

RELACIONES ENTRE EL TAMAÑO Y LA CONSERVACIÓN DE BULBOS DE CEBOLLA PARA DIFERENTES CULTIVARES Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO¹

GONZÁLEZ, M. V.²; MIRAVÉ, J. P.²; SALUZZO, J. A.³;

RATTIN, J.² & TOGNETTI, J. A.^{2,4}

RESUMEN

Se estudió la influencia del tamaño de los bulbos de cebolla sobre las tasas de brotación y pérdida de peso en poscosecha, en experimentos con cultivares de diferente precocidad y bajo temperaturas de almacenamiento contrastantes. El período de dormición de los bulbos chicos no difirió respecto de la de los bulbos de calibre grande, mientras que la pérdida de peso de aquellos fue superior a la de los bulbos grandes, en relación directa con su mayor cociente superficie:volumen. El incremento en las pérdidas de peso atribuible al tamaño pequeño de bulbos fue importante bajo condiciones de almacenamiento comercial (no refrigerada), en períodos prolongados de almacenamiento, o en cultivares de ciclo corto. Esto sugiere la conveniencia de la clasificación de bulbos con el fin de efectuar la comercialización anticipada de los de menor calibre, especialmente para las situaciones antedichas o en cultivos destinados a la exportación.

Palabras claves: *Allium cepa*, conservación poscosecha, brotación, tasa de pérdida de peso.

SUMMARY

The influence of onion bulb size on sprouting and weight loss rates during storage was studied in experiments including cultivars with different cycle length and under contrasting storage temperatures. Postharvest life of smaller bulbs did not differ from that of larger ones, while the former displayed higher weight loss rates, in direct relation to their higher area:volume ratio. The increase in weight loss attributable to smaller bulb size was mostly important under commercial storage conditions (without refrigeration), as well as during prolonged storage periods, or in short-cycle cultivars. This suggests the convenience of classifying onion bulbs for earlier commercialization of smaller ones, especially regarding the abovementioned conditions or when destined to exportation.

Key words: *Allium cepa*, postharvest storage, sprouting, weight loss rate.

1.- Apoyado por subsidios de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

2.- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

3.- Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Chilecito.

4.- Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

Manuscrito recibido el 16 de agosto de 2005 y aceptado para su publicación el 25 de enero de 2006.

INTRODUCCIÓN

Después de la cosecha, los bulbos de cebolla son normalmente almacenados por largos períodos previamente a su comercialización interna o externa; por ese motivo, la optimización de su manejo puede ser de importancia para el resultado comercial del cultivo.

Las pérdidas durante el almacenamiento comprenden básicamente a las debidas a la merma de bulbos comercializables -ya sea por brotación o por pudrición- y a las causadas por la pérdida de peso de los bulbos que continúan siendo comercializables. Al margen de la consideración de problemas fitopatológicos, se han identificado varios factores que influyen en las pérdidas, de los cuales los principales son la temperatura -situándose el óptimo para brotación en alrededor de 15°C, que resulta lo suficientemente baja como para favorecer la ruptura de la dormición, y lo bastante alta como para permitir el posterior crecimiento de la yema apical- (Brewster, 1977); el tipo de cultivar -siendo los de menor longitud de ciclo habitualmente los más precoces en brotación- (Isenbeck, 1979); y el déficit de presión de vapor -que puede originar pérdidas de peso significativas especialmente en períodos de almacenamiento prolongados- (de Matos *et al.*, 1997).

Algunos estudios sugieren que el tamaño de los bulbos sería también una variable que condiciona el comportamiento poscosecha. Stow (1975) reportó una mayor tasa de brotación en bulbos grandes que en los medianos y chicos a los seis meses de almacenamiento (aunque no encontró diferencias significativas para períodos diferentes). Asimismo es frecuente que los productores manifiesten que los bulbos más pequeños presentan mejor conservación; sin embargo, no se cuenta con información clara al respecto.

Es esperable que en cebolla, como ocurre en la generalidad de frutos y hortalizas (FAO, 1989), los bulbos más pequeños pierdan relativamente más peso que los grandes, en virtud de su mayor relación superficie:volumen. No obstante, existen muy pocos estudios sobre el tema en esta especie. Karmarkar & Joshi (1941) observaron una mayor tasa de pérdida de peso en bulbos pequeños, en relación a los de mayor tamaño, pero Stow (1975) no encontró diferencias entre bulbos de tamaño chico, medio y grande (aunque dado que en este último estudio se compararon los comportamientos de acuerdo a clases de tamaños, y no de bulbos individuales, es posible que parte de los efectos hayan quedado enmascarados). Si bien en cebolla la caída de peso de los bulbos no suele ser considerada como uno de los principales factores de depreciación en poscosecha, las pérdidas pueden llegar a ser significativas dependiendo del tiempo de almacenamiento, del cultivar, y de las condiciones de humedad y temperatura (de Matos *et al.*, 1997).

El estudio en paralelo del efecto del tamaño sobre la pérdida de peso y sobre la longevidad poscosecha puede brindar herramientas de manejo que permitan minimizar las pérdidas.

Los objetivos de este trabajo son i- estudiar la posible vinculación entre el tamaño de los bulbos y la longevidad y pérdida de peso en poscosecha, para cultivares de diferente precocidad, y ii- estimar la importancia del efecto del tamaño sobre la pérdida de peso en condiciones contrastantes de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en el campo experimental de la Unidad Integrada Balcarce (EEA INTA - FCA, UNMdP). En

el Experimento 1 se emplearon genotipos de diferente precocidad: Río Ringo (precoz), Supply, Summit, Valuno INTA, la línea "La Consulta 010" (intermedios) y Cream Gold (tardío), mientras que en el Experimento 2 se utilizaron cultivares de precocidad media y buena conservación poscosecha: Armada, Cache, Fiesta, Valuno INTA y Valcatorce INTA. Los cultivos se efectuaron bajo el sistema de siembra y trasplante (que se realizó a comienzos de septiembre). Las condiciones generales de cultivo en ambos ensayos fueron semejantes a las descritas en Saluzzo *et al.* (1998). La cosecha se realizó luego de la caída de la parte aérea del 50 % de las plantas. Los bulbos (aprox. 200 por parcela) se mantuvieron durante 30 días en condiciones de galpón para permitir su «curado». Inmediatamente después fueron calibrados, pesados y rotulados en forma individual. El volumen de cada bulbo se calculó a partir del diámetro, asumiendo forma esférica (por razones de simplicidad y porque el error originado por este procedimiento fue siempre menor que el 5%). Los estudios se realizaron sobre 75 ó 120 bulbos de cada cultivar (Exptos. 1 y 2, respectivamente), elegidos de entre el total de los producidos, seleccionándose, en lo posible y aprovechando la variabilidad natural, un número semejante de bulbos de cada calibre entre 4 y 10 (calibres comercialmente aceptables). Se descartaron todos aquéllos que presentaran algún tipo de lesión. En todos los casos, los bulbos seleccionados fueron colocados en cajones plásticos que permitían una adecuada aireación.

Los bulbos se dispusieron al azar a razón de 25 ó 20 bulbos por cajón (Exptos. 1 y 2, respectivamente), siendo aleatorizada la ubicación de los cajones dentro de la cámara. Semanalmente se registró la brotación de los bulbos, los que una vez brotados fueron retirados inmediatamente de la cámara.

Experimento 1

Se estudió la vinculación entre el tamaño de los bulbos y la dormición y la pérdida de peso en almacenamiento, empleando condiciones refrigeradas (cámara a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ constantes) de modo de maximizar la longevidad poscosecha. La relación entre tamaño y la tasa de brotación de cada bulbo (medida como la inversa del tiempo en almacenamiento hasta brotación) se analizó por regresión lineal.

Para estudiar la relación entre el tamaño y la tasa de pérdida de peso de bulbos individuales, primeramente se calculó la tasa de pérdida de peso por unidad de volumen para cada bulbo (TPPV). Para ello, se efectuó una regresión lineal del peso de cada bulbo -expresado por unidad de volumen- vs. el tiempo en almacenamiento. Se analizó la posible no linealidad de TPPV graficando la pérdida porcentual de peso acumulada de cada bulbo en función del tiempo transcurrido en almacenamiento. Luego, y asumiendo linealidad de TPPV (y por tanto, un único valor de TPPV para cada bulbo), se probó el modelo siguiente:

$$\text{TPPV} [\text{g cm}^{-3} \text{mes}^{-1}] = \text{TPPS} [\text{g cm}^{-2} \text{mes}^{-1}] * \text{S:V} [\text{cm}^2 \text{cm}^{-3}] \quad [1]$$

siendo S:V la relación superficie: volumen de cada bulbo, y TPPS (tasa de pérdida de peso por unidad de superficie) la pendiente de la regresión de TPPV vs. S:V. En otras palabras, este modelo supone que la pérdida de peso depende linealmente de la superficie expuesta al medio.

Para relacionar la TPPS de cada cultivar con su longevidad poscosecha, se obtuvo primeramente el tiempo de vida media de cada cultivar (t_{50}), graficando el porcentaje de bulbos comercializables remanentes (BCR %) en función del tiempo y ajustando curvas sigmoides:

$$\text{BCR \%} = a + [(b - a) / (1 + \exp((c - t)/d))] \quad [2]$$

siendo t el tiempo en días y a - d constantes, de las que se despejó el valor de t para $BCR\% = 50$. La relación entre $TPPS$ y t_{50} se analizó por regresión lineal.

Experimento 2

Se estimó la importancia del efecto del tamaño sobre la pérdida de peso en condiciones de almacenamiento contrastantes. Parte de los bulbos fueron almacenados en cámara a 5 ± 1 °C, y otra parte en galpón (cuyas temperaturas fueron de 15 ± 3 °C durante el período poscosecha), simulando condiciones comerciales. Se calculó la tasa de pérdida de peso por unidad de volumen de bulbos individuales, del mismo modo que en el Experimento 1, y se obtuvo la $TPPS$ según la ecuación [1]. Teniendo en cuenta la relación $S:V$, se estimó la pérdida de peso acumulada luego de períodos fijos de conservación en función del volumen, para un cultivar promedio.

Para ambos experimentos, los ajustes de curvas y análisis de regresiones se realizaron con el programa GraphPad Prism (Graph Pad Software, versión 2.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación entre el tamaño de los bulbos y la brotación

De acuerdo con el análisis de regresión entre el tamaño inicial y la tasa de brotación de cada bulbo, estas dos variables no se encontraron relacionadas entre sí en ninguno de los cultivares estudiados (Fig. 1). Las ecuaciones de ajuste no fueron significativas, y además tampoco se apreció ninguna tendencia aparente, ya que las pendientes de las rectas de ajuste fueron en algunos casos positivas y en otros negativas.

En consecuencia, a pesar de la opinión sostenida por muchos agricultores, y en par-

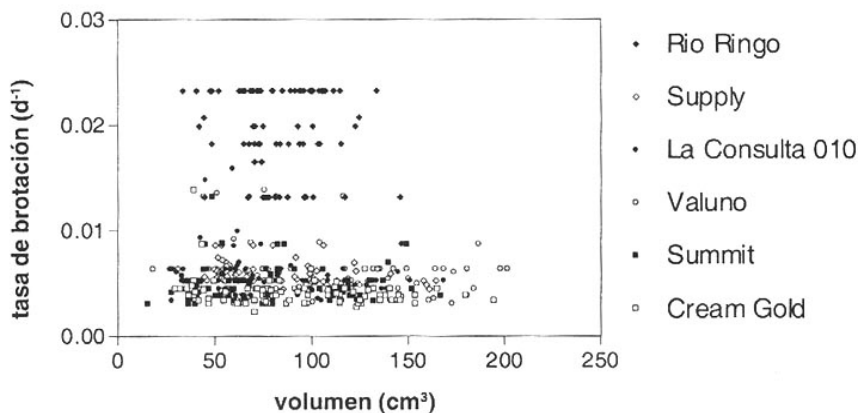


Fig. 1: Relación entre la tasa de brotación de bulbos individuales y su volumen estimado a partir del diámetro, asumiendo forma esférica. Las pendientes de las ecuaciones de regresión lineal son: Río Ríngo, $-1,30 \pm 3,19$ ($r^2=0,00$; $p=0,69$); Supply, $-1,08 \pm 0,77$ ($r^2=0,07$; $p=0,17$); La Consulta 010, $-2,43 \pm 1,61$ ($r^2=0,05$; $p=0,14$); Summit, $0,09 \pm 0,78$ ($r^2=0,00$; $p=0,91$); Valuno, $1,66 \pm 1,14$ ($r^2=0,04$; $p=0,15$); Cream Gold, $-1,82 \pm 1,09$ ($r^2=0,06$; $p=0,10$) (\pm desviación estándar).

cial desacuerdo con lo observado por Stow (1975), nuestros resultados sugieren que no existiría diferencia entre el período de dormición esperable de bulbos de tamaños diferentes, dentro de un mismo cultivar y para una condición de cultivo dada y homogénea (este último requisito es importante ya que existen algunas evidencias de que déficits hídricos durante el llenado de los bulbos llevan simultáneamente a una disminución del tamaño final y del tiempo hasta brotación; de todos modos, en tal caso los bulbos más chicos serían los de menor conservación, en contra de lo generalmente supuesto).

Relación entre el tamaño y la tasa de pérdida de peso de los bulbos

Dado que existen informes que indican que la tasa de pérdida de peso de los bulbos no sería constante durante el almacenamiento, sino que se aceleraría al acercarse a la brotación (Ward, 1976) en posible relación

con un incremento en la respiración (Ward & Tucker, 1976), se probó en primer término si las pérdidas de peso ocurrían linealmente durante todo el período de almacenamiento. En la Fig. 2 se presenta, para el cultivar Cream Gold, la relación entre la pérdida de peso acumulada de cada bulbo y el tiempo transcurrido. Puede observarse que el mejor ajuste ($r^2=0,96$) fue de tipo exponencial. Sin embargo, el ajuste lineal también fue satisfactorio ($r^2=0,93$) y fue el empleado en este trabajo, en virtud a su mayor aplicabilidad para los análisis propuestos.

Se calculó entonces la TPPV para cada bulbo, y se obtuvieron luego las tasas de pérdida de peso por unidad de superficie para cada cultivar mediante el empleo de la ecuación [1] (Fig. 3). El modelo de esta ecuación fue adecuado, ya que en ningún caso la relación entre TPPV y S:V fue significativamente no-lineal. Se encontraron diferencias de hasta un orden de magnitud

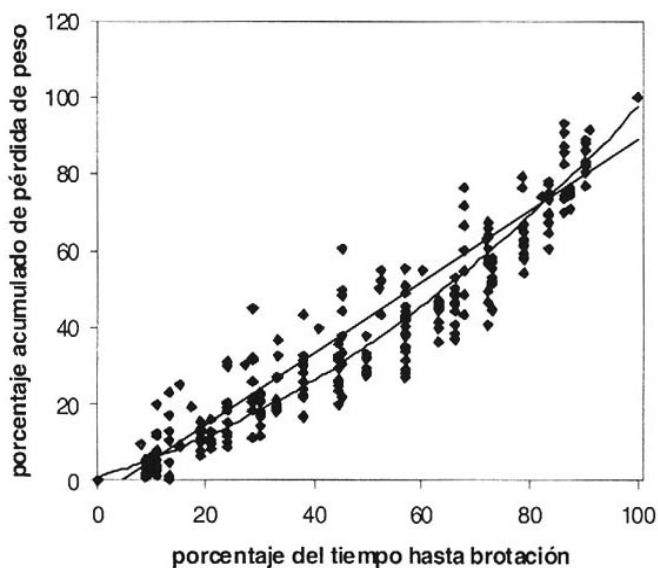


Fig. 3: Relación entre el porcentaje acumulado de pérdida de peso y el porcentaje del tiempo hasta brotación para bulbos del cultivar Cream Gold almacenado a 5°C. Las líneas corresponden a los ajustes lineal ($r^2=0,93$) y exponencial ($r^2=0,96$).

entre las TPPS de los diferentes cultivares, las que podrían vincularse con su diferente actividad metabólica en poscosecha (ver punto siguiente).

Debe mencionarse que en cada cultivar, además del tamaño existen otros importantes factores que pueden influir en la pérdida de peso de bulbos individuales, tales como el número y estado de las catáfilas -las que pueden sufrir daños durante el manipuleo post-cosecha- (Fustos, 1994), y la variabilidad de la población de bulbos en cuanto a la actividad metabólica, lo que se reflejaría en la asincronía de su brotación.

Relación entre la tasa de pérdida de peso y la brotación

Se estudió la posible correlación entre TPPS y la vida media en poscosecha de los distintos cultivares. Para esto, se calcularon los tiempos de vida media en almacenamiento (t_{50}) de los distintos cultivares a partir de las curvas sigmoides de brotación mediante el empleo de la ecuación [2]. Los t_{50} variaron entre $74,3 \pm 1,1$ días para el cultivar de bulbificación más precoz (Río Ringo) y $337,9 \pm 10,9$ días para el más tardío (Cream

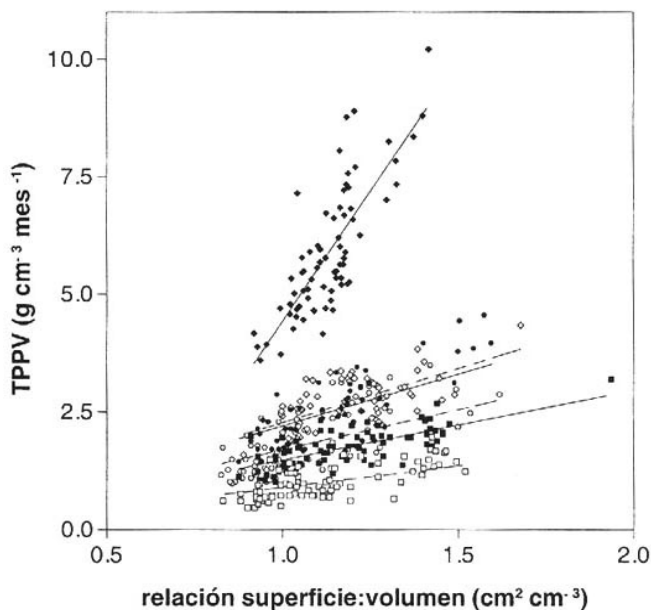


Fig. 3: Relación entre la tasa de pérdida de peso por unidad de volumen de bulbos individuales (TPPV) y la relación superficie:volumen de los mismos. Las pendientes de las ecuaciones de regresión lineal, que representan la tasa de pérdida de peso por unidad de superficie (TPPS; $g\ cm^{-2}\ mes^{-1}$) son ($\times 10^5$): Río Ringo, $5,22 \pm 0,28$ ($r^2=0,89$; $p<0,0001$); Supply, $2,28 \pm 0,15$ ($r^2=0,89$; $p<0,0001$); La Consulta 010, $2,28 \pm 0,13$ ($r^2=0,88$; $p<0,0001$); Valuno, $1,72 \pm 0,09$ ($r^2=0,88$; $p<0,0001$); Summit, $1,60 \pm 0,08$ ($r^2=0,90$; $p<0,0001$); Cream Gold, $0,89 \pm 0,04$ ($r^2=0,91$; $p<0,0001$) (\pm desviación estándar). Líneas llenas corresponden a símbolos llenos; líneas quebradas a símbolos vacíos.

Gold). La TPPS mostró una correlación inversa ($r^2=0,883$) con el tiempo de vida media (Fig. 4); en otras palabras, los cultivares más tempranos brotaron antes y perdieron peso a una tasa mayor. Es conocido que los cultivares de bulbificación precoz tienden a presentar una más temprana brotación que los tardíos (Isenberg, 1979; Saluzzo *et al.*, 1998); esta asociación sería atribuible a una menor cantidad de inhibidores. Debe notarse también que, si bien el inicio de brotación está usualmente asociado con un incremento en la tasa de respiración, la removilización de compuestos osmóticamente activos -capaces de retener agua- desde las catáfilas externas de los bulbos hacia el brote (Hernández *et al.*, 1996; Pak, 1995; Orthen, 2001) podría asimismo favorecer la pérdida de agua por transpiración.

Influencia del tamaño sobre las pérdidas bajo condiciones contrastantes de almacenamiento

Con el propósito de estimar en qué medida el tamaño puede incidir en la pérdida de

peso de lotes comerciales, en el Experimento 2 se estudió la tasa de pérdida de peso por unidad de superficie en dos condiciones contrastantes de almacenamiento: refrigerada a 5°C, o en galpón a aprox. 15°C, siendo esta última una temperatura que se aproxima al óptimo para inducir brotación, de acuerdo con Brewster (1977). Se emplearon cultivares cuya producción y comportamiento posco-secha habían resultado promisorios -al menos para la región del sudeste bonaerense- de acuerdo con ensayos anteriores (Saluzzo *et al.*, 1998). En todos los casos, los valores de TPPS en condiciones de almacenamiento comercial fueron mayores (en algunos cultivares, en un 100%) que los obtenidos en cámara a 5°C, lo que puede ser atribuido a una más precoz activación del metabolismo en la condición comercial, con respecto a la refrigerada (Fig. 5). También en este caso las mayores pérdidas podrían ser explicadas por incrementos en los procesos de respiración y transpiración, asociados con la mayor temperatura y el mayor déficit de presión de vapor de la condición comercial.

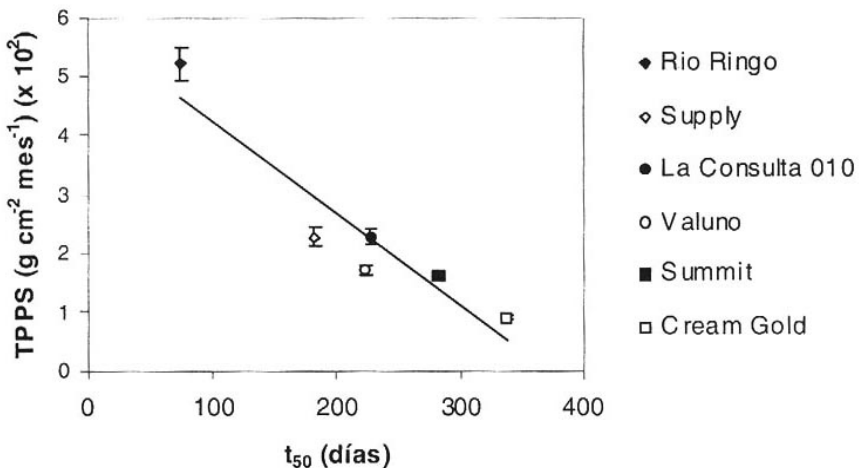


Fig. 4: Relación entre la tasa de pérdida de peso por unidad de superficie (TPPS) y la vida media en poscosecha a 5°C, para los seis cultivares en el experimento 1. Las barras indican la desviación estándar.

Se calculó, para dos períodos arbitrarios de almacenamiento (2 y 5 meses), la pérdida de peso acumulada en función del volumen de los bulbos (Fig. 6). Dado que la relación superficie: volumen aumenta progresivamente al disminuir el tamaño, las pérdidas se

hacen paralelamente más importantes cuanto más chicos son los bulbos. Aunque la incidencia relativa del tamaño sobre la pérdida de peso es evidentemente independiente de las condiciones de almacenamiento, o del cultivar considerado -así, las pérdidas

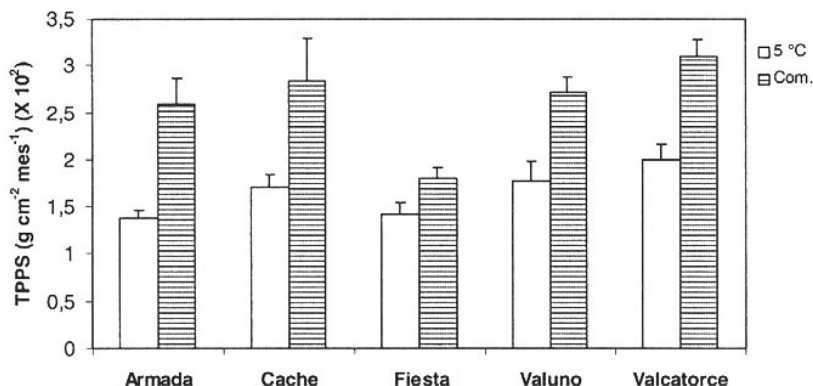


Fig. 5: Tasa de pérdida de peso por unidad de superficie (TPPS) de cinco cultivares de buena conservación, bajo dos condiciones de almacenamiento (refrigerado a 5°C y comercial, a 15 ± 3°C). Las barras indican la desviación estándar.

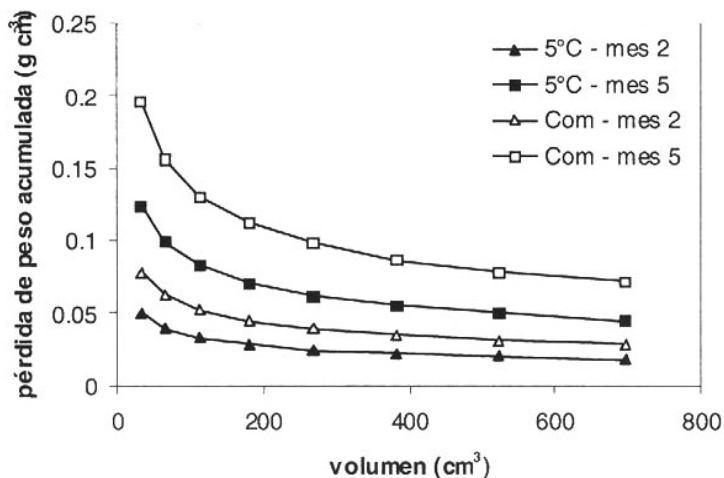


Fig. 6: Modelado de la pérdida acumulada de peso a los 2 ó 5 meses de almacenamiento para cultivares de buen comportamiento poscosecha (promedio de cinco cultivares) bajo dos condiciones de almacenamiento (refrigerado a 5°C y comercial, a 15 ± 3°C). Las estimaciones se basan en las TPPS de la Figura 5 y los puntos señalados en cada curva corresponden a bulbos de calibres 4 a 11, asumiendo forma esférica.

de peso de los bulbos de pequeño calibre (4 y 5) aproximadamente duplicarían a las de bulbos grandes (calibres 9 y 10)- en la práctica, el efecto del tamaño sería prácticamente despreciable en almacenamiento refrigerado. En cambio, pasaría a representar una importante fracción de las pérdidas en condición comercial de almacenamiento (lo mismo cabe esperar para cultivares de mala conservación) particularmente si los períodos de almacenamiento son medianamente largos (Fig. 6).

CONCLUSIONES

Nuestros resultados sugieren que a) los bulbos chicos no presentan mayor longevidad en poscosecha que los de mayor tamaño y b) la pérdida de peso de bulbos pequeños, debida a su alta relación superficie: volumen, puede ser importante en condiciones de almacenamiento comercial (no refrigerada) o en cultivares de ciclo corto. Por estos motivos, a menos que se cuente con condiciones de refrigeración adecuadas, sería recomendable la comercialización anticipada de los bulbos de calibre menor (4 ó 5).

Los resultados también sugieren la necesidad de una elección correcta de las prácticas agronómicas que pueden afectar el tamaño de los bulbos, tales como densidad y época de siembra o plantación, riego, control de malezas, etc., en relación con el tipo de cultivar a implantar y con las condiciones de almacenamiento con que se cuente.

Finalmente, cabe destacar que una importante proporción de la producción argentina de cebolla es exportada. En estos mercados, la homogeneidad en tamaño de las partidas es considerada como un atributo de calidad. La clasificación de bulbos podría no solamente mejorar la calidad comercial de los lotes a ser exportados, sino también minimizar las pérdidas en poscosecha, a

través de una comercialización escalonada según su tamaño.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Dr. Claudio Galmarini (INTA La Consulta) por la provisión de semillas y a los Dres. Andrea Clausen y Andrés López Camelo (INTA Balcarce) por la gentil cesión de las cámaras de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- BREWSTER, J. L.** 1977. The physiology of the onion. Horticultural Abstracts 47: 17-23; 103-112.
- DE MATOS, A.T.; F. L. FINGER & V. A. DALPASQUALE.** 1997. Postharvest fresh weight losses and skin isotherms in onion bulbos. Pesquisa Agropecuária Brasileira 32: 235-238.
- FAO.** 1989. Prevention of post-harvest food losses. Fruits, vegetables and root crops. A training manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. ISBN 92-5-102766-8
- FUSTOS, Z. S.** 1997. The role of the dry scale in the dormancy of onions (*Allium cepa* L.). Acta Horticulturae 433: 445-446.
- HERNÁNDEZ, G. F.; J. A. SALUZZO; H. G. PONTIS & J. A. TOGNETTI.** 1996. On the relationship between fructan content and storage life in onions. Proc. 3rd. International Symposium on Fructan, Utah, USA, p. 35.
- ISENBERG, F. M. R.** 1979. Controlled atmosphere storage of vegetables. Horticultural Review 1: 337-394.
- KARMARKAR, D.V. & B. M. JOSHI.** 1941. Investigations on the storage of onions. Indian Journal of Agricultural Science 11: 82-94.
- ORTHEN, B.** 2001. Sprouting of the fructan- and

- starch-storing geophyte *Lachenalia minima*: Effects on carbohydrate and water content within the bulbs. *Physiologia Plantarum* 113: 308-314.
- PAK, C.; H. W. VAN DER PLAS & A. D. DE BOER.** 1995. Importance of dormancy and sink strength in sprouting of onions (*Allium cepa*) during storage. *Physiologia Plantarum* 94: 277-283.
- SALUZZO, J. A.; G. HERNÁNDEZ; J. RAT-TIN; J. P. MIRAVÉ & J. A. TOGNETTI.** 1998. Fenología, producción y conservación post-cosecha de diferentes cultivares de cebolla en el sudeste de Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía (Buenos Aires)* 18 (1-2): 73-80.
- STOW, J. R.** 1975. Effects of humidity on losses of bulbs of onion (*Allium cepa*) stored at high temperature. *Experimental Agriculture* 11, 81-87.
- WARD, C. M.** 1976. The influence of temperature on weight loss from stored onion bulbs due to desiccation, respiration and sprouting. *Annals of Applied Biology*. 83: 149-155.
- WARD, C. M. & W. G. TUCKER.** 1976. Respiration of maleic hydrazide treated and untreated onion bulbs during storage. *Annals of Applied Biology*. 82: 135-141.