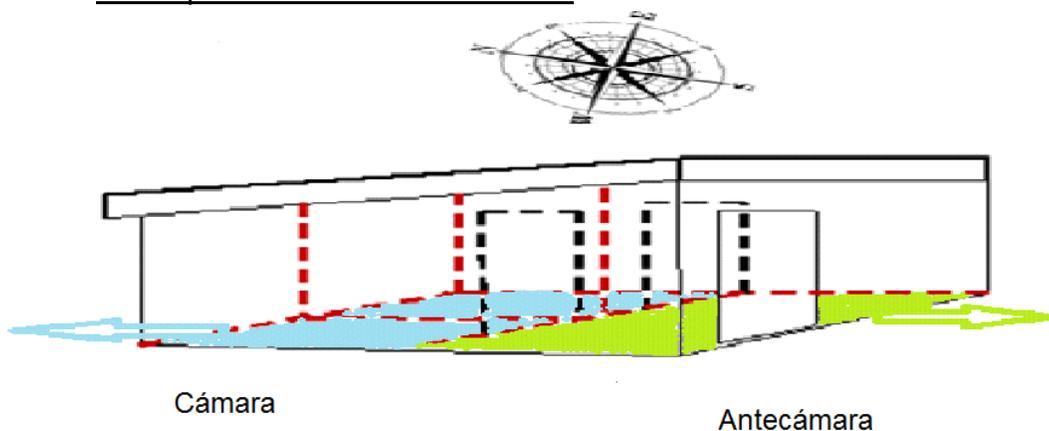


Figura 1. Esquema de la cámara utilizada para la conservación



Figura 2. Cámara de frío utilizada para la conservación

La cámara de frío utilizada para la conservación de las cebollas está construida con placas de isopanel.

3.2.2. Descripción del galpón

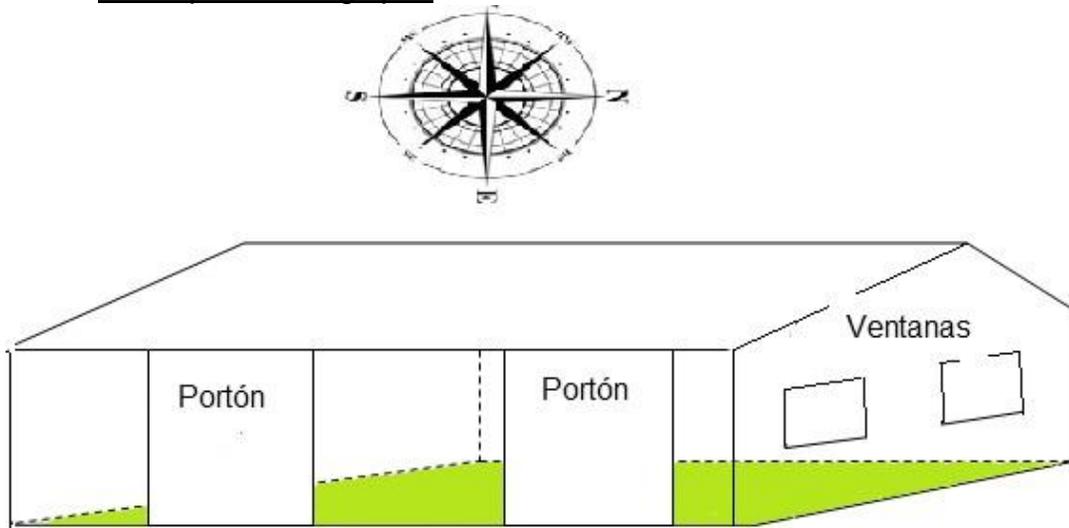


Figura 3. Esquema del galpón utilizado para la conservación



Figura 4. Galpón utilizado para la conservación

El galpón en el que se conservó la cebolla tiene una superficie de 184 m², 23 m de largo por 8 m de ancho, con paredes de chapas y bloques, dos portones corredizos de chapa de 3,7 m de ancho por 2,4 m de alto cada uno y dos ventanas corredizas de 2 m de largo y 1 m de alto cada una. El piso es de una mezcla de pedregullo, arena y portland y el techo está construido de chapas de zinc galvanizadas sujetadas a cerchas de hierro, dispuesto en dos aguas con 3,5 m de altura en la parte central y descendiendo hasta los 2,4 m hacia ambos lados (Figura 3).

3.3. VARIABLES EVALUADAS

A fin de caracterizar la calidad externa e interna de las cebollas se realizaron evaluaciones sobre la cebolla entera, no destructivas y cortadas, destructivas.

Dentro de las evaluaciones no destructivas se determinó el peso de las cebollas con calidad comercial, número de cebollas descartadas, porcentaje en peso de catáfilas secas desprendidas, color de las catáfilas externas, cerrado del cuello, porcentaje de la superficie de la cebolla con catáfilas secas y presencia de *Aspergillus sp.*. Por otro lado, en cada sistema de almacenamiento cada dos meses y en cebollas que no presentaban externamente defectos visibles se realizaron determinaciones destructivas para evaluar la calidad interna de las mismas. Las variables evaluadas internamente en las cebollas fueron: número y espesor de catáfilas externas secas (cáscara), crecimiento del brote, porcentaje de catáfilas internas con pudriciones y con puntas o catáfilas internas secas, contenido de materia seca y sólidos solubles totales. Al final de la vida mostrador de cada tratamiento, se evaluaron todas las variables de calidad anteriormente mencionadas.

3.3.1. Peso de cebollas con calidad comercial y descartes

Mensualmente desde febrero a noviembre se determinó el peso de cebollas sin defectos visibles que mantenían calidad comercial en todas las parcelas conservadas en ambos sistemas de almacenamiento, utilizando una balanza (P&C Urania, SC30-P, 30 kg ± 5 g). La calidad comercial de los bulbos fue definida de acuerdo con los criterios de las categorías establecidas en el Mercado Modelo de Montevideo (Mercado Modelo, 2016).

Se determinó además, el número de las cebollas con pérdida de calidad comercial, identificando la causa de descarte. Los descartes se clasificaron por alteraciones fisiológicas, patológicas y/o físicas.

Los descartes por alteraciones fisiológicas se registraron comobrotación de hojas o raíces. En ambos casos visibles por sobre el cuello o base de las cebollas respectivamente, longitud $\geq 0,2$ cm.

Los descartes por patologías se realizaron identificando el agente causal por sintomatología y por signo en bacterias y hongos según bibliografía (Schwartz y Mohan 2008, Snowdon 2010).

Las pudriciones de cebollas por bacterias se diagnosticaron presionando sobre el cuello y sobre la parte del diámetro superior de las mismas. Se consideraron descartes por pudriciones bacterianas a las cebollas con cuello húmedo en el cual se observó líquido al presionar el mismo suavemente con los dedos. Al mismo tiempo, presionando las cebollas manualmente se percibió reducción de la firmeza y catáfilas más externas húmedas y resbaladizas. Estos bulbos se cortaron y se corroboró internamente la pudrición. Las pudriciones por hongos se identificaron en la zona de la base de la cebolla como una pudrición seca o húmeda que luego se generalizó. El color de micelio rosa-anaranjado-violeta se identificó como *Fusarium sp.* y el micelio de color azul como *Penicillium sp.* (Schwartz y Mohan 2008, Snowdon 2010).

Las cebollas descartadas por pudriciones fueron cortadas para corroborar el diagnóstico por síntomas internos con pudriciones. Las sintomatologías y signos fueron corroborados en la UdelaR. Facultad de Agronomía. Laboratorio de Fitopatología (Montevideo) además se registraron otras causas de descartes identificando el origen del daño físico en los bulbos determinadas por ratones, trips, hormigas u otros agentes.

3.3.2. Pérdida de catáfilas externas

El peso de las catáfilas desprendidas de las cebollas con calidad comercial se obtuvo como muestra compuesta de las tres repeticiones por tratamiento y posterior a la manipulación realizada en cada evaluación. La medición se realizó con una balanza electrónica de precisión (MA200, Liang Ping, China, ± 0.0001 g).

3.3.3. Color de las catáfilas externas

El color de las catáfilas externas se midió mensualmente en un mismo punto sobre la superficie identificada con un círculo marcado en la zona ecuatorial de las cebollas desde la instalación del estudio. Este parámetro fue medido con un colorímetro (Minolta, CR 10, Japón), observador estándar 10°, iluminante D65 y diámetro de abertura de 8 mm.

Se determinaron las variables, L^* , luminosidad, 0 = negro a 100 = blanco), a^* , $-a$ = verde, a = rojo, b^* , $-b$ = azul, b = amarillo. Se calculó el tono, ángulo hue y la saturación del color, croma, utilizando las siguientes fórmulas:

tono, ángulo hue

$$^{\circ}h = \tan^{-1}(b^*/a^*) = \text{arco tangente}(b^*/a^*)$$

$$\text{Si } a^* > 0 \text{ y } b^* \geq 0 \quad h^{\circ} = \text{arco tangente}(b^*/a^*)$$

Croma, saturación del color

$$\text{Croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

3.3.4. Número y espesor de catáfilas secas

Se contó la cantidad de catáfilas secas y se midió su espesor a nivel del diámetro de cuello de las cebollas con un calibre digital (Mitutoyo, China, $200 \pm 0,01$ mm).

3.3.5. Índice de cerrado de cuello

Se midió el diámetro ecuatorial de las cebollas y el diámetro del cuello con el calibre mencionado anteriormente y se calculó el índice de cerrado del cuello con la siguiente fórmula:

ICC = diámetro ecuatorial de la cebolla/diámetro del cuello Un valor más alto del índice indica mejor cerrado del cuello.

3.3.6. Cobertura de las cebollas con catáfilas secas

Se determinó mediante observación la superficie de las cebollas recubierta por catáfilas secas y para ello se construyó una escala visual: 0-10, 10-25, 25-50, 50-75, 75-90, 90-95, 95-100% y los datos se expresaron en porcentaje del total de la superficie de las cebollas.

3.3.7. *Aspergillus sp.* en la superficie de la cebolla

Se determinó mediante observación la superficie total de las cebollas que estaban afectadas por el hongo *Aspergillus sp.*. Para ello se construyó una escala visual en la que se clasificaba a las cebollas en 11 categorías, según el grado de afectación por la enfermedad: 1-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-100%. Los resultados se expresaron en porcentaje del total de la superficie de las cebollas.

Las variables de calidad interna fueron determinadas cada dos meses de almacenamiento en tres parcelas seleccionadas al azar de cada sistema de conservación. Las determinaciones se realizaron en las cebollas de cada parcela evaluando los bulbos con calidad comercial sin defectos visibles para cada sistema de almacenamiento, tiempo de almacenamiento y vida mostrador. Para medir las siguientes variables se cortaron longitudinalmente las cebollas con un cuchillo de acero inoxidable.

3.3.8. Cebollas con bacteriosis en el interior del bulbo

En cada momento y sistema de almacenamiento se cuantificó el número de catáfilas internas totales y el número de catáfilas internas con

podriciones bacterianas. Se calculó el porcentaje de cebollas que presentaron bacteriosis interna y el porcentaje de catáfilas internas con podriciones en el total de catáfilas de cada cebolla.

3.3.9. Crecimiento del brote

Para evaluar el crecimiento del brote durante el almacenamiento, se midió con el calibre digital la longitud de los brotes y el diámetro longitudinal de las cebollas, desde la base del tallo hasta el cuello. Se calculó además un índice de crecimiento del brote como la relación de largo del brote y el diámetro longitudinal de la cebolla, expresándolo como porcentaje del largo total de la cebolla.

3.3.10. Color de las catáfilas internas

El color de las catáfilas internas de las cebollas fue determinado mediante un colorímetro de igual forma que el color de las catáfilas externas. Las determinaciones se realizaron en el cuarto superior derecho de cada cebolla, en una superficie sana y sin defectos visibles.

3.3.11. Materia seca

El contenido de materia seca se obtuvo de 10 g de una muestra compuesta de cinco cebollas, sin defectos visibles por parcela y tratamiento, realizando cada muestra por triplicado. Se utilizó para secar las muestras una estufa (BJPX – JUNEAU, China) con ventilación cenital a 105 °C hasta llegar a peso constante. Se calculó el porcentaje de materia seca con la siguiente fórmula:

$$\text{Materia seca \%} = \text{peso seco} / \text{peso fresco} * 100$$

3.3.12. Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales (SST), se midió en el jugo de cinco cebollas sin defectos internos visibles, por duplicado y para cada parcela y tratamiento. El jugo de la cebolla fue obtenido con una prensa doméstica de ajo. Posteriormente se colocó sobre un refractómetro digital con compensación de temperatura (PAL-1, ATAGO, Japón), escala de 0 a 53% ± 0,2 °Brix.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental consistió en parcelas distribuidas al azar dentro de dos tipos de almacenamiento cámara refrigerada y galpón desde febrero a noviembre, 9 meses de conservación y durante los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de almacenamiento.

El tamaño de la parcela fue de 15 cebollas con un peso promedio de 2,2 kg. Se evaluaron mensualmente 33 parcelas para cada sistema de almacenamiento y 3 parcelas para las determinaciones destructivas de calidad de las cebollas en la vida mostrador.

Los datos obtenidos en las variables porcentaje en peso de cebollas con calidad comercial, descartes por brotación, pudriciones por bacterias, crecimiento de raíces, bulbos con *Aspergillus niger* y otras causas de descartes, luminosidad, tono y saturación del color de las catáfilas externas secas e internas, número y espesor de catáfilas secas cerrado del cuello, crecimiento del brote y bacteriosis interna contenido de materia seca y sólidos solubles totales fueron comparados entre sistemas de almacenamiento dentro de cada tiempo de la conservación y/o vida mostrador con un análisis de varianza (ANAVA $p \leq 0,05$). Cuando correspondió las medias se diferenciaron utilizando el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

Los descartes totales acumulados, la superficie de la cebolla cubierta con catáfilas secas, incidencia y severidad de *Aspergillus niger* sobre los bulbos se describen con los valores medios obtenidos durante la conservación en cámara y galpón y en vida mostrador.

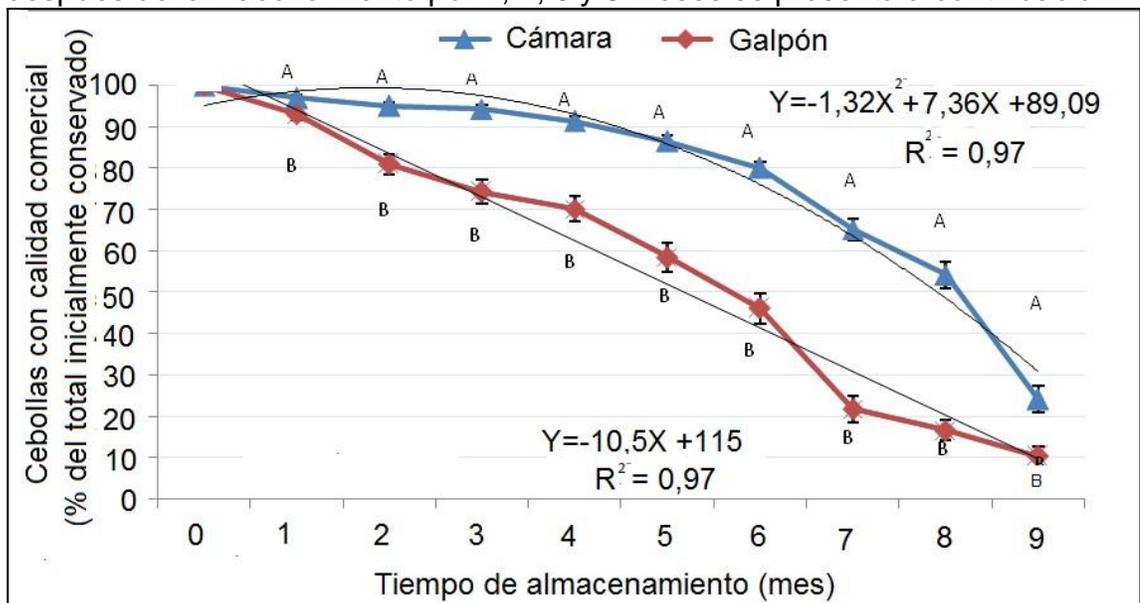
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se describirán a continuación.

4.1. CALIDAD EXTERNA DE LAS CEBOLLAS

4.1.1. Peso de cebollas con calidad comercial

La evolución mensual del peso de cebollas con calidad comercial respecto al peso inicial almacenado en cámara y galpón durante nueve meses, desde febrero mes 0 a noviembre mes 9 y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses se presenta a continuación.



Medias \pm EE (n = 33). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento, para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

Figura 5. Evolución del peso de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 9 meses, febrero – noviembre, expresado como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas

En todos los momentos de la conservación estudiados el peso de las cebollas con calidad comercial que se mantuvo durante el almacenamiento en cámara de frío 5 ± 1 °C, $75 \pm 5\%$ HR fue significativamente mayor respecto al almacenamiento en galpón 15 ± 6 °C, $84 \pm 14\%$ HR. Al final de la conservación 9 meses, el porcentaje de cebollas conservadas con calidad comercial en cámara fue el doble que en galpón 24,2 y 10,4% respectivamente (Figura 5).

La evolución del peso de las cebollas con calidad comercial se ajustó a una función cuadrática para el almacenamiento refrigerado, mientras que para el almacenamiento en galpón se ajustó a una función lineal con alto coeficiente de regresión, $R^2 = 0,97$ en ambos (Figura 5).

En la conservación de las cebollas se observan dos periodos en el deterioro de la calidad comercial de los bulbos, en los primeros cinco meses, periodo que transcurrió de febrero a julio la tasa mensual de pérdidas de peso de cebolla con calidad comercial en cámara fue de 2,7% valor tres veces menor que el registrado en galpón 8,3%.

En la cámara a los cinco meses de almacenamiento se conservó 86,5% del peso de cebollas inicialmente almacenado mientras que en galpón se conservó el 58,5%; sin embargo en el periodo del almacenamiento que transcurrió desde julio a noviembre la tasa mensual de pérdidas de peso de cebollas para ambos sistemas de almacenamiento fue similar 15,7% en cámara y 12,0% en galpón.

Los resultados obtenidos en galpón fueron similares a los obtenidos por Marquiza y Mola (1999) con cebollas del cultivar “Pantanoso del Sauce CRS” cosechados en cuatro localidades del Sur de Uruguay y almacenados a partir de febrero en las mismas condiciones. Estos autores cuantificaron en el mes de julio 5 meses de conservación, 56,7% del peso de cebollas con calidad comercial inicialmente almacenado.

Peluffo y Curbelo (2012) evaluando el efecto del tipo de cultivares día corto, medio y largo y fechas de siembra, determinaron en “Pantanoso del Sauce CRS” una conservación del 72% del peso de bulbos inicialmente almacenados en galpón durante cinco meses marzo - agosto. La tasa de pérdida mensual de cebollas fue similar en todos los meses 5,6 % durante el período analizado. Estos autores atribuyen la buena conservación al cultivar y la condición ambiental libre de lluvias y con alta temperatura en cosecha y curado.

Las condiciones de almacenamiento en cámara 5 °C y 75% de HR probablemente determinaron una reducción de la tasa metabólica, bajando la velocidad de brotación, el crecimiento de raíces y la deshidratación de las cebollas, así como la velocidad del desarrollo de pudriciones por bacterias y hongos. En consecuencia ésta condición de almacenamiento permitió prolongar la vida útil de las cebollas (Admicki 2005, Schwartz y Mohan 2008, Petropulus et al. 2016).

Por el contrario, las temperaturas registradas en el galpón 15 ± 6 °C fueron promotoras del deterioro de la calidad de los bulbos (Brewster, 2008).

La temperatura y humedad relativa registradas en la cámara 5 °C y 75% HR pueden haber sido determinantes de la menor deshidratación y menor pérdida de materia seca de los bulbos (Petropoulos et al., 2016).

Al mismo tiempo, de acuerdo con lo citado por Currha y Proctor (1990), Schwartz y Mohan (2008) las temperaturas bajas de conservación 5 °C probablemente contribuyeron a reducir la incidencia de enfermedades en poscosecha, al disminuir la actividad metabólica de los patógenos y el envejecimiento de los tejidos de los bulbos en comparación a la temperatura registrada dentro del galpón 15 °C.

Cuadro 1. Pérdida de cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresada como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas

		Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)			
SA		2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara		7,5 ± 2,5	20,4 ± 5,4	36,1 ± 4,3	9,2 ± 5,2
Galpón		11,4 ± 7,2	18,6 ± 0,10	44,2 ± 0,10	3,2 ± 18,3
Valor p		0,6360	0,3886	0,4429	0,7671

Medias ± EE (n= 3) (Tukey $p \geq 0,05$).

La pérdida de peso de las cebollas con calidad comercial al final del periodo en vida mostrador acondicionadas a 20 ± 2 °C y $75 \pm 5\%$ HR, 30 días, luego de la salida del almacenamiento en cámara y galpón para cada mes analizado fue igual estadísticamente (Cuadro 1).

4.1.2. Descartes de cebolla durante la conservación

A continuación se presenta la evolución del número y causas de descartes de cebollas con calidad comercial en cámara y galpón y a los 30 días devida mostrador.

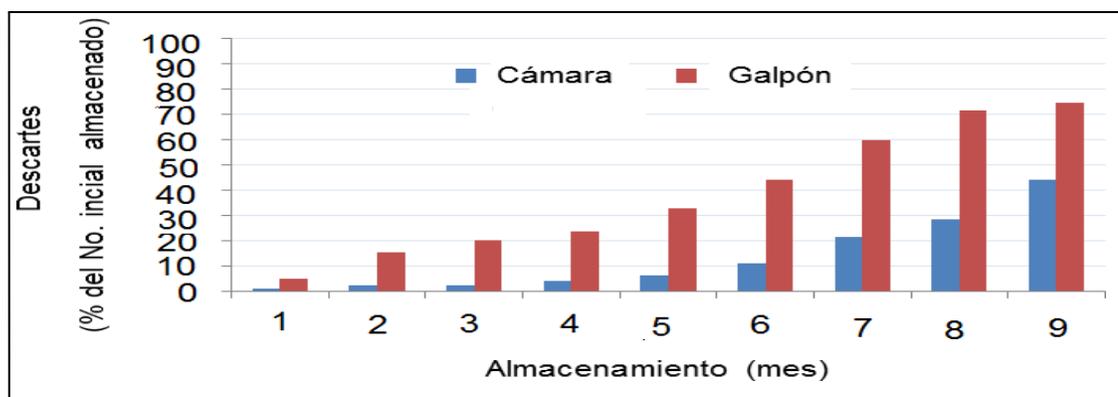


Figura 6. Número total acumulado mensual de cebollas descartadas de cámara y galpón durante 9 meses, febrero – noviembre, expresado como, porcentaje del total de cebollas inicialmente almacenadas

A los nueve meses de almacenamiento el número total de cebollas descartadas en cámara respecto al número inicial almacenado fue de 44,5%, lo que correspondió a 1,6 veces menos respecto a las almacenadas en el galpón donde se descarto el 74,5% (Figura 6).

Cuadro 2. Descartes mensuales de cebollas conservadas en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
1 (marzo)	1,0 ± 0,4 b	4,9 ± 1,5 a	0,0071
2	1,2 ± 0,6 b	10,7 ± 1,6 a	0,0001
3	0,0 ± 0,0 b	4,4 ± 1,4 a	0,0001
4	1,7 ± 0,7 b	3,5 ± 1,0 a	0,0332
5	2,4 ± 0,7 b	9,2 ± 2,0 a	0,0004
6	4,9 ± 0,9 b	11,4 ± 2,0 a	0,0040
7	10,3 ± 2,0	15,9 ± 2,9	0,1031
8	7,1 ± 1,8	11,4 ± 2,3	0,1422
9(noviembre)	15,8 ± 3,2 a	3,1 ± 1,3 b	0,0046

Medias ± EE (n= 33). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey p≤0,05).

El número de cebollas descartadas con defectos visibles en cámara hasta agosto fue de 2 a 9 veces menor que los obtenidos en el galpón para el mismo período de la conservación. Posteriormente, en setiembre y octubre no hubo diferencias estadísticas en el número de cebollas descartadas entre ambos sistemas de conservación. Solo en noviembre al final del estudio, el número de cebollas descartadas fue mayor en cámara respecto a las cebollas descartadas en galpón con 15,8% y 3,1% respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 3. Número total de descartes de cebollas a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	2,4 ± 2,4	17,8 ± 5,8	33,3 ± 7,7	65,8 ± 7,8
Galpón	9,1 ± 4,4	7,1 ± 7,1	40,0 ± 6,3	66,7 ± 1,7
Valor p	0,1880	0,3423	0,7001	0,0612

Medias ± EE (n=3) (Tukey $p \geq 0,05$) SA = Sistema de almacenamiento.

El número total de cebollas descartadas al final del periodo de vida mostrador 30 días a $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $75 \pm 5\%$ HR, posterior a la salida de cámara y galpón en cada mes evaluado fue igual estadísticamente entre los dos sistemas de almacenamiento (Cuadro 3).

A continuación se presenta la evolución de las causas de descartes de cebollas en cada mes del almacenamiento de cámara y galpón.

Para los dos sistemas de almacenamiento estudiados cámara y galpón en los primeros 3 meses, febrero a mayo el mayor número de cebollas descartadas por defectos visibles se debió principalmente a pudriciones bacterianas, mientras que en los últimos 6 meses junio a noviembre la causa principal de los descartes fue la brotación de los bulbos (Figura 7).

La evolución mensual de las causas de descartes de cebolla en galpón concuerda con lo reportado por Frachia et al. (1996) en estudios realizados con la variedad "Valcatroce" y por Marquisa y Mola (1999) con el cultivar "Pantanoso del Sauce CRS" en el Sur de Uruguay.

Análogos resultados también han sido reportados en Uruguay para otras variedades de cebollas almacenadas en diferentes estructuras sin control de temperatura y humedad (Galván et al. 1999, Zaccari et al. 2001, Zaccari y Carballo 2005, Peluffo y Curbelo 2012).

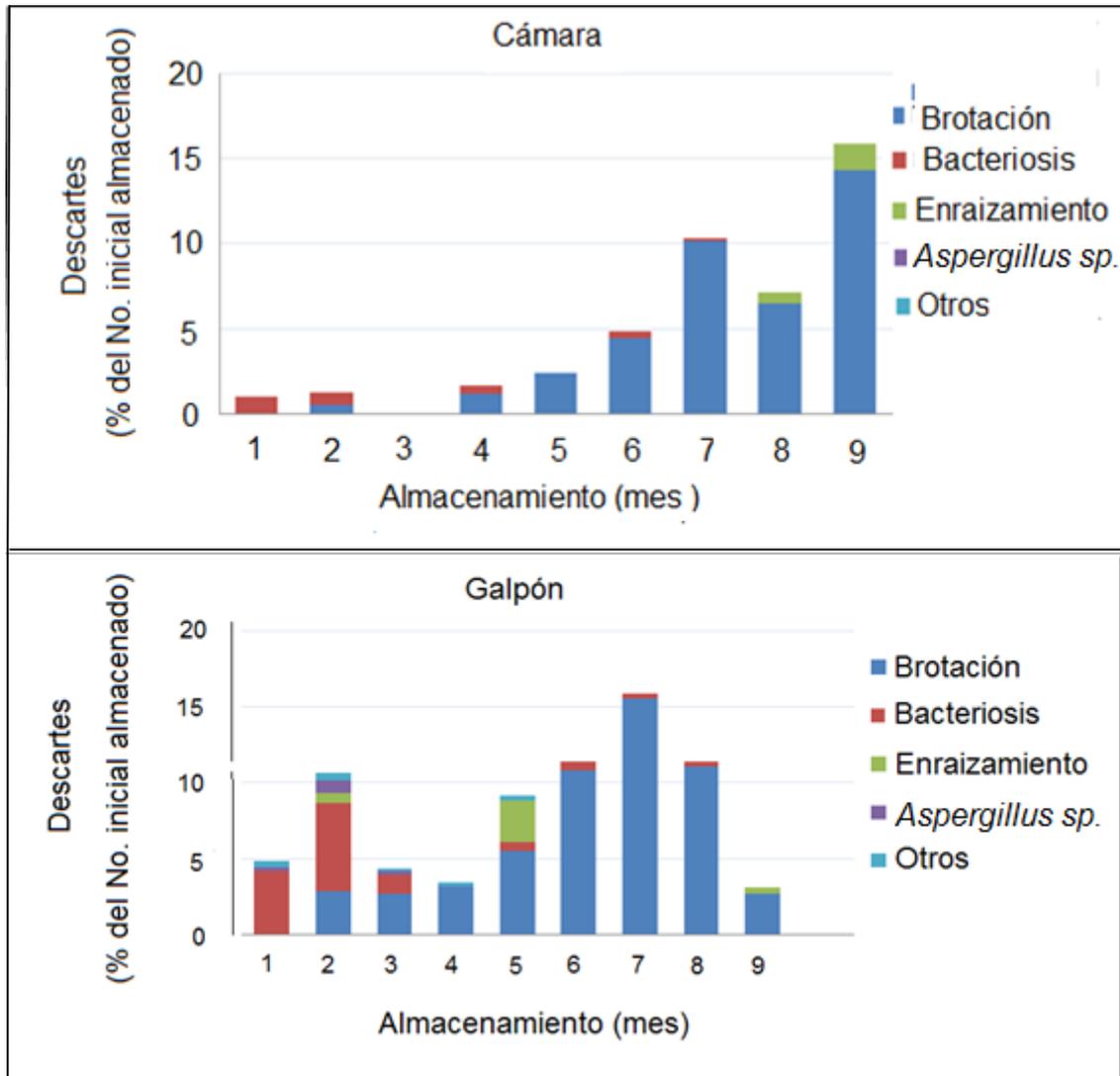


Figura 7. Causas de descarte mensuales de cebollas almacenadas en cámara y galpón durante nueve meses, febrero-noviembre, expresadas como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

4.1.2.1. Descartes por brotación

La brotación fue la principal causa del total de los descartes de cebollas tanto en cámara 39,3% como en galpón 54,6% y comenzó a partir del segundo mes de la conservación en ambos sistemas de almacenamiento.

Cuadro 4. Descartes de cebolla por brotación en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
1(marzo)	0	0	-
2	0,5 ± 0,3 b	3,0 ± 1,0 a	0,0063
3	0,0 ± 0,0 b	2,7 ± 1,0 a	0,0036
4	1,1 ± 0,4 b	3,2 ± 0,7 a	0,0115
5	2,4 ± 0,7	5,6 ± 1,7	0,0576
6	4,4 ± 0,9 b	10,8 ± 2,0 a	0,0020
7	10,1 ± 2,0	15,6 ± 2,8	0,1100
8	6,5 ± 1,8	11,1 ± 2,3	0,1126
9(noviembre)	14,3 ± 3,0 a	2,6 ± 1,3 b	0,0054

Medias ± EE (n=33). Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey ≤ 0,05).

La cantidad de cebolla brotada fue de 2 a 6 veces menor en el almacenamiento refrigerado hasta el sexto mes de la conservación comparado con el almacenamiento sin control de temperatura, galpón. Posteriormente los descartes por brotación fueron similares para los dos tipos de almacenamiento estudiados a excepción del final del estudio 9 meses donde los descartes por brotación fueron 5,5 veces mayores en cámara (Cuadro 4).

El cultivar “Pantanosos del Sauce CRS” se cosecha en la segunda quincena del mes de diciembre por lo cual luego del curado de los bulbos febrero y de dos meses de conservación abril se observa el levantamiento del periodo de reposo e inicio de la brotación, análogos resultados han sido obtenidos en otros estudios reportados por varios autores (Miedema, 1994).

En los primeros seis meses del almacenamiento los descartes por brotación de bulbos respecto al número inicial almacenado fue de 8,5% en cámara y de 25,2% en galpón. En los tres últimos meses del almacenamiento setiembre-noviembre la pérdida de cebollas por brotación registrada en cámara refrigerada y en galpón fue similar, con 30,8% y 29,4% respectivamente.

La baja temperatura de la cámara $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ probablemente prolongó el período de latencia de las cebollas y enlenteció la velocidad de crecimiento del brote a diferencia de lo que sucedió en galpón donde las cebollas salieron antes de su estado de reposo debido a una temperatura promedio mayor $15 \pm 6^{\circ}\text{C}$.

Las temperaturas entre 0 y 5°C detienen el crecimiento de los brotes mientras que temperatura entre 10 a 25°C aumenta 2 a 3 veces la velocidad de elongación de los mismos (Currha y Proctor 1990, Komochi 1990, Miedema 1994).

Cuadro 5. Número de descarte de cebollas por brotación a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	$2,4 \pm 2,4$	$2,2 \pm 2,2$	$28,2 \pm 7,3$	$60,5 \pm 8,0$ a
Galpón	$2,3 \pm 2,3$	$0,0 \pm 0,0$	$30,0 \pm 15,3$	$22,2 \pm 14,7$ b
Valor p	0,9738	0,5815	0,9130	0,0391

Medias \pm EE (n=3) (Tukey $p \geq 0,05$) SA = Sistema de almacenamiento.

El número total de cebollas descartadas por causa de brotación al final del período de vida mostrador posterior a los 2, 4 y 6 meses de almacenamiento cámara y galpón fueron estadísticamente iguales, pero posterior al mes 8 de almacenamiento en cámara las cebollas descartadas por brotación fueron casi 3 veces mayor (Cuadro 5).

4.1.2.2. Descartes por pudriciones bacterianas

Las pudriciones bacterianas fueron la segunda causa de descarte de cebollas en ambos sistemas de almacenamiento.

El total de cebollas descartadas por pudriciones bacterianas fue de 2,8% en cámara y 13% en galpón. En galpón en los primeros tres meses de la conservación se observó de 1 a 8 veces más descartes de cebollas por pudriciones bacterianas que en cámara, pero desde el mes 4 al 9 los descartes de cebolla por pudriciones bacterianas fueron estadísticamente iguales en cada momento evaluado en ambos sistemas de conservación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Descartes de cebolla por pudriciones bacterianas en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
1 (marzo)	1,0 ± 0,4 b	4,2 ± 1,3 a	0,0101
2	0,7 ± 0,5 b	5,8 ± 1,2 a	0,0001
3	0,0 ± 0,0 b	1,2 ± 0,5 a	0,0047
4	0,6 ± 0,3	0,0 ± 0,0	0,1283
5	0,0 ± 0,0	0,6 ± 0,4	0,0805
6	0,4 ± 0,3	0,6 ± 0,4	0,7456
7	0,2 ± 0,2	0,3 ± 0,3	0,7483
8	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,3	0,2357
9 (noviembre)	0	0	-

Medias ± EE (n=33). Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

Cuadro 7. Número de descartes de cebollas por bacteriosis a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	0,0 ± 0,0	15,6 ± 5,5	5,1 ± 3,6	2,6 ± 0,6 b
Galpón	6,8 ± 3,8	7,1 ± 7,1	10 ± 10	44,4 ± 17,6 a
Valor p	0,0868	0,4307	0,5759	0,0001

Medias ± EE (n=3) (Tukey $p \geq 0,05$) SA = Sistema de almacenamiento.

El número total de cebollas descartadas al final del periodo de vida mostrador por causa de pudriciones bacterianas posterior a los 2, 4 y 6 meses de almacenamiento en cámara y galpón fueron estadísticamente iguales, pero posterior al mes 8 de almacenamiento en cámara las cebollas descartadas por bacteriosis fueron significativamente menores respecto al almacenamiento en galpón (Cuadro 7).

4.1.2.3. Descartes por crecimiento de raíces

El enraizamiento de las cebollas significó la tercera causa de descarte.

Cuadro 8. Descartes de cebolla por enraizamiento en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
1 (marzo)	0,0	0,0	-
2	0,0 ± 0,0	0,7 ± 0,5	0,1247
3	0,0	0,0	-
4	0,0	0,0	-
5	0,0 ± 0,0 b	2,8 ± 0,9 a	0,0003
6	0,0	0,0	-
7	0,0	0,0	-
8	0,7 ± 0,4	0,0 ± 0,0	0,1407
9(noviembre)	1,5 ± 0,7	0,4 ± 0,0	0,2761

Medias ± EE (n=33). Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

La cantidad total de cebollas que desarrollaron raíces en cámara alcanzó el 2,2% y en galpón 3,8% respecto al número inicial almacenado con calidad comercial. Solo en julio, el sistema de almacenamiento tuvo un efecto significativo ($p = 0,0003$) que determinó mayor número de descartes de cebollas por enraizamiento en galpón respecto a la cámara (Cuadro 8).

En cámara el control de la temperatura a 5°C, la humedad relativa de 75% y la adecuada circulación del aire constantes permitieron homogeneizar las condiciones en todos los puntos del almacenamiento entre y dentro de las cebollas, evitando que se dieran las condiciones para la condensación del agua sobre la superficie de los bulbos. Por lo tanto, estas condiciones ambientales disminuyeron el desarrollo de las raíces.

La temperatura, HR, y la circulación del aire en galpón no se controlaron por lo tanto, pudo haber mayor variación en el valor de dichas variables durante el día y entre días en todos los puntos del almacenamiento, en dichas condiciones fue posible que se condensara agua sobre las cebollas favoreciendo la formación de raíces en los bulbos (Galmarini et al., 1997).

El enraizamiento registrado en cámara en los dos últimos meses de conservación octubre y noviembre pudo deberse al estado fisiológico avanzado de las cebollas.

Solo el 2,6% de las cebollas que permanecieron 30 días en vida mostrador luego del mes 8 de almacenamiento en cámara desarrollaron raíces sin diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento.

El enraizamiento se puede deber a que al quitar las cebollas de la cámara $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y ser llevadas a las condiciones de vida mostrador $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ el vapor de agua del aire caliente se condensara sobre las cebollas frías. El agua probablemente se mantuvo en la superficie de la cebollas y de los envase estimulando el desarrollo de raíces en algunos bulbos (Brewster, 2008).

4.1.2.4. Descartes por *Aspergillus sp.*

Solo se registraron descartes por *Aspergillus sp.* de cebollas conservadas en galpón.

Cuadro 9. Descartes de cebolla por *Aspergillus sp.* en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
1 (marzo)	$0,0 \pm 0,0$	$0,22 \pm 0,22$	0,2394
2	$0,0 \pm 0,0$	$0,89 \pm 0,53$	0,0588
3	$0,0 \pm 0,0$	$0,25 \pm 0,25$	0,2322
4	0	0	-
5	0	0	-
6	0	0	-
7	0	0	-
8	0	0	-
9 (noviembre)	0	0	-

Medias \pm EE (n=33) (Tukey $p \geq 0,05$).

Los descartes por *Aspergillus sp.* se registraron durante los tres primeros meses del almacenamiento y acumularon 1,4% del total de cebollas inicialmente almacenadas, sin diferencias estadísticas respecto al almacenamiento en cámara (Cuadro 9).

El desarrollo de *Aspergillus sp.* pudo haber sido inhibido por causa de las condiciones de almacenamiento en cámara 5°C y galpón 15°C ya que la enfermedad es favorecida por temperaturas entre 28 y 35°C (Bruna, 1993).

En 30 días de vida mostrador luego del almacenamiento en cámara y galpón en cada momento de la evaluación no hubo cebollas descartadas por causa de *Aspergillus sp.*.

4.1.2.5. Descartes por otras causas

Los descartes de cebolla por otras causas incluyen los daños provocados por ratones, trips, hormigas u otros agentes, con valores muy bajos (1,8%).

Cuadro 10. Descartes de cebolla por otras causas en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del número inicial de cebollas almacenadas

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
1 (marzo)	0,0 ± 0,0	0,44 ± 0,31	0,9210
2	0,0 ± 0,0	0,44 ± 0,44	0,2572
3	0,0 ± 0,0	0,25 ± 0,25	0,2322
4	0,0 ± 0,0	0,25 ± 0,25	0,2514
5	0,0 ± 0,0	0,28 ± 0,28	0,2236
6	0	0	-
7	0	0	-
8	0	0	-
9 (noviembre)	0	0	-

Medias ± EE (n=33) (Tukey $p \geq 0,05$).

Los descartes de cebolla por otras causas solo se registraron en galpón durante el periodo comprendido entre los meses 1 y 5 de almacenamiento sin diferencias estadísticas respecto al almacenamiento en cámara (Cuadro 10).

La presencia de roedores y hormigas es aleatoria. Sin embargo deben tenerse previstas medidas de control dentro de los almacenamientos, más aun en las estructuras abiertas y sin control de temperatura y humedad. Por otro lado, es menos probable que estos problemas estén presentes y se desarrollen en condiciones de temperatura baja 0 - 5°C.

En 30 días de vida mostrador luego del almacenamiento en cámara y galpón no hubo cebollas descartadas que incluyeran daños provocados por ratones, trips, hormigas u otros agentes.

4.1.3. Pérdida de catáfilas externas

El peso de las catáfilas externas desprendidas de las cebollas almacenadas en cámara y galpón en cada mes durante 9 meses de almacenamiento respecto al peso inicial de cebollas almacenadas y a los 30 días de vida mostrador posterior a los 2, 4, 6, y 8 meses de conservación se presenta a continuación.

El peso de las catáfilas externas desprendidas en cámara fue menor 0,08% que en galpón 0,19% al final del periodo de conservación.

Cuadro 11. Peso de catáfilas secas desprendidas de las cebollas en cada mes del almacenamiento en cámara y galpón durante 9 meses, expresado como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
1(marzo)	-	0,05 ± 0,01	0,1747
2	0,01 ± 1,8 ^{-0,4} b	0,07 ± 1,1 ^{-0,3} a	< 0,0001
3	0,01 ± 1,2 ^{-0,4} b	0,02 ± 2,8 ^{-0,4} a	< 0,0001
4	0,01 ± 1,9 ^{-0,4} b	0,02 ± 2,8 ^{-0,4} a	< 0,0001
5	0,01 ± 1,4 ^{-0,4} a	4,6 ^{-0,3} ± 8,2 ^{-0,5} b	< 0,0001
6	0,01 ± 1,9 ^{-0,4} b	0,02 ± 3,4 ^{-0,4} a	< 0,0001
7	0,01 ± 1,5 ^{-0,4} b	0,01 ± 1,9 ^{-0,4} a	< 0,0001
8	0,01 ± 1,3 ^{-0,4} b	0,01 ± 2,4 ^{-0,4} a	< 0,0001
9(noviembre)	0,01 ± 1,9 ^{-0,4} a	0,01 ± 3,2 ^{-0,4} b	0,0227

Medias ± EE (n=33). Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey P ≤ 0,05) (SA = Sistema de almacenamiento).

El sistema de almacenamiento tuvo un efecto significativo en el desprendimiento de las catáfilas secas de las cebollas desde el mes 2 al 9. abril a noviembre. Sólo en los meses 5 y 9 el peso de catáfilas secas desprendidas fue mayor en cámara respecto a galpón (Cuadro 11).

La pérdida de peso de catáfilas secas registradas en cámara y galpón en todo el periodo de almacenamiento explica una pequeña porción de las pérdidas de peso de cebollas con calidad comercial (Komochi, 1990).

Las condiciones de almacenamiento en galpón donde se registraron valores por debajo de 55% HR a diferencia de lo que sucedió en cámara con $75 \pm 5\%$ HR pueden haber provocado que las catáfilas se volvieran menos flexibles, secas, tendieran a partirse y por tanto desprenderse más fácilmente de las cebollas durante su manipulación (Apeland 1971, Currah y Proctor 1990).

En galpón hubo mayor desarrollo de la brotación y esto puede haber provocado que cambiara la forma del bulbo al producirse tensiones en las catáfilas que condujeron a la formación de grietas verticales que se extendieron hacia la parte superior del bulbo provocando el mayor desprendimiento de las mismas (Tanaka et al. 1985c, Tanaka 1991).

Cuadro 12. Peso de catáfilas secas desprendidas de cebollas a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del peso inicial de cebollas almacenadas

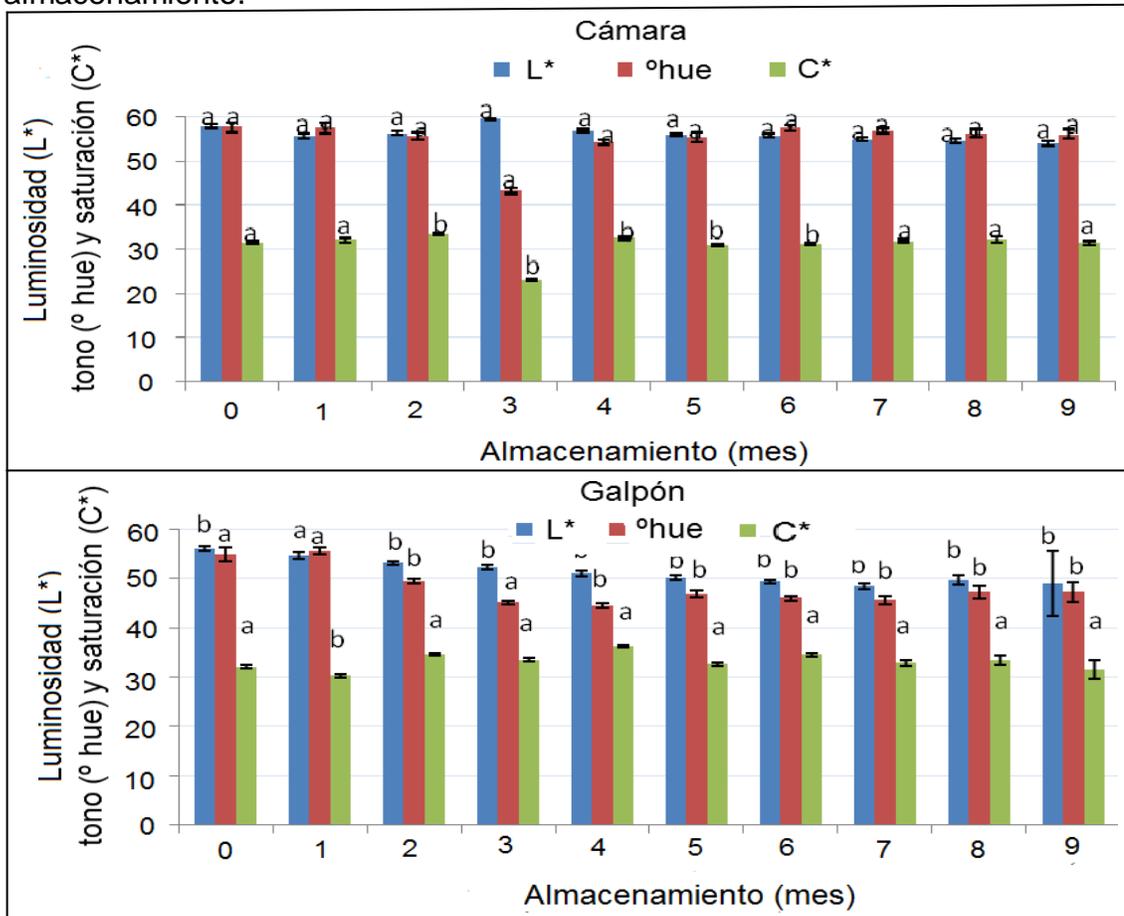
Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	$0,03 \pm 1,4^{-03}b$	$0,04 \pm 4,5^{-03}b$	$0,05 \pm 2,0^{-03}$	$0,05 \pm 1,4^{-03}$
Galpón	$0,04 \pm 8,1^{-04}a$	$0,08 \pm 0,0 a$	$0,05 \pm 0,0$	$0,1 \pm 0,04$
Valor p	0,0069	0,0379	0,2482	0,2879

Medias \pm EE (n=3). Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$) SA = Sistema de almacenamiento.

Luego de 30 días de vida mostrador posterior a los 2 y 4 meses de almacenamiento en cámara la pérdida de catáfilas secas a las cebollas fue menor respecto a las cebollas provenientes de galpón, posterior a los meses 6 y 8 de almacenamiento no hubo diferencias significativas entre ambos sistemas (Cuadro 12).

4.1.4. Color de las catáfilas externas

A continuación se presentan los valores obtenidos de los parámetros del color de las catáfilas externas de las cebollas con calidad comercial que permanecieron en cámara y galpón durante nueve meses y en vida mostrador posterior a los 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cada sistema de almacenamiento.



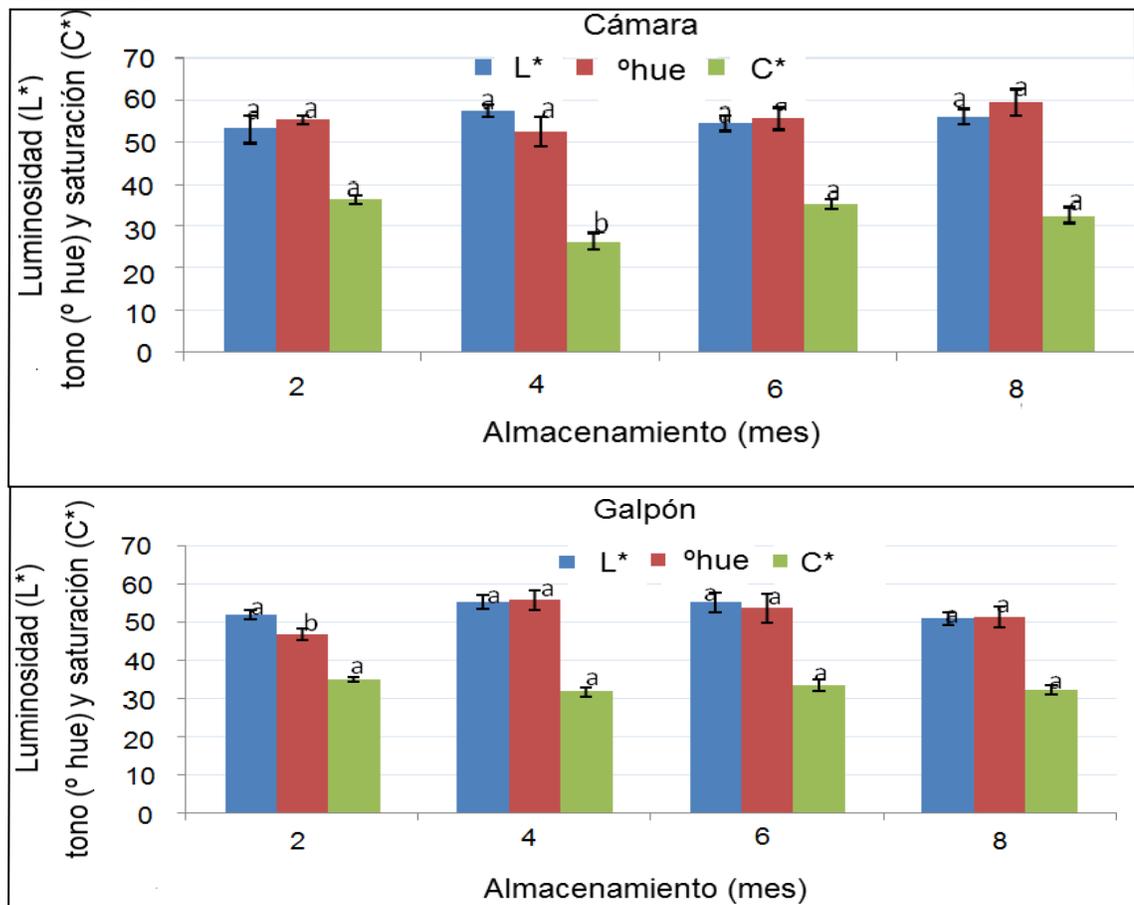
Medias \pm EE (n=33). Para cada variable de color, letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

Figura 8. Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas externas de las cebollas conservadas en cámara y en galpón durante 9 meses, febrero a noviembre

En general, los valores del tono estuvieron en un rango de 43 y 59° los cuales se corresponden al tono naranja-amarillo que en el lenguaje habitual

son las “cebollas de color dorado” o para otros autores como “cebollas amarillas”. Las catáfilas externas de las cebollas que permanecieron en cámara tuvieron un color promedio con luminosidad de 56,2; tono 55,1 ° y saturación de 31,2. Las catáfilas externas de las cebollas que permanecieron en galpón tuvieron un promedio de luminosidad de 51,3; tono 48,2 ° y saturación de 33,2 (Figura 8).

El color de las catáfilas externas de las cebollas conservadas en cámara fueron más luminosas, con un tono menos naranja y menos saturadas que las cebollas conservadas en galpón en la mayor parte de los momentos evaluados.



Medias ± EE (n=3). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

Figura 9. Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas externas de las cebollas en 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4,6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón

Las condiciones al final de vida mostrador permitieron homogeneizar los parámetros del color de las catáfilas externas de las cebollas provenientes de cámara y galpón en casi todos los momentos evaluados determinando que fueran luminosas, con un tono anaranjado y poco saturado (Figura 9).

4.1.5. Número y espesor de las catáfilas secas

A continuación se presentan los resultados cada dos meses del número y espesor de las catáfilas secas de cebolla con calidad comercial almacenadas en cámara y galpón durante 8 meses y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses.

Cuadro 13. Número de catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor – p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	1,7 ± 0,12	1,7 ± 0,12	-
2	1,9 ± 0,9 b	2,5 ± 0,09 a	<0,0001
4	1,7 ± 0,07	1,6 ± 0,09	0,1361
6	1,6 ± 0,09	1,7 ± 0,13	0,6501
8 (octubre)	1,7 ± 0,13	2,0 ± 0,17	0,1511

Medias ± EE (n=3). Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \geq 0,05$).

El número promedio de catáfilas secas de las cebollas almacenadas en cámara fue 1,7 y en galpón 1,9.

El sistema de almacenamiento en el mes 2 tuvo un efecto significativo ($p=0,001$) que determinó menor número de catáfilas secas en las cebollas conservadas en cámara respecto a galpón. En los restantes meses no hubo diferencias entre ambos sistemas (Cuadro 13).

Los resultados indicarían que las cebollas en galpón se secan en los dos primeros meses de la conservación marzo-abril y posteriormente pierden algunas catáfilas externas.

Marquisa y Mola (1999) en las condiciones de almacenamiento en galpón con el cultivar “Pantanosos del Sauce CRS” en abril en el Sur de Uruguay obtuvieron la misma cantidad de catáfilas secas que se obtuvo en el presente estudio.

Cuadro 14. Número de catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	1,8 ± 0,23	1,5 ± 0,16 b	1,3 ± 0,17	1,9 ± 0,13
Galpón	2,2 ± 0,21	2,1 ± 0,14 a	1,3 ± 0,21	1,8 ± 0,25
Valor p	0,2680	0,0066	>0,9999	0,6616

Medias ± EE (n=3). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \geq 0,05$) SA = Sistema de almacenamiento.

Al final de la vida mostrador luego de 4 meses de almacenamiento el número de catáfilas secas de las cebollas en cámara fue menor 1,5 respecto a galpón 2,1, pero no se encontraron diferencias entre sistema de almacenamiento para esta variable en los otros momentos de la vida mostrador evaluados (Cuadro 14).

Cuadro 15. Espesor de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre, expresado en mm

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor – p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	0,15 ± 0,02	0,15 ± 0,02	-
2	0,10 ± 0,01 b	0,13 ± 0,01 a	0,0239
4	0,10 ± 0,01 b	0,12 ± 0,01 a	0,0343
6	0,10 ± 0,01 a	0,08 ± 0,01 b	0,0273
8 (octubre)	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,9125

Medias ± EE (n=3). Letras distintas dentro de la columna indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \geq 0,05$).

El espesor promedio de las catáfilas secas de las cebollas almacenadas en cámara fue 0,11 y en galpón 0,12 mm.

El espesor de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial almacenadas en cámara fue menor en los meses 2 y 4 respecto a galpón. En el mes 6 el espesor de las catáfilas secas fue mayor en cámara.

Sólo en el mes 8 el espesor de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial fue igual estadísticamente en cámara y galpón (Cuadro 15).

Cuadro 16. Espesor de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón expresado en mm

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	0,15 ± 0,03	0,09 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,15 ± 0,02
Galpón	0,10 ± 0,02	0,09 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01
Valor p	0,1528	0,7574	0,2905	0,1159

Medias ± EE (n=3) (Tukey p ≥ 0,05) SA = Sistema de almacenamiento.

El espesor de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial en todos los momentos evaluados a los 30 días de vida mostrador luego del almacenamiento en cámara y galpón fue igual estadísticamente (Cuadro 16).

Tanaka et al. (1985c), Tanaka (1991), Hole et al. (2002) en diferentes estudios realizados obtuvieron valores similares a los registrados en el presente trabajo en el número y espesor promedio de las catáfilas secas de las cebollas con calidad comercial.

4.1.6. Índice de cerrado del cuello

La evaluación cada dos meses del índice del cerrado de cuello de las cebollas con calidad comercial almacenadas en cámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses se presenta a continuación.

El índice del cerrado de cuello promedio de las cebollas conservadas en cámara fue 7,0 mientras que en galpón fue 6,4.

Los valores más bajos del índice de cerrado de cuello registrados en galpón en los meses 2 y 6 indicaría cuello más abierto por la brotación del bulbo, perdiendo calidad y reduciendo por tanto la conservación del mismo (Cuadro 17).

Cuadro 17. Índice de cerrado del cuello de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y en galpón durante 8 meses, febrero – octubre, expresado como, ICC = diámetro ecuatorial / diámetro de cuello

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	6,8 ± 0,3	6,8 ± 0,3	-
2	8,2 ± 0,6 a	7,0 ± 0,2 b	0,0435
4	7,8 ± 0,3	6,9 ± 0,3	0,0771
6	8,8 ± 0,6 a	5,8 ± 0,2 b	0,0007
8(octubre)	6,6 ± 0,4	6,7 ± 0,5	0,8362

Medias ± EE (n=3). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

Marquisa y Mola (1999) determinaron una fuerte correlación positiva entre el índice de cerrado del cuello y la conservación, a mayor índice de cerrado de cuello mayor conservación de las cebollas.

Cuadro 18. Índice de cerrado del cuello de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, ICC = diámetro ecuatorial / diámetro de cuello

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	8,7 ± 0,8	7,4 ± 0,5	10,7 ± 1,0	7,5 ± 0,6
Galpón	8,1 ± 0,5	6,6 ± 0,3	8,7 ± 0,9	7,6 ± 0,5
Valor p	0,4717	0,1132	0,1931	0,8065

Medias ± EE (n=3) (Tukey $p \geq 0,05$) SA = Sistema de almacenamiento.

El índice de cerrado de cuello de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de la vida mostrador fue igual en todos los momentos luego del almacenamiento en cámara y galpón (Cuadro 18).

4.1.7. Cobertura de las cebollas con catáfilas secas

A continuación se presenta la evolución de la cobertura de las cebollas con calidad comercial con catáfilas secas evaluada cada dos meses en cámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador posterior al almacenamiento en cámara y galpón por 2, 4, 6 y 8 meses.

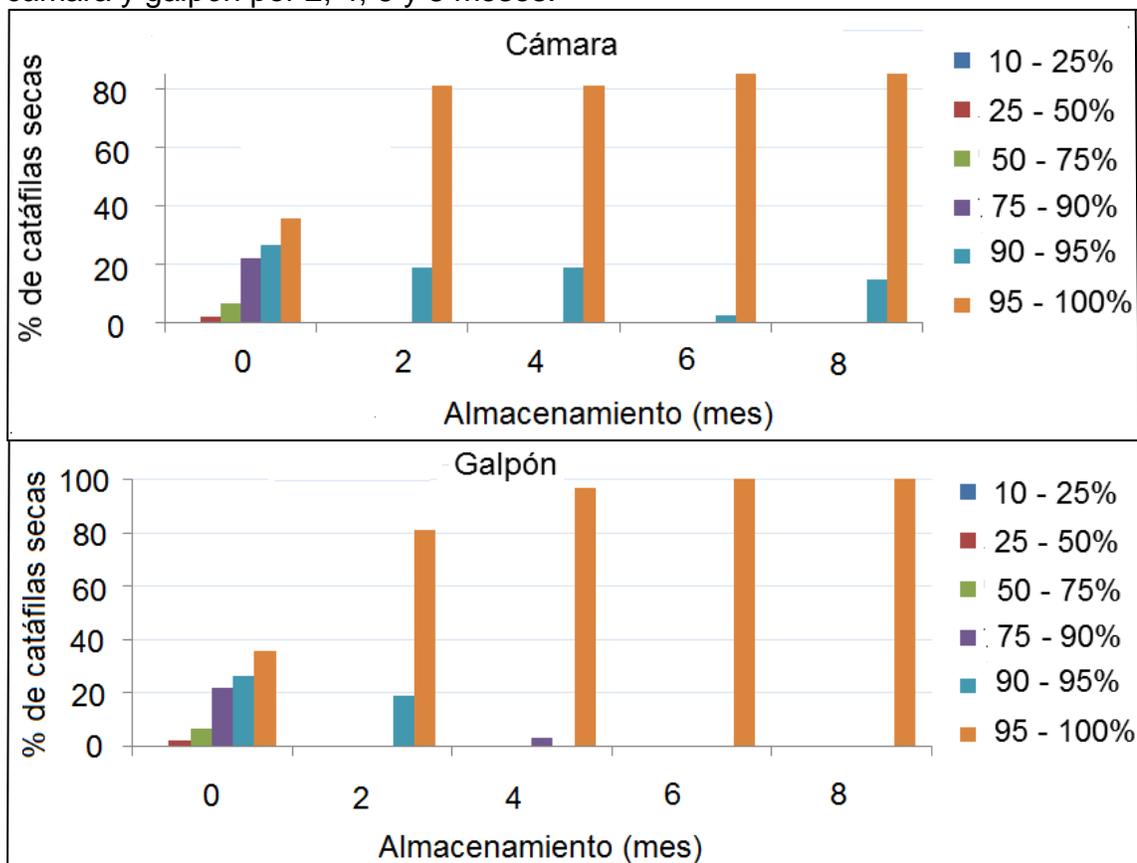


Figura 10. Evolución de la superficie externa de las cebollas recubiertas con catáfilas secas conservados en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre, expresada como, porcentaje del total de la superficie de las cebollas

Las cebollas con calidad comercial al inicio del almacenamiento tenían entre 25-100% de la superficie externa recubierta con catáfilas secas.

En cámara desde el mes 2 hasta el mes 8 las cebollas con calidad comercial tuvieron entre 90-100% de la superficie externa recubierta con catáfilas secas.

En galpón en el mes 2 las cebollas tuvieron entre 90-100% de la superficie externa recubierta con catáfilas secas, en el mes 4 tuvieron entre 75-100% de la superficie externa recubierta por catáfilas secas, pero desde el mes 6 hasta el mes 8 todas las cebollas con calidad comercial tuvieron entre 95-100% de la superficie externa recubierta con catáfilas secas (Figura10)

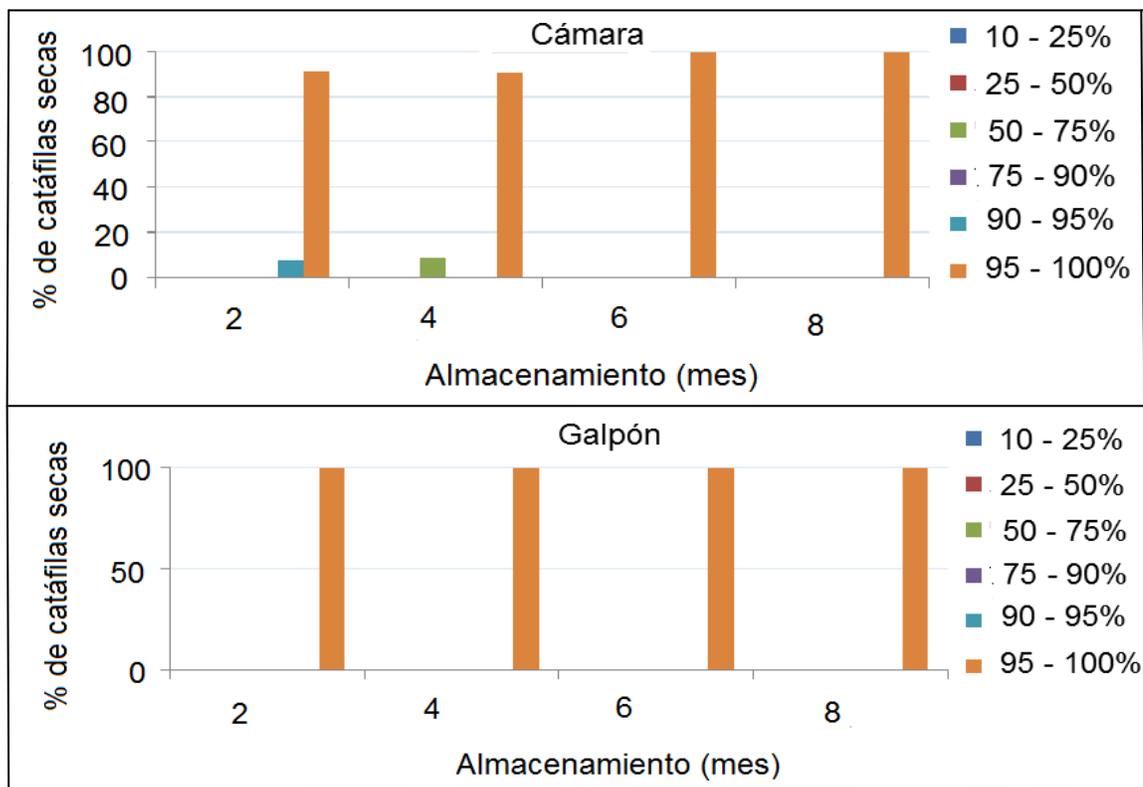


Figura 11. Superficie externa de las cebollas con calidad comercial recubiertas con catáfilas secas a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresada como, porcentaje del total de la superficie de las cebollas

Las cebollas a los 30 días de vida mostrador posterior a los 6 y 8 meses de conservación provenientes de cámara lograron que todos los bulbos tuviesen entre 95-100% de la superficie cubierta con catáfilas secas. En tanto, las cebollas a los 30 días de vida mostrador provenientes de galpón lograron a partir del segundo mes de almacenamiento que todos los bulbos tuviesen entre 95-100% de la superficie cubierta con catáfilas secas (Figura 11).

4.1.8. Porcentaje de cebollas con *Aspergillus sp.*

La incidencia y severidad de *Aspergillus sp.* sobre la superficie de las cebollas con calidad comercial evaluada cada dos meses en cámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento en cada sistema de conservación por 2, 4, 6 y 8 meses se presenta a continuación.

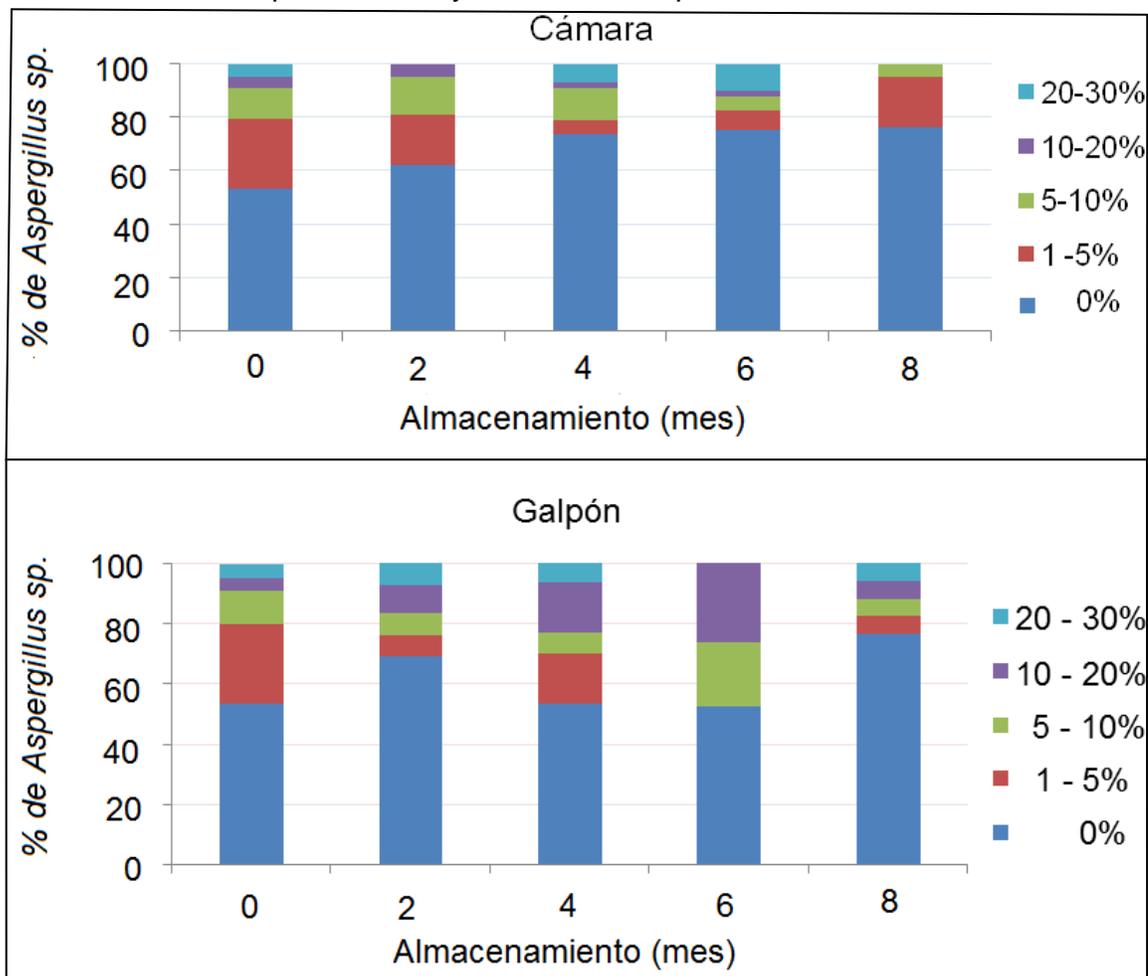


Figura 12. Incidencia y severidad de *Aspergillus sp.* en la superficie de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero – octubre, expresado como, porcentaje del total de la superficie del bulbo

El 53,3% de las cebollas con calidad comercial almacenadas en cámara y galpón al inicio del almacenamiento mes 0 no presentaron signos de *Aspergillus sp.* sobre la superficie externa. En tanto, el 46,7% restante que presentó signos de la enfermedad fue con distintos niveles de severidad.

En cámara el nivel de incidencia de *Aspergillus sp.* en la superficie de las cebollas disminuyó hasta el mes 4 y se mantuvo constante hasta el mes 8 fin de la evaluación afectando el 23,8% de las mismas con baja severidad, menor al 10% de la superficie externa de las cebollas.

Las cebollas almacenadas en galpón tuvieron mayor nivel de incidencia de *Aspergillus sp.* en los meses 4 y 6, con diferentes niveles de severidad, en el mes 8 el nivel de incidencia de la enfermedad fue de 23,6% prácticamente igual que en cámara, pero con un nivel de severidad de hasta el 30% (Figura 12).

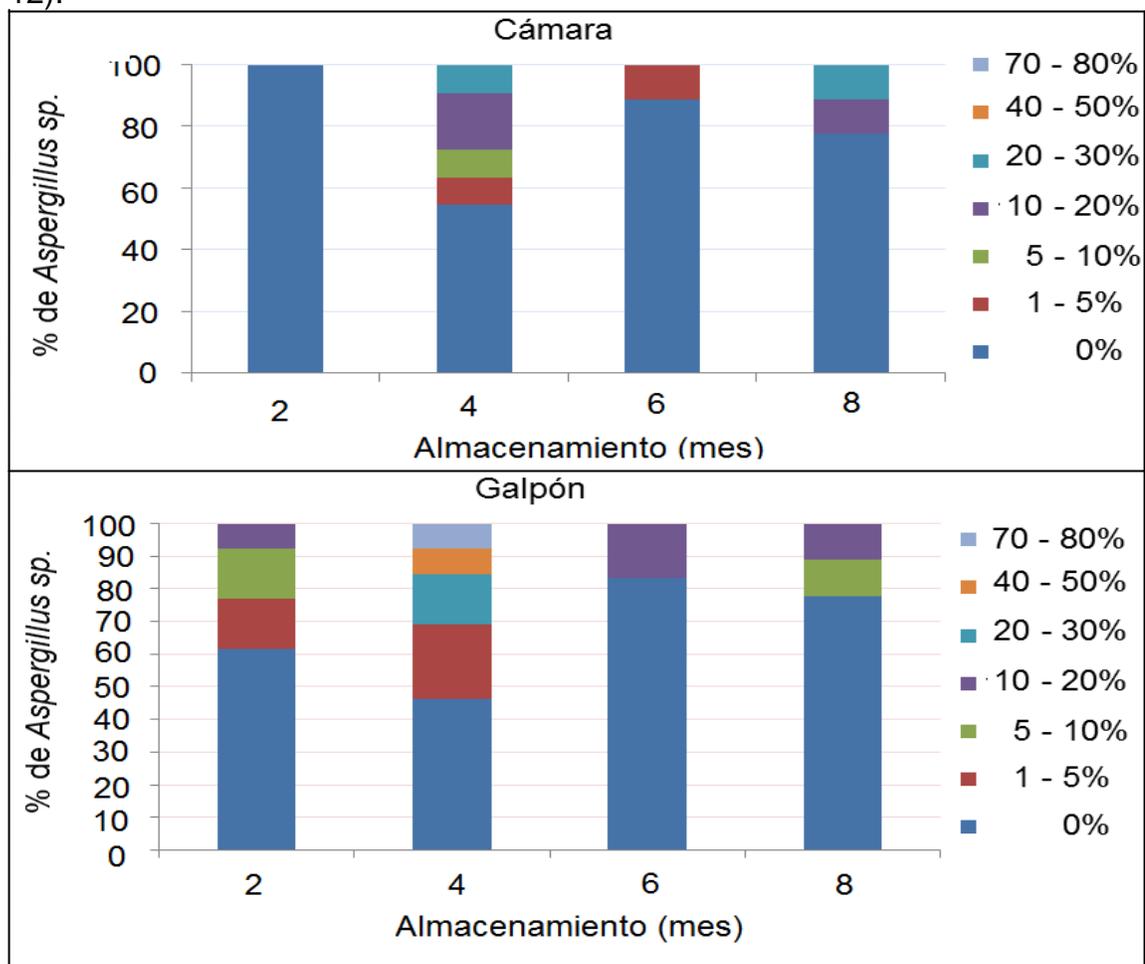


Figura 13. Incidencia y severidad de *Aspergillus sp.* en la superficie de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresada como porcentaje del total de la superficie del bulbo

Al final de 30 días de vida mostrador luego de 2, 4 y 6 meses de almacenamiento de las cebollas provenientes de galpón la incidencia y severidad de *Aspergillus sp.* fue mayor respecto de las cebollas que provenientes de cámara .

Posterior al mes 8 la incidencia de la enfermedad en las cebollas provenientes de ambos sistemas fue similar, pero con mayor severidad en las cebollas provenientes de galpón (Figura 13).

Las condiciones de temperatura y humedad en la cámara 5 °C y 75% HR redujeron la incidencia y severidad de *Aspergillus sp.* sobre la superficie de las catáfilas externas de las cebollas. Por el contrario, las temperaturas más altas y variables registradas en el sistema de almacenamiento tradicional 15 ± 6 °C y 84 ± 14% HR permitieron observar mayor nivel de severidad.

4.2. CALIDAD INTERNA DE LAS CEBOLLAS

4.2.1. Bacteriosis no visible externamente en las cebollas

La incidencia y severidad de la pudrición interna bacteriana en las cebollas con calidad comercial evaluada cada dos meses en cámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses se muestran en los siguientes cuadros.

Cuadro 19. Incidencia de pudrición bacteriana en el interior de las cebollas conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre, expresada como, porcentaje de bulbos con bacteriosis

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	20 ± 6,0	20 ± 6,0	-
2	2,4 ± 2,4	9,5 ± 4,6	0,1705
4	14,3 ± 5,5	6,7 ± 4,6	0,3173
6	2,5 ± 2,5	13 ± 7,2	0,1016
8 (octubre)	9,5 ± 6,6	0,0 ± 0,0	0,2152

Medias ± EE (n=10) (Tukey p ≥ 0,05).

Cuadro 20. Severidad de pudrición interna bacteriana de las cebollas conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre, expresada como, porcentaje de catáfilas internas con bacteriosis

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	7,6 ± 3,2	7,6 ± 3,2	-
2	0,5 ± 0,1	3,7 ± 1,9	0,1167
4	2,6 ± 1,1	1,4 ± 1,0	0,4122
6	1,8 ± 1,8	6,0 ± 3,5	0,2413
8(octubre)	3,4 ± 2,4	0,0 ± 0,0	0,2108

Medias ± EE (n=10) (Tukey p ≥ 0,05).

El 20% de las cebollas con calidad comercial al inicio del periodo de almacenamiento mes 0 en cámara y galpón presentaron catáfilas internas afectadas por pudrición bacteriana, con una severidad del 7,6% (Cuadros 19 y 20).

Durante la conservación en cámara la incidencia de pudriciones bacterianas no visibles externamente en los bulbos fue entre 2,4 y 14% y para las almacenadas en galpón de 6,7 y 13%.

En cámara el nivel severidad de pudrición interna bacteriana tuvo valores de entre 0,5 a 3,4 %, mientras que en el galpón los valores fueron entre 1,4 y 6%.

En cada momento de la conservación evaluada no se observaron diferencias estadísticas entre los sistemas de almacenamiento cámara y galpón en el nivel de incidencia y severidad de pudrición interna.

Cuadro 21. Incidencia de pudrición interna bacteriana de cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje de bulbos con bacteriosis

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	8,3 ± 3,3	0,0	11,1 ± 8,1	11,1 ± 5,1
Galpón	7,7 ± 2,7	0,0	0,0	11,0 ± 2,1
Valor p	0,9553	-	0,4346	0,6799

Medias ± EE (n=10) (Tukey p ≥ 0,05) SA = Sistema de almacenamiento.

Cuadro 22. Severidad de pudrición interna bacteriana de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje de catáfilas internas con bacteriosis

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	2,4 ± 0,4	0,0	1,2 ± 1,0	2,5 ± 1,5
Galpón	1,7 ± 0,9	0,0	0,0	4,8 ± 0,8
Valor p	0,8182	-	0,4346	0,6748

Medias ± EE (n=10) (Tukey p ≥ 0,05) SA = Sistema de almacenamiento.

El sistema de almacenamiento no tuvo efecto sobre la incidencia y severidad de pudriciones bacterianas en el interior de los bulbos en ninguno de los momentos evaluados luego de 30 días de vida mostrador (Cuadros 21 y 22).

4.2.2. Crecimiento del brote en el interior de las cebollas

A continuación se presentan los resultados del crecimiento del brote no visible exteriormente en las cebollas con calidad comercial evaluada cada dos meses en cámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses.

Cuadro 23. Crecimiento interno del brote de cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y en galpón durante ocho meses, febrero – octubre, expresado como, porcentaje del diámetro longitudinal

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	0	0	-
2	10,5 ± 2,9	8,2 ± 3,5	0,5163
4	19,1 ± 4,1 b	42,9 ± 6,6 a	0,0022
6	31,7 ± 5,5	47,0 ± 9,2	0,1222
8 (octubre)	77,4 ± 6,5	56,9 ± 8,2	0,0559

Medias ± EE (n=10). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey p ≥ 0,05).

El crecimiento interno del brote de las cebollas en cámara y galpón en los meses 2, 6 y 8 fue igual estadísticamente excepto en el mes 4 donde el crecimiento del mismo fue mayor en galpón (Cuadro 23).

La temperatura en cámara a 5 °C puede haber prolongado el periodo de latencia, retrasado el inicio y enlentecido la velocidad de brotación en las cebollas (Chitarra y Chitarra, 2005).

La temperatura de galpón 15 °C fue la óptima para el desarrollo del brote (Miedma, 1994).

Cuadro 24. Crecimiento interno del brote de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado como, porcentaje del diámetro longitudinal

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	23,7 ± 8,3	53,1 ± 13,4	54,6 ± 16,9	66,9 ± 14,9
Galpón	22,0 ± 7,4	47,6 ± 12	46,3 ± 16,4	45,5 ± 17,5
Valor p	0,8797	0,7605	0,7375	0,3675

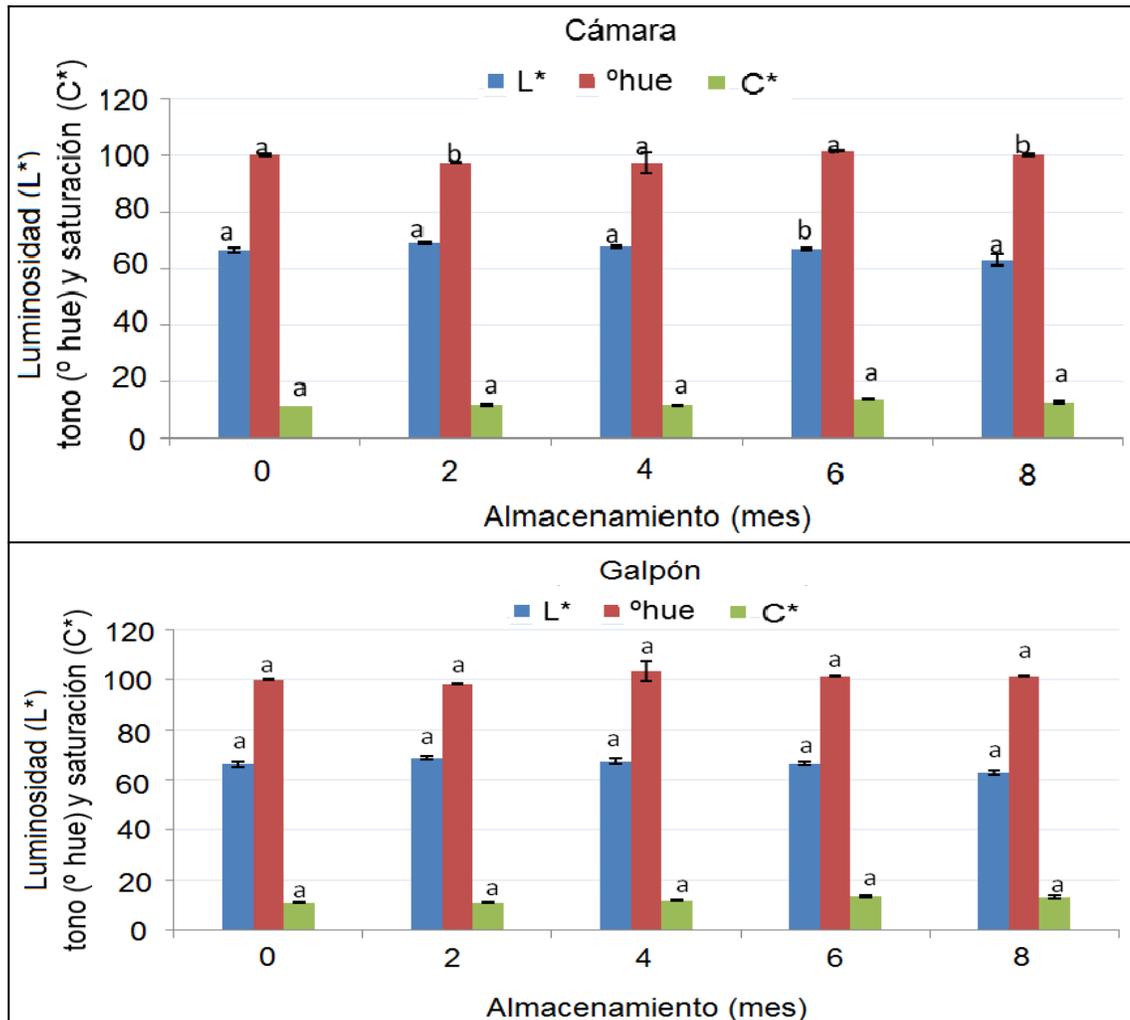
Medias ± EE (n=10) (Tukey p ≥ 0,05) SA = Sistema de almacenamiento.

En 30 días de vida mostrador luego del almacenamiento en cámara y galpón el crecimiento interno del brote de las cebollas con calidad comercial en cada mes evaluado fue igual estadísticamente (Cuadro 24).

4.2.3. Color de catáfilas internas

La evolución de los parámetros del color de las catáfilas internas de las cebollas con calidad comercial evaluada cada dos meses en cámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses se presentan a continuación.

Las catáfilas internas de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara tuvieron un color promedio con L*66,5; tono de 99,4° hue y saturación 12,1 y las cebollas provenientes de galpón un valor de L* 67,5 tono 101,1 y saturación 12,3 (Figura 14)

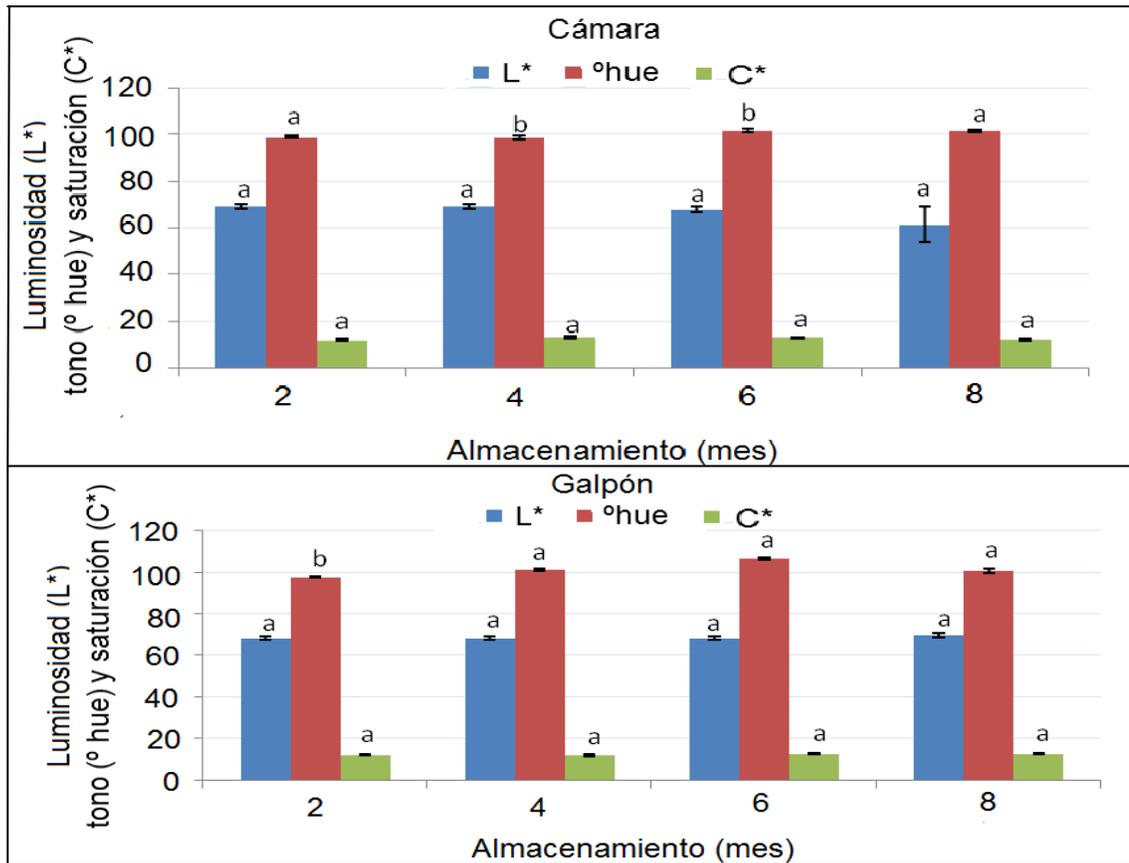


Medias \pm EE (n=33). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

Figura 14 Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas internas de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y en galpón durante 8 meses, febrero a octubre

El tono del color de las catáfilas internas de las cebollas almacenadas correspondió al color amarillo durante todos los meses de almacenamiento.

En ambos sistemas de almacenamiento las catáfilas internas de las cebollas fueron de color brillante y poco saturado durante todos los meses sin diferencias estadísticas significativas excepto en el mes 6 donde las cebollas que permanecieron en galpón fueron algo más luminosas.



Medias \pm EE (n=3). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \leq 0,05$).

Figura 15. Luminosidad (L*) tono (°hue) y saturación (C*) del color de las catáfilas internas de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón

El color de las catáfilas internas de las cebollas a los 30 días de vida mostrador posteriores al almacenamiento en cámara y galpón fue de un tono e amarillo con similar luminosidad y saturación en todos los momentos evaluados (Figura 15).

4.2.4. Contenido de materia seca

A continuación se presentan los resultados del contenido de materia seca en las cebollas con calidad comercial evaluada cada dos meses encámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses.

Cuadro 25. Contenido de materia seca de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero-octubre expresado en porcentaje

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	8,6 ± 0,2	8,6 ± 0,2	-
2	8,5 ± 0,2	9,0 ± 0,2	0,0812
4	8,1 ± 0,2	7,6 ± 0,2	0,0703
6	8,2 ± 0,1	8,2 ± 0,1	0,9741
8(octubre)	8,2 ± 0,1	8,2 ± 0,2	0,9074

Medias ± EE (n=10) (Tukey p ≥ 0,05).

El contenido de materia seca de las cebollas con calidad comercial almacenadas en cámara y galpón desde febrero mes 0 a octubre mes 8 fue igual estadísticamente en todos los meses con un valor promedio de 8,3% (Cuadro 25).

La pérdida de agua por deshidratación y/o los procesos metabólicos de los bulbos no provocaron diferencias estadísticas en el contenido de materia seca de las cebollas entre los sistemas de almacenamiento en todos los momentos evaluados.

Los valores obtenidos en el contenido de materia seca en este estudio están dentro del rango mencionado por varios autores, pero son diferentes a los obtenidos por Islam et al. (2019) que trabajando con seis cultivares de cebollas obtuvieron un descenso de 10,2 a 8,6% en 110 días de conservación a 0°C y 90% de HR.

Chandrashekar (2014) menciona que las cebollas con alto contenido de materia seca tienden a acumular más fructanos condicionando a una conservación mayor del bulbo, mientras que las cebollas con bajo contenido de materia seca acumulan azúcares simples glucosa y fructosa relacionados a una baja conservación del bulbo.

Cuadro 26. Contenido de materia seca de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cámara y galpón, expresado en, porcentaje

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	7,9 ± 0,2 b	8,4 ± 0,4	8,6 ± 0,3	8,3 ± 0,2
Galpón	8,6 ± 0,3 a	9,0 ± 0,4	8,5 ± 0,4	7,9 ± 0,2
Valor p	0,0343	0,2847	0,7762	0,2277

Medias ± EE (n=10). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey $p \geq 0,05$) SA = Sistema de almacenamiento.

El contenido de materia seca de las cebollas a los 30 días de vida mostrador después de los meses 4, 6 y 8 del almacenamiento en cámara y galpón fue igual estadísticamente.

La excepción fue a los 30 días posterior a los 2 meses de conservación en cada sistema de almacenamiento, momento en el cual las cebollas provenientes de cámara tuvieron menor cantidad de materia seca que las provenientes de galpón con 7,9% y 8,6% respectivamente (Cuadro 26).

4.2.5. Contenido de sólidos solubles totales

Por último se presentan los resultados obtenidos del contenido de sólidos solubles totales en las cebollas con calidad comercial evaluados cada dos meses en cámara y galpón y a los 30 días de vida mostrador después del almacenamiento por 2, 4, 6 y 8 meses.

El contenido de sólidos solubles totales promedio de las cebollas con calidad comercial conservadas durante 8 meses fue de 8,1°Brix en cámara y de 7,8 °Brix en galpón.

El contenido de SST de las cebollas fue menor en el galpón frente a las cebollas almacenadas en cámara sólo en los meses 4 y 6 de la conservación (Cuadro 27).

Cuadro 27. Contenido de sólidos solubles totales de las cebollas con calidad comercial conservadas en cámara y galpón durante 8 meses, febrero – octubre expresado en °Brix

Almacenamiento (meses)	Sistema de almacenamiento		Valor p
	Cámara	Galpón	
0 (febrero)	8,3 ± 0,1	8,3 ± 0,1	-
2	8,6 ± 0,1	8,9 ± 0,1	0,0765
4	7,6 ± 0,1 a	6,9 ± 0,3 b	0,0213
6	8,1 ± 0,2 a	7,5 ± 0,1 b	0,0010
8(octubre)	7,8 ± 0,1	7,5 ± 0,1	0,1777

Medias ± EE (n=10). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey p ≥ 0,05).

Mola y Marquisa (1999) mencionan que hay una correlación positiva entre el contenido de SST y la conservación de las cebollas, vincularon un mayor contenido de sólidos solubles a menores pérdidas por brotación.

Benkeblia y Seleseltet-Attou (1999), Benkeblia (2003) encontraron un incremento de SST en los dos primeros meses del almacenamiento relacionándolos con el inicio de la brotación.

Cuadro 28. Contenido de sólidos solubles totales de las cebollas con calidad comercial a los 30 días de vida mostrador posterior a 2, 4, 6 y 8 meses de almacenamiento en cámara y galpón, expresado en °Brix

Tiempo de almacenamiento (meses) + 30 (días)				
SA	2+30	4+30	6+30	8+30
Cámara	8,2 ± 0,3	7,5 ± 0,2	8,4 ± 0,2	8,3 ± 0,3 a
Galpón	8,3 ± 0,2	8,0 ± 0,3	8,2 ± 0,3	7,1 ± 0,3 b
Valor p	0,7769	0,1477	0,6966	0,005

Medias ± EE (n=10). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre sistemas de almacenamiento para un mismo momento de conservación (Tukey p ≥ 0,05) SA = Sistema de almacenamiento.

El contenido de SST de las cebollas a los 30 días de vida mostrador después de los meses 2, 4 y 6 del almacenamiento en cámara y galpón fue igual excepto después del mes 8, en donde el contenido en cámara fue mayor que en galpón con 8,3 y 7,1°Brix respectivamente (Cuadro 28).

Las condiciones de temperatura y humedad durante los 30 días de vida mostrador en todos los tratamientos fueron similares y constantes 20 ± 2 °C y $75 \pm 5\%$ HR lo cual probablemente homogenizó las tasas metabólicas de los bulbos independientemente del sistema de conservación del que provenían las cebollas hasta el octavo mes de almacenamiento.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación muestran que las cebollas con calidad comercial del cultivar "Pantanos del Sauce CRS" almacenadas en cámara de frío 5°C y 75%HR presentaron menor pérdida de peso en todos los momentos evaluados, respecto al sistema de almacenamiento tradicional galpón 15 ± 6 °C.

La cantidad de cebolla con calidad comercial obtenida durante todos los meses en ambos sistemas de almacenamiento se ajustaron con un alto coeficiente de regresión $R^2 = 0,97$ a la ecuación lineal para el galpón y con la ecuación cuadrática para la cámara refrigerada.

A partir del sexto mes de la conservación la tasa mensual de pérdida de peso de cebollas con calidad comercial fue similar entre los dos sistemas de almacenamiento evaluados, 12% en galpón y 15,7% en cámara.

Las principales causas de descartes de cebollas en ambos sistemas de conservación fueron la brotación de los bulbos 54,6% galpón; 39,3% cámara seguida de las bacteriosis 13% galpón, 2,8% cámara con muy poca importancia por otras causas.

En los primeros cuatro meses del almacenamiento la cámara refrigerada redujo a la mitad la velocidad de la brotación y hasta seis veces los descartes por pudriciones bacterianas de las cebollas respecto al almacenamiento en galpón.

La incidencia de *Aspergillus sp.* sobre la superficie externa de las cebollas fue baja 23,8% en ambos sistemas de almacenamiento al final del periodo de conservación, pero con mayor severidad en galpón.

En gran parte de los momentos evaluados no hubo efecto del sistema de almacenamiento para el color, espesor y número de catáfilas externas secas, materia seca, ni en el contenido de SST.

Más estudios son necesarios para poder confirmar la estabilidad en los resultados obtenidos con el cultivar "Pantanos del Sauce CRS" en cámara refrigerada, ya que los resultados de la conservación son muy dependientes de la calidad inicial del lote de cebollas, que a su vez la calidad inicial de las cebolla que se almacenan es muy dependiente de las condiciones de manejo y del clima durante el cultivo y en cosecha.

6. RESUMEN

El abastecimiento del mercado de cebolla en Uruguay depende en gran medida de la conservación poscosecha de los bulbos, que se extiende hasta por más de seis meses después de la cosecha. En este trabajo, se evaluó la cantidad y calidad de cebollas del cultivar "Pantanosos del Sauce CRS" conservadas de febrero a noviembre en dos sistemas de almacenamiento: cámara refrigerada, $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $75 \pm 5\%$ HR y galpón tradicional sin control de temperatura ni HR $15 \pm 6^{\circ}\text{C}$ y $84 \pm 14\%$ HR. Además, se determinó la calidad de las cebollas después de 30 días en vida mostrador luego de 2, 4, 6 y 8 meses de conservación en cada sistema mencionado. Las variables medidas fueron el porcentaje en peso de cebollas con calidad comercial, el número de los descartes por brotación, pudriciones bacterianas, enraizamiento, incidencia y severidad de *Aspergillus sp*, el color, espesor y número de catáfilas externas. Además, se determinó en el interior del bulbo el color, el contenido de materia seca (MS) y los sólidos solubles totales (SST) y antes de ser visible externamente el brote y bacteriosis. La tasa mensual de pérdida de peso de cebolla con calidad comercial (y) obtenida en los meses (x) de almacenamiento se ajustó a las ecuaciones $y = -10,5x + 115,0$ para el galpón e $y = -1,3x^2 + 7,4x + 89,1$ para la cámara refrigerada con $R^2 = 0,97$ en ambos sistemas de almacenamiento. Las principales causas de los descartes del número de cebollas con defectos visibles fueron la brotación 54,6% galpón; 39,3% cámara seguida de las bacteriosis 13% galpón; 2,8% cámara. Al mes de agosto hubo 3,0 y 4,6 veces más descartes por brotación y pudriciones de las cebollas a la salida del almacenamiento del galpón respecto a la cámara. La conservación en la cámara refrigerada redujo a la mitad la velocidad de la brotación y las pérdidas por pudrición de las cebollas. El nivel de incidencia de *Aspergillus niger* sobre la superficie externa de las cebollas se redujo a la mitad en ambos sistemas de conservación desde el inicio 46,7% a 23,8%, pero con una severidad de hasta el 10% en cámara y 30% en galpón al final del periodo de almacenamiento. En gran parte de los momentos evaluados no hubo efecto del SA y/o en vida mostrador para el color, espesor y número de catáfilas externas secas, materia seca y contenido de SST.

Palabras clave: *Allium cepa*; Cebolla; Cámara refrigerada; Galpón; Conservación.

7. SUMMARY

The supply of the onion market in Uruguay depends to a great extent on the post-harvest conservation of the bulbs, which lasts for more than six months after harvest. In this work, the quantity and quality of onions from the cultivar "Pantanoso del Sauce CRS" preserved from February to November in two storage systems: refrigerated chamber, $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $75 \pm 5\%$ RH and traditional shed without temperature control or $15 \pm 6^{\circ}\text{C}$ and $84 \pm 14\%$ RH. In addition, the quality of the onions was determined after 30 days in the shelf life after 2, 4, 6 and 8 months of conservation in each mentioned system. The variables measured were the percentage by weight of commercial quality onions, the number of discards due to sprouting, bacterial rots, rooting, incidence and severity of *Aspergillus sp*, the color, thickness and number of external cataphils. In addition, the color, dry matter content (DM) and total soluble solids (TSS) were determined inside the bulb and before the bud and bacteriosis were externally visible. The monthly rate of weight loss of onion with commercial quality (y) obtained in the months (x) of storage was adjusted to the equations $y = -10.5x + 115.0$ for the shed and $y = -1.3x^2 + 7.4x + 89.1$ for the cold room with $R^2 = 0.97$ in both storage systems. The main causes of the discards of the number of onions with visible defects were sprouting 54.6% house; 39.3% chamber followed by bacteriosis 13% house, 2.8% chamber. As of August, there were 3.0 and 4.6 times more discards due to sprouting and rotting of the onions at the exit of storage from the shed compared to the chamber. Storage in the refrigerated chamber halved the sprouting speed and rot losses of the onions. The incidence level of *Aspergillus niger* on the outer surface of onions was reduced by half in both conservation systems from the beginning 46.7% to 23.8% but with a severity of up to 10% in chamber and 30% in the shed at the end of the storage period. In most of the moments evaluated, there was no effect of SA and / or shelf life for color, thickness and number of dry external cataphils, dry matter and TSS content.

Keywords: *Allium cepa*; Onion; Refrigerated chamber; Shed; Conservation.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdallah, A. A.; Mann, L. K. 1963. Bulb development in the onion (*Allium cepa* L.) and the effect of storage temperature and bulb rest. *Hilgardia*. 35:85-112.
2. Adamicki, F. 2005. Effects of pre-harvest treatments and storage conditions on quality and shelf-life of onions. *Acta Horticulturae*.no. 688:229-238.
3. Alonso La Cruz, A.; Riva Carozo, G. 1999. Comparación de la susceptibilidad de poblaciones locales y variedades de cebolla a podredumbre de bulbos en poscosecha. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 61 p.
4. Altieri, B.; Ley, P.; Mancuello, M. 2003. Crecimiento y rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.) Pantanoso del Sauce CRS bajo diferentes regímenes de riego, densidad y fertilización con nitrógeno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.
5. Apeland, J. 1971. Effects of scale quality on physiological processes in onion. *Acta Horticulturae*. no. 20:72-79.
6. Appleton, M. D.; Haab, W.; Eisenstadt, M. L.; Rodgers, R.; Thoman, C. J. 1981. Incorporation of maleic hydrazide into ribonucleic acid of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 29:986-989.
7. Arboleya, J. 2005. Manejo del cultivo. In: Arboleya, J. ed. Tecnología para la producción de cebolla. Montevideo, INIA. pp. 43-74 (Boletín de Divulgación no. 88).
8. Benkeblia, N.; Selselet-Attou, G. 1999. Changes in oligosaccharides, phenolics and peroxidase activity in inner bud of onion bulbs during break of dormancy by low temperatures. *Acta Agriculturae Scandinavia*. 49:98-102.

9. _____.; Varoquaux, P.; Gouble, B.; Selselet-Attou, G. 2000. Respiratory parameters of onion bulbs (*Allium cepa*) during storage effects of ionising radiation and temperature. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 80:1772-1778.
10. _____. 2003, Low temperature and breaking of dormancy effects on respiration rate, sugars, phenolics and peroxidase activity changes In Inner buds of onion *Allium cepa* L. *Soil and Plant Science*.53:16-20.
11. _____.; Shiomi, N. 2004a. Chilling effect on soluble sugars, respiration rate, total phenolics, peroxidase activity and dormancy of onion bulbs. *Scientific Agriculture*. 61:281-285.
12. _____. 2004b. Effect of maleic hydrazide on respiratory parameters of stored onion bulbs (*Allium cepa* L.). *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 16:47-52.
13. _____.; Ueno, K.; Onodera, S.; Shiomi, N. 2005. Variation of fructooligosaccharides and their metabolizing enzymes in onion bulb (*Allium cepa* L. cv. Tenshin) during long-term storage. *Journal of Food Science*. 70(3):208-214.
14. Berrueta, C.; Arboleya, J.; Campelo, E.; Falero, M.; Reggio, A. 2015. Evaluación de la siembra directa y trasplante de la variedad Pantanoso del Sauce CRS sobre canteros solarizados. In: Jornada de Divulgación sobre Cultivos de Cebolla (2015, Las Brujas, Canelones). Cultivo de cebolla. Montevideo, INIA. pp. 9-15 (Actividades de Difusión no. 757).
15. Brewster, J. L. 1994. Onions and other vegetable Alliums. Wallingford, CABI. 236 p.
16. _____. 2008. Onions and other vegetables Alliums. 2nd. ed. Wallingford, CABI. 130 p. (Crops Production Science in Horticulture no.15).
17. Bufler, G. 2009. Exogenous ethylene inhibits sprout growth in onion bulbs. *Annals of Botany*. 103:23-28.
18. Campelo, E.; Arboleya, J. 2005. Actualidad de la producción de cebolla en Uruguay. In: Arboleya, J. ed. Tecnología para la producción de cebolla. Montevideo, INIA. pp.1-15 (Boletín de Divulgación no. 88).

19. _____.; _____.; Berrueta, J.; Falero, M.; Reggio, A.; Franqui, S. 2017. Uso de hidracida maleica para la prologación de la cebolla. In: Jornada de Divulgación sobre Cultivos de Cebolla (2015, Las Brujas, Canelones). Cultivo de cebolla. Montevideo, INIA. pp. 35-42 (Actividades de Difusión no. 757).
20. Carballo, S.; Schenzer, D.; Telesca, J.; Cabot, M. 2005. IV Curado. In: Carballo, S. ed. Poscosecha de cebollas en Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 30-41 (Boletín de Divulgación no. 89).
21. Carter, C. E.; Partis, M. D.; Thomas, B. 1999. The expression of histone 2A in onion (*Allium cepa*) during the onset of dormancy, storage and emergence from dormancy. *New Phytologist*. 143:461-470.
22. Chandrashekar, S. Y. 2014. Physio-chemical changes during post harvest handling of onion (*Allium cepa* L.). *Agricultural Review*. 35(3):225-232.
23. Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. 2005. Post-harvest of fruits and vegetables: physiology and handling. 2nd. ed. Lavras, Brazil, UFLA. 785 p.
24. Chope, G. A.; Terry, L. A.; White, P. J. 2006. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. *Postharvest Biology and Technology*. 39:233-242.
25. Currah, L.; Proctor, F. 1990. The genetic base and the cultivars grown in the tropics. In: Onions in tropical regions. Chatham Maritime, Kent, Natural Resource Institute. cap. 2, pp. 31-42 (Bulletin no. 35).
26. De Mason, D. A. 1990. Morphology and anatomy of *Allium*. In: Rabinowitch, H. D.; Brewster, J. L. eds. Onions and allied crops. Boca Raton, FL, CRC. v.1, pp. 27-51.
27. Del Valle, J. M.; Palma, M. T. 2002. Atmósferas controladas y modificadas. *Temas en Tecnología de alimentos*. CYTED. 1:89-130.
28. du Toit, L. J.; Inglis, D. A.; Pelter, G. Q. 2003. *Fusarium proliferatum* pathogenic on onion bulbs in Washington. *Plant Disease*. 87:750.

29. _____.; Pappu, H. R.; Druffel, K. L.; Pelter, G. Q. 2004. Iris Yellow Spot Virus in Onion Bulb and Seed Crops in Washington. *Plant Disease*. 88:222.
30. Frachia, G.; Köster, C.; Ruiz, G. 1996. Conservación de bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad Valcatrorce, en tres sistemas de almacenamiento tradicionales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p.
31. Furlani, M. R.; Rivero, M. L. 1997. Manejo postcosecha y control de calidad. In: Galmarini, C. R. ed. Manual del cultivo de la cebolla. San Juan, INTA, Centro Regional Cuyo. pp. 96-105.
32. Galván, G.; González, H.; Sollier, S. 1999. Desarrollo de cultivares de cebolla destinados a conservación poscosecha a partir de poblaciones locales: evaluación comparativa de selecciones avanzadas. In: Reunión Científica de Cebolla del Mercosur (3ª., 1999, Salto, Uruguay). Memorias. Montevideo, Uruguay, INIA. p.96
33. _____.;_____.;_____. 2004. Características de Pantanoso del Sauce-CRS, cultivar de reciente liberación. In: Recientes resultados de investigación e informaciones técnicas para el cultivo de cebolla en la región Sur. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 5-13.
34. _____.;_____.;_____. 2005. Estado actual de la investigación en poblaciones locales de hortalizas en Uruguay y su utilización en el mejoramiento. *Agrociencia (Uruguay)*. 9(1- 2):115-122.
35. _____.; Arias, M.; Curbelo, N.; Zaccari, F.; Arbolea, J. 2015. Mejora del curado a campo de la cebolla mediante sombreado con mallas plásticas. In: Jornada de Divulgación sobre Cultivos de Cebolla (2015, Las Brujas, Canelones). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 24-32 (Actividades de Difusión no. 757).
36. Garba, U. A.; Mohammed, D.; Jafaru, A. 2014. Study and analysis of a refrigerated and controlled atmosphere onion storage system. *Jorind*. 12:246-252.

37. García, F.; Moltini, C.; Cardellino, G.; Zamalvide, J. 1985. Agua, población y nitrógeno en el cultivo de cebolla. *Agua en la Agricultura*. 1:13-22.
38. García, M.; De La Peña, C. 1983. Efecto de la densidad de siembra y de la fertilización nitrogenada en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 183 p.
39. Goldman, I. L.; Schroek, G.; Havey, M. J. 2000. History of public onion breeding programs and pedigree of public onion germplasm releases in the United States. *Plant Breeding Reviews*. 20:67-103.
40. Grevsen, K.; Sorensen, J. N. 2004. Sprouting and yield in bulb onions (*Allium cepa* L.) as influenced by cultivar, plant establishment methods, maturity at harvest and storage conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 79(6):877-884
41. Grime, J. P. 2006. *Plant strategies vegetation processes, and ecosystem properties*. 2nd. ed. New York, Wiley. 456 p.
42. Gubb, I. R.; MacTavish, H. S. 2002. Onion pre and post-harvest considerations. *In: Rabinowitch, H. D.; Currah, L. eds. Allium crop sciences*. Wallingford, UK, CABI. pp. 233-266.
43. Hardenburg, R. E. 1955. Ventilation of packaged produce. Onions are typical of items requiring effective perforation of film bags. *Modern Packaging*. 28 (140):199-200.
44. Havey, M. J. 1995. Onion and other cultivated alliums. *In: Smartt, J.; Simmonds, N. W. eds. Evolution of crop plants*. 2nd. ed. New York, Longman. pp. 344-350.
45. Herold, B.; Oberbarnscheidt, B.; Geyer, M. 1998. Mechanical load and its effect on bulb onions due to harvest and post-harvest handling. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 71:373-384.
46. Hole, C. C.; Drew, R. L. K.; Gray, D. 2002. Skin characteristics and quality of onion cultivars given different nitrogen and irrigation treatments. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 77:191-199.

47. Isenberg, F. M. R.; Ludford, P. M.; Thomas, T. H. 1987. Hormonal alterations during the post-harvest period. In: Weichmann, J. ed. Postharvest physiology of vegetables. New York, Marcel Dekker, pp. 45-94.
48. Islam, M. N.; Wang, A.; Pedersen, J. S.; Sørensen, J. N.; Kořner, O.; Edelenbos, M. 2019. Online measurement of temperature and relative humidity as marker tools for quality changes in onion bulbs during storage. (en línea). PLoS ONE. 14(1):e0210577. Consultado jul. 2018 Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0210577>
49. Jensen, L.; Simko, B.; Shock, C. C.; Saunders, L. D. 2003. A two-year study on alternative methods for controlling onion thrips (*Thrips tabaci*) in Spanish onions. Oregon State University Agricultural Experiment Station. Special Report 1048. pp. 94-106.
50. Jones, H. A.; Mann, L. K. 1963. Onions and their allies, botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill. 286 p.
51. Jorjandi, M.; Shahidi Bonjar, G. H.; Baghizadeh, A.; Sharifi Sirchi, G. R.; Massumi, H.; Baniasadi, F.; Aghighi, S.; Rashid Farokhi, P. 2009. Biocontrol of *Botrytis allii* Munn the causal agent of neck rot, the post harvest disease in onion, by use of a new Iranian isolate of *Streptomyces*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(1):72-78.
52. Kader, A. A. 1989. A summary of CA requirements and recommendations for fruit other than pome fruits. In: International Controlled Atmosphere Research Conference (5th., 1989, Wenatchee, Washington, USA). Proceedings. S.n.t.v 2, pp. 303-328.
53. _____.1992. Postharvest biology and technology, an overview. In: Kader, A. A. ed. Post Harvest Technology of Horticultural Crops. 2nd. ed. Berkeley, CA, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. pp.15-20 (Publication no.3311).
54. Komochi, S. 1990. Bulb Dormancy and Storage Physiology. In: Rabinowitch, H. D.; Brewster, J. L. eds. Onions and Allied Crops Botany. Boca Raton, FL, CRC. v. 1, pp. 89-111.

55. Komossa, D.; Sandermann, H. 1995. Plant metabolic studies of the growth regulator maleic hydrazide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 43(10):2713-2715.
56. Krarup, C.; Lipton, W.; Toledo, J. 1987. Manejo postcosecha de amarilidáceas. In: *Curso Internacional de Postcosecha de Hortalizas (1º., 1987, Buenos Aires)*. Textos. s.n.t. pp. 213-225.
57. Lacy, M. L.; Lorbeer, J. W. 2008. Neck rot. In: Schwartz, H. F.; Mohan, S.K. eds. *Compendium of onion and garlic diseases and pest*. 2nd ed. St Paul, MN, USA, APS. pp. 8-86.
58. Lancaster, J. E.; Gandar, P. W. 1986. Towards a descriptive framework for the growth of onions. *Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand*. 16:87-92.
59. Lang, G. Y.; Early, J. D.; Martin, G. C.; Darnell, R. L. 1987. Endo, and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience*. 22:371-377.
60. Malek, S.; Heidarisoltanabadi, M. 2015. Effects of size, storage duration and storage treatments on qualitative characteristics of onion. *ISESCO Journal of Science and Technology*. 11(19):36-42.
61. Marquisa, S.; Mola, C. 1999. Conservación poscosecha de dos cultivares de cebolla (*Allium cepa* L.) afectada por la época de siembra y la localidad. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 105 p.
62. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2018. Observatorio Granjero 2015: cebolla, situación y perspectivas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca>
63. _____. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. (en línea). Montevideo. 211 p. Consultado jul. 2018. Disponible en https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario_2018.pdf

64. Miedema, P. 1994. Bulb dormancy in onion. I. The effects of temperature and cultivar on sprouting and rooting. *Journal of Horticultural Science*. 69:29-39.
65. Nega, G.; Mohammed, A.; Menamo, T. 2015. Effect of curing and top removal time on quality and shelf life of onions (*Allium cepa* L.). *Global Journal of Science Frontier Research*. 15:26-36.
66. Nischwitz, C.; Dhiman, C.; Drost, D. 2013. *Botrytis neck rot* of Onion.(en línea). USU Extension Fact Sheet PLP-020. 2 p. Consultado jul. 2018. Disponible en <https://extension.usu.edu/pests/research/botrytis-neck-rot>
67. O'Donoghue, E. M.; Somerfield, S. D.; Shaw, M.; Bendall, M.; Hedderly, D.; Eason, J.; Sims, I. 2004. Evaluation of carbohydrates in pukekohe longkeeper and grano cultivars of *Allium cepa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:5383-5390.
68. Peluffo, S.; Curbelo, N. 2012. Ensayos de evaluación de la conservación de cultivares de cebolla en el Centro Regional Sur (2010-2011). In: Jornada Técnica en el Cultivo de Cebolla (2012, Las Brujas, Canelones). Presentación de resultados experimentales sobre el cultivo de cebolla. Montevideo, INIA. pp. 59-65 (Actividades de Difusión no. 676).
69. Petropoulos, S. A.; Fernandes, Â.; Barros, L.; Ferreira, I. C. F. R.; Ntatsi, G. 2015. Morphological, nutritional and chemical description of "Vatikiotiko", an onion local landrace from Greece. *Food Chemistry*. 182:156-163.
70. _____.; Ntatsi, G.; Fernandes, A.; Barros, L.; Barreira, J. C. M.; Ferreira, I. C. F. R.; Antoniadis, V. 2016. Long-term storage effect on chemical composition, nutritional value and quality of Greek onion landrace "Vatikiotiko". *Food Chemistry*. 201:168-176.
71. _____.; _____.; Ferreira, I. C. F. R. 2017. Long-term storage of onion and the factors that affect its quality: a critical review. *Food Reviews International*. 33:62-83.
72. Priya, E. P.; Sinja, V. R.; Alice, R. P. J. S.; Shanmugasundaram, S.; Alagusundaram, K. 2014. Storage of onions-a review. *Agricultural Reviews*. 35(4):239-249.

73. Roba, M.; Romero, J. 1991. Evaluación fenológica y agronómica de cuatro poblaciones locales de cebolla destinadas a conservación post-cosecha. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 102 p.
74. Robinson, J. E.; Brown, K. M.; Burton, W. G. 1975. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. *Annals of Applied Biology*. 81:339-408.
75. Rubatzky, V. E.; Yamaguchi, M. 1997. *World vegetables principles, production and nutritive values*. 2nd. ed. New York, Chapman yHall. 843 p.
76. Ryall, A. L.; Pentzer, W. T. 1982. *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables*. 2nd. ed. Westport, Connecticut, AVI. v.2, pp.426-473.
77. Salter, P. J. 1975. Early production of bulb onions from over wintered crops in the United Kingdom. *ADAS Quarterly Review*. 19:101-108.
78. Schwartz, H. F.; Mohan, K. S. 2008. *Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests*. 2nd. ed. St Paul, MN, USA, APS. 127 p.
79. Sharma, K.; Lee, Y. R.; Park, S. W.; Nile, S. H. 2016. Importance of growth hormones and temperature for physiological regulation of dormancy and sprouting in onions. *Food Reviews International*. 32:233-255.
80. Snowdon, A. L. 2010. *Post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables*. Boca Raton, FL, USA, CRC. v. 2, 260 p.
81. Stone, R. P.; Jarvis, W. R. 1981. *Artificial curing of onions*. Ontario, Canada, Ministry of Agriculture and Food. 1 p.
82. Suzuki, M.; Cutliffe, J. 1989. Fructans in onion bulbs in relation to storage life. *Canadian Journal of Plant Science*. 69:1327-1333.
83. Tanaka, M.; Chee, K.; Komochi, S. 1985a. Studies on the storage of autumn harvested onion bulbs. I. Influence of storage temperature and humidity on the sprouting during storage. *Research Bulletins of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station*. 141:1-16.

84. _____.; Villamil, J.; Komochi, S. 1985b. Studies on the storage of autumn harvested onion bulbs. III. Influence of storage temperature and humidity on the rooting and swelling on the stem plate of onion bulbs. Research Bulletins of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station. 144:9-30.
85. _____.; Yoshikawa, H.; Komochi, S. 1985c. Studies on the storage of autumn harvested onion bulbs. IV. Peeling and physical characteristics of onion skins during storage. Research Bulletins of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station. 144:31-50.
86. _____.1991. Studies on the storage of bulb onions harvested in the autumn. Research Bulletins of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station. 156:39-122.
87. Teixeira de Matos, A.; Finger, F. L.; Dalpasquale, V. A. 1997. Perda ãe mat ria fresca e isoterma desor o em bulbos de cebola. Pesquisa Agropecu ria Brasileira. 32(3):235-238.
88. Thamizharasi, V.; Narasimham, P. 1988. Water vapour losses from different regions of onion (*Allium cepa* L.) bulb during storage. Journal of Food Science and Technology. 25:49-50
89. Valk, M. 1988. Onions. Ontario, Canada, Ministry of Agriculture and Food. 27 p.
90. Wright, P. J.; Clark, R. G.; Hale, C. N. 1993. A storage soft rot of New Zealand onions caused by *Pseudomonas - gladioli* pv. *Alliicola*. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 21:225-227.
91. Yahia, E. M.; Higuera, C. I. 1992. Fisiolog a y tecnología postcosecha de productos hort colas. México, Limusa. 303 p.
92. Yasin, H.J.; Bufler, G. 2007. Dormancy and sprouting in onion (*Allium cepa* L.) bulbs. I Changes in carbohydrate metabolism. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 82(1):89-96.
93. Z ccari, M. F.; Schenzer, D.; Gutiérrez, A. 2001. Evaluación de diferentes sistemas de conservación de cebollas. In: Seminario de Actualización en el Cultivo de Cebolla (2001, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-36.

94. _____.; Carballo, S. 2005. V. Almacenamiento. In: Carballo, S. ed. Poscosecha de cebollas en Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 42-52 (Boletín de Divulgación no. 89).