



**Universidad Nacional de La Plata**

**Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales**

**“ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO, CALIDAD Y  
COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE 6 HÍBRIDOS DE  
PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) TIPO “BLOCKY”  
PRODUCIDOS EN EL CINTURÓN HORTÍCOLA DE LA PLATA”**

Alumno: **Bernardo Negri**

Director: Dr. Ariel Roberto Vicente

Co-director: Ing. Agr. Carlos Pineda

Lugar de Trabajo: CIDCA - Centro de Investigación y Desarrollo en  
Criotecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas. UNLP- CCT  
La Plata, CONICET.

Calle 47 y 116 s/Nº- CP 1900 La Plata, Argentina

Tel. /Fax: (0221) 424-9287 / 425-4853.

E-mail: bernegri@hotmail.com

Año 2009

*Este trabajo final de grado de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, fue realizado en el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), de la Facultad de Ciencias Exactas UNLP-CCT La Plata CONICET, bajo la dirección del Dr. Ariel Vicente y Co-dirección del Ing. Agr. Carlos Pineda.*

*Año 2009*

*A todos aquellos que me apoyaron, me  
alentaron y acompañaron en todos  
estos años de la carrera de  
Ingeniería Agronómica.*

*“A todos ellos gracias”*

*Un especial agradecimiento a mi director Dr. Ariel Vicente por darme la posibilidad de trabajar en el CIDCA. Por su gran generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la realización de este trabajo de tesis.*

*A mi co-director Ing. Agr. Carlos Pineda por todo el apoyo que me brindó en el campo, por su experiencia y trayectoria en la producción hortícola y por sus valiosas sugerencias hacia este trabajo.*

*A la Dra. Analía Concellón por toda la ayuda brindada en este trabajo y en el laboratorio.*

*Al Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de Alimentos (CIDCA). Facultad de Ciencias Exactas. UNLP- CCT La Plata, CONICET.*

*A la Dra. Noemí Zaritzky, directora del CIDCA, por avalarme la realización de la tesis de grado para la obtención del título de Ing. Agrónomo.*

*A la Dra. Alicia Chaves por su trayectoria y apoyo constante hacia todos nosotros.*

*A la empresa Seminis, por brindarme los materiales necesarios para realizar este trabajo.*

*A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que gracias a todas sus cátedras me permitieron formarme profesional y personalmente.*

*A la Cátedra de Producción Animal, la cual me dio la oportunidad de ser ayudante alumno en mis primeros momentos dentro de la Facultad.*

*A mi padre Domingo J, Negri y a mi madre Graciela Diz, que fueron los que me comprendieron y apoyaron, en el pasar por la facultad.*

*A mis hermanos Julián y Julieta, que fueron quienes confiaron en mí, y me dieron aliento para seguir adelante.*

*A mis tíos y primos de Bs As y de Venezuela, que siempre se acuerdan de mí y de mis estudios desde lejos.*

*A mi primo Matías Lynch, que fue también un gran compañero y alentador de mi carrera en los primeros años, el que me regaló mi primer libro: Tratado de Morfología y Sistemática Vegetal de M.J. Dimitri y E.N. Orfila.*

*A Ingrid Ely, mi compañera de vida que fue quien puso su oído en tiempos adversos y supo darme las palabras justas para no bajar los brazos nunca.*

*A la familia Ely por todos los momentos compartidos y por su interés en mi carrera.*

*A Lucas de Solay, compañero de Facultad y del CIDCA que me ayudó y estuvo siempre cuando lo necesité, que junto con Valeria y Delfina son un gran apoyo y grandes amigos.*

*A los chicos de vegetales, Joaquín Hasperué, Luis Rodoni y Juan Facundo Massolo, Laura Lemoine por todos los momentos compartidos y hacer más ameno el trabajo diario en el laboratorio.*

*A todos mis compañeros y amigos de la Facultad, por todos aquellos momentos que pasamos juntos tanto dentro de las cursadas como en las reuniones durante el año.*

*A todas esas personas que estuvieron y están presentes con su apoyo incondicional.*

***¡A todos ellos muchísimas gracias!***

<b><u>INDICE GENERAL</u></b>	<b>Pág.</b>
<b>1. RESUMEN</b>	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	3
2.1. Aspectos generales de producción de pimiento	3
2.2. Morfología y composición de frutos de pimiento	4
2.3. Generalidades del cultivo de pimiento	7
2.4. Aspectos generales de conservación de pimiento	12
2.5. Características del comercio mundial de pimiento, dificultades y posibilidades para nuestro país.	14
<b>3. OBJETIVOS</b>	18
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	19
4.1. Materiales	19
4.2. Ensayo comparativo de rendimiento	19
4.3. Determinación de calibre y morfología de los frutos	20
4.4. Determinaciones analíticas	20
a. Firmeza	20
b. Color superficial	20
c. Azúcares	20
d. Acidez y pH	21
e. Capacidad antioxidante	21
f. Actividad respiratoria	21
4.5. Comportamiento durante el almacenamiento refrigerado	21
4.6. Análisis estadístico	22
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	23
5.1. Aspectos generales del ensayo comparativo	23
5.2. Rendimiento	26
5.3. Morfología de los frutos y rendimiento exportable	28
5.4. Propiedades físico-químicas asociadas con la calidad de los frutos	32
5.5. Comportamiento durante el almacenamiento	34
<b>6. CONCLUSIONES</b>	36
<b>7. REFERENCIAS</b>	38

## **ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS**

### **I. TABLAS**

**Pág**

**Tabla 1:** Producción Argentina y mundial de pimiento (miles de toneladas) en la última década. (FAOSTAT, 2009).

3

**Tabla 2:** Producción, superficie cosechada y rendimiento de principales productores mundiales de pimiento. (FAOSTAT, 2009).

3

**Tabla 3:** Composición de pimiento verde y rojo (USDA, 2009). Los valores se expresan cada 100 g de fruto fresco.

7

**Tabla 4:** Requerimiento de nutrientes en kilogramos cada 1000 kg de pimiento (adaptado de Balcaza, 2003).

11

**Tabla 5:** Color (hue, L\*), azúcares, acidez, antioxidantes y actividad respiratoria en frutos de pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) cosechados en estado rojo. Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ .

33

**Tabla 6:** Daño por frío, presencia de manchas u hongos en pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) cosechados en estado rojo, durante el almacenamiento a 10°C.

35

## **II. FIGURAS**

**Pág**

**Figura 1:** A: Morfología de frutos de pimiento. B: Diferentes colores de pimiento disponibles en la actualidad. 5

**Figura 2:** Diferentes tipos de pimiento: A: Jalapeño B: Vinagre C: Calahorra D: “Blocky” E: Lamuyo F: Cherry. 6

**Figura 3:** Efecto del método de cosecha sobre el comportamiento de pimiento almacenado a 10°C por 21 d. A) Fruto cosechado por separación natural en la zona de abscisión B) Fruto con corte al raz. C) Fruto cosechado con una herramienta inapropiada. 12

**Figura 4:** Importaciones y exportaciones a nivel global de pimiento en el período 1998-2007(FAOSTAT, 2009). 14

**Figura 5:** Participación de principales países en las importaciones de pimiento para el año 2007. (FAOSTAT, 2009). 15

**Figura 6:** Participación de principales países en las exportaciones de pimiento para el año 2007. (FAOSTAT, 2009). 15

**Figura 7:** Vista superior y lateral de frutos rojos de los 6 híbridos de pimiento tipo “blocky” utilizados en el presente trabajo. 23

**Figura 8:** Producción de pimiento tipo “blocky” A) Vista del invernáculo en el que se realizó el ECR. B) Vista de la conducción de plantas realizada C) Floración e inicio de fructificación en pimiento. D) Frutos en estado de madurez verde. 24

**Figura 9:** Vista de las plantas en el invernáculo de los 6 híbridos de pimiento tipo “blocky” utilizados en el presente trabajo. Se puede ver diferencias de altura entre los distintos genotipos. 25

**Figura 10:** *Cosecha de un bloque del ensayo de pimiento ‘blocky’ A) y B) Un típico pimiento de exportación C) Pimientos en planta mostrando su pedúnculo y zona de abscisión con la planta D) Frutos en estado de madurez rojo y detrás algunos en coloración chocolate.* 26

- Figura 11:** Rendimiento en kilogramos por planta de pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ . 27
- Figura 12:** Número de frutos por planta en pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ . 27
- Figura 13:** Peso de frutos de pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ . 28
- Figura 14:** Porcentaje de frutos de pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) según destino posible (exportable o descarte exportación). Se muestra la diferencia mínima significativa para frutos exportables (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ . 29
- Figura 15:** Rendimiento exportable (kg por planta) en frutos de pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ . 29
- Figura 16:** Apariencia de pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). 30
- Figura 17:** Distribución de frecuencias de tamaño en pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). 31
- Figura 18:** Corte transversal de pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). 31
- Figura 19:** Firmeza de pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ . 32
- Figura 20:** Asociación entre firmeza de los frutos de pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) y espesor de pericarpio. Se muestra el coeficiente de correlación. 33

**Figura 21:** Asociación entre contenido de azúcares de los frutos de pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) y espesor de pericarpio. Se muestra el coeficiente de correlación.

34

**Figura 22:** Pérdida de peso de pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) durante el almacenamiento a 10°C. Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ .

34

# **1. RESUMEN**

En este trabajo se evaluó el rendimiento temprano, la composición y el comportamiento poscosecha de 6 híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) producidos en invernadero en la zona de La Plata. Se realizó un ensayo comparativo de rendimiento (ECR) en un diseño por bloques al azar, con tres repeticiones y se evaluó el rendimiento durante 10 cosechas en el período comprendido entre el 15 de Diciembre y el 15 de Febrero (temporada 2008-2009). El híbrido 7864 mostró el mayor rendimiento (3,8 kg por planta), mientras que el menor nivel de producción se halló en Mar rojo (2,8 kg por planta). Morfológicamente también se observaron diferencias entre los materiales ensayados. Los frutos del híbrido 7864 mostraron tamaño moderado y gran homogeneidad poblacional en comparación con Aifos e Ignis. Si bien en todos los casos, el porcentaje de frutos cumpliendo las especificaciones de exportación (determinados a partir del tamaño, presencia de defectos y uniformidad) fue bajo, el híbrido 7864 presentó el mayor potencial de rendimiento exportable. Por otra parte, se realizaron 2 cosechas independientes de frutos de los 6 genotipos a fin de evaluar otros aspectos asociados con la calidad y el comportamiento en el almacenamiento. Los frutos de Mar rojo y Candente mostraron mayor tamaño y firmeza, mientras que Ignis presentó los valores más bajos en este último atributo. La firmeza de los frutos mostró una alta correlación positiva con el espesor del pericarpio por lo que esta sencilla medida morfológica parece ser de utilidad para estimar aspectos texturales sin recurrir al uso de instrumental complejo. Los frutos de Aifos y 8781 fueron algo más anaranjados lo que se evidenció a partir de mayores valores de hue, no hallándose diferencias entre el resto de los genotipos en el tono de color superficial. Los frutos del híbrido 7864 se presentaron algo más oscuros en comparación con los otros genotipos (menor valor de L\*). El contenido de azúcares fue más alto en los híbridos con menor espesor de pericarpio, mostrándose una alta correlación negativa entre estas 2 variables. El pH y la acidez no sufrieron grandes variaciones entre genotipos. Por otra parte, 8781 fue el híbrido con mayor nivel de antioxidantes. Por último, durante el almacenamiento en cámara, los frutos de Mar Rojo, Candente y 8781 mostraron menor deshidratación y en general un mejor comportamiento (estimado a partir de la susceptibilidad al daño por frío, número de manchas y ataque de hongos). Los resultados de este estudio muestran que existen marcadas diferencias entre los 6 genotipos evaluados. Aifos e Ignis presentan peores características en un análisis global, mientras que los demás materiales pueden resultar más o menos ventajosos dependiendo de las características deseadas. El híbrido 7864 muestra buen rendimiento y uniformidad, tamaño menor y moderada capacidad de almacenamiento. Candente y Mar rojo poseen mayor peso y tamaño de fruto, elevada firmeza, buen comportamiento en cámara, pero rendimiento menor. Mayores estudios resultan necesarios para continuar con la evaluación de estos materiales en el Cinturón hortícola de La Plata.

**Palabras clave:** Pimiento, híbrido, “blocky”, calidad, rendimiento, poscosecha.

## **Abstract**

What was evaluated in this paper were the yield, composition and postharvest behavior of 6 bell pepper hybrids (*Capsicum annuum* L.) (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 and 8781) grown in greenhouses in La Plata, Argentina (for the 2008-2009 season). Yield was evaluated during the period between December 15<sup>th</sup> - February 15<sup>th</sup>. The hybrid 7864 showed the highest yield (3,8 kg per plant) while Mar rojo presented the lowest production (2,8 kg per plant). Morphologically there were also clear differences among genotypes. Fruit form 7864 showed moderate size and high uniformity as compared to Aifos and Ignis. Even though in all cases the percentage of fruits reaching export standards was low (based on size, uniformity and defects), the hybrid 7864 showed the highest exportable yield. On a separate set of experiments, 2 independent harvests were grown for the 6 genotypes, and fruits were evaluated in terms of quality attributes and postharvest behavior. The hybrids Mar rojo and Candente showed the highest firmness while Ignis presented the lowest values. Fruit firmness showed high positive correlation with pericarp width, which could mean that this simple morphological measurement might be useful as a general estimate of some textural properties, without having to resort to more complex techniques. Regarding other attributes associated with fruit appearance, Aifos and 8781 presented a more orange-like color (evidenced by the higher hue values), while no differences were found among the other genotypes. Peppers from 7864 were darker than the other hybrids (lower L\* value). Sugar content was higher in those hybrids with lower pericarp width, indicating a negative correlation between these two variables for all 6 genotypes. Fruit pH and acidity did not show great variations among genotypes. Fruit from 8781 ranked first on antioxidants. Finally, during low temperature storage fruit from Mar Rojo, Candente and 8781 showed lower weight loss and a better global performance (as determined by susceptibility to chilling injury, number of spots and decay). Results from this study show that there are relatively large differences among the 6 genotypes evaluated. Overall, Aifos and Ignis show lower characteristics, while the other hybrids might result more or less advantageous depending on the desired characteristics. The hybrid 7864 shows good yield and uniformity, moderate size and intermediate storage capacity. Candente and Mar rojo fruit are larger, firmer and are well suited for long term storage, but these hybrids show lower yield, while 8781 is rich in antioxidants. Further studies might be useful for continuing the evaluation of these genotypes in La Plata Horticultural Belt.

**Keywords:** bell pepper, hybrid, “blocky”, quality, yield, postharvest.

## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Aspectos generales de producción de pimiento

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) también llamado, chile, morrón ají, páprika o “bell pepper” pertenece a la familia de las Solanáceas. Es un cultivo de clima cálido, cuyo centro de origen se encuentra en América, principalmente en México, Perú y Bolivia, aunque su producción se expandió al resto del mundo a partir de la llegada de los españoles al continente (INTA, 2000). Los pimientos se consumen crudos, en ensaladas y salsas, procesados en productos enlatados, encurtidos, congelados o deshidratados, como el páprika o pimentón (Namesny, 1996). Otras especies del género *Capsicum* incluyen a *C. frutescens* que produce pequeños frutos que se utilizan para la obtención de tabasco, *C. chinense* y *C. baccatum* (Wien, 1999). Mundialmente es una hortaliza de importancia, con una superficie de 1.691.991 hectáreas y una producción total de 26 millones de toneladas en el año 2007. A nivel global, la producción de pimiento ha mostrado un aumento sostenido, con un crecimiento de 40% en la última década (**Tabla 1**).

**Tabla 1:** Producción Argentina y mundial de pimiento (miles de toneladas) en la última década. (FAOSTAT, 2009).

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Argentina</b>	126	125	120	122	123	125	125	125	126	127
<b>Mundial</b>	18.500	19.400	20.800	21.418	22.512	24.322	24.587	25.261	26.252	26.056

El principal productor mundial es China con 54% del volumen total. Otros importantes productores de pimiento son España, México, Turquía, Egipto y Estados Unidos (**Tabla 2**). España se destaca por su elevado rendimiento promedio, asociado con un alto grado de tecnificación y producción bajo cobertura. Nuestro país es el principal productor en Sudamérica con un volumen de 127.000 toneladas anuales (FAOSTAT, 2009) que no han mostrado gran variación en los últimos 10 años.

**Tabla 2:** Producción, superficie cosechada de principales productores mundiales de pimiento. (FAOSTAT, 2009).

	Producción (miles de toneladas)	Superficie cosechada (ha)
<b>China</b>	14.033	653.200
<b>Egipto</b>	475	30.000
<b>España</b>	1.065	21.700
<b>Estados Unidos</b>	856	31.970
<b>México</b>	1.690	93.000
<b>Turquía</b>	1.090	52.000

Los rendimientos son muy variables, dependiendo de las condiciones de producción. Los horticultores con buen manejo del cultivo logran producciones de más de 120 T ha<sup>-1</sup> (Ishikawa, 2003). Las zonas productoras se ubican en el Noroeste donde se cultiva principalmente a campo, en el Noreste (mayoritariamente en la provincia de Corrientes) y en la región aledaña a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, conocida como Cinturón Hortícola de La Plata. Éste conglomerado productivo incluye unas 1.550 empresas horti-florícolas que explotan 14.500 hectáreas destinadas a la producción de hortalizas y flores (CHFBA, 2005). El cultivo de pimiento en la zona platense se realiza mayoritariamente bajo cubierta plástica (Balcaza, 2003). La superficie cultivada de pimiento en la región platense oscila entre 200 y 250 hectáreas, mayoritariamente en invernadero (CHFBA, 2005) y se orienta a la obtención de frutos para consumo fresco.

## **2.2. Morfología y composición de frutos de pimiento**

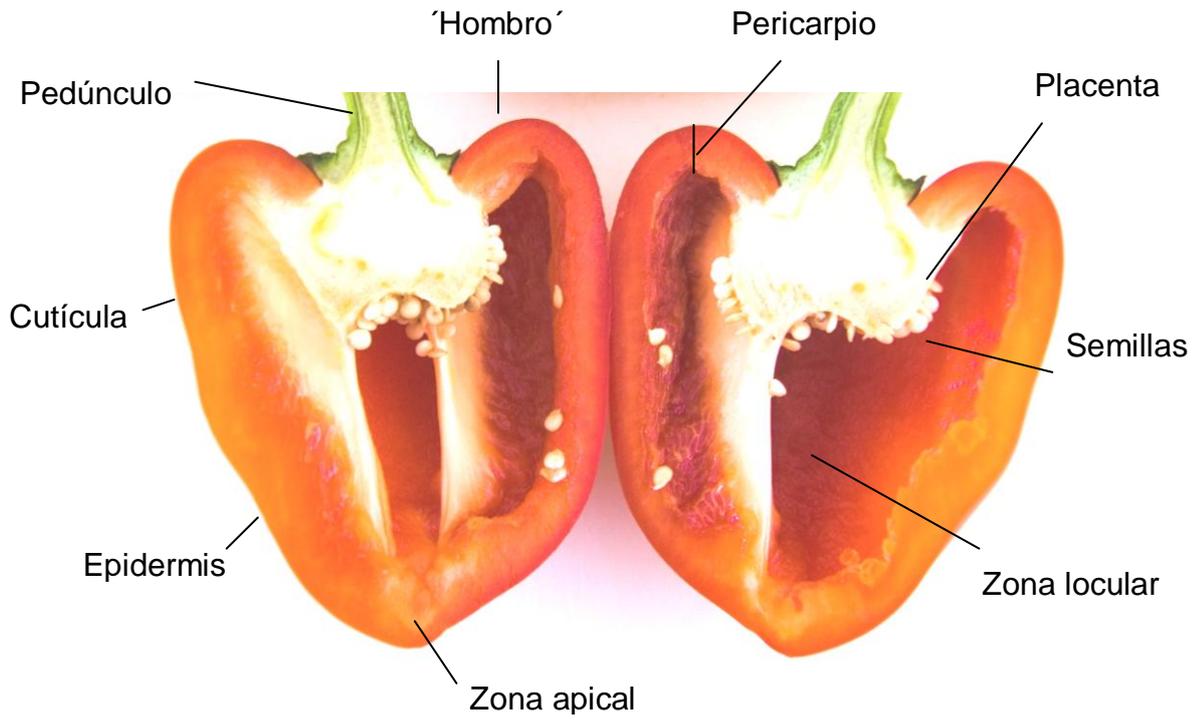
El pimiento es botánicamente una baya. Su tamaño puede oscilar desde escasos gramos para variedades tipo “cherry” hasta más de 500 g. Los frutos presentan cutícula gruesa y el espesor del pericarpio puede variar de grueso a delgado (**Figura 1A**). Los frutos son huecos y de color variable (verde, amarillo, naranja, rojo, chocolate) (**Figura 1B**). Su forma puede ser cilíndrica, cúbica, prismática, piramidal o cónica, más o menos aguzada hacia el extremo apical, (Wien, 1999). Los genotipos de pimiento pueden agruparse en clases o tipos según diferentes criterios. Una de las características que permite una clasificación general es la presencia de un grupo de componentes fenólicos denominados capsaicinoides (Govindarajan, 1985). El más abundante dentro de estos es la capsaicina, que se encuentra presente en mayor concentración en el tejido placentario asociado con las semillas y en menor medida en otras partes de los frutos (Díaz *et al.*, 2004). Los materiales que presentan elevado nivel de éste compuesto son conocidos como pimientos picantes (ej. pimiento Jalapeño, **Figura 2A**). Por el contrario, aquellos frutos con bajo tenor de capsaicina se consideran pimientos dulces. Otro criterio de clasificación se asocia con el destino final de la producción, pudiendo dividirse en pimientos para consumo fresco, pimientos para producción de pickles (ej. pimientos tipo vinagre **Figura 2B**), pimientos para producción de enlatados (ej. pimientos tipo calahorra **Figura 2C**) y pimientos para pimentón (Andrade Cuvi, 2007). Dentro de los pimientos comúnmente obtenidos para consumo fresco, pueden diferenciarse tres tipos:

-“blocky” o California con frutos cortos (7-10 cm), anchos (6-13 cm), con cuatro cascós bien marcados (**Figura 2D**),

-“lamuyo” con frutos largos de forma piramidal, cónica o prismática (**Figura 2E**) y

-“cherry” de tamaño inferior a unos pocos centímetros de sección (**Figura 2F**).

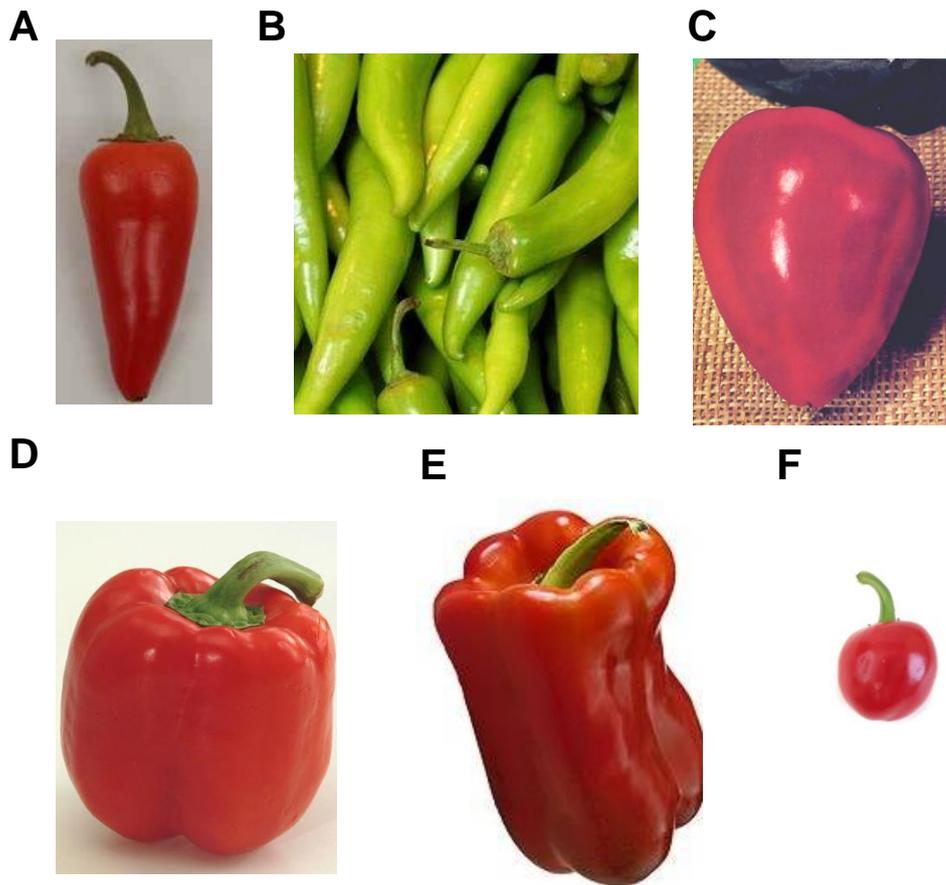
**A**



**B**



**Figura 1:** A: Morfología de frutos de pimiento. B: Diferentes colores de pimiento disponibles en la actualidad.



**Figura 2:** Diferentes tipos de pimiento: A: Jalapeño B: Vinagre C: Calahorra D: “Blocky” E: Lamuyo F: Cherry.

El componente más abundante de los frutos de pimiento es el agua, que se ubica en 92-93% m/m. En buena medida, la disminución de la calidad durante el almacenamiento de pimiento, se asocia con la pérdida de agua. Los estudios realizados hasta la fecha no han mostrado marcados cambios en la pared celular conforme los frutos se ablandan (Harpster *et al.*, 2002) y por el contrario en varios casos los cambios en la textura muestran asociación con la deshidratación (Lownds *et al.*, 1994; Díaz Pérez *et al.*, 2007). El color de los frutos verdes se atribuye a la presencia de clorofila mientras que en el estado rojo la coloración se debe a compuestos carotenoides (Govindarajan, 1985). El género *Capsicum* se caracteriza por la particular presencia de carotenoides con grupos cetónicos en su estructura (ceto-carotenoides), llamados capsantina y capsorubina. En variedades de coloración naranja o amarilla los principales compuestos de este tipo incluyen al  $\beta$ -caroteno y la violaxantina. En unas pocas variedades el color marrón es debido a la presencia de clorofilas y carotenoides en forma simultánea.

El sabor de los frutos está determinado principalmente por la presencia de ácidos orgánicos y azúcares. Dentro los carbohidratos solubles más importantes son la glucosa y la fructosa, encontrándose pequeñas cantidades de sacarosa en frutos verdes (**Tabla 3**). Debido a

que el contenido de azúcares simples se incrementa conforme progresa la maduración, los pimientos rojos son en general más dulces que los verdes (Nielsen *et al.*, 1991).

Como muchas otras hortalizas, el pimiento presenta bajo contenido de lípidos y sodio y un reducido número de calorías. Por último, este fruto es particularmente rico en pro-vitamina A y vitamina C, presentando niveles de este último compuesto que duplican los hallados en cítricos y 10 veces superiores a los de tomate (Vicente, 2006). Los niveles de vitamina C se ven afectados por condiciones de cultivo (principalmente radiación) estado de madurez y procesamiento (Vicente *et al.*, 2008).

**Tabla 3:** Composición de pimiento verde y rojo (USDA, 2009). Los valores se expresan cada 100 g de fruto fresco.

Componentes	Pimiento verde	Pimiento rojo
Agua	94	92
Energía (kcal)	20	26
Lípidos (g)	0,17	0,30
Fibra (g)	1,7	2,0
Azúcares totales	2,4	4,2
Sacarosa (g)	0,1	0,0
Glucosa (g)	1,16	1,94
Fructosa (g)	1,12	2,26
Vitamina C (mg)	80	190
Pro-vitamina A (UI)	370	3,131

### **2.3. Generalidades del cultivo de pimiento**

#### **a. Aspectos fisiológicos y requerimientos climáticos**

El pimiento es una especie parcialmente alógama, perenne, de origen sub-tropical, que se cultiva como anual en zonas templadas durante el período estival (Namesny, 1996). La planta es herbácea, con un porte que varía entre los 0,5 metros a campo y más de 2 metros en invernadero. Es sensible a las bajas temperaturas requiriendo en términos generales 18 a 22°C, con días cálidos (20 a 27°C) y noches frescas (16 a 20°C) (Namesny, 1996). Si la temperatura se ubica por debajo de 10°C el crecimiento cesa y por debajo de 0°C se producen marcados daños. La temperatura es fundamental en la determinación de la tasa de crecimiento, pero a su vez afecta la floración, fecundación y formación de los frutos (Wien, 1999). Si ésta se ubica por debajo de 15°C, o supera los 35°C se produce la caída de flores.

#### **b. Inicio de cultivo**

El ciclo productivo comienza con la realización de almácigos. Las semillas son colocadas en "speedlings" conteniendo sustrato apropiado (ej. vermiculita, turba). La germinación y

emergencia de pimiento requiere unos 3-5 días a 25°C y 9 días a 15°C (Watkins y Cantliffe, 1983). Cuando los plantines adquieren desarrollo apropiado son transplantados. El volumen radicular es proporcional al desarrollo final del tallo, por lo que resulta importante iniciar el cultivo con plantines de buena calidad (Wien, 1999). En cultivos transplantados, el 80% de las raíces activas se encuentran en los primeros 70 centímetros. Para la producción es necesario un plan de desinfección de suelo y debido al cuestionamiento del bromuro de metilo, se están evaluando alternativas como la solarización, tratamientos con Metam sodio, vapor de agua y bio-fumigación (Ishikawa, 2003). El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad a utilizar y del tipo de manejo adoptado. El más frecuentemente empleado en los invernaderos es de 1 metro entre líneas y 0,5 metros entre plantas, aunque es posible aumentar la densidad de plantación a 2,5-3 plantas por metro cuadrado. Es común la realización de 2 filas pareadas dejando lateralmente pasillos que permitan la realización de las labores culturales. En invernadero la densidad de plantación suele ser de 20.000 a 30.000 plantas por hectárea, mientras que en cultivos a campo la densidad suele aumentarse hasta 60.000 plantas por hectárea.

### **c. Desarrollo vegetativo e inducción de la floración**

El pimiento muestra un crecimiento vegetativo 25% menor que otras especies de producción estival como tomate y pepino principalmente debido a la menor producción de área foliar. El crecimiento vegetativo óptimo ocurre con temperaturas medias y nocturnas de 22 y 18°C respectivamente (Baker y Van Uffelen, 1988). La producción de primordios florales parece estar poco influenciada por el fotoperíodo. La nutrición mineral, la aplicación de giberelinas y la temperatura parecen también afectar poco el número de nudos producidos hasta la floración (Wien, 1999). La exposición de plantines a temperaturas de 10°C, a diferencia de lo que ocurre en tomate (en donde reduce el número de nudos hasta primera flor), en pimiento posee poca influencia (Calvert, 1957).

Los estigmas de pimiento permanecen receptivos por 3 días luego de la anthesis, el mismo tiempo que el polen parece mantener su viabilidad. (Kato, 1989). Los pimientos poseen la capacidad de formar frutos partenocárpicos especialmente a baja temperatura (12-15°C). En muchos casos en producción en invernadero las primeras flores son removidas para permitir un correcto desarrollo vegetativo. Una causa común de caída de primordios florales en pimiento es la alta temperatura. El estrés hídrico en éste período también reduce el cuajado. La abscisión de flores y frutos se cree que se asocia con un incremento en la producción de etileno bajo condiciones de estrés. El etileno y los compuestos capaces de generarlo como el ácido cloro-etil fosfónico (Ethrel) aceleran la abscisión (Beaudry y Kays 1988). Resultaría de interés evaluar el efecto de inhibidores de la acción de éste compuesto que se encuentran disponibles en la actualidad.

#### **d. Crecimiento y maduración de los frutos**

La formación de los frutos comienza con la fertilización de los óvulos. Las flores de pimiento son en general auto-polinizadas. Ha sido sujeto a controversia si el pimiento posee polinización cruzada o no. La presencia de néctar sugiere que podría ser relevante la influencia de insectos polinizadores (Rabinowitch *et al.*, 1993; Roldán Serrano y Guerra Sanz, 2004). En condiciones de invernadero la introducción de abejas permitió incrementar el tamaño y número de frutos (de Ruijter *et al.*, 1991). La incorporación de abejorros (*Bombus terrestris*) también ha mostrado ser beneficiosa sobre la calidad final de los frutos. En este caso los pimientos obtenidos fueron de mayor tamaño y peso, respecto a aquellos de plantas que no recibieron visitas de polinizadores (Roldán Serrano y Guerra Sanz, 2006).

La curva de crecimiento puede mostrar un patrón sigmoideo típico, aunque este no se observa en todas las variedades (Kano, 1957). El período inicial se caracteriza por una activa división celular seguida, de una etapa de elongación. La temperatura puede afectar marcadamente la morfología de los frutos. Así, temperaturas elevadas en estados tempranos pueden resultar en un incremento en el número de lóbulos (Ali y Nelly, 1993). Si las temperaturas nocturnas son bajas (8-10°C los ovarios tienden a ser más alargados que en plantas que se desarrollan a 18-20°C (Wien, 1999). Un factor crucial en la determinación del tamaño de frutos es la polinización. Se ha observado una directa correlación entre el número de semillas y el tamaño de fruto.

La maduración involucra numerosos cambios como el incremento en los niveles de azúcares simples, la síntesis de carotenoides y en variedades pungentes con la acumulación de capsaicinoides. El color de los frutos desarrolla mejor en condiciones de temperatura moderada (Cotter, 1980). Los pimientos son considerados frutos no climatéricos, es decir no muestran un pico en la producción de etileno y respiración durante el desarrollo (Andrade Cuvi, 2007). De todos modos, en algunas variedades la aplicación de ácido cloro-etil-fosfónico permite acelerar el desarrollo de color (Cantliffe y Goodwin, 1975). Los frutos pueden presentar en ciertos casos algunos desórdenes fisiológicos que reducen marcadamente la calidad:

-Rajado: Este problema se ha asociado con cambios en los niveles hídricos. La sensibilidad es variable entre cultivares. El rajado se ve incrementado en condiciones de alta humedad relativa y por la presencia de bajas temperaturas nocturnas (Wien, 1999). También depende del genotipo o híbrido.

-'Blossom-end rot' o podredumbre apical: Es una alteración relacionada con la deficiencia de calcio. Si bien las aplicaciones de éste elemento pueden reducir el problema, en general la aparición de podredumbre apical resulta favorecida en condiciones de rápido crecimiento de los frutos. Por lo tanto, una forma de minimizar el problema es intentar moderar la tasa de

crecimiento.

-Infrutescencias: formación de pequeños frutos en el interior del fruto aparentemente normal. La causa de esta alteración puede ser de origen genético o por condiciones ambientales desfavorables.

-Partenocarpia: El desarrollo de frutos sin semilla puede presentarse con más frecuencia si ocurre bajas temperaturas en el momento del cuajado del fruto.

-Quemado de sol: Se observan manchas en los frutos como consecuencia de la excesiva radiación recibida. El daño se debe a una combinación del efecto de la radiación y de las altas temperaturas. En pimiento, la temperatura crítica se ubica en 38-40°C. La aparición de daños en estas condiciones requiere de una exposición de 12 h. Los frutos verdes son más sensibles que los rojos (Rabinowitch *et al.*, 1982). Las prácticas culturales para reducir el quemado incluyen el mantenimiento del canopeo con alta densidad foliar y denso.

#### **e. Generalidades de manejo del cultivo**

La poda una práctica cultural frecuente que mejora las condiciones de cultivo en invernadero. Su objetivo es obtener plantas equilibradas, vigorosas y ventiladas, de manera que los frutos queden protegidos de la insolación elevada y evitar la generación de microclimas que favorezcan el desarrollo de enfermedades. Las plantas pueden desarrollarse con 1 a 4 tallos.

El tutorado es una práctica imprescindible para mantener a las plantas erguidas. Esto reduce el daño mecánico, facilita las labores culturales y aumenta la ventilación. Tradicionalmente se colocan hilos de polipropileno sostenidos sobre alambres. A lo largo del ciclo de cultivo se eliminan los tallos interiores de modo de favorecer a aquellos seleccionados en la poda de formación y reducir las restricciones al paso de la luz. Por otra parte, se recomienda eliminar las hojas senescentes o enfermas para facilitar la aireación, mejorar el color de los frutos y reducir las fuentes de inóculo.

El aporte de agua y la fertilización de los cultivos de pimiento en invernadero se realiza mediante sistemas de goteo. El volumen de agua necesario depende de la evapo-transpiración del cultivo (principalmente afectada por la temperatura y por la humedad relativa), de la eficiencia del sistema de riego y del tipo de suelo. En la región de La Plata los requerimientos de agua oscilan entre 1,5 litros por planta y por día en otoño y fines de primavera y 2-2,5 litros por planta y por día en el período estival. En un estudio realizado en la región de La Plata el volumen total de agua utilizado durante el cultivo fue de unos 300 litros por planta (Balcaza, 2003). El pimiento es medianamente tolerante a la salinidad, pero la conductividad no debe superar 1,5 dS m<sup>-1</sup> (Balcaza, 2003). Con respecto a la nutrición, en la región de La Plata los suelos son en general de textura

franco-limosa o franco-arcillosa y se encuentran bien provistos de potasio y materia orgánica. En función del rendimiento esperado (**Tabla 4**) se establecen los programas de fertilización.

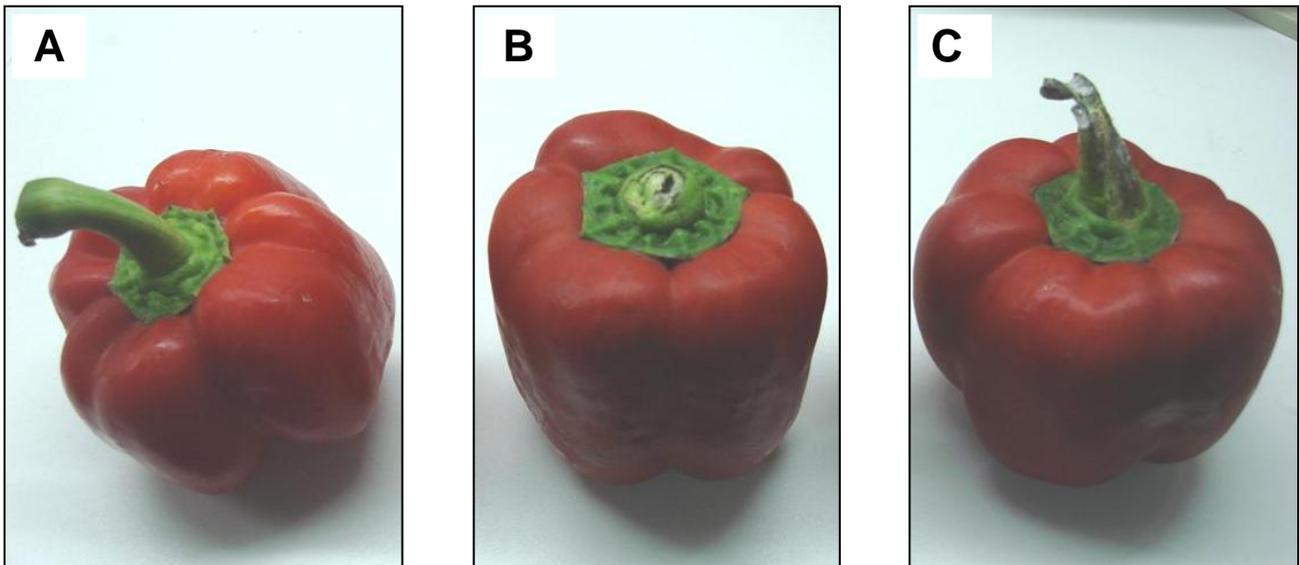
**Tabla 4:** Requerimiento de nutrientes en kilogramos cada 1.000 kg de pimiento (adaptado de Balcaza, 2003).

Nitrógeno	Calcio	Fósforo	Potasio	Magnesio
6,5	4,4	4,8	12	1

Asimismo el aporte de nutrientes debe ser variable dependiendo del estado fenológico. El pimiento es una planta muy exigente en nitrógeno en las primeras fases del cultivo, decreciendo los requerimientos de este elemento en la fase reproductiva en la que la dosificación en forma excesiva retrasa la maduración de los frutos. La máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el período de maduración de las semillas, de todos modos en estados tempranos toma importancia para el desarrollo radicular. El aporte de potasio en general se incrementa progresivamente durante el ciclo de cultivo. En términos generales si el lote proviene de otros cultivos, en la primera fase no se fertiliza. Si se realizara la fertilización se recomiendan relaciones NPK de 1:0,85:1,5 (Balcaza, 2003). Durante la etapa de desarrollo de los frutos esta relación puede modificarse a 1:0,7:1,75, llegando al momento de cosecha a una relación de 1:0,7:2,0 (Balcaza, 2003). Más allá de estos aspectos generales, pueden plantearse diferentes estrategias de fertilización en función del planteo productivo.

#### **f. Cosecha**

Los frutos pueden ser cosechados en estado de madurez verde o rojo. La cosecha se inicia comúnmente unas 10-12 semanas después del trasplante y por lo general se realiza a mano. El modo en el que se efectúa la cosecha es muy importante en el comportamiento durante el almacenamiento. La realización de corte nítido del pedúnculo con herramientas afiladas y la separación de los frutos en la zona de abscisión natural reducen la deshidratación y la incidencia de enfermedades de poscosecha (**Figura 3**). Los pimientos de buena calidad deben ser carnosos, de buen calibre, uniformes, con color y tamaño típico del material y estado de madurez al que corresponda. La pulpa debe ser firme, relativamente gruesa, con superficie brillante y libre de podredumbres, síntomas de deshidratación golpes de sol, “blossom” o rajado. En caso de presentar el pedúnculo éste debe no estar marchito (Cantwell, 2009).



**Figura 3:** Efecto del método de cosecha sobre el comportamiento de pimiento almacenado a 10°C por 21 d. A) Fruto cosechado por separación natural en la zona de abscisión B) Fruto con corte al ras. C) Fruto arrancado o cosechado con una herramienta inapropiada.

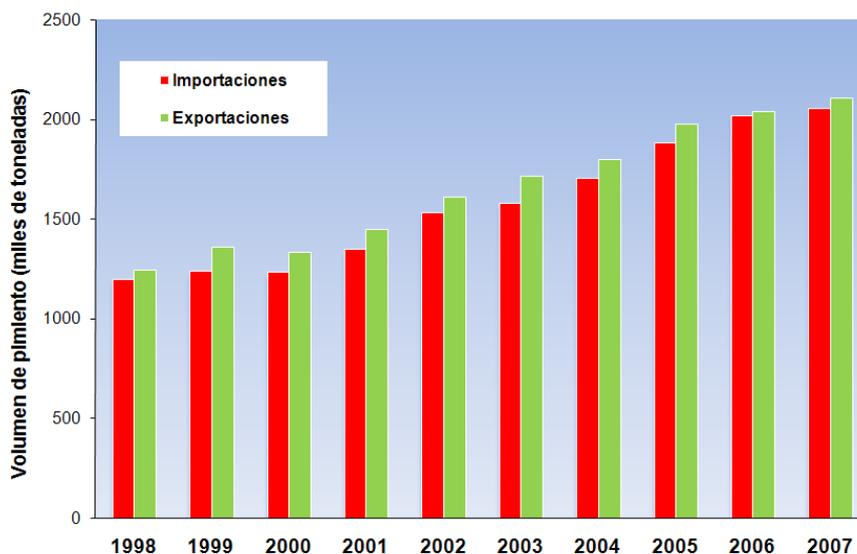
#### **2.4. Aspectos generales de conservación de pimiento**

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, 2002). Las frutas, hortalizas y ornamentales frescos, presentan actividad metabólica y están sujetos a cambios continuos por lo que deben despacharse lo más rápidamente posible luego de la cosecha (Hardenburg *et al.*, 1990). Los pimientos son al igual que muchas otras hortalizas altamente perecederos, por lo que deben manipularse correctamente durante la distribución (Andrade Cuvi, 2007). Deben eliminarse las esperas innecesarias en el campo y debe evitarse que los frutos permanezcan por períodos prolongados a alta temperatura. La clasificación y el empaque se realizan comúnmente en la chacra del productor. En algunos casos existen galpones de empaque, en los que la clasificación se realiza a mano o bien en máquinas clasificadoras. Comúnmente las líneas de pimiento trabajan en seco y en forma eventual puede realizarse un cepillado (Ishikawa, 2003). En pimiento, las principales causas de pérdidas poscosecha son la senescencia, la deshidratación y/o el ataque de patógenos. La tecnología poscosecha procura precisamente mantener la calidad y cantidad de producto comercializable desde la cosecha hasta su llegada a los consumidores (Salunkhe y Desai, 1984; Kader, 2003). La principal estrategia recomendada para el manejo poscosecha de pimientos es la refrigeración (Cantwell, 2009). Las condiciones óptimas de almacenamiento de estos frutos son de 7-10°C y 90-95% de humedad relativa. Almacenados de este modo los frutos pueden tener una vida útil de 3 a 4 semanas dependiendo de la variedad. La refrigeración permite además reducir las pérdidas de vitamina C, con un consecuente beneficio desde el punto de vista nutricional (Lee y Kader, 2000). El Daño por frío (DPF) es una alteración que limita la

maximización de los beneficios del almacenamiento a bajas temperaturas (Lin *et al.*, 1993). Este desorden fisiológico normalmente se manifiesta como zonas hundidas sobre la superficie del fruto que posteriormente son colonizadas por patógenos. Otros síntomas de daño por frío incluyen el picado superficial, las pudriciones, la decoloración y el ablandamiento sin pérdida de agua (Vicente, 2006). Los pimientos maduros o que ya lograron su color son menos sensibles al daño por frío que los pimientos verdes. El desarrollo de esta compleja fisiopatía en pimientos ha sido disminuido mediante la aplicación de agentes químicos como metil-jasmonato y metil-salicilato (Buta y Moline, 1998; Fung *et al.*, 2004) y difenil-amina (Purvis, 2002). Las atmósferas modificadas y controladas no aportan grandes beneficios en la conservación de pimientos enteros a diferencia de otros frutos como manzana, pera o frutilla. De todos modos, el uso de bolsas de polietileno permitió mantener el color (Meier *et al.*, 1995) y reducir la susceptibilidad al daño por frío (Millar y Risse, 1986). En frutos trozados, el uso de atmósferas modificadas permitió mantener la calidad por 21 d a 5°C. La aplicación de tratamientos térmicos de alta temperatura por períodos breves ha mostrado ser beneficiosa en algunos casos (Fallik *et al.*, 1999; González-Aguilar *et al.*, 2000). Otra tecnología que ha mostrado ser eficaz para mantener la calidad de pimientos durante el almacenamiento poscosecha es el tratamiento con radiación UV-C, que permite reducir las infecciones causadas por *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata*. (Mercier *et al.*, 2001; Vicente *et al.*, 2005; Civello *et al.*, 2007). Por último, con respecto a los efectos del etileno el pimiento es un fruto no climatérico y se considera que esta hormona no posee un rol central en la regulación del proceso de maduración (Saltveit, 1977). Tanto la producción como la sensibilidad al etileno en el pimiento es baja (Cantwell, 2009). De todos modos, en algunas variedades se ha observado que los tratamientos con etileno pueden contribuir moderadamente a acelerar el desarrollo de color rojo (Cantliffe y Goodwin, 1975; Fox *et al.*, 2005; Cerqueira-Pereira *et al.*, 2007).

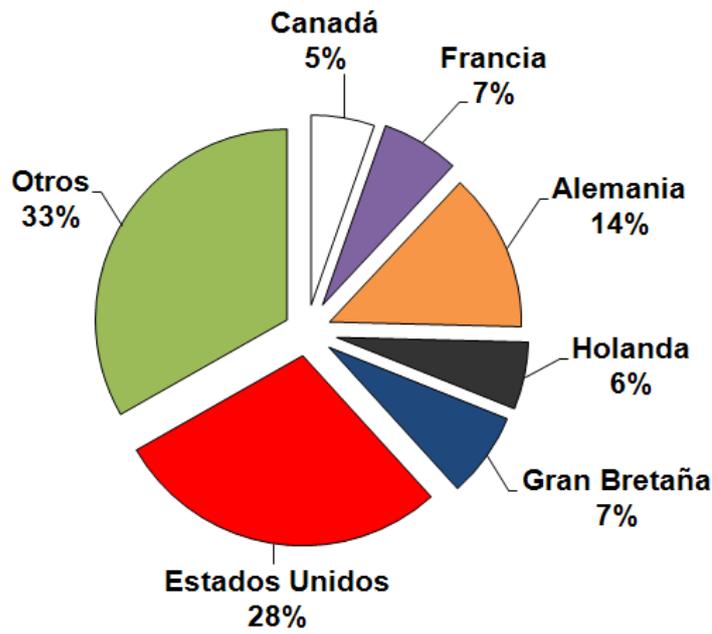
## **2.5 Características del comercio mundial de pimienta, dificultades y posibilidades para nuestro país**

El volumen del comercio internacional de pimienta ha aumentado en un 75% en la última década (**Figura 4**) y según estimaciones de la FAO para el año 2007 fue de aproximadamente 2 millones de toneladas (FAOSTAT, 2009). El continente europeo lidera tanto las importaciones (61% del total) como las exportaciones de pimienta a nivel mundial, seguido por América como segundo continente en importancia.

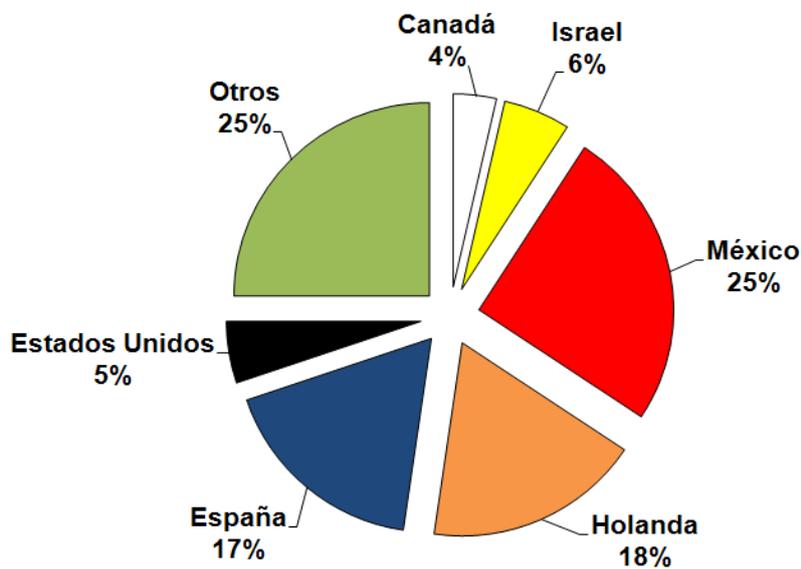


**Figura 4:** Importaciones y exportaciones a nivel global de pimienta en el período 1998-2007 (FAOSTAT, 2009).

Analizando a los importadores a nivel de país, el 66% del volumen está determinado por Estados Unidos, Alemania, Gran Bretaña, Canadá, Francia y Holanda (**Figura 5**). Dentro de los países exportadores se destacan México, España, Holanda y en menor medida Estados Unidos, Israel y Canadá (**Figura 6**). México, es el primer exportador mundial y abastece al mercado de Estados Unidos y también a Canadá. España provee pimientos a otros países de la Unión Europea principalmente por flete terrestre, seguida por Holanda, Israel y Turquía (Pineda, 2007).



**Figura 5:** Participación de principales países (Toneladas) en las importaciones de pimienta para el año 2007. (FAOSTAT, 2009).



**Figura 6:** Participación de principales países (Toneladas) en las exportaciones de pimienta para el año 2007. (FAOSTAT, 2009).

Argentina es el principal productor de Latinoamérica, pero está muy lejos de tener importancia en el comercio internacional. De todos modos la salida de la convertibilidad a comienzos de esta década generó un escenario en el que al menos, desde el punto de vista de la situación cambiaria, se tornó de interés la posibilidad de exportar productos hortícolas en contra-estación hacia países del hemisferio Norte.

Estados Unidos importa pimiento principalmente en el período de producción de nuestro país generando una oportunidad. El mayor abastecedor es México, con claras ventajas geográficas y que coloca frutos producidos mayormente "a campo". Por su parte, países como España, Holanda e Israel ofrecen pimientos de invernadero con alta calidad y precios promedios más elevados y sostenidos (Pineda, 2007). Desafortunadamente en la actualidad el ingreso a Estados Unidos de pimiento proveniente de Argentina no se encuentra aprobado, por lo que este sería un aspecto en el que resultaría deseable avanzar para no perder la oportunidad. Contrariamente en Canadá se ha permitido el acceso de pimientos provenientes de Argentina (Pineda, 2007). Tradicionalmente los países que abastecen la oferta canadiense en el período invernal son Estados Unidos, México, España, Holanda e Israel. En ese sentido, una potencial oportunidad para Argentina se desarrolla en un pequeño segmento de mercado de alta calidad compitiendo con los países de la Unión Europea e Israel. Estas iniciativas resultan oportunidades que podrían gradualmente traccionar en el sector y propiciar algunos avances en aspectos tales como mejoras en la infraestructura básica y en el manejo de la mercadería, y en la incorporación de tecnologías de poscosecha. Esto que se visualiza en el sector frutícola, principalmente para productos asociados con el comercio internacional, podría ser al menos un disparador para dinamizar algunos cambios en el sector hortícola local.

Tradicionalmente los materiales que se han producido en nuestro país se ubican dentro del tipo "lamuyo" con pimientos de buen tamaño y forma prismática algo irregular. Por el contrario, en el mercado internacional es más común la demanda de pimientos tipo "blocky". En sintonía con esto, las empresas productoras de semillas internacionales dedican grandes esfuerzos a la obtención de nuevos híbridos con mejor comportamiento y resistencias prioritariamente en este formato tipo "blocky". Resultaría de importancia avanzar en la evaluación de diferentes materiales de pimiento tipo "blocky" por supuesto considerando aquellos que muestren potencial para realizar envíos tempranos al exterior pero además teniendo en cuenta que es probable que muchas mejoras genéticas futuras puedan estar disponibles en este tipo de pimiento. Si bien en los últimos años se ha comenzado a evaluar el comportamiento de algunos de estos materiales (principalmente debido a la realización de algunos proyectos que realizaron envíos al exterior), la información existente es aún limitada. Por último, más allá de analizar cuestiones vinculadas al comportamiento durante el cultivo (resistencias, rendimiento, etc.) que por cierto son importantes, resulta deseable que comience a prestarse atención a otros aspectos asociados con la calidad, composición y comportamiento poscosecha. Esto último por supuesto resulta aún más relevante

en planteos de exportación en los que el manejo de poscosecha debe ser marcadamente ajustado. Si bien la logística utilizada para los envíos que se realizaron hasta el momento a Canadá incluyó fletes aéreos, el desafío “competitivo” de nuestra producción se centra en reducir costos con envíos marítimos. La logística necesaria para llegar con el producto, considera el flete aéreo con un costo 3 veces mayor al flete marítimo. El pimiento es un producto altamente perecedero y tiene una vida poscosecha de hasta 25 días. La frecuencia de buques desde Argentina a Philadelphia es semanal y con un tiempo de transporte de 20 días. Posteriormente se realiza un flete terrestre (1 día) hasta Toronto o Montreal. A esto deben sumarse 5-6 días entre distribución y venta dando un total de 22-32 días. Países como Chile disponen de buques que llegan en 14 días a Philadelphia, lo que mejoraría las posibilidades de llegar por este medio. De todos modos, es necesario contar con materiales con buena capacidad de almacenamiento. En ese sentido, en el presente trabajo se propuso evaluar el rendimiento temprano exportable, la calidad y el comportamiento poscosecha de 6 híbridos de pimiento tipo “blocky” (desarrollados por la empresa Seminis) cultivados en invernadero en el cinturón hortícola de La Plata.

### **3. OBJETIVOS**

***3.1- Evaluar el rendimiento de 6 híbridos de pimiento producidos en invernadero en el Cinturón Hortícola de La Plata en el período de mayor posibilidad de realizar envíos de producto al exterior.***

***3.2- Determinar la morfología (calibre, uniformidad, espesor de pericarpio) composición (acidez, azúcares, antioxidantes) y comportamiento poscosecha de 6 híbridos de pimiento tipo “blocky” producidos en invernadero en el Cinturón Hortícola de La Plata.***

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Materiales**

Se evaluaron 6 híbridos de pimiento, tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar Rojo, 7864, 8781) pertenecientes a la empresa Seminis. Se cultivaron, en un invernadero ubicado en calle 58 entre 164 y 165 de Los Hornos, La Plata (provincia de Bs As). El invernadero utilizado fue de estructura de madera (50 m de largo y 14 m de ancho), tipo capilla modificada, de un módulo, con tres calles internas y cubierto con polietileno de larga duración, de 150 µm de espesor. El mismo contaba con ventilación lateral y cenital.

### **4.2. Ensayo comparativo de rendimiento**

Para facilitar las mediciones las plantas se colocaron en filas simples, distanciadas 1,75 m entre surcos y 0,35 m entre sí, y se ubicaron en bloques al azar con tres repeticiones para cada híbrido de parcelas de unos 40 m<sup>2</sup>. El control de plagas se realizó con sueltas escalonadas de *Orius sp.* para thrips y con control químico para el resto de las plagas (pulgón, mosca blanca, etc.) los agroquímicos que se utilizaron fueron los permitidos Vertimec, Tracer, Chess, Dicarzol. Los funguicidas utilizados fueron: Previcur, Sumilex y Amistar. El fertirriego se realizó siguiendo las recomendaciones del INTA para la zona y la experiencia de la empresa Seminis en el cultivo, previo análisis de suelo realizado por la empresa Cosmocel S.A. Los frutos se cosecharon a partir del 15 de Diciembre en estado rojo maduro (90% de superficie rojo) hasta el 15 de Febrero y se analizaron en el campo aspectos vinculados a la morfología del fruto y también el rendimiento. Posteriormente se trasladaron al laboratorio para realizar los ensayos de almacenamiento y composición. Durante el período de cosecha se pesaron todos los frutos de cada bloque de los 6 materiales estudiados. También se determinó el número de frutos que pudieran ser destinados al mercado externo (según parámetros predeterminados) o al mercado interno (aquellos que sin defectos graves no cumplieran con las condiciones de exportación). Los resultados de rendimiento se expresaron en kilogramos por planta y el descarte de exportación en forma porcentual. Los criterios de selección de exportación fueron muy exigentes:

- Presencia de cuatro cascos bien formados.
- Frutos no doblados o deformados
- Ausencia de manchas, golpes, rajaduras o problemas asociados con la presencia de enfermedades y plagas.
- Pedúnculo sano, con corte nítido, sin pardeamiento o alteraciones.
- Diámetro en la zona del hombro no inferior a 8 cm y no mayor de 10 cm.

### **4.3. Determinación de calibre y morfología de los frutos**

Se determinó 1) el peso promedio de los frutos de cada híbrido (para cada bloque y cosecha en forma independiente), 2) la distribución de pesos (340 frutos para cada híbrido), 3) el calibre medido a partir del diámetro en la zona basal o del hombro (al menos 500 frutos medidas para cada híbrido) 4) el espesor de pericarpio en la zona ecuatorial y 5) la presencia de defectos (500 medidas por híbrido).

### **4.4. Determinaciones analíticas**

Se cosecharon 40 frutos (en 2 cosechas independientes) de los 6 híbridos mencionados anteriormente en estado de madurez rojo y se trasladaron al laboratorio. Se seleccionaron los frutos libres de defectos, se efectuó un corte del pericarpio en forma longitudinal y se descartaron las semillas. Los frutos se analizaron inmediatamente o bien se congelaron en nitrógeno líquido (-196°C) y se almacenaron a -20°C hasta su uso posterior. Se realizaron las siguientes determinaciones:

#### **a. Firmeza**

Se utilizó un equipo Texture Analyzer equipado con una sonda plana de 3 mm de diámetro. Cada fruto se deformó 2 mm a 0,5 mm s<sup>-1</sup> y se registró la fuerza máxima durante el ensayo. Se realizaron 60 determinaciones para cada híbrido y los resultados se expresaron como fuerza máxima en Newton.

#### **b. Color superficial**

El color superficial se determinó con un colorímetro (Minolta, Modelo CR-400). Se midieron las variables de color a\*, b\* y L\* y se calculó el ángulo hue a partir de el arco tangente b\*/a\* y el Chroma como  $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ . Se realizaron 40 determinaciones para cada híbrido.

#### **c. Azúcares**

El tejido congelado en nitrógeno líquido se procesó en un molinillo. Luego a 1 gramo del tejido se le agregaron 5 mL de etanol y se centrifugó (12.000 x g por 10 minutos a 4°C). El sobrenadante se separó y se llevó a 50 mL con agua destilada. La determinación de azúcares se realizó por el método de la antrona según (Yemm y Willis, 1954). Se tomaron alícuotas de 20 microlitros de muestra y se adicionaron 480 microlitros de agua. Luego se agregó 1 mL de antrona (2 g de antrona por litro de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% m/m) en hielo, se agitó en un vortex y se llevó a ebullición por 10 minutos. Los tubos se enfriaron en una mezcla de agua-hielo, se agitaron y se leyó la absorbancia a 620 nm en un espectrofotómetro. Se realizó una curva de calibración (0-40 µg mL<sup>-1</sup>) utilizando glucosa como patrón. Las determinaciones se realizaron por duplicado y los resultados se expresaron como gramos de glucosa cada 100 gramos de fruto fresco. Se realizaron 4 extractos independientes para cada híbrido y las muestras se midieron por duplicado.

#### **d. Acidez y pH**

La acidez se determinó por titulación con NaOH y el pH en forma potenciométrica de acuerdo a AOAC (1980). Para el análisis de la acidez se procesaron 15 gramos del fruto en un molinillo y luego se adicionaron 100 mL de agua. Se determinó el pH inicial en un pHmetro previamente calibrado y se tituló con NaOH 0,093 N hasta pH 8,2 (AOAC, 1980). Se realizaron 4 determinaciones para cada híbrido. Los resultados se expresaron en miliequivalentes de H<sup>+</sup> por kilogramo de fruto fresco.

#### **e. Capacidad antioxidante**

La capacidad para neutralizar radicales libres de los frutos se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Brand Williams *et al.*, (1995). Se procesaron las muestras congeladas en un molinillo y se pesó un gramo de fruto al cual se adicionaron 5 mililitros de etanol. Los tubos se agitaron en vortex y se centrifugaron 10 min a 12.000 x g a 4 °C. El sobrenadante se llevó a 100 mL con agua destilada. Se tomaron alícuotas de 400; 800; 1200 ó 1600 microlitros de los extractos etanólicos de cada híbrido y se adicionó a cada tubo 2,5 mL del radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazil (DPPH<sup>\*</sup>) y agua en cantidad suficiente para 4,5 mililitros. Los tubos se dejaron reaccionar en oscuridad hasta que la absorbancia (515 nm) no varió. Se determinó la cantidad de extracto necesaria para reducir la absorbancia del DPPH<sup>\*</sup> un 50% (EC<sub>50</sub>) y la capacidad antioxidante se expresó como 1/EC<sub>50</sub> (mg<sup>-1</sup>).

#### **f. Actividad respiratoria**

Se colocaron 2 frutos enteros y sin daños en un recipiente hermético y se incubaron por 30 min a 20°C. La producción de dióxido de carbono se determinó utilizando un sensor IR (ALNOR Compu-flow, Modelo 8650). Los resultados se expresaron en mililitros de CO<sub>2</sub> producidos por kilogramo de fruto fresco en una hora. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

### **4.5. Comportamiento durante el almacenamiento refrigerado**

Se cosecharon frutos de los diferentes híbridos en estado de madurez rojo y se almacenaron a 10°C por 28 días. Durante la vida en cámara se evaluó la pérdida de peso. Se determinó además el porcentaje de frutos mostrando manchas superficiales o ataque de hongos. Asimismo se calculó un índice de daño por frío (IDF) según:

$$\text{IDF} = \frac{(\text{N}^{\circ}\text{frutos DF}_0 \times 0) + (\text{N}^{\circ}\text{frutos DF}_1 \times 1) + (\text{N}^{\circ}\text{frutos DF}_2 \times 2) + (\text{N}^{\circ}\text{frutos DF}_3 \times 3)}{\text{N}^{\circ}\text{frutos totales}}$$

DF<sub>0</sub>: Sin daño

DF<sub>1</sub>: Muy leve

DF<sub>2</sub>: Moderado

DF<sub>3</sub>: Marcado

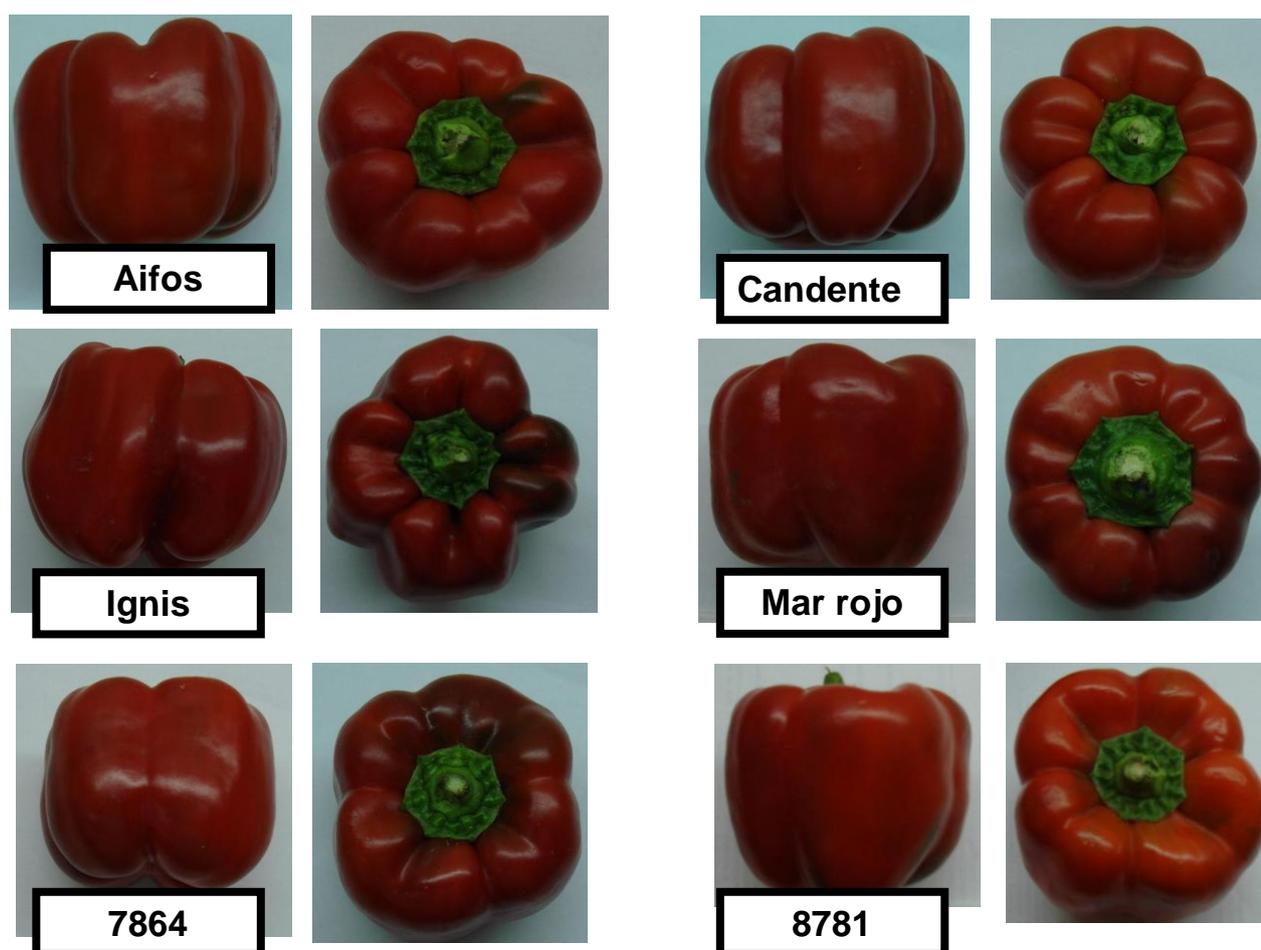
#### **4.6. Análisis estadístico**

El ensayo comparativo de rendimiento se diseñó en forma de bloques enteramente al azar. Para las determinaciones analíticas se utilizó un diseño enteramente al azar. Los datos se analizaron por medio de ANOVA y las medias se compararon con el test de LSD a fin de determinar las diferencias existentes con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Aspectos generales del ensayo comparativo

Las empresas productoras de semillas buscan continuamente nuevos materiales con características que puedan satisfacer la demanda de los productores y del mercado en general. Como ya se mencionó los pimientos tipo “blocky” son muy comunes en el comercio mundial. Más allá de la adaptación de estos materiales para mercado externo es importante destacar que muchas empresas productoras de semillas poseen programas de mejoramiento vinculados a rendimiento y resistencia a enfermedades en este tipo de pimiento. Si bien los frutos tipo “lamuyo” aún son claramente los más cultivados en nuestro país, una pequeña fracción de pimiento tipo “blocky” ha comenzado a comercializarse en el mercado interno aprovechando como oportunidad, cierta tendencia hacia frutos más chicos. Durante el ensayo se evaluaron 6 híbridos de la empresa Seminis (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). La **Figura 7** muestra los frutos maduros de estos 6 materiales de pimientos tipo blocky.



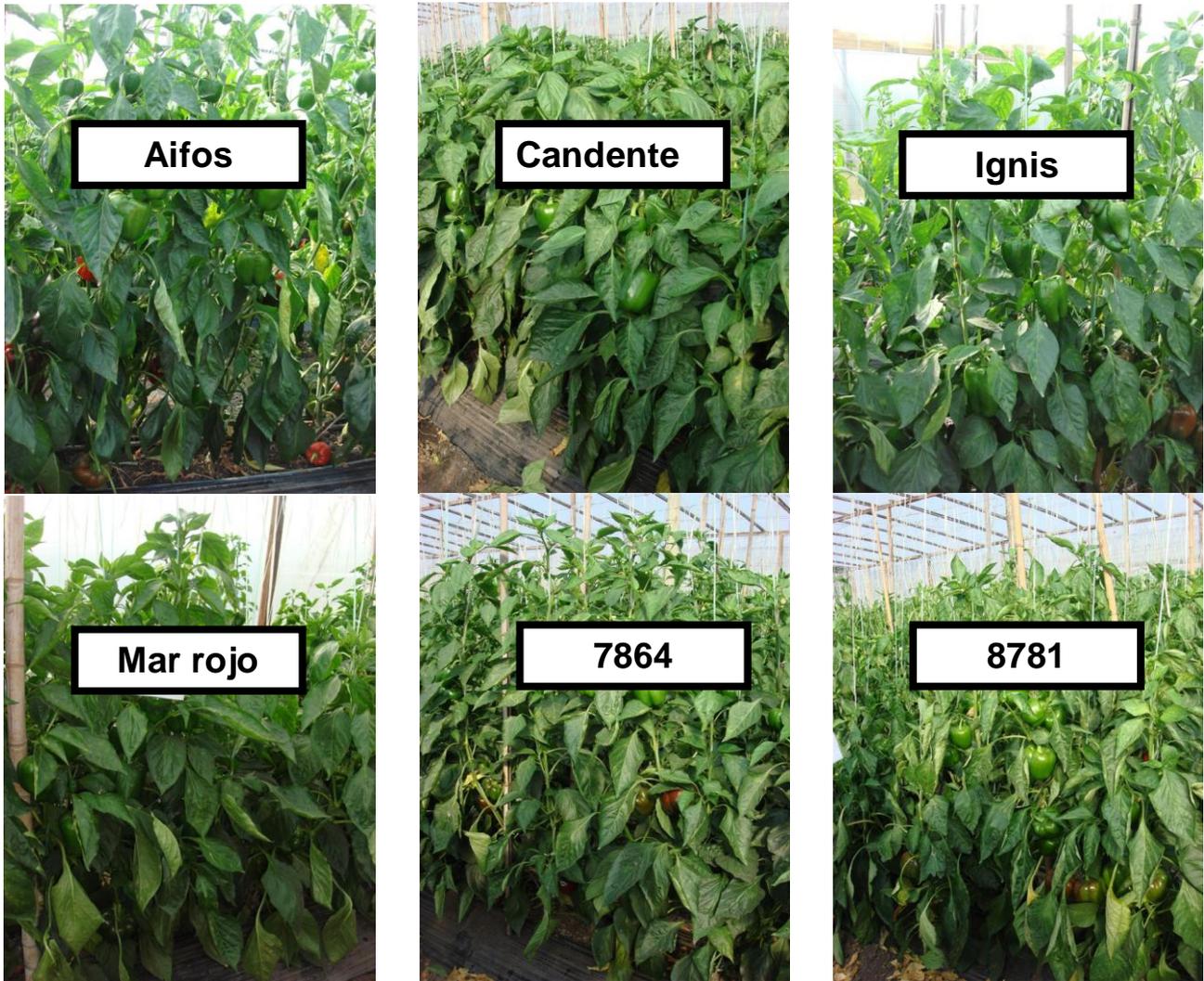
**Figura 7:** Vista superior y lateral de frutos rojos de los 6 híbridos de pimiento “blocky” utilizados en el presente trabajo.

Durante el cultivo se realizó una poda a cuatro tallos, conduciendo las plantas en forma vertical con hilos de polipropileno, enrollado a cada tallo (**Figura 8**).



**Figura 8:** Producción de pimiento “blocky” A) Vista del invernáculo en el que se realizó el ECR. B) Vista de la conducción de plantas realizada C) Floración e inicio de fructificación en pimiento. D) Frutos en estado de madurez verde.

Todos los híbridos se manejaron de la misma manera en el campo. En una apreciación preliminar, se pudo distinguir que 7864 y 8781 presentaron mejor comportamiento con relación a la susceptibilidad a plagas y a las enfermedades (menos plantas atacadas con virus y thrips que en los otros híbridos). La **Figura 9** muestra una vista de plantas de cada uno de los híbridos evaluados. Se observó que Mar rojo presentó mucha menor altura. Aifos e Ignis por lo general presentaron plantas de mayor altura y mayor longitud de entrenudos.



**Figura 9:** Vista de las plantas en el invernaculo de los 6 híbridos de pimiento “blocky” utilizados en el presente trabajo. Se puede ver diferencias de altura entre los distintos genotipos.

Los frutos se cosecharon en estado rojo (**Figura 10**) se pesaron, se analizó su morfología y posteriormente se trasladaron muestras al laboratorio para realizar ensayos de calidad, y comportamiento durante el almacenamiento. La cosecha se realizó en un período de 2 meses (10 cosechas) buscando precocidad de producción, puesto que en caso de exportar, la demanda necesita contar con el producto de ser posible, desde fines de Diciembre y es fundamental tener cerrada la operación y efectuar los primeros envíos a partir de Navidad. Considerando esto, la empresa Seminis introdujo este criterio de selección a los materiales ensayados.

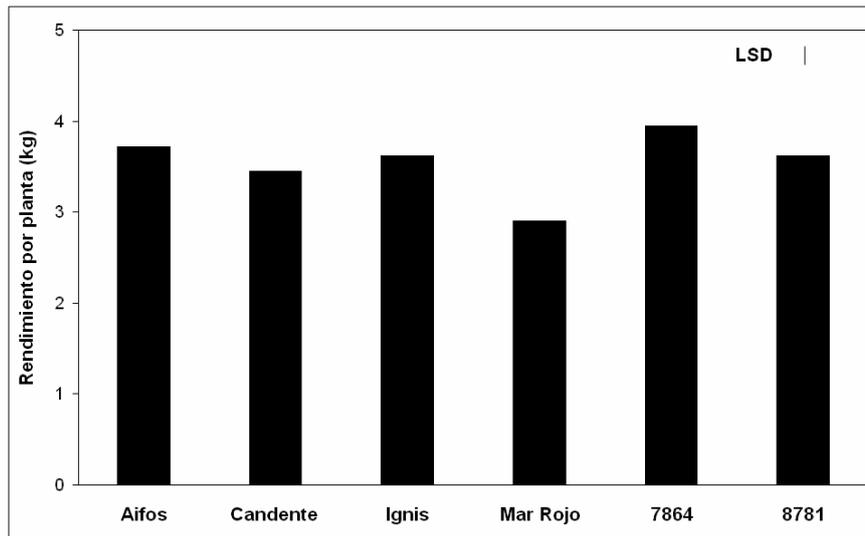


**Figura 10:** Cosecha de un bloque del ensayo de pimiento 'blocky' A) y B) Un típico pimiento de exportación C) Pimientos en planta mostrando su pedúnculo y zona de abscisión con la planta D) Frutos en estado de madurez rojo y detrás algunos en coloración chocolate.

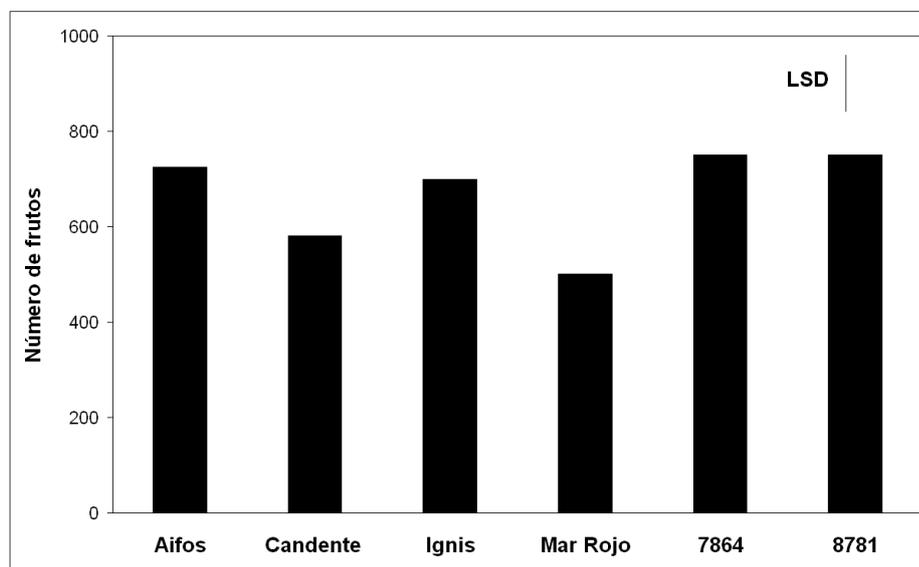
## **5.2. Rendimiento**

El híbrido 7864 fue el que mostró mayor rendimiento durante el período de cosecha evaluado (2 meses) con una producción de aproximadamente 4 kg por planta (**Figura 11**). Los híbridos Aifos, Candente, Ignis y 8781 mostraron un comportamiento intermedio con rendimientos que se ubicaron en 3,65 kg por planta. El número de frutos obtenidos en Mar rojo fue menor que en los demás híbridos (**Figura 12**) y aunque los frutos presentaron mayor peso que en los demás materiales (**Figura 13**), ésto no llegó a compensar los rendimientos. Consecuentemente Mar Rojo fue el híbrido que mostró menor producción (27% inferior que 7864). Si bien el ensayo realizado mostró diferencias entre los híbridos, resulta importante mencionar que el ensayo comparativo de rendimiento se limitó a un período de dos meses, lo que no necesariamente implica que durante todo el ciclo de cultivo la tendencia hubiera sido similar. De todos modos, desde el punto de vista de los envíos al exterior es precisamente esta ventana en el período estival la más importante. Igualmente resultaría de interés realizar un análisis de producción durante todo el ciclo. Con relación al comportamiento de los híbridos en función del período de cosecha tanto 7864 como

8781 fueron los que mejor se comportaron en una época temprana de cosecha (Diciembre) dando buena calidad de frutos entre la primera y segunda semana de Enero. Mar rojo y Candente mostraron mayor producción en forma algo más tardía (ultima semana de Enero). Resulta también importante considerar los resultados obtenidos con precaución, ya que las diferencias halladas podrían deberse a que las condiciones de producción utilizadas (fertilización, conducción) resultaron más beneficiosas para el híbrido 7864.



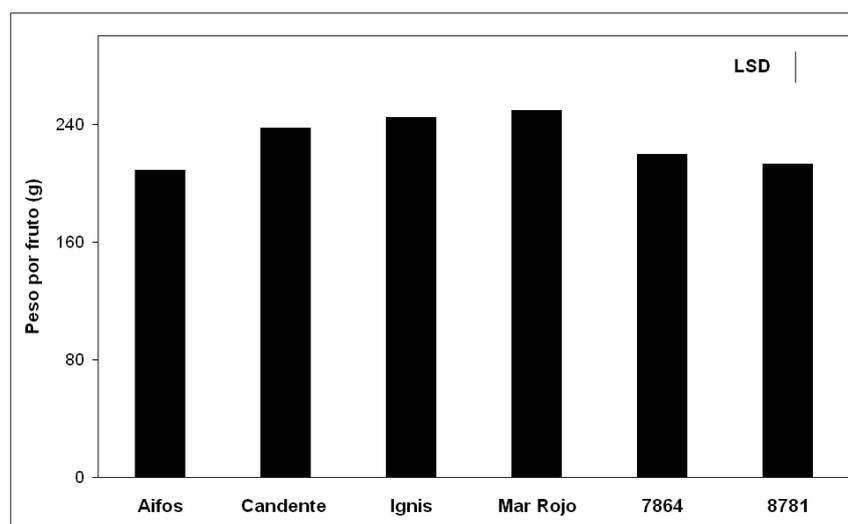
**Figura 11:** Rendimiento en kilogramos por planta de pimiento tipo 'blocky' (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .



**Figura 12:** Número de frutos por planta en pimiento tipo "blocky" (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .

### **5.3. Morfología de los frutos y rendimiento exportable**

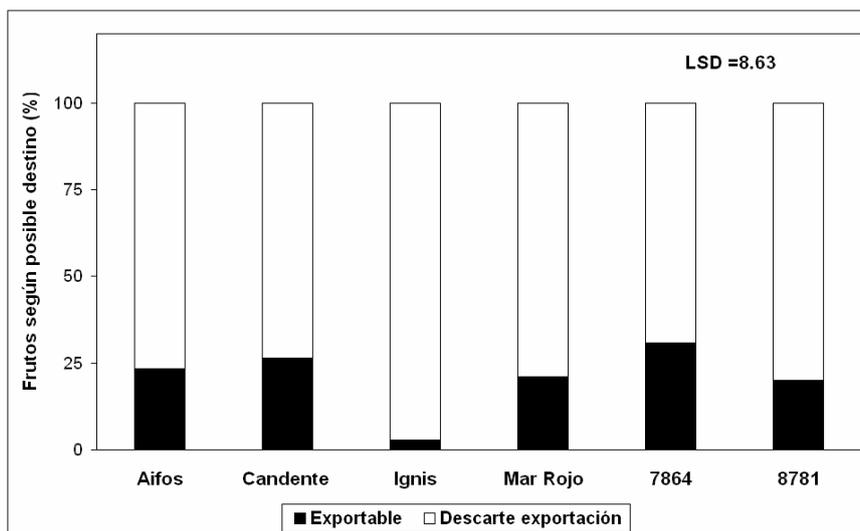
Como se mencionó anteriormente los frutos de Mar rojo presentaron el mayor peso promedio con un valor de 250 g (**Figura 13**). De todos modos este no difirió significativamente del hallado en Candente e Ignis con pesos promedio de 238 y 244 respectivamente. Finalmente Aifos, 7864 y 8781 mostraron un peso de fruto 20% menor al de Mar rojo. En cuanto al diámetro de los frutos a la altura del hombro, el híbrido que mostró mayor promedio en las cosechas tomadas fue Mar rojo con 9,4 cm seguido por Candente con 9,3 cm. Los menores diámetros se hallaron para Aifos, 7864 e Ignis (9,0; 9,0 y 8,9 cm).



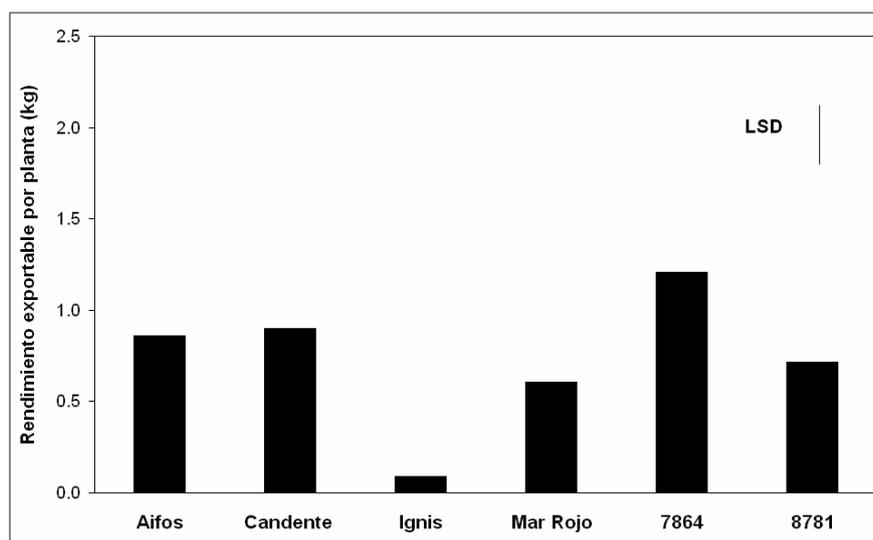
**Figura 13:** *Peso de frutos de pimientos tipo 'blocky' (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .*

Más allá del rendimiento total, un aspecto que resulta de vital importancia en la calidad, es la ausencia de defectos y la uniformidad de los frutos. Esto toma especial relevancia si se deseara realizar una exportación del producto, por lo que se evaluó la producción de los diferentes híbridos considerando aquellos frutos que cumplían los requisitos de exportación. Los resultados mostraron marcadas diferencias en el comportamiento de los híbridos. En todos los casos, y con los criterios establecidos (ver sección de materiales y métodos), el porcentaje de frutos cumpliendo los requisitos de exportación fue bajo (**Figura 14**). El híbrido 7864 fue el que mostró mejor comportamiento con un 31% de los frutos satisfaciendo las exigentes especificaciones. En contraposición, Ignis mostró un comportamiento muy pobre, con sólo 2,5% de frutos exportables. El resto de los híbridos, mostraron niveles intermedios (15-25%). En función de estos valores se calcularon los rendimientos tempranos exportables para cada uno de los híbridos (**Figura 15**). Ignis que había mostrado un buen rendimiento total se transformó claramente en el híbrido con menor rendimiento exportable. En ese sentido bajo las especificaciones seleccionadas este híbrido no sería conveniente en un planteo de exportación. De todos modos resulta importante

resaltar que lo que se consideró como descarte de exportación bajo ningún punto de vista resultaron frutos que presentaran alteraciones que pudieran comprometer su comercialización en mercado interno o aún la venta al exterior en condiciones de menor exigencia. El híbrido que mostró los valores más elevados de rendimiento exportable por su mejor comportamiento en rendimiento por planta y porcentaje de frutos exportables fue 7864 (**Figura 14**). El resto de los materiales presentaron un comportamiento intermedio.



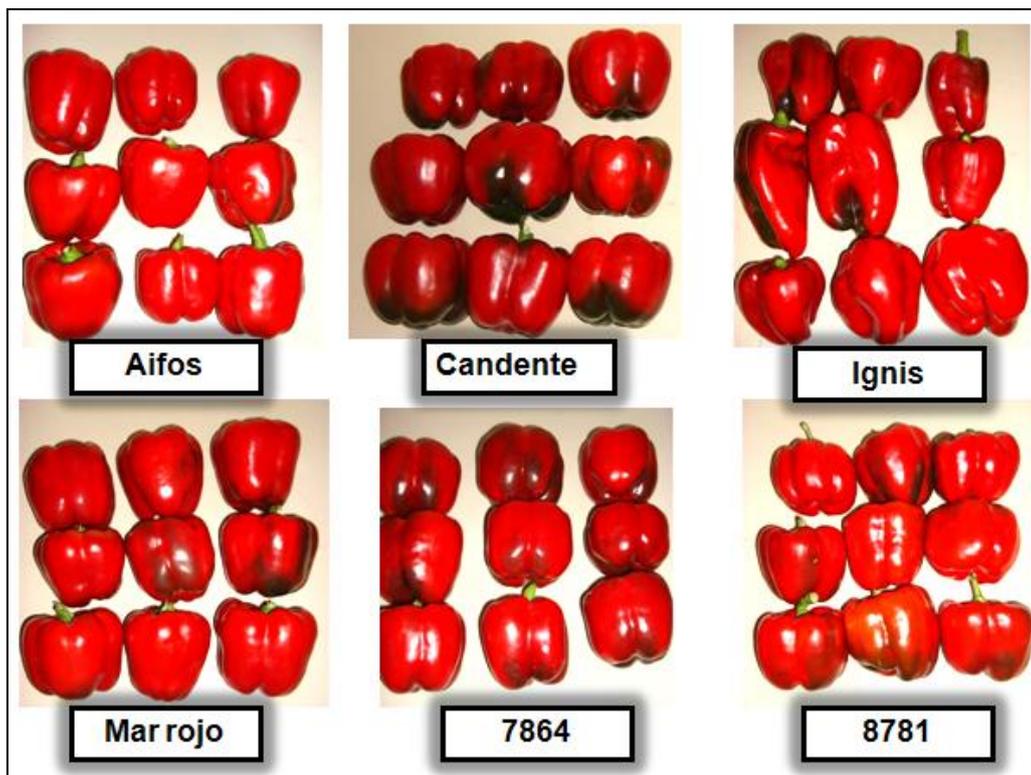
**Figura 14:** Porcentaje de frutos de pimiento tipo 'blocky' (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) según destino posible (exportable o descarte exportación). Se muestra la diferencia mínima significativa para frutos exportables (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .



**Figura 15:** Rendimiento exportable (kg por planta) en frutos de pimiento tipo 'blocky' (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .

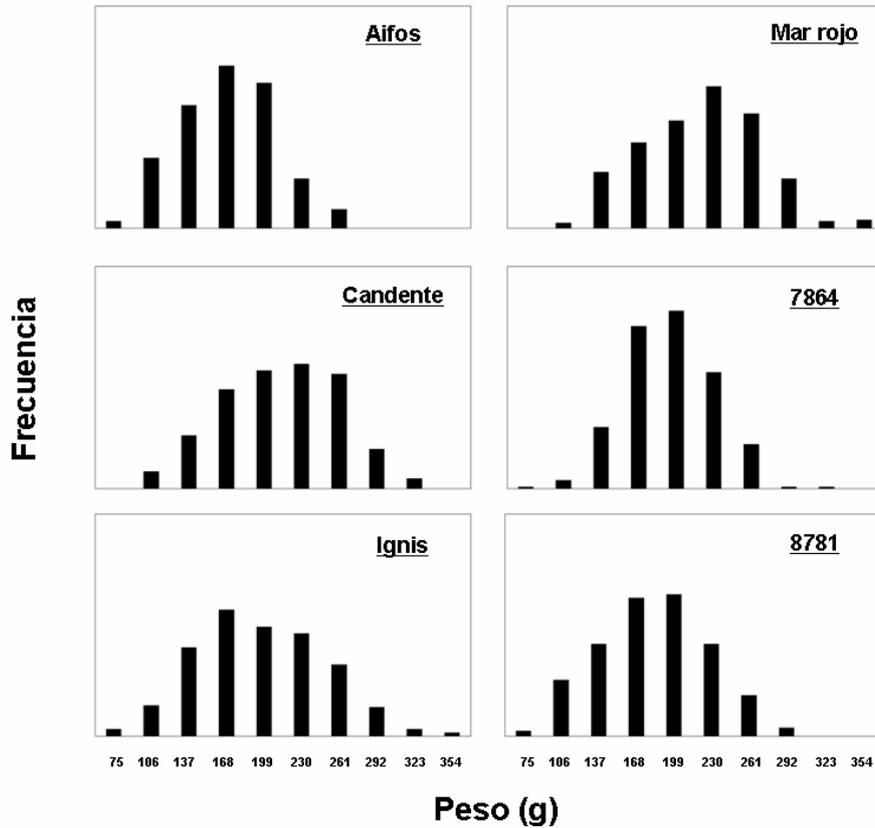
Uno de los factores que determinó el elevado porcentaje de descarte para exportación en el híbrido Ignis fue la presencia de formas irregulares (**Figura 16**) no deseadas para pimientos tipo “blocky” y la aparición de rajaduras en la zona apical. El resto de los híbridos mostró mejor comportamiento, destacándose particularmente 7864, Candente y Mar rojo.

Otra característica que se evaluó fue la distribución de pesos de los frutos durante todo el período de cosecha (**Figura 17**). Los resultados muestran claramente que Ignis, presentó una distribución de tamaños con mayor dispersión en contraposición con 7864 que cuya población fue más uniforme. Los coeficientes de variación de pesos para estos 2 materiales fueron 26 y 18% respectivamente.

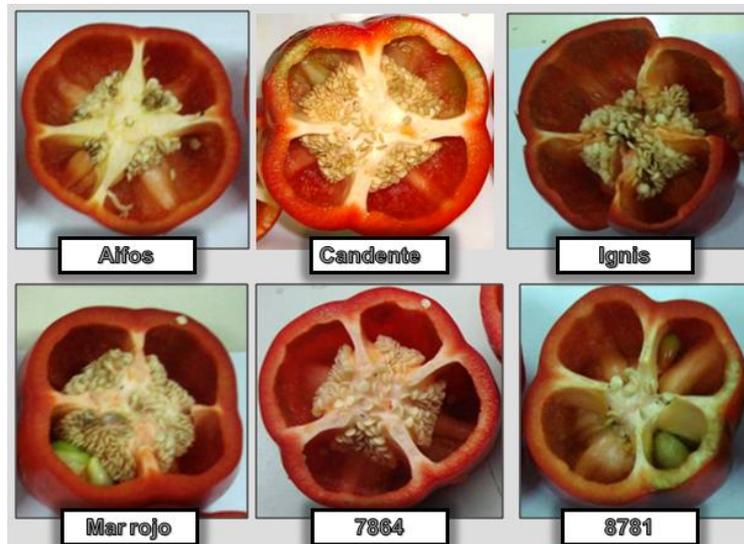


**Figura 16:** Apariencia de pimientos tipo ‘blocky’ (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781).

Por último otro aspecto que se cuantificó fue el espesor del pericarpio para los 6 híbridos, encontrándose nuevamente marcadas diferencias. Los frutos de Mar rojo evidenciaron los valores más elevados (7 mm) seguidos por los de Candente (**Figura 18**). En contraposición Aifos e Ignis mostraron pericarpios de menor espesor (4-5 mm). Los valores para 8781 y 7864 fueron intermedios y cercanos a 6 mm.



**Figura 17:** Distribución de frecuencias de tamaño en pimientos tipo `blocky` (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781).



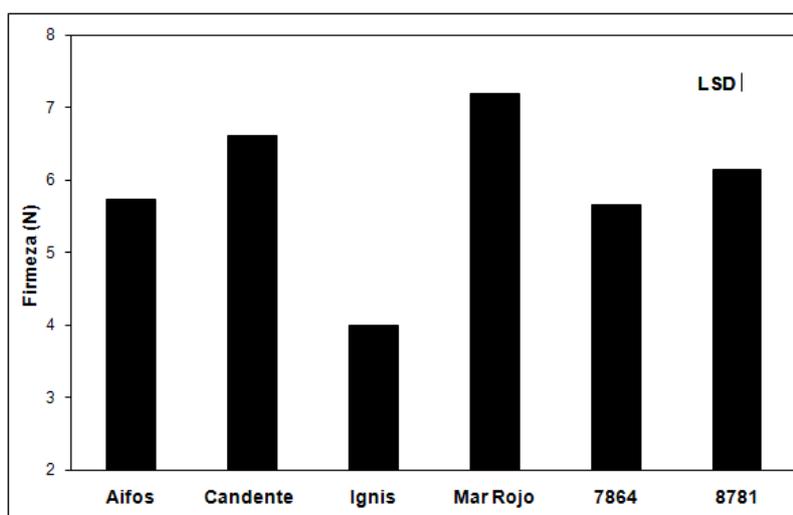
**Figura 18:** Corte transversal de los pimientos tipo `blocky` (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781).

En síntesis, en función del rendimiento total y exportable el híbrido de mejor comportamiento fue el 7864. Desde el punto de vista de las características morfológicas, Ignis muestra menor espesor de pericarpio y mayor variación de calibre, mientras que Candente y Mar

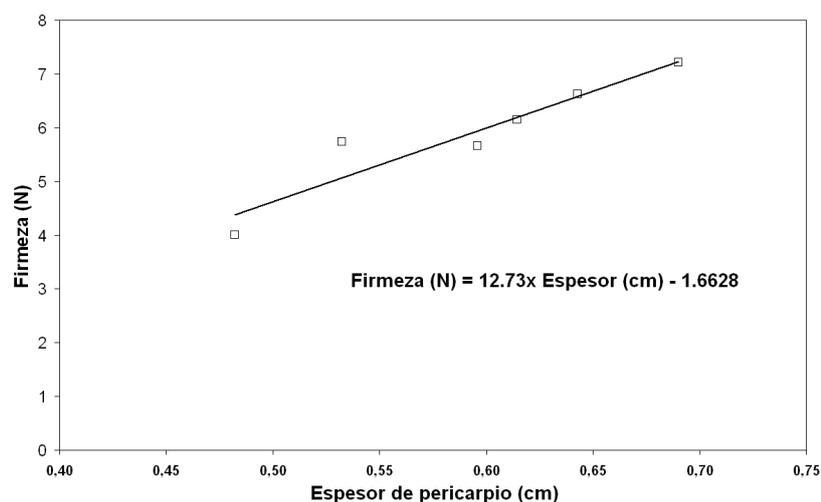
rojo presentan frutos de mayor tamaño y elevado espesor de pericarpio. En cambio 7864 presento un calibre algo menor, pero una elevada uniformidad de frutos.

#### **5.4. Propiedades físico químicas asociadas con la calidad de los frutos**

Más allá de la determinación de los aspectos morfológicos y del rendimiento, se analizaron durante 2 cosechas independientes otros atributos de calidad de los frutos como la firmeza, el color, el contenido de azúcares, el pH, la acidez la capacidad antioxidante y como característica fisiológica la tasa respiratoria. La firmeza se midió realizando un ensayo de compresión en la zona central de los cascos con una sonda de 3 mm de diámetro y registrando la fuerza necesaria para deformar los frutos 2 mm. Los resultados muestran diferencias entre los híbridos evaluados. Mar rojo mostró los valores de firmeza más elevados, seguido de cerca por Candente (**Figura 19**). Ignis presentó una firmeza 56% inferior a la de Mar rojo. La determinación de firmeza de pimiento resulta difícil por tratarse de un fruto hueco y debido a que numerosos factores pueden afectar los ensayos de compresión. Por ejemplo la posición en la que se realiza la medición y la velocidad de desplazamiento de la sonda durante el ensayo son difíciles de uniformar en condiciones de campo. En ese sentido resulta interesante mencionar que las determinaciones de firmeza realizadas en el texturómetro mostraron una buena correlación (Coef. de corr. = 0,95) con el espesor del pericarpio de los diferentes híbridos (**Figura 20**). Así materiales con pericarpio de mayor espesor como Mar rojo y Candente son más firmes mientras que aquellos de pericarpios delgados como Ignis muestran una firmeza reducida. Si bien esto podría ser esperable resulta de interés contar con datos experimentales en diferentes genotipos que permitan avalar el uso de una sencilla medida morfológica (espesor) para estimar aspectos texturales sin recurrir al uso de instrumental costoso y complejo, especialmente en casos en los que resulte necesario evaluar un elevado número de híbridos.



**Figura 19:** Firmeza de pimientos tipo 'blocky' (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781). Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

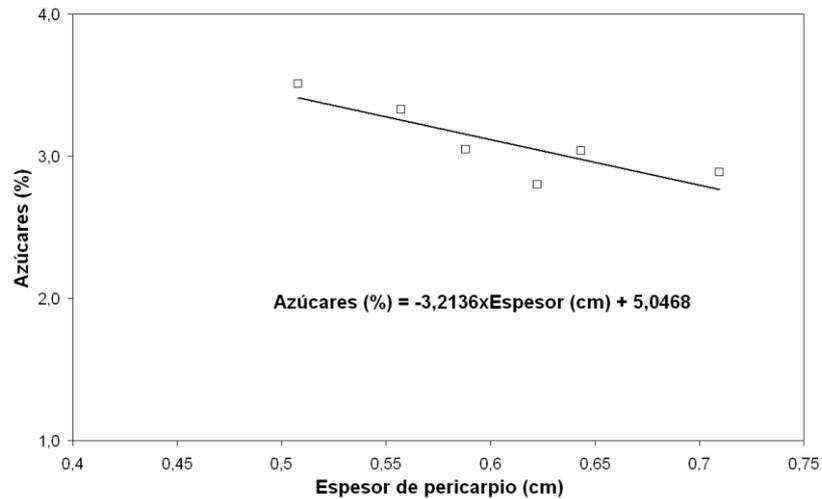


**Figura 20:** Asociación entre firmeza de los frutos de pimiento tipo 'blocky' (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) y espesor de pericarpio. Se muestra el coeficiente de correlación.

Con respecto al color las diferencias halladas no fueron muy marcadas. Aifos y 8781 mostraron un color algo más anaranjado evidenciado a partir de mayores valores de hue (**Tabla 5**). Los frutos del híbrido 7864 se presentaron algo más oscuros en comparación con los otros genotipos (menor valor de  $L^*$ ). Con relación a características asociadas al sabor se determinó el contenido de azúcares y la acidez. Los niveles de azúcares se ubicaron en el rango 2,8-3,5%. Para este atributo, Ignis fue el híbrido de mejor comportamiento, con un contenido de azúcar de 3,5% (**Tabla 5**). Resulta de interés mencionar que se observó una elevada correlación negativa (Coef. De corr = -0,84) entre el espesor de pericarpio y el contenido de azúcares (**Figura 21**). La acidez fue similar en los diferentes híbridos y sólo 7864 presentó valores algo inferiores (**Tabla 5**). El pH osciló en todos los casos entre 5,0 y 5,1 (datos no mostrados). Por otra parte, Ignis y Mar rojo fueron los híbridos con mayor nivel de antioxidantes. Finalmente la tasa respiratoria de los híbridos tipo "blocky" se ubicó entre 25 y 30 mL de  $CO_2$  por kilogramo en una hora (a  $20^\circ C$ ), lo que es aproximadamente el doble de los valores informados por Cantwell (2009).

**Tabla 5:** Color (hue,  $L^*$ ), azúcares, acidez, antioxidantes y actividad respiratoria en frutos de pimiento 'blocky' (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) cosechados en estado rojo. Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha= 0,05$ .

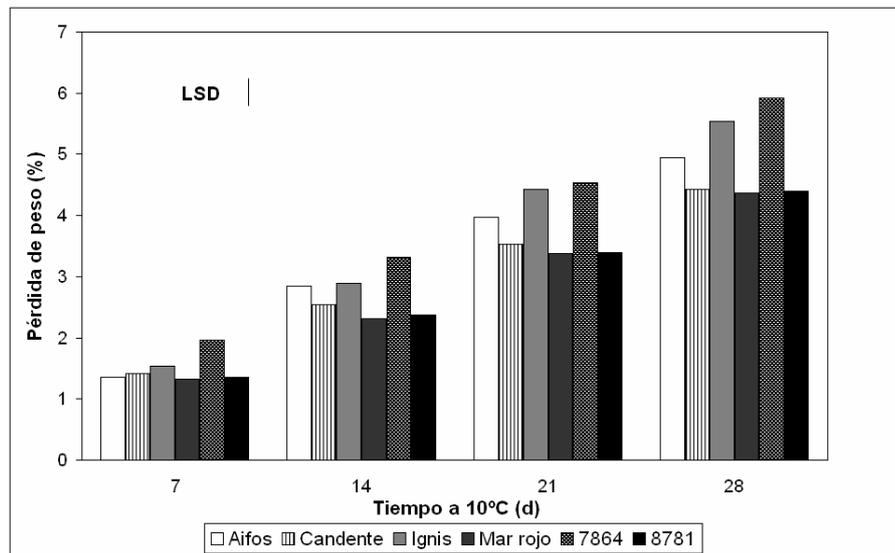
Atributo	Aifos	Cand.	Ignis	M. rojo	7864	8781	LSD
Color (Hue)	33,9	32,7	32,3	32,6	32,4	33,7	1,0
Color ( $L^*$ )	37,1	35,0	36,8	36,0	34,8	36,9	0,7
Azúcares (%)	3,33	3,04	3,51	2,89	3,05	2,80	0,42
Acidez (meq. $H^+ kg^{-1}$ )	29,7	28,7	30,6	30,2	27,3	27,5	2,4
Antiox, $EC_{50}^{-1}$ ( $mg^{-1}$ )	144	133	161	159	128	133	14
Respiración (mL $CO_2 kg^{-1}h^{-1}$ )	25,3	31,5	31,4	22,3	23,2	25,6	7,5



**Figura 21:** Asociación entre contenido de azúcares de los frutos de pimiento tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) y espesor de pericarpio. Se muestra el coeficiente de correlación.

### 5.5. Comportamiento durante el almacenamiento

A fin de evaluar el comportamiento de los diferentes híbridos durante el almacenamiento poscosecha, se colocaron frutos de los 6 híbridos en bandejas cubiertas con PVC y se mantuvieron a 10°C. Durante el período de almacenamiento se determinó la pérdida de peso y la aparición de manchas, hongos y de desórdenes fisiológicos. La pérdida de peso mostró un incremento aproximadamente lineal conforme aumentó el tiempo en cámara. Luego de 7 d a 10°C ya pudo visualizarse una mayor pérdida de peso en el híbrido 7864 (**Figura 22**).



**Figura 22:** Pérdida de peso de pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) durante el almacenamiento a 10°C. Se muestra la diferencia mínima significativa (LSD) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .

Al final del almacenamiento se observaron 2 grupos de híbridos; aquellos sufriendo mayor deshidratación (7864, Aifos e Ignis) y otros con mejor comportamiento (Candente, Mar rojo y 8781). Los híbridos de mayor calibre y mayor espesor de pericarpio fueron los menos susceptibles a la deshidratación durante el almacenamiento poscosecha. Con referencia a la incidencia de hongos y el número de manchas por fruto en forma preliminar se observó que Ignis mostró mayor tendencia al manchado (**Tabla 6**). El daño por frío es un desorden asociado con el almacenamiento de los frutos a bajas temperaturas por períodos prolongados. La temperatura recomendada para el almacenamiento de pimientos es de 7-10°C (Cantwell, 2009) ya que niveles más bajos favorecen la aparición de este desorden. En este trabajo se observó la aparición de síntomas de daño por frío durante el almacenamiento a 10°C especialmente cuando este se prolongó por más de 14 d. Aifos fue claramente el híbrido con mayor índice de daño por frío al final del período de almacenamiento (**Tabla 6**), que se manifestó principalmente por la presencia de depresiones y zonas decoloradas en la superficie de los frutos. El híbrido que mostró una clara superioridad en el almacenamiento prolongado fue Mar rojo, que aún después de 28 d a 10°C no presentó ataque de hongos, ni manchas.

**Tabla 6:** *Daño por frío, presencia de manchas u hongos en pimientos tipo “blocky” (Aifos, Candente, Ignis, Mar rojo, 7864 y 8781) cosechados en estado rojo, durante el almacenamiento a 10°C.*

Híbrido	Frutos con manchas (%)			Índice de daño por frío			Frutos con hongos (%)		
	14 d	21 d	28 d	14 d	21 d	28 d	14 d	21 d	28 d
<b>Aifos</b>	20	22	22	0,6	1,6	2,1	10	10	10
<b>Candente</b>	0	20	29	0,5	1,3	1,4	30	30	30
<b>Ignis</b>	50	67	88	0,5	0,8	1,5	10	20	20
<b>M. Rojo</b>	0	0	0	0,6	1,0	1,5	0	0	0
<b>7864</b>	30	40	56	0,0	0,6	1,4	0	10	10
<b>8781</b>	10	20	30	1,0	1,3	1,2	0	0	0

## **6. CONCLUSIONES**

***-En caso de que los frutos de pimiento presenten el pedúnculo, éste debe no estar maltratado ya que termina siendo el sitio donde se observa más rápidamente el deterioro. Para ello es fundamental realizar un corte nítido en la cosecha con herramientas afiladas o separar los frutos en la zona de abscisión natural. Estas prácticas sencillas reducen la deshidratación e incidencia de enfermedades de poscosecha.***

***-Las principales causas de pérdidas poscosecha de pimiento son la deshidratación y el ataque de fitopatógenos. A fin de minimizar el deterioro poscosecha deben eliminarse todas las esperas innecesarias en el campo y por sobre todo evitar que los frutos permanezcan por períodos prolongados a alta temperatura y al sol. Es así que se recomienda la rápida refrigeración a 7-10°C.***

***-Este estudio permitió realizar una primera caracterización de 6 híbridos de pimiento “blocky” producidos en el Cinturón Hortícola de La Plata.***

***-Los resultados muestran que existen marcadas diferencias entre los 6 genotipos evaluados. Aifos e Ignis presentan peores características en un análisis global mientras que, los demás materiales pueden resultar más o menos ventajosos dependiendo de los objetivos deseados.***

***-Los híbridos 7864 y 8781 muestran buen rendimiento con elevada uniformidad, calibre moderado y capacidad de almacenamiento intermedia o buena, respectivamente. Para el híbrido 7864, el 31% de los frutos cumplieron con las exigentes especificaciones y criterios del mercado externo. Por su parte Candente y Mar rojo poseen mayor peso y tamaño de fruto, elevada firmeza, buen comportamiento en cámara, pero rendimientos menores.***

***-Si bien en todos los casos el porcentaje de frutos que cumplieron con los requisitos de exportación fue bajo, resulta importante señalar que los frutos que se consideraron como descarte de exportación no presentaron ninguna alteración que impidiera su comercialización en el mercado interno.***

***-Los resultados obtenidos permitieron determinar para 6 genotipos diferentes la existencia de una asociación positiva entre firmeza de los frutos y espesor del pericarpio, y una asociación negativa entre el espesor y el contenido de azúcares.***

***-Mayores estudios resultan necesarios para continuar con la evaluación de estos tipos de materiales en forma más exhaustiva. Resultaría de interés comparar el comportamiento de estos materiales con aquellos actualmente difundidos.***

## **7. REFERENCIAS**

- Ali, AM., Nelly, WC. 1993. Effect of pre-anthesis temperature on the size and shape of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. *Scientia Horticulturae* 54, 97-105.
- Andrade Cuvi, MJ. 2007. Relación entre la capacidad antioxidante y el desarrollo del daño por frío en pimientos. Efecto de estrés abiótico. Tesis presentada para optar por el grado académico de Magíster en Tecnología e Higiene de Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas. UNLP.
- AOAC. 1980. *Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Bakker, JC, van Uffelen, JAM. 1988. The effects of diurnal temperature regimes on growth and yield of sweet pepper. *Neth. J. Agric. Sci.* 36, 201-208.
- Balcaza, L. 2003. Fertilización de Pimiento. *IDIA XXI* 4, 114-120.
- Beaudry, RM., Kays, SM. 1988. Effect of ethylene source on abscisión of pepper plants organs. *HortScience* 23, 742-744.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, ME., Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28, 25-30.
- Buta, J., Moline, H. 1998. Methyl jasmonate extends shelf life ad reduces microbial contamination of fresh-cut celery and peppers. *J. Agric. Food Chem.* 46, 1253-1256.
- Calvert, A. 1957. Effect of the early environment and development of flowering in the tomato. I. Temperature. *J. Hort. Sci.* 32, 9-17.
- Cantliffe, DJ., Goodwin, P. 1975. Red color enhancement of pepper fruits by multiple applications of etephon. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 100, 157-161.
- Cantwell, M. 2009. Bell pepper pecommendations for maintaining postharvest quality En: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/veg/pepper.shtml>
- Cerqueira-Pereira, EC., Pereira, MA., Mello, SDC., Jacomino, AP., Trevisan, MJ., Dias, CTDS. 2007. Effect of the application of ethylene on the postharvest quality of red and yellow bell peppers fruits. *Horticultura Brasileira* 25, 590-593.
- CHFBA. 2005. Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires.
- Civello, PM., Vicente, AR., Martínez, GA. 2007. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. En: *Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits and vegetables*. Editores: Troncoso-Rojas, R., Tiznado-Hernández, M. E., González-León, A. Transworld Research Network.
- Cotter, DJ. 1980. Review of studies on Chile. *New Mexico Agric. Exp. Stat. Bull.* 673, 1-29.
- de Ruijter, A., van der Eijnde, J., van der Steen, J. 1991. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in glasshouses by honeybees. *Acta Hort.* 288, 270-274.
- Diaz Perez, J., Muy-Rangel, MD., Mascorro, AG. 2007. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.) *J. Sci. Food Agric.* 87, 68-73.

- Díaz J., Pomar, F., Bernal, A., Merino, F. 2004. Peroxidases and the metabolism of capsaicin in *Capsicum annuum* L., *Phytochem. Rev.* 3, 141–157.
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S., Yekutieli, O. 1999. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. *Postharvest Biol. Technol.* 15, 25-32.
- FAOSTAT. 2009. <http://faostat.fao.org/default.aspx>
- Fox, AJ., Del Pozo-Insfran, D., Joon, HL., Sargent, S.A., Talcott, ST. 2005. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure *HortScience* 40, 732-736.
- Fung, RWM., Wang, CY., Smith, DL., Gross, KC., Tian, M. 2004. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). *Plant Sci.* 166, 711–719.
- Gonzalez-Aguilar, G., Gayosso, L., Cruz, R., Fortiz, J., Baez, R., Wang, C. (2000). Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 18, 19-26.
- González-Aguilar, GA., Ayala-Zavala, JF., Ruiz-Cruz, S., Acedo-Félix, E., Díaz-Cinco, ME. 2004. Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers. *Lebensm. Wiss. Technol.* 37, 817–826.
- Govindarajan, VS. 1985. Capsicum- production, technology, chemistry and quality. Part I: History, botany, cultivation, and primary processing. *Crit. Rev. Int. J. Food Sci. Nutr.* 22, 109-176.
- Hardenburg, R., Watada, A. y Wang, C. 1990. The comercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks. *Agricultural Handbook #66*.
- Harpster, MH., Brummell, DA., Dunsmuir, P. 2002. Suppression of a ripening-related endo-1,4-β-glucanase in transgenic pepper fruit does not prevent depolymerization of cell wall polysaccharides during ripening. *Plant Mol. Biol.* 50, 345–355.
- Ishikawa, A. 2003. El Cultivo de Pimiento en Invernadero Plástico. *IDIA XXI* 4, 112-113.
- Kader, AA. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*, third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 535 pp.
- Kano, F., Fugimura, T., Hirose, T., Tsukamoto, Y. 1957. Studies on thickening growth of garden fruits. I. On the cushaw, eggplant and pepper. *Memoir of the research Institute of Food Science of Kyoto University.* 12, 45-90.
- Kato, K. 1989. Flowering and fertility of torced green peppers at lower temperatures. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 58,113-121.
- Lin, WC., Hall, JW., Saltveit, ME. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse-grown peppers. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118, 791-795.
- Lownds, NK, Banaras, M., Bosland, PW. 1994. Postharvest water loss and storage quality of nine pepper (*Capsicum*) cultivars. *HortScience* 29, 191-193.
- Mercier, J., Baka M., Reddy, B., Corcuff, R. y Arul, J. 2001. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: Induced resistance and germicidal effects. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 126, 128-133.

- Meier, S, Rosenberg, I., Aharoni, Z., Grinberg, S., Fallik, E. 1995. Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. 'Maor') by packaging with polyethylene bags at a reduced temperature. *Postharvest Biol. Technol.* 5, 303-309.
- Miller, WR., Risse, LA. 1986. Film wrapping to alleviate chilling injury of bell peppers during cold storage. *HortScience* 21, 467-468.
- Namesny, A. 1996. Pimientos. Serie: Compendios de horticultura. Editorial Ediciones de Horticultura, SL (España). ISBN: 978-84-87729-19-5.
- Nielsen, TH., Skjaerbaek, HC., Karlsen, P. 1991. Carbohydrate metabolism during fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Physiol. Plantarum* 82, 311-319.
- Pineda, C. 2007. Perfil de producto: pimiento. Monografía curso de Comercio Intenacional Maestría en Gestión de la Calidad Agroalimentaria IRAM-INTA-USAL. 21 pp.
- Purvis, A. 2002. Diphenylamine reduces chilling injury of green bell pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 25, 41-48.
- Rabinowitch, HD., Fahn, A., Meir, T., Lensky, Y. 1993. Flower and nectar attributes of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in relation to their attractiveness to honeybees (*Apis mellifera* L.). *Ann. Appl. Biol.* 123, 221-232.
- Roldán Serrano, A., Guerra Sanz, JM. 2004. Dynamics and sugar composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) nectar. *J. Hort. Sci. Biotech.* 79, 717-722.
- Roldán Serrano, A., Guerra Sanz, JM. 2006. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. *Scientia Horticulturae.* 110, 160-166.
- de Ruijter, A., Eijndel, J., Steen, J. 1991. Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouses by honeybees, *Acta Hort.* 288, 270-274.
- Saltveit Jr., M.E. 1977. Carbon dioxide, ethylene, and color development in ripening mature green bell peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102, 523-525.
- Salunkhe, DK., Desai, BB. 1984. *Postharvest Biotechnology of vegetables*. Ed. Boca Raton. CRC Press.
- USDA, 2009. USDA National nutritional database for standard reference. En: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>
- Vicente, AR., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, PM., Martinez, GA., Chaves, AR. 2005. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biol. Technol.* 35, 69-78.
- Vicente, AR. 2006. Aspectos generales sobre composición fisiología y manejo poscosecha de pimiento". *Boletín Hortícola Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.* 2006.
- Vicente, AR., Zenteno, L., Sozzi, G. 2008. Factores de pre y poscosecha que inciden en la capacidad antioxidante de arándanos y otros berries. 4º Simposio Internacional y 2º Congreso Latinoamericano de Arándanos y Berries. Buenos Aires. Argentina.

- Vicente, AR., Manganaris, G., Crisosto C. 2009. Nutritional Quality of Fruits and Vegetables En: Postharvest handling, second edition. Editado por Wojciech Florkowski, Robert Shewfelt, Bernhard Brueckner, Stanley Prussia. Academic Press | ISBN: 0123741122.
- Watkins, JT., Cantliffe, DJ. 1983. Mechanical resistance of the seed coat and endospermduring germination of *Capsicum annuum* at low temperature. Plant Physiol. 72, 146-150.
- Wien, HC. 1999. Peppers. En: The physiology of vegetable crops. CABI publishing Cambridge 62pp.
- Yemm, EW., Willis AJ. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. 57, 508-514.