

# Influencia del sistema de producción y forma de sujeción sobre el rendimiento y las pérdidas poscosecha de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)

*Influence of different production systems and fastening methods on yield and postharvest losses in spinach (*Spinacia oleracea* L.)*

*Influência do sistema de produção e forma de sujeição sobre o rendimento e as perdas pós-colheita de espinafre (*Spinacia oleracea* L.)*

Rosana ROTONDO, Rodolfo Oscar GRASSO, Mauricio Pablo ORTIZ MACKINSON, María Cristina MONDINO, Paula Andrea CALANI, David Mario BALABAN, Eduardo Alberto VITA LARRIEU, Patricia Susana TORRES

Facultad de Ciencias Agrarias UNR  
E-mail: rrotondo@unr.edu.ar

## Resumen

Manejos agronómicos adecuados, permitirían incrementar rendimiento y mantener calidad durante la poscosecha. Esto se ha estudiado en detalle en muchas especies hortícolas pero en el caso de espinaca la información disponible es muy limitada. El objetivo fue evaluar el efecto de sistemas de producción, forma de sujeción y días de almacenamiento en el rendimiento estación de cosecha y pérdidas poscosecha de espinaca producida en Zavalla StaFé. Se analizaron 3 factores: 1) Sistema de producción: invernadero, media sombra, manta flotante y campo; 2) Sujeción: atado y granel; 3) Tiempo de almacenamiento refrigerado (3 °C): 0, 3, 6 y 9 días, evaluándose el rendimiento (kg m<sup>-2</sup>), contenido de materia seca (%), descarte (%), pérdida de peso (%) y color (L\*, a\* y b\*). Para evaluar los sistemas se empleó un diseño en bloques al azar. Para poscosecha se utilizó un DCA con 3 repeticiones, aplicando modelo de medidas repetidas en el tiempo. En invierno la producción en invernadero presentó mayor rendimiento que a campo. Con respecto al contenido de materia seca, media sombra y manta flotante presentaron valores más bajos que campo en otoño. En pérdida de peso en ambas épocas fue menor en los sistemas protegidos especialmente durante los primeros días de almacenamiento, en otoño. Bajo invernadero y media sombra, los atados presentaron mayores valores de L\* (más claro) en otoño y para producción a campo, mayor a\* (más verde). En otoño las hojas de espinaca a campo fueron más verdes y bajo media sombra más amarillentas; en invierno las de campo se encontraron más verdes durante todo el almacenamiento. Los resultados presentados permiten

## Summary

Appropriate agronomic management may increase yield and maintain postharvest quality. This has been studied in detail in many horticultural crops but in others such as spinach the information available is limited. The objective of this work was to evaluate the effect of production systems, product fastening methods, harvest season and storage time on yield and postharvest losses of spinach produced in Zavalla, Santa Fe. Three factors were analyzed: 1) Production system: greenhouse, frost protection fleece fabric, shade cloth, and open field; 2) Fastening method: bunch and unfastened; 3) refrigerated (3 °C) storage time: 0, 3, 6 and 9 days. The variables measured were: yield (kg m<sup>-2</sup>); dry material (%); discarding (%), weight loss (%) and color (L\*, a\* and b\*). For the evaluation of the systems a randomized block design with 3 replications was used. For postharvest, DCA was performed with 3 replications, applying a model of measures repeated in time (MIXED of SAS). In the winter, yields were higher in the greenhouse than in the field. In the autumn, dry matter was higher in field-grown plants than in those grown with frost protection fleece fabric and shade cloth. Water loss was lower in the protected systems in both seasons, especially in the first days of storage. Discard losses were lower in bunch, during the last days of storage, in autumn. In the autumn, bunches of spinach grown under greenhouse and frost protection fleece fabric presented higher values of L\* (lighter), whereas bunches of field-grown spinach presented a higher value of a\* (darker green). In the autumn, leaves of field-grown spinach were darker green, while those grown under frost protection fleece fabric, were yellowish. In the winter, plants from open field kept their

## Resumo

Desempenhos agronômicos adequados permitiriam aumentar o rendimento e manter a qualidade durante a pós-colheita. Isso foi estudado em detalhe em muitas espécies hortícolas, mas no caso do espinafre a informação disponível é muito limitada. O objetivo foi avaliar o efeito dos sistemas de produção, a forma de sujeição e os dias de armazenamento na época de colheita e as perdas pós-colheita de espinafre produzido em Zavalla, Santa Fe. Foram analisados três fatores: 1) Sistema de produção: estufa, sombrite, manta flutuante e a campo; 2) Fixação: amarrado e a granel; 3) Tempo de armazenamento refrigerado (3 °C): 0, 3, 6 e 9 dias, avaliando o desempenho (kg m<sup>-2</sup>), o teor de matéria seca (%), o descarte (%), a perda de peso (%) e a cor (L\*, a\* e b\*). Para avaliar os sistemas foi usado um desenho de blocos aleatórios. Para pós-colheita, utilizou-se um DCA com 3 repetições, aplicando um modelo de medidas repetidas ao longo do tempo. No inverno, a produção em estufas apresentou maior rendimento que a campo. Já no outono, o teor de matéria seca sob sombrite e manta flutuante apresentou valores inferiores respeito da produção a campo. A perda de peso em ambas as estações foi menor nos sistemas protegidos, especialmente durante os primeiros dias de armazenamento. Nos últimos dias de armazenamento (outono), o descarte foi menor em maços. Em estufas, os maços apresentaram valores maiores de L\* (mais claro) no outono e para produção a campo maior a\* (mais verde). No outono as folhas de espinafre de campo eram mais verdes e sob sombrite, mais amareladas; no inverno, as que estavam no campo foram mais verdes durante todo o armazenamento. Os resultados apresentados nos permitem

comprender la influencia que el sistema de producción y la época de cosecha poseen en la calidad y pérdidas poscosecha de hojas de espinaca almacenada.

**Palabras claves:** invernadero, manta flotante, media sombra, descarte

*green color during all storage days. Production systems have a differential influence on the productive variables and losses, in autumn and winter.*

**Keywords:** *greenhouse, frost protection fleece fabric, shade cloth, postharvest losses.*

*comprender a influência que o sistema produtivo e a época de colheita têm na qualidade e na perda pós-colheita das folhas de espinafre armazenadas.*

**Palavras chaves:** *estufa, manta flutuante, sombrite, descarte*

## Introducción

La espinaca, *Spinacea oleracea* L., es una hortaliza de interés alimenticio perteneciente a la familia *Chenopodiaceae*. A nivel mundial, el mayor productor es China que supera los 10 millones de toneladas al año, seguido de Estados Unidos y Japón. Según el Censo Nacional Agropecuario del 2002 en Argentina se cultivan unas 1853 hectáreas anuales donde 1654 ha son a campo y 199 bajo invernadero. El Cinturón Hortícola de Rosario es el más importante de la provincia de Santa Fe, no sólo por su producción sino también por la actividad comercial. La misma se realiza principalmente a través de dos mercados concentradores que abastecen a más de 2,5 millones de habitantes (Ferratto *et al*, 2010). En esta región se realiza una gran diversidad de cultivos hortícolas, entre los que se destaca la espinaca. Según el Censo 2012 (Grasso *et al*, 2013), 122 productores cultivan unas 325 ha donde el 42% se destina a industria y el 58% a mercado fresco. Ocupa el tercer lugar en superficie de cultivo luego de la papa y la lechuga y el cuarto en relación a los ingresos brutos que genera luego de papa, acelga y lechuga. Se visualizó un incremento de 70 ha, en comparación al de 2008 (Ferratto *et al*, 2009); esto representa un aumento del 27,46 %.

Los factores precosecha que influyen sobre la calidad son muy diversos y están interrelacionados entre sí. Unos dependen intrínsecamente de la propia planta y son la integración del flujo de energía, agua y nutrientes y otros son de tipo genético, ambiental y de cultivo (Romojaro Almela *et al*, 2007). Por lo tanto, la calidad comienza a determinarse mucho antes de la cosecha y es importante conocer la manera en que estos factores afectan el comportamiento de las hortalizas después de la misma (Gaviola, 1996; Chiesa, 2010). Alguno de los factores mencionados puede estar influenciado por los sistemas de producción forzados o semiforzados. En los últimos años el uso de sombreaderos, agrotexiles e invernaderos ha tenido una gran difusión entre los productores. Estos sistemas permiten el aumento de la calidad comercial y continuidad de la producción durante todo el año, presentando así un valor estratégico en el esquema de comercialización y vida poscosecha.

Los sombreaderos son estructuras eficaces y económicas para darle sombra a los cultivos, protegerlos del viento y granizo, mejorar los regímenes de temperatura y humedad, ahorrar agua de riego y rechazar insectos y pájaros (Tanny *et al*, 2006). Tienen un importante desarrollo, dado la reducción de los costos de inversión respecto a los invernaderos y la posibilidad de lograr mejores condiciones de cultivo en verano. En el sur de la provincia de Santa Fe, en época estival, su utilización es una alternativa para que los productores puedan competir con la producción proveniente de otros lugares del país, donde el verano es más benigno. Es importante extender su utilización a otras épocas del año, para amortizar más rápidamente la inversión (Ferratto *et al*, 2010).

## Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario (Zavalla, Santa Fe, 33° 01' LS y 60° 53' LW) Argentina. El suelo del

Las mantas flotantes, también llamadas agrotexiles, son plásticos (polietileno, poliéster, polipropileno, etc.) de fibras no tejidas, que constituyen un material muy liviano y de buena porosidad (Ferratto *et al*, 2010). Las mismas se colocan directamente sobre el cultivo, en general en cultivos de hoja, sin ningún tipo de estructura de soporte. Permiten proteger a las plantas contra vientos y lograr una diferencia térmica de aproximadamente 2 °C entre el interior de la manta y el aire libre. En algunos casos se utilizan como barrera para reducir la entrada de insectos al cultivo y como protección contra las heladas (Rotondo *et al*, 2000).

Los invernaderos son estructuras cubiertas de polietileno que permiten lograr un incremento del rendimiento comercial y calidad, acortamiento del ciclo productivo, continuidad de la producción y protección de heladas, lluvias, granizo, etc. En nuestra región, la producción de hortalizas en invernadero se inició a principios de la década de 1980-1990 (Bouzo *et al*, 2005).

Por otro lado, las pérdidas en calidad y cantidad entre la cosecha y el consumo afectan la rentabilidad del sector. Se estima que la magnitud de las pérdidas poscosecha en frutas y hortalizas frescas es de 5 a 25% en países desarrollados y de 20 a 50% en países en desarrollo, dependiendo del producto, la variedad y las condiciones de manejo (Kader, 2007). En Argentina, se estiman considerables las pérdidas en cantidad y calidad de la producción anual durante la cadena de comercialización. Mondino *et al* (2007) determinaron que en lechuga, las pérdidas están ocasionadas básicamente por condiciones de producción y almacenamiento inadecuadas, causas mecánicas, desórdenes fisiológicos y enfermedades causadas por microorganismos. La espinaca es bastante perecedera y amarilleará cuando sea almacenada a temperaturas superiores a las recomendadas. Sin embargo, la principal causa de las pérdidas poscosecha es la descomposición asociada al daño mecánico durante la cosecha y operaciones poscosecha ya que la espinaca tiene una gran relación superficie-peso y una tasa de respiración muy alta (Koike *et al*, 2011). Asociado a estos procesos, la forma de sujetar algunas hortalizas en manojos para su comercialización, provocan daños que disminuyen la calidad y la posibilidad de venta. El interés científico y las repercusiones económicas que las mismas tienen sobre el sector agroalimentario motivan el estudio de los factores precosecha que afectan a la calidad y la conservación de frutas y hortalizas. La producción de hortalizas de hoja bajo diferentes sistemas y la aplicación de prácticas que minimicen la respiración, transpiración y daños mecánicos permitirían aumentar la productividad y prolongar la vida de estante de estos productos.

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de los sistemas de producción, la forma de sujeción y los días de almacenamiento en el rendimiento y las pérdidas poscosecha de espinaca, en otoño e invierno.

ensayo es un Argiudol Típico de la serie Roldán, cuyas características de 0-0,20 m fueron: carbono 1,71%; materia orgánica 2,95%; nitratos 49,89 ppm; fósforo asimilable 63,96 mgkg<sup>-1</sup>; el

**Tabla 1:** Datos meteorológicos durante el experimento, en valores medios

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Temperatura (°C)	21,1	19,9	16,0	12,6	11,1	13,8	13,7
Humedad relativa (%)	82	78	86	81	83	86	74
Precipitaciones(mm)	94,7	41,8	124,6	20,6	47,5	138,4	11,5

agua utilizada para el riego complementario tenía un pH de 7,51; CIC de 22,7 me 100g<sup>-1</sup> y conductividad eléctrica de 0,15 dSm<sup>-1</sup>. En el Tabla 1 se muestran las condiciones meteorológicas durante el desarrollo del experimento.

Un mes antes de la siembra se incorporó enmienda orgánica (cáscara de arroz) en una dosis de 98 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Como labor principal se realizó cincel en profundidad y como secundaria disco de doble acción y vibrocultivador. Luego se sistematizó el terreno en lomos distanciados a 0,70 m.

El sistema de riego fue localizado por goteo, utilizando laterales de 200 micrones de espesor, con difusores a 0,20 m (ISiplast Tape 16 mm de diámetro). La densidad de goteros por unidad de superficie es de 7 goteros m<sup>-2</sup>, con una intensidad de 5 mm m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

La siembra se realizó el 11 de marzo y el 25 de junio de 2015, que corresponden a la época de otoño e invierno respectivamente, a chorrillo doble hilera sobre lomos, realizada con sembradora Planet manual (placa n° 10) con una densidad de 14,4 kg ha<sup>-1</sup>. El híbrido utilizado fue Dolphin de la empresa Rijk Zwaan.

La fertilización se efectuó a los 15 días de la emergencia del cultivo, con una dosis de 58 kg ha<sup>-1</sup> de urea (N 48%). La superficie en cada sistema de manejo fue de 30 m<sup>2</sup>. La cosecha se realizó el 21 de abril y el 8 de septiembre para otoño e invierno respectivamente.

Se analizaron tres factores:

- 1) Sistemas de producción (Figura 1)
  - Invernadero de madera, a dos aguas, con polietileno LDT de 100 μ (invernadero)
  - Malla media sombra al 35% (media sombra)
  - Manta flotante agrotexil (manta flotante)
  - Campo, sin protección (campo)
- 2) Formas de sujeción
  - Manojos de hojas atado con cinta de papel adhesiva de 2 cm de ancho, de un peso aproximado de 250 g (atado)
  - Hojas a granel, con un peso equivalente al manojos (granel)

**Figura 1:** Sistemas de producción: invernadero, media sombra, manta flotante y campo



3) Días de almacenamiento

- El material luego de la cosecha se conservó en cámara frigorífica a 3 °C y 99% H.R. Se realizaron mediciones los 3, 6 y 9 días posteriores a la cosecha.

Al inicio del experimento poscosecha, el material vegetal utilizado respetó los parámetros de calidad según Trevor y Cantwell (2011); las hojas de espinaca presentaron las siguientes características: hojas uniformemente verdes (usualmente no amarillo-verdosas), totalmente túrgidas, tiernas, limpias, sin daños mecánicos, con peciolo más corto que la lámina; libres de plagas y enfermedades.

Luego de la cosecha se acondicionaron las muestras de acuerdo a la forma de sujeción y se hidrataron mediante inmersión en agua a 19 °C y 7,2 pH, durante 5 minutos. Posteriormente, el material vegetal se dejó escurrir durante 15 minutos; se registró el peso inicial (valor del día 0). Durante el período de almacenamiento se midieron las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) diariamente con data-loggers (Hobo® U10 Tem/RH data logger, Onset computer corporation, pocasset, MA USA). Las mediciones de peso se realizaron con balanza digital modelo Systel Bumer ±1 g.

**Las variables medidas fueron:**

**Rendimiento (kg m<sup>-2</sup>):** el material vegetal cosechado respetó los parámetros de calidad comercial mencionada anteriormente. La unidad experimental fueron hojas cosechadas de parcelas de 1 m<sup>2</sup>, pesadas con balanza digital Systel Bummer ±1g, con 3 repeticiones para cada sistema de producción.

**Materia seca (%):** una muestra del material cosechado se colocó en estufa a 60° C, secadas hasta peso constante. El porcentaje de peso seco se refirió al peso fresco inicial con 3 repeticiones para cada sistema de producción.

**Pérdida de peso (%):** en función a la evaporación y transpiración. En cada día de medición se pesó cada muestra (atado y granel), considerándose la variación de peso que sufrió el producto con respecto a la medición anterior, luego de haberse retirado el descarte respectivo, con 3 repeticiones para cada sistema de producción.

**Descarte (%):** fueron consideradas en ésta pérdida a las hojas que presentaron daños por roturas, amarillamiento, deshidratación, con podredumbres y base de peciolo con pardeamiento visible a simple vista. La cuantificación de esta pérdida se realizó mediante pesada gravimétrica con balanza digital. Posteriormente se procedió a retirar de cada muestra (atado y granel), aquellas partes que presentaron algunos de los defectos antes mencionados, los que fueron pesados y considerados como pérdida o descarte. Esta pérdida fue expresada como porcentaje respecto al peso de la muestra completa antes del descarte, de ese día de evaluación, con 3 repeticiones para cada sistema de producción.

**Color:** se utilizó la escala CIELab (Westland *et al*, 2001) que incluye el porcentaje de reflectancia (L). Los parámetros L\*, a\* y b\* fueron determinados con colorímetro Chromameter

CR300. El parámetro  $L^*$ , que representa la luminosidad del color, puede tomar valores en una escala que van del 0 (color blanco) al 100 (color negro). El parámetro  $a^*$  corresponde a la variación entre el rojo ( $a^+$ ) y el verde ( $a^-$ ), mientras que el parámetro  $b^*$  representa la variación entre el color amarillo ( $b^+$ ) y el color azul ( $b^-$ ). El valor de los parámetros de color de las muestras se obtuvo promediando las medidas obtenidas de tres lecturas en el limbo de tres hojas de espinaca, de cada una de las 3 repeticiones por sistema de producción y forma de sujeción (atado y granel). Las medidas de color en los días sucesivos se realizaron sobre las mismas hojas seleccionadas y marcadas para tal fin.

El diseño experimental de los sistemas de producción fue en bloques al azar con tres repeticiones, con una superficie de  $1\text{ m}^2$ , para evaluar las variables productivas de rendimiento en fresco y materia seca. Se aplicó ANAVA y test de Duncan utilizando el

programa InfoStat (Di Rienzo *et al*, 2016). En las evaluaciones poscosecha dadas por las pérdidas y el color, se utilizó un DCA con tres repeticiones con un nivel de significancia al 0,05 para cada forma de presentación. Para analizar este conjunto de datos se ajustó un modelo de medidas repetidas en el tiempo utilizando el enfoque multivariado (Khattree & Naik, 1999) con el procedimiento MIXED de SAS. Se determinó la estructura de covarianza correspondiente a cada una de las variables analizadas y se incluyeron en el modelo los efectos de los sistemas de producción, la forma de presentación, el tiempo y la interacción entre ellos, calculando las estadísticas F del ANAVA usual. En los casos en que resultaron interacciones significativas ( $p < 0,05$ ), se consideraron los factores intervinientes y se compararon los niveles de uno de los factores en cada nivel del otro factor, finalizándose la comparación estadística en función al tratamiento de menor duración poscosecha.

## Resultados y Discusión

### Rendimiento

En el ciclo de producción otoñal no se observaron diferencias en el rendimiento entre los sistemas de producción (Figura 2), en cambio en la época invernal se encontraron diferencias entre sistemas de producción, presentando el invernadero el mayor valor y campo el menor rendimiento ( $p < 0,05$ ). Esto puede deberse en parte a que el cultivo de hortalizas bajo protección favorece el incremento del crecimiento y el área foliar. Según Peil & Gálvez (2005) el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos produce un incremento del rendimiento. Las condiciones de cultivo bajo invernadero podrían contribuir para mejorar la producción de biomasa especialmente en espinaca de ciclo invernal.

### Materia seca

En las dos épocas de cultivo se obtuvieron diferencias en materia seca entre los sistemas de producción. En otoño media sombra y manta flotante presentaron valores más bajos respecto al campo ( $p < 0,05$ ) y en invierno los sistemas invernadero y media sombra tuvieron menor porcentaje de materia seca comparados con la producción a campo ( $p < 0,05$ ) (Figura 3). Estos resultados tienen en común que los sistemas con protección presentan menor porcentaje de materia seca ya que la composición y calidad de los productos hortícolas, es influenciada generalmente por muchos factores de precosecha, como el material genético, el estado

fisiológico del órgano cosechado, las condiciones agroecológicas en las que se desarrolla el cultivo, la tecnología de producción y por el momento de cosecha, entre otros (Ortiz Mackinson *et al*, 2017). Por otro lado, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo y es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente–destino (Peil & Gálvez, 2005). Las actividades involucradas en este proceso no son estáticas y pueden cambiar diariamente y a lo largo del período de desarrollo de la planta (Patrick, 1988).

### Pérdida de peso (%)

En las dos épocas evaluadas se encontró interacción entre los sistemas de producción y los días de almacenamiento ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$  para otoño e invierno respectivamente). El comportamiento poscosecha para el ciclo otoñal fue de menor porcentaje de pérdida en los tres sistemas de producción protegidos respecto al campo, en el día 3 de almacenamiento (Tabla 2). Iguales resultados se obtuvieron en media sombra respecto al campo en el día 6. Si bien se conoce que el manejo apropiado durante la poscosecha resulta beneficioso para retrasar su degradación y el deterioro de los productos, es igualmente aceptado en buen grado que la composición y calidad se determinan en el campo. La pérdida de agua que ocurre en la poscosecha podría estar relacionada a la composición de los tejidos vegetales y estas características en muchas especies

Figura 2: Rendimiento de espinaca en  $\text{kg m}^{-2}$  para los diferentes sistemas de producción, en otoño e invierno.

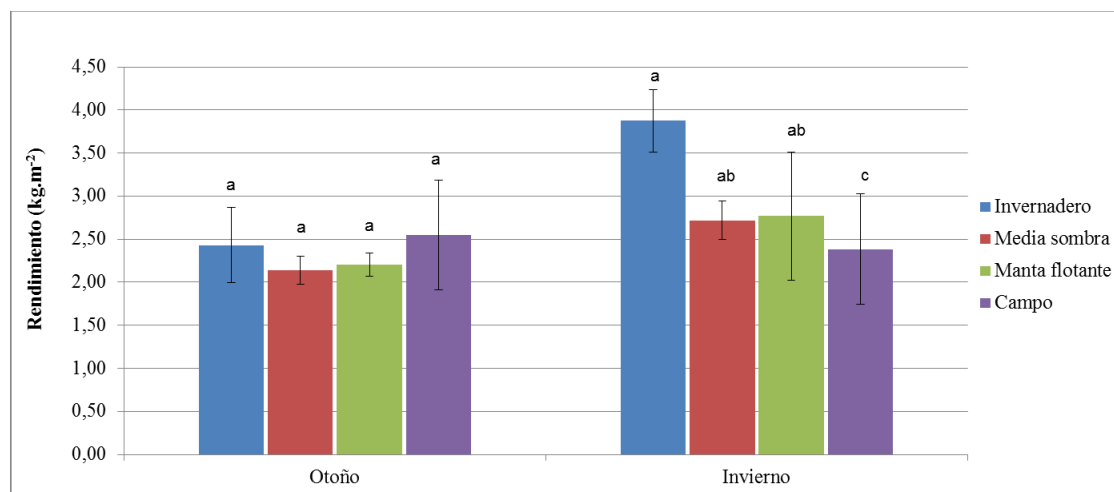
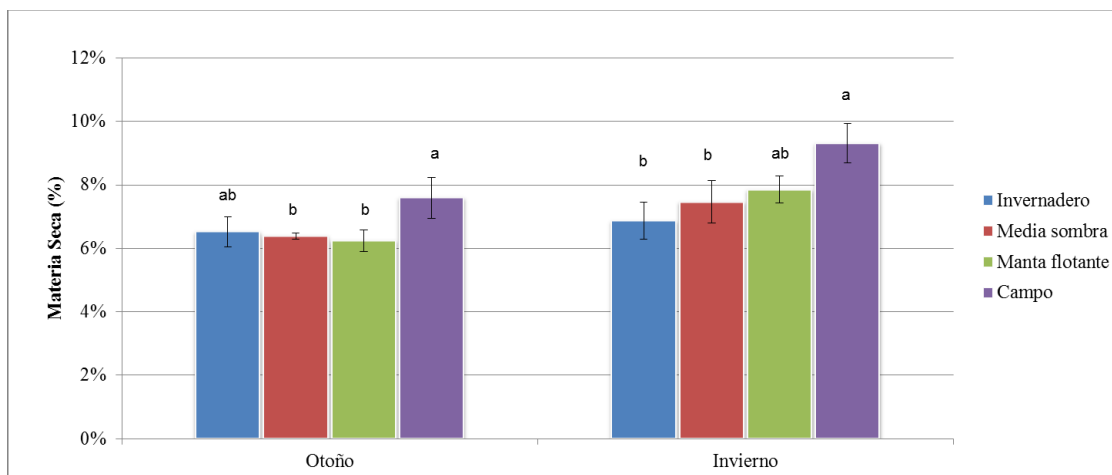




Figura 3: Materia seca en % para los diferentes sistemas de producción, en otoño e invierno.



pueden verse modificadas a causa de diferentes factores de pre cosecha tales como la irrigación, régimen térmico y condiciones de estrés (Helyes y Lugasi, 2006). Los sistemas de producción protegidos pueden modificar las condiciones en las cuales se desarrollan los cultivos y su comportamiento durante el almacenamiento.

En general con la forma de presentación en atados se observa una tendencia a presentar una menor pérdida de peso, respecto a la espinaca almacenada a granel. Este resultado también fue encontrado en rúcula cultivada en los mismos sistemas de producción, en varias épocas del año (Ortiz Mackinson *et al*, 2017). Esto puede deberse a que sujetando las hojas en manojos se produce una menor exposición de la totalidad de la superficie de las mismas en contacto con el ambiente que las rodea, disminuyendo la transpiración.

Para la cosecha de invierno también fue menor el porcentaje de pérdida en los tres sistemas de producción protegidos respecto al campo, en el día 3 de almacenamiento ( $p < 0,01$ ). A su vez en el día 6 y 9 de almacenamiento la producción a campo presentó menor pérdida de peso que manta flotante ( $p < 0,05$ ) (Tabla 2).

**Descarte (%)**

Si bien fue demostrado que el almacenamiento en cámara frigorífica disminuye el descarte de hortalizas de hoja (Firpo *et al*, 2012), es importante establecer la influencia que tienen los sistemas de producción sobre el comportamiento poscosecha de espinaca en diferentes momentos de cosecha. El sistema de

producción en invernadero, además de posibilitar la obtención de mayor rendimiento y calidad (Grasso *et al*, 2017), permite un mejor comportamiento durante el almacenamiento.

En otoño se observó interacción entre forma de sujeción y días de almacenamiento ( $p < 0,05$ ), siendo menor el descarte en los atados de espinaca, en los días 6 ( $p < 0,05$ ) y 9 ( $p < 0,01$ ), de almacenamiento (Tabla 3). Se observa un aumento en las pérdidas por descarte durante el almacenamiento. A su vez se observó una tendencia a ser menor la pérdida por descarte en invernadero a lo largo del período de conservación, encontrando resultados similares en otras hortalizas de hoja como rúcula (Ortiz Mackinson *et al*, 2017).

En invierno se presentaron diferencias altamente significativas entre días de almacenamiento, siendo menor el descarte en los días inicial y 3 de almacenamiento (0%) respecto a los días 6 (5,3%) y 9 (7,1%). A su vez se incrementó el descarte en el día 9 de almacenamiento respecto al día 6 ( $p < 0,01$ ) (Figura 4).

**Color**

**Parámetro L\***

En el ciclo de espinaca otoñal, para L\* se observó interacción entre sistemas de producción y la forma de sujeción. En los atados, el sistema invernadero y media sombra presentaron mayores valores de luminosidad (más claro) que en campo y la media sombra mayor a la manta flotante. En la forma de presentación a granel, la luminosidad de la media sombra fue mayor que en el sistema sin protección a campo. Los sistemas inverna-

Tabla 2: Pérdida de peso en % para los diferentes sistemas de producción, formas de sujeción y días de almacenamiento de espinaca, en otoño e invierno.

Sistemas de producción	Formas de sujeción	Días de almacenamiento							
		Otoño				Invierno			
		3	6	9	Suma	3	6	9	Suma
Invernadero	Atado	2,4	3,5	1,2	7,1	4,4	2,9	2,2	9,5
	Granel	6,0	3,3	0,8	10,2	4,1	5,3	3,4	12,7
Media Sombra	Atado	3,3	3,0	0,9	7,2	4,1	3,4	1,9	9,4
	Granel	5,5	4,2	1,4	11,1	5,1	3,0	3,2	11,3
Manta Flotante	Atado	2,8	1,6	1,6	6,0	5,1	3,9	3,5	12,5
	Granel	3,6	3,7	1,0	8,3	3,3	5,9	4,2	13,4
Campo	Atado	6,1	1,2	1,5	8,8	6,6	1,8	1,4	9,8
	Granel	6,9	1,8	2,7	11,4	7,8	4,0	1,1	12,9
Promedio		4,6	2,8	1,4		5,1	3,8	2,6	

**Tabla 3:** Descarte de espinaca en % para los diferentes sistemas de producción, formas de sujeción y días de almacenamiento, en otoño e invierno.

Sistemas de producción	Formas de sujeción	Días de almacenamiento							
		Otoño				Invierno			
		3	6	9	Suma	3	6	9	Suma
Invernadero	Atado	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	2,8	4,1	6,9
	Granel	0,7	3,0	4,2	7,9	0,0	3,7	5,2	8,9
Media	Atado	0,0	2,5	1,8	4,3	0,0	6,7	8,6	15,2
Sombra	Granel	0,4	2,7	6,3	9,4	0,0	6,4	8,4	14,8
Manta	Atado	0,5	0,8	1,8	3,2	0,0	4,3	6,1	10,3
Flotante	Granel	3,0	3,1	5,8	12,0	0,0	5,9	8,2	14,1
Campo	Atado	0,0	1,4	3,7	5,1	0,0	6,2	8,2	14,4
	Granel	0,0	3,6	3,3	6,9	0,0	6,1	7,6	13,7
	Promedio	0,6	2,2	3,3		0,0	5,3	7,1	

**Tabla 4:** Luminosidad de hojas de espinaca para los diferentes sistemas de producción, formas de sujeción y días de almacenamiento, en otoño e invierno.

Sistemas de producción	Formas de sujeción	Días de almacenamiento									
		Otoño					Invierno				
		0	3	6	9	Prom	0	3	6	9	Prom
Invernadero	Atado	45,27	46,30	46,66	48,13	45,59	35,85	39,24	38,24	39,67	38,25
	Granel	44,24	45,30	45,86	46,95	45,59	36,60	40,43	40,67	40,75	39,61
Media	Atado	46,78	47,51	47,54	48,85	47,57	37,01	40,66	39,60	39,94	39,30
Sombra	Granel	46,15	45,77	46,34	47,20	46,36	36,96	40,46	39,59	41,07	39,52
Manta	Atado	42,93	42,85	40,63	43,29	42,42	37,36	40,14	39,94	40,94	39,60
Flotante	Granel	44,04	45,50	44,19	45,32	44,76	38,12	40,32	40,69	39,18	39,58
Campo	Atado	41,72	41,69	42,07	43,12	42,15	37,48	40,25	39,27	40,93	39,48
	Granel	43,85	45,02	43,62	44,27	44,19	35,71	39,36	39,14	38,89	38,27
	Promedio	44,37	44,99	44,61	45,89		36,89	40,11	39,64	40,17	

**Figura 4:** Forma de sujeción de hojas de espinaca en cada sistema de producción al día 9 de almacenamiento, en otoño.



dero y media sombra fueron mayores al campo durante todo el almacenamiento (Tabla 4).

En invierno se observaron diferencias entre días de almacenamiento, donde el día inicial (0) presenta menores valores de L\* (más oscuro) respecto a los demás días ( $p < 0,01$ ). Es decir que con el tiempo las hojas de espinaca adquieren mayor luminosidad (Tabla 4).

**Parámetro a\***

En otoño se observaron diferencias entre sistemas de producción ( $p < 0,01$ ) donde el campo fue mayor a los otros sistemas de pro-

ducción (menos verde). La presencia de color verde oscuro en las espinacas es un aspecto importante de la evaluación (Brandenberger *et al*, 2004; Dainello *et al*, 1984). Murphy y Morelock (1999, 2000) indicaron que las verduras de color verde oscuro contienen altos niveles de carotenoides, que puede seleccionarse visualmente debido a una fuerte correlación entre los carotenoides y la clorofila-a.

En invierno se observó interacción entre sistemas de producción y forma de sujeción, donde el invernadero presenta mayor valor que media sombra en los atados y el campo mayor que el invernadero en espinaca a granel ( $p < 0,05$ ). Es decir que, en invierno, los manojos atados con cinta conservaron mejor el color verde cuando fueron cultivados bajo media sombra y la espinaca a granel bajo invernadero (Tabla 5).

**Parámetro b\***

En otoño b\* se observaron diferencia entre sistemas y entre días de almacenamiento ( $p < 0,01$ ), donde el sistema a campo presentó el menor valor y la media sombra el mayor (más amarillento). Los valores de b\* en los días 0, 3 y 6 de almacenamiento son menores que en el día 9 (Tabla 6), es decir que al final del almacenamiento se observó el amarillamiento de las hojas de espinaca. Este cambio de coloración es un proceso que se toma de referencia en la senescencia foliar, debido a que la degradación del cloroplasto es probablemente la manifestación más importante (Noodén *et al.*, 2004). Es posible que este proceso sea menos acentuado en el sistema de cultivo sin protección, que además parte de un color más verde en la cosecha. Puede ocurrir en el transcurso natural de la senescencia y en particular su inicio, al igual que cualquier otro proceso

**Tabla 5:** Parámetro de color a\* de hojas de espinaca para los diferentes sistemas de producción, formas de sujeción y días de almacenamiento, en otoño e invierno.

Sistemas de producción	Formas de sujeción	Días de almacenamiento									
		Otoño					Invierno				
		0	3	6	9	Prom	0	3	6	9	Prom
Invernadero	Atado	-18,34	-18,74	-18,19	-18,34	-18,40	-15,28	-16,46	-12,40	-16,23	-15,10
	Granel	-17,96	-18,87	-17,51	-18,12	-18,12	-15,97	-16,99	-17,50	-16,71	-16,79
Media	Atado	-19,25	-19,91	-19,08	-19,41	-19,41	-15,71	-16,77	-16,63	-16,16	-16,32
Sombra	Granel	-19,55	-19,69	-19,06	-19,87	-19,54	-15,71	-16,57	-16,50	-16,56	-16,34
Manta	Atado	-17,57	-17,37	-17,21	-17,77	-17,48	-15,15	-15,47	-15,59	-15,07	-15,32
Flotante	Granel	-17,79	-18,69	-18,06	-17,79	-18,08	-15,73	-16,17	-16,62	-15,35	-15,97
Campo	Atado	-17,01	-16,24	-16,82	-16,50	-16,64	-15,30	-16,20	-16,04	-15,40	-15,73
	Granel	-17,56	-17,92	-17,60	-17,23	-17,58	-14,63	-15,76	-15,37	-15,07	-15,21
	Promedio	-18,13	-18,43	-17,94	-18,13		-15,44	-16,30	-15,83	-15,82	

**Tabla 6:** Parámetro de color b\* de hojas de espinaca para los diferentes sistemas de producción, formas de sujeción y días de almacenamiento, en otoño e invierno.

Sistemas de producción	Formas de sujeción	Días de almacenamiento									
		Otoño					Invierno				
		0	3	6	9	Prom	0	3	6	9	Prom
Invernadero	Atado	27,86	28,30	29,48	30,48	29,03	23,07	24,22	24,99	24,65	24,23
	Granel	27,51	28,41	27,77	29,75	28,36	23,93	25,84	26,48	25,27	25,38
Media	Atado	29,77	31,12	30,56	31,46	30,73	23,25	25,10	24,41	23,47	24,06
Sombra	Granel	30,26	30,51	30,41	31,68	30,72	23,31	24,66	24,75	24,47	24,30
Manta	Atado	26,22	26,11	26,39	27,35	26,52	22,43	22,66	22,95	22,27	22,58
Flotante	Granel	26,60	28,17	28,03	27,76	27,64	22,58	23,56	24,18	22,09	23,10
Campo	Atado	25,81	24,90	25,07	26,51	25,57	21,44	23,41	22,33	21,67	22,21
	Granel	27,16	27,89	27,58	28,05	27,67	20,34	21,57	20,76	20,72	20,85
	Promedio	27,65	28,18	28,16	29,13		22,54	23,88	23,86	23,08	

genéticamente programado del desarrollo, que sea alterado por factores bióticos y abióticos tales como luz (calidad, intensidad, fotoperíodo), temperatura, nutrientes, etc (Shahri 2011).

## Conclusiones

La espinaca producida bajo invernadero en invierno, presentó mayor rendimiento en peso fresco, en relación al sistema de producción a campo. En cuanto al rendimiento en materia seca los sistemas bajo media sombra y manta flotante presentaron valores más bajos respecto al campo, en otoño. Los sistemas invernadero y media sombra menor materia seca que la producción a campo, en invierno.

El comportamiento poscosecha para el ciclo otoñal e invernal fue de menor porcentaje de pérdida de peso en los tres sistemas de producción protegidos respecto al campo, en los primeros días de almacenamiento refrigerado.

El descarte fue menor en los manojos de espinaca atados con cinta respecto a la presentación a granel durante los últimos días de almacenamiento, en otoño. En invierno se presentaron diferencias entre días de almacenamiento, siendo menor el descarte en los días iniciales en comparación con la segunda mitad del período de conservación refrigerada.

## Bibliografía

1. BOUZO, C. A.; FAVARO, J. C.; PILATTI, R. A. & SCAGLIA, E. M. 2005. Cinturón Hortícola de Santa Fe: Descripción de la zona y situación Actual. Revista FAVE - Ciencias Agrarias 4 (1-2).
2. BRANDENBERGER, L. P.; WELLS, L. K.; HAIGH, M. M. 2004. Yield and quality characteristics of spring spinach grown in Oklahoma. HortTechnology 14:602-605.

3. **CENSO NACIONAL AGROPECUARIO 2002.** INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [http://www.indec.gov.ar/index\\_agropecuario.asp](http://www.indec.gov.ar/index_agropecuario.asp)
4. **CHIESA, A.** 2010. Factores precosecha y poscosecha que inciden en la calidad de lechuga. *Horticultura Argentina*, 29(68), 28-32.
5. **DAINELLO, F. J.; JONES, R. K.; HEINEMAN, R. R.** 1984. Evaluation of selected spinach varieties under early, mid and late planting conditions. *Texas Agr. Expt. Sta. PR* 4198:1-8.
6. **DI RIENZO J. A., CASANOVES F., BALZARINI M. G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W.** 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. <http://www.infostat.com.ar>
7. **FERRATTO, J.; GRASSO, R.; LONGO, A.; ORTIZ MACKINSON, M.; MONDINO, C.** 2009. Censo 2008 del Cinturón Hortícola de Rosario. INTA Publicaciones Miscelánea N° 46. 15 pp. ISSN 0326-256.
8. **FERRATTO, J.; MONDINO, M.; GRASSO, R.; ORTIZ MACKINSON, M.; LONGO, A.; CARRANCIO, L.; FIRPO, I.; ROTONDO, R.; ZEMBO, J.; CASTRO, G.; GARCÍA, M.; RODRIGUEZ, M.; IRIBARREN, M.** 2010. Buenas Prácticas Agrícolas para la agricultura familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina. FAO pp 535.
9. **FIRPO, I.; ROTONDO, R.; FERRATTO, J.; GRASSO, R.; TREVISAN, A.; RODRIGUEZ, M.** 2012. Incidencia del ambiente y la revitalización en las pérdidas poscosecha de hortalizas de hojas, fruto y raíz. *Ciencias Agronómicas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNR.* N° XX Año 12, p. 007-013. ISSN N° 1853-4333, ISSN ON-LINE: 2250-8872.
10. **GAVIOLA DE HERAS, S.** 1996. Factores de manejo que inciden sobre la calidad de las hortalizas. *Avances en Horticultura*, 1(1), 4-18.
11. **GRASSO, R.; MONDINO, M.; ORTIZ MACKINSON, M.; VITA LARRIEU, E.; LONGO, A.; FERRATTO, J.** 2013. Censo 2012 del Cinturón Hortícola de Rosario. Ajuste del Diagnóstico Agronómico de necesidades y estrategias de intervención del Proyecto Hortícola de Rosario 2013/2018. INTA Publicaciones Miscelánea N° 50. 31 pp. ISSN 0326-256.
12. **GRASSO, R.; ORTIZ MACKINSON, M.; ROTONDO, R.; MONDINO, M.C.; CALANI, P.; FIRPO, I.; BALABAN, D.; VITA LARRIEU, E.** 2017. Productividad de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) en diferentes sistemas productivos. *Agromensajes* 47:30-35. Facultad de Ciencias Agrarias, UNR.
13. **HELYES, L. & LUGASI, A.** 2006. Formation of certain compounds having technological and nutritional importance in tomato fruits during maturation. *Acta alimentaria*, 35 (2): 183-93.
14. **KADER, A. (ed.)** 2007. Tecnología poscosecha de cultivos hortofrutícolas. (3° edición). Serie de Horticultura Poscosecha N° 24. Traducción de la Publicación 3311 de ANR. Universidad de California. 571 pp.
15. **KHATTREE, R.; NAIK, D. N.** 1999. Applied Multivariate Statistics With. SAS Software. Second Edición. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. Pag. 338.
16. **KOIKE, S.T.; CAHN, M.; CANTWELL, M.; FENNIMORE, S.; LESTRANGE, M.; NATWICK, E.; SMITH, R. F.; TAKELE, E.** 2011. Spinach production in California. *Agriculture and Natural Resources. University of California.* <http://anrcatalog.ucdavis.edu> . published web location <https://doi.org/10.3733/ucanr.7212>
17. **MONDINO, M.; FERRATTO, J.; FIRPO, I.; ROTONDO, R.; ORTIZ, M.; GRASSO, R.; CALANI, P.; LONGO, A.** 2007. Pérdidas poscosecha de lechuga, en la región de Rosario, Argentina. *Horticultura Argentina* (26) N° 60 pág. 17-24.
18. **MURPHY, J. B.; MORELOCK, T. E.** 1999. Carotenoid antioxidant levels in spinach: Preliminary screening. *Res. Ser. Arkansas Agr. Expt. Sta.* 466:106-108.
19. **MURPHY, J. B.; MORELOCK, T. E.** 2000. Spinach breeding program yields lines containing high levels of carotenoid antioxidants. *Res. Ser. Arkansas Agr. Expt. Sta.* 475:36-39.
20. **NOODEN, L. D.; GUIAMET, J. J.; JOHN, I.** 2004. Whole plant senescence. IN: Nooden LD (ed). *Plant cell death processes.* Academic/Elsevier, San Diego. pp 227-244.
21. **ORTIZ MACKINSON, M.; GRASSO, R.; ROTONDO, R.; CALANI, P.; MONDINO, M.; BALABAN, D.; VITA LARRIEU, E.; MONTIAN, G.; BARBONA, I.** 2017. *Horticultura Argentina* 36 (91): Sep. - Dic. 2017. ISSN de la edición on line 1851-9342.
22. **PATRICK, J.W.** *Assimilate partitioning in relation to crop productivity.* 1988. *HortScience*, v. 23, p. 33-40.
23. **PEIL, R. M. & GÁLVEZ, J. L.** 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. bras. Agrociência*, v.11, n. 1, p. 05-11, jan-abr, 2005
24. **ROMOJARO ALMELA, F.; FLORES, F. B.; EGEE, M. I.; SÁNCHEZ BEL, P.; MARTÍNEZ, M. C.; RIBAS, F.; CABELLO, M. J.** 2007. Factores precosecha que afectan a la calidad de frutas y hortalizas. *Phytoma.* ISSN 1131-8988, N° 189, pág. 43-50.
25. **ROTONDO, R.; FIRPO, I.; FERRATTO, J.; DÍAZ, B.; VIGNAROLI, L.** 2000. Efecto del acolchado del suelo con paja y mantas flotantes, sobre la productividad de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en otoño. *Revista Horticultura Argentina* vol 19, N° 46, 2000. ISSN 0327-3431.
26. **SHAHRI, W.** 2011. Senescence: concepts and synonyms. *Asian Journal of Plant Sciences* 10(1): 24-28. ISSN 1682-3974.
27. **TANNY, J.; HAIJUN, L. y COHEN, S.** 2006. Airflow characteristics, energy balance and Eddy covariance measurements in a banana screenhouse. *Agricultural and Forest Meteorology* 139(1): 105-108.
28. **TREVOR, V. S. y CANTWELL, M.** 2011. Tomate: Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. [www.postharvesttechnology.ucdavis.edu](http://www.postharvesttechnology.ucdavis.edu)
29. **WESTLAND, S.; GRAHAM, C.; ADDISON, S.; SHARROT, P.; RIGG, B.** 2001. Effect of sleeve color and background color on change in color assessments. *Coloration Technology* 117 (3), 123-126.