



Universidad del Litoral

Facultad de Ciencias Agrarias

Tesis para optar al grado académico de

Magister en Cultivos Intensivos

**“El *priming* de semillas de melón (*Cucumis melo* L.) en condiciones subóptimas de germinación”**

Autor: Ing. Agr. José Luis Castañares

Director: Dr. Carlos A. Bouzo

Esperanza, Santa Fe, Argentina

Mayo de 2017

## INDICE

<b>1. Resumen</b>	<b>1</b>
<b>2. Abstract</b>	<b>2</b>
<b>3. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>4. El melón (<i>Cucumis melo</i> L.)</b>	<b>4</b>
<b>4.1 Taxonomía y origen</b>	<b>4</b>
<b>4.2 Botánica</b>	<b>4</b>
<b>5. Importancia del cultivo de melón en el mundo y en Argentina</b>	<b>6</b>
<b>5.1 Producción en el mundo</b>	<b>6</b>
<b>5.2 Producción en Argentina</b>	<b>7</b>
<b>6. El cultivo de melón</b>	<b>9</b>
<b>6.1 Requerimientos edafoclimáticos</b>	<b>9</b>
<b>6.2 Formas de iniciación del cultivo</b>	<b>10</b>
<b>7. Germinación</b>	<b>11</b>
<b>7.1 Definición</b>	<b>11</b>
<b>7.2 Requerimientos para la germinación</b>	<b>14</b>
<b>7.2.1 Agua</b>	<b>14</b>
<b>7.2.2 Temperatura</b>	<b>15</b>
<b>7.2.3 Oxígeno y Dióxido de Carbono</b>	<b>15</b>
<b>7.2.4 Luz</b>	<b>15</b>
<b>7.3 Dormición de semillas</b>	<b>16</b>
<b>7.4 Conservación y secado de las semillas</b>	<b>17</b>

7.5 Germinación de Melón	18
<b>8. Priming</b>	<b>19</b>
8.1 Definición	19
8.2 Algunas aplicaciones del <i>priming</i>	22
8.3 Antecedentes del <i>priming</i> en semillas de melón	24
<b>9. Objetivos</b>	<b>26</b>
<b>10. Materiales y Métodos</b>	<b>27</b>
10.1 Experimento 1: Respuesta del <i>priming</i> sobre la germinación de semillas de melón a baja temperatura	27
10.2 Experimento 2: Respuesta del <i>priming</i> sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de salinidad	29
10.3 Experimento 3: Respuesta del <i>priming</i> sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de baja temperatura y salinidad	29
<b>11. Resultados y discusión</b>	<b>30</b>
11.1 Experimento 1: Respuesta del <i>priming</i> a bajas temperaturas	30
11.2 Experimento 2: Respuesta del <i>priming</i> sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de salinidad	36
11.3 Experimento 3: Respuesta del <i>priming</i> sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de baja temperatura y salinidad	43

<b>12. Conclusiones</b>	<b>45</b>
<b>13. Bibliografía</b>	<b>46</b>
<b>Anexo 1: Abreviaturas y símbolos</b>	<b>65</b>
<b>Anexo 2: Análisis estadístico de los resultados del Experimento N° 1: <i>priming</i> y temperatura</b>	<b>66</b>
<b>Anexo 3: Análisis estadístico de los resultados del Experimento N° 2: <i>priming</i> y salinidad</b>	<b>71</b>

## 1. Resumen

La germinación del melón (*Cucumis melo* L.) resulta retrasada e inhibida con temperaturas inferiores a 17 °C. Por otro lado, las etapas iniciales del cultivo muestran sensibilidad a la salinidad. El *priming*, una técnica de hidratación controlada, ha demostrado mejorar la germinación de diferentes especies en condiciones óptimas y adversas. Se realizaron tres ensayos con los objetivos de comparar el efecto de diferentes agentes osmóticos y tiempos de *priming* en la germinación de semillas de melón sometidas a: 1) bajas temperaturas, 2) condiciones salinas y 3) bajas temperaturas y condiciones salinas. Los agentes osmóticos empleados para el *priming* fueron polietilenglicol 6000 (PEG),  $\text{KNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{NaCl}$ , dando un potencial osmótico ( $\Psi_0$ ) de -1,50 MPa. Los tiempos de *priming* fueron 3 y 6 días. Se midió el porcentaje de semillas germinadas (G%) y el tiempo medio de germinación (TMG). A 12 °C la germinación fue de 10% con PEG 3 días y  $\text{NaCl}$  6 días, siendo nula en el control. A 25 °C los mejores valores de G% fueron de 98 y 100% con 3 días de  $\text{NaCl}$  y  $\text{CaCl}_2$  respectivamente, mientras que en el control fue de 84%. El TMG en tales casos experimentó una reducción de un día. A -0,70 MPa la germinación fue de 100% para  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{NaCl}$  y 3 días de duración, contra 26% del control. A -1,00 MPa el G% fue de 46 y 50% para  $\text{NaCl}$  y  $\text{CaCl}_2$  respectivamente, en los mejores casos y nula para el control. A 12 °C y -1,00 MPa la mejor germinación fue para  $\text{CaCl}_2$  3 días y  $\text{NaCl}$  3 días (14 y 10% respectivamente). Se concluye que a temperaturas de 12 °C, el leve aumento de los parámetros G% y TMG, no justificaría el empleo del *priming*. A 25 °C el *priming* permite un aumento en la germinación y reducción del TMG; a un estrés salino moderado (-0,70 MPa), el *priming* permite una alta germinación, mientras que a -1,00 MPa el aumento de la misma no es considerable; ante bajas temperaturas y estrés salino severo, el aumento de la germinación no es de importancia.

**Palabras clave:** *priming* / germinación / vigor/ salinidad /estrés

## 2. Abstract

The germination of melon (*Cucumis melo* L.) is delayed and inhibited with temperatures below 17 °C. On the other hand, the initial stages of the culture show sensitivity to salinity. Priming, a controlled hydration technique, has shown to improve the germination of different species under optimal and adverse conditions. Three experiments were carried out to compare the effect of different osmotic agents and priming times on the germination of melon seeds subjected to: 1) low temperatures, 2) saline conditions and 3) low temperatures and saline conditions. The osmotic agents used for priming were polyethylene glycol 6000 (PEG),  $\text{KNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{NaCl}$ , with an osmotic potential ( $\Psi_o$ ) of -1.5 MPa. Priming times were 3 and 6 days. The percentage of germinated seeds (G%) and the mean germination time (TMG) were measured. At 12 °C the germination was 10% with PEG 3 days and  $\text{NaCl}$  6 days, being null in the control. At 25 °C the best values of G% were 98 and 100% with 3 days of  $\text{NaCl}$  and  $\text{CaCl}_2$  respectively, whereas in the control it was 84%. TMG in such cases experienced a reduction of one day. At -0,70 MPa germination was 100% for  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{NaCl}$  and 3 days duration, versus 26% of the control. At -1,00 MPa G% was 46 and 50% for  $\text{NaCl}$  and  $\text{CaCl}_2$  respectively, in the best cases and null for the control. At 12°C and -1,00 MPa the best germination was for  $\text{CaCl}_2$  3 days and  $\text{NaCl}$  3 days (14 and 10% respectively). It is concluded that at temperatures of 12 °C, the slight increase in the G% and TMG parameters, would not justify the use of priming. At 25 °C the priming allows an increase in the germination and reduction of the TMG; to a moderate saline stress (-0,70 MPa), the priming allows a high germination, whereas at -1,00 MPa the increase of the same is not considerable; at low temperatures and severe saline stress, the increase of germination is not important.

**Keywords:** priming / germination / vigor/ salinity /stress

### **3. Introducción**

El cultivo del melón (*Cucumis melo* L.) está ampliamente difundido en la zona centro y norte del país y en el mundo.

Para asegurar un buen crecimiento del cultivo es imprescindible que en primer lugar la germinación e implantación sea alta, rápida y uniforme. Diversos factores abióticos pueden atentar contra este objetivo, dentro de los cuales, los más importantes son las bajas temperaturas y la salinidad.

Es por ello que todas las prácticas tendientes a superar estas limitaciones, conducirán a un mejor crecimiento de las plantas y por ende a una cosecha de alta calidad.

#### **4. El melón (*Cucumis melo* L.)**

##### **4.1 Taxonomía y origen**

El melón pertenece a la familia Cucurbitaceae, al género y especie *Cucumis melo* L., siendo otros cultivos de importancia dentro de la misma familia el pepino, la sandía, el zapallo y la calabaza (Prohens y Nuez, 2007).

Si bien no existe un criterio unificado respecto al centro genético de origen de esta especie, gran parte de las evidencias indicarían a África como su centro de origen primario. Al respecto, fueron encontradas grabaciones en tumbas egipcias que muestran gran similitud en los caracteres representados con esta especie, además de encontrarse muchas variedades silvestres en este continente (Nonnecke, 1989).

Los griegos, probablemente a través de Alejandro Magno, tuvieron conocimiento de esta planta. Su introducción en Europa posiblemente tuvo lugar durante el dominio del imperio romano. Luego, a lo largo de la primera parte de la Edad Media desapareció el melón como cultivo en Europa, con excepción de la Península Ibérica, donde fue reintroducido por los árabes. Durante el siglo XV llegó a Francia desde Italia y fue llevado por Cristóbal Colón a América en uno de sus viajes (Maroto, 1995).

##### **4.2 Botánica**

Es una planta anual, herbácea que crece en todas las direcciones (Nonnecke, 1989). Posee un sistema radical muy abundante y ramificado, de crecimiento rápido, pudiendo algunas raíces alcanzar una profundidad de 1,20 m, aunque la mayoría de ellas se hallan entre los primeros 0,30 a 0,40 m de suelo. Los tallos son herbáceos, recubiertos de pubescencia, y pueden crecer de forma rastrera (crecimiento plagiotropo) o trepadora (crecimiento ortótropo), esto último debido a la presencia de zarcillos. Las hojas, también pubescentes y rugosas, poseen el limbo orbicular aovado, reniforme o pentagonal, dividido en 3 a 7 lóbulos y con los márgenes dentados (Maroto, 1995).

Las plantas son predominantemente andromonoicas, lo cual significa que en la misma planta se encuentran flores masculinas y hermafroditas (Glover, 2007). Las flores son amarillas campanulares. La polinización es mayormente entomófila (Mármol, 2008). Todas

las variedades de melones son capaces de polinizarse de manera cruzada, es decir presentan alogamia (Nonnecke, 1989).

El fruto recibe el nombre botánico de pepónide procedente de un ovario ínfero y está constituido por mesocarpio, endocarpio y tejido placentario, recubierto por una corteza o epicarpio soldada al mesocarpio. La forma del fruto es variable, pudiendo ser esférica, deprimida o flexuosa; la corteza, de color verde, amarilla, anaranjada o blanca, puede ser lisa, reticulada o estriada. Sus dimensiones son muy variables, aunque en general el diámetro mayor del fruto puede variar entre 0,15 y 0,60 m. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa (Mármol, 2008). La composición nutricional del fruto se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1:** Composición nutricional de dos variedades de melón, **Reticulatus e Inodorus** (por 100 g de parte comestible) (modificado de USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2011).

COMPUESTO	CANTIDAD	
	Reticulatus	Inodorus
Calorías	35,0 cal	35,0 cal
Agua	89,78 g	89,66 g
Carbohidratos	8,36 g	9,18 g
Grasas	0,28 g	0,10 g
Proteínas	0,88 g	0,46 g
Fibra	0,80 g	0,60 g
Cenizas	0,701 g	0,60 g
Calcio	11,0 mg	6,0 mg
Potasio	309,0 mg	271,0 mg
Fósforo	17,0 mg	10,0 mg
Hierro	0,21 mg	0,07 mg
Tiamina	0,036 mg	0,077 mg
Riboflavina	0,021 mg	0,018 mg
Niacina	0,574 mg	0,600 mg
Ácido ascórbico	42,2 mg	24,8 mg

Las semillas, que ocupan la cavidad central del fruto, insertas sobre el tejido placentario, son fusiformes, aplastadas y de color blanco o amarillento. En un fruto pueden existir

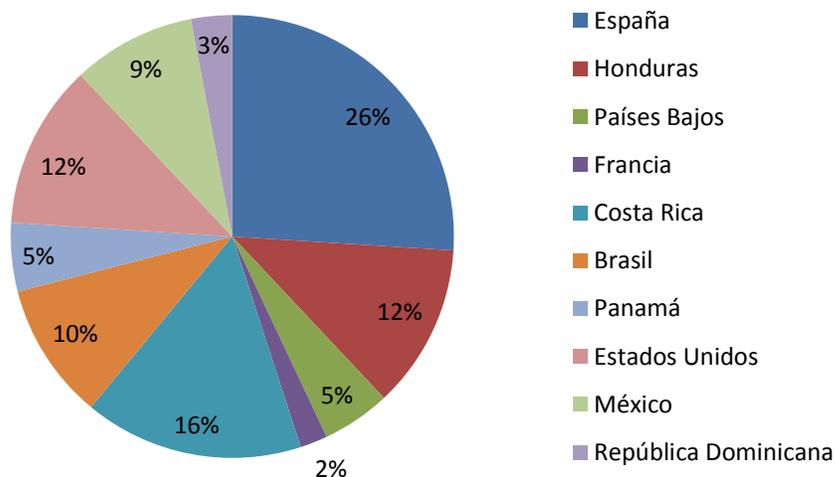
entre 200 y 600 semillas. En un gramo pueden encontrarse entre 30 y 40 semillas (Goites, 2008).

## 5. Importancia del cultivo de melón en el mundo y en Argentina

### 5.1 Producción en el mundo

La producción de melón al aire libre está generalizada en todas las regiones del mundo que poseen clima cálido y poco lluvioso. La producción mundial de melón es de casi 28 millones de Mg producidos en una superficie de 1,4 millones de hectáreas (Simsek y Comlekcioglu, 2011). Entre los principales países productores se destacan China, con un 39% de la producción total mundial, seguida de Turquía con un 9%, Estados Unidos con un 6%, y España e Irán con un 5% cada uno de ellos (Escalona *et al.*, 2009).

Los principales países exportadores de melón son España, México, Honduras, Costa Rica, Estados Unidos y Brasil (Figura 10) (Escalona *et al.*, 2009).



**Figura 1:** Principales países exportadores de melón (modificado de Escalona *et al.*, 2009).

## 5.2 Producción en Argentina

El melón es un cultivo difundido en varias regiones del centro y norte del país: Noroeste (Salta, Jujuy y Tucumán), Noreste (Formosa, Chaco, Corrientes y Misiones), Central (Córdoba, San Luis y Santiago del Estero), Andina (Mendoza, San Juan, Catamarca y La Rioja), Litoral (Santa Fe y Entre Ríos), Sur de la provincia de Buenos Aires, aunque con una contribución diferencial en lo referente a volumen y tipos (Fernández Lozano, 2012).

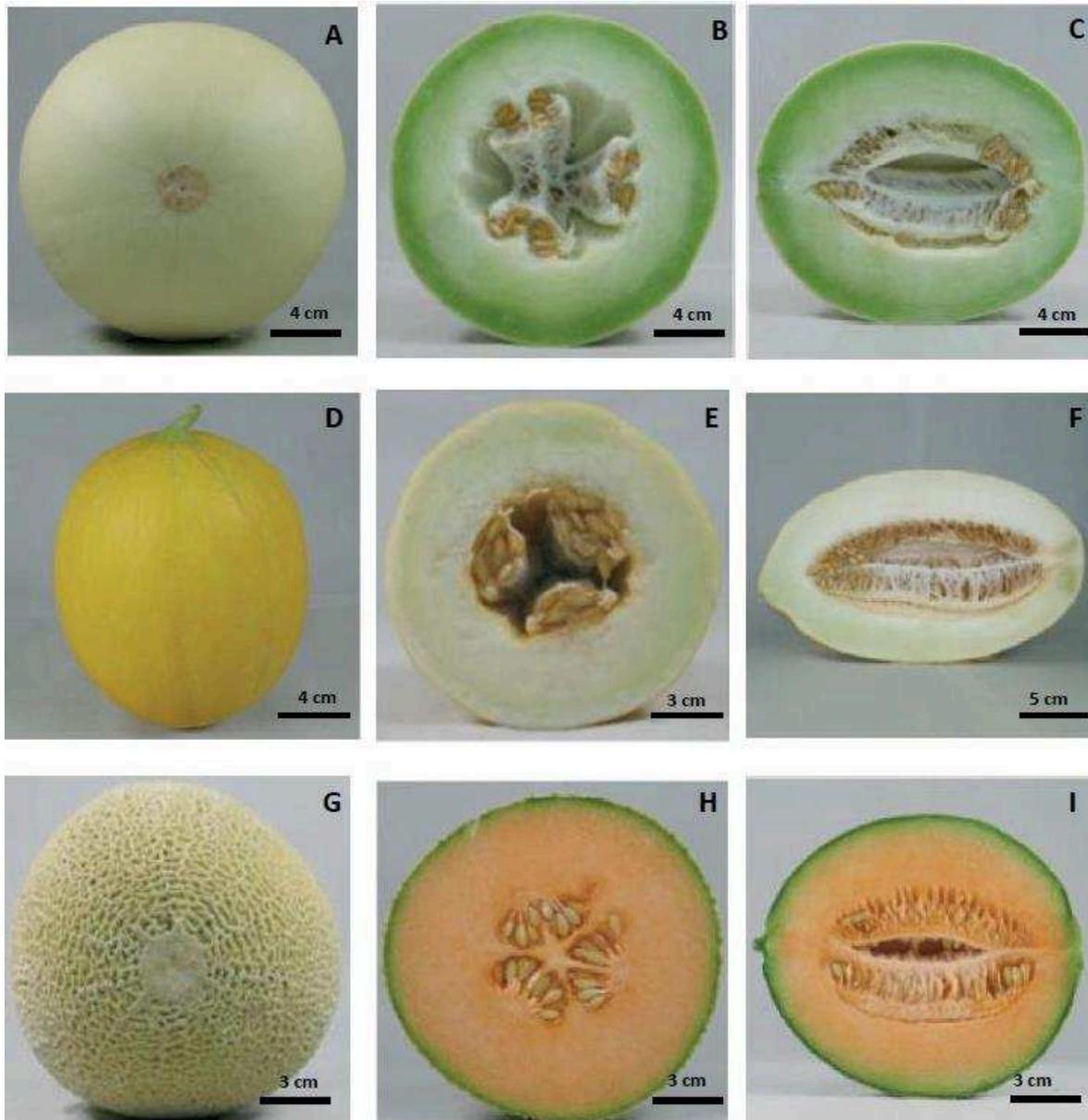
La provincia que concentra la mayor superficie cultivada es San Juan con unas 1.500 ha, destinadas en su mayoría al mercado interno. Le siguen en importancia Santiago del Estero con 800 ha y Mendoza con 400 ha. La producción en Entre Ríos se circunscribe al cultivo bajo invernadero con una superficie cercana a las 20 ha (Fernández Lozano, 2012).

Los principales tipos de melón cultivados en el país son:

*Tipo Honey Dew o Rocío de Miel:* Se cultiva preferentemente en San Juan y Santiago del Estero (Vigliola, 2010). Es blanco crema y la pulpa verde claro. Existen diversas variedades que se caracterizan en general, por tener frutos casi esféricos, grandes, pulpa verde claro muy dulce y jugosa, con piel lisa, firme (Figura 2 A, B y C) y buena adaptación al transporte, con una adecuada conservación de pos cosecha (Fernández Lozano *et al.*, 1998).

*Tipo Amarillo o Bola de Oro:* Se cultiva en Santiago del Estero principalmente (Vigliola, 2010). Las variedades que responden a este grupo tienen frutos más o menos alargados, con un peso promedio de 1,5 a 2,5 kg. La corteza es amarillo brillante, con un arrugado longitudinal más o menos marcado según la variedad considerada (Figura 2 D, E y F), siendo en algunas lisa (Fernández Lozano *et al.*, 1998). Su ciclo tiene una duración de 90 - 115 días (Vigliola, 2010).

*Tipo Reticulado o Escrito:* El tamaño de los frutos es mediano (1,2 a 2,0 kg.), de forma redondeada o ligeramente ovalada. La corteza es lisa con un reticulado corchoso más o menos superficial que cubre todo el fruto (Figura 2 G, H e I). La pulpa es gruesa y de color anaranjado, con una cavidad seminal reducida (Fernández Lozano *et al.*, 1998). La duración de su ciclo de 85 a 90 días (Vigliola, 2010).



**Figura 2:** Principales tipos de melón cultivados en el país: tipo tipo *Honey Dew* o Rocío de Miel (A-C), tipo Amarillo (D-F), tipo Reticulado o Escrito (G-I). La primera columna corresponde a la vista exterior, la segunda a un corte transversal y la tercera a un corte longitudinal (OECD, 2006).

## 6. El cultivo de melón

### 6.1 Requerimientos edafoclimáticos

El melón es un cultivo muy exigente en temperatura, situándose su cero vegetativo en 10 °C, y sus temperaturas óptimas y máxima de 25 a 34 °C y 45 °C, respectivamente (tabla 2) (Baker y Reddy, 2001). Es muy sensible a las heladas en todas las etapas del cultivo (Bouzo y Küchen, 2012). Las temperaturas excesivamente altas aumentan la tasa de crecimiento del cultivo y conducen a una maduración temprana del fruto (Pardossi *et al.*, 2000).

Pese a esto, puede cultivarse en zonas con una reducida estación estival, siendo iniciados bajo cubierta y luego trasplantados y/o utilizando ciclos más cortos (Nonnecke, 1989).

**Tabla 2:** Temperaturas críticas para melón en las distintas fases de desarrollo (Casaca, 2005).

Helada		1 °C
Detención de la vegetación	Aire	10-15 °C
	Suelo	8-10 °C
Germinación	Mínima	15 °C
	Óptima	22-28 °C
	Máxima	39 °C
Floración	Óptima	20-23 °C
Desarrollo	Óptima	25-34 °C
Maduración del fruto	Mínima	25 °C

La luz, junto con la temperatura y la humedad, es una de las variables meteorológicas de mayor importancia para la planta (Mármol, 2008). La duración de la luminosidad, influye en el crecimiento de la planta, en la inducción floral, fecundación de las flores, maduración de los frutos y ritmo de absorción de elementos nutritivos (Casaca, 2005). Aunque es considerada una especie de día neutro, es muy exigente en luz, acelerándose el crecimiento en días luminosos (Mármol, 2008). En regiones húmedas y con escasa

radiación su desarrollo se afecta negativamente, apareciendo alteraciones en la maduración y calidad de los frutos (Casaca, 2005).

En lo referente a la humedad edáfica, si bien es importante para la germinación, desarrollo foliar y formación de fruto, es considerada como moderadamente resistente a la sequía (Pessarakli, 2016). Diversos investigadores han reportado una mejora de calidad del fruto con déficits hídricos moderados. Existe una relación directa entre el contenido de azúcar de los frutos y la restricción hídrica (Lester *et al.*, 1994; Fabeiro *et al.*, 2002; Ribas *et al.*, 2003; Kirnak *et al.*, 2005). También ha sido documentada la relación directa entre firmeza del fruto y la restricción hídrica (Miccolis y Saltveit, 1991; Mizrach *et al.*, 1991). Un déficit hídrico severo puede conducir a una reducción del tamaño de los frutos (Ribas *et al.*, 2003; Fabeiro *et al.*, 2002; Long *et al.*, 2006) y rendimientos más bajos (Kirnak *et al.*, 2005; Sensoy *et al.*, 2007).

La humedad ambiente influye en procesos como la transpiración, fecundación, floración y propagación o no de enfermedades. El melón es menos exigente que el resto de cucurbitáceas a la humedad relativa, siempre que ésta no rebase el 75% (Mármol, 2008).

Puede crecer en una amplia variedad de suelos, aunque los prefiere sueltos y bien drenados (Goites, 2008). Se adapta mejor a pH neutros a alcalinos, siendo muy sensible a suelos ácidos (Pessarakli, 2016). En general es sensible al  $\text{Na}^+$  y con toxicidad específica al  $\text{Cl}^-$  (Navaro *et al.*, 2000). La fase vegetativa posterior a la implantación del cultivo, es menos sensible a la salinidad (Carvajal, *et al.*, 1998). Los mecanismos de tolerancia a las sales en melón han sido asociados con la compartimentación del  $\text{Na}^+$  y/o  $\text{Cl}^-$  (Botia *et al.*, 2005), ajuste osmótico (Carvajal *et al.*, 1998) y exclusión del  $\text{Cl}^-$  y/o disminución de la absorción de  $\text{Cl}^-$  por las raíces (Romero *et al.*, 1997).

## **6.2 Formas de iniciación del cultivo**

La forma de iniciación tradicional es la siembra directa. El elevado costo de las semillas ha favorecido en los últimos tiempos la utilización del trasplante como método de iniciación (Cantamutto *et al.*, 1995; Rodríguez Toressi, 2011). El trasplante asegura un mejor establecimiento del cultivo, acorta el ciclo de producción en el campo y permite lograr

producciones anticipadas a los sistemas tradicionales de siembra directa (Rodríguez Toressi, 2011).

## **7. Germinación**

### **7.1 Definición**

La germinación puede definirse como la serie de procesos que determinan que el eje embrionario prosiga su desarrollo, el cual había sido interrumpido durante la madurez fisiológica, encontrándose en un estado de animación suspendida (Hopkins y Hüner, 2008). El signo de que el proceso de germinación se ha completado es la penetración de las estructuras que rodean el embrión por la raíz. Esto suele denominarse “germinación visible” (Bewley, 1997).

En semillas que naturalmente se deshidratan durante la última etapa de su desarrollo (ortodoxas), el proceso de germinación comienza con la absorción de agua (imbibición) por parte de la semilla seca. Bajo condiciones de provisión de agua suficiente, el proceso de hidratación y crecimiento del embrión se puede dividir en tres fases (figura 3) (Bewley y Black, 1985):

Fase I. Caracterizada por una abrupta entrada de agua. Dado que el potencial agua ( $\psi$ ) de las semillas secas es muy negativo (generalmente entre -350 y -50 MPa) (Roberts y Ellis, 1989; Obroucheva y Antipova, 1997) y el del agua cercano a 0 MPa, el gradiente para la absorción de agua es muy grande. La velocidad inicial de imbibición estará determinada además por la permeabilidad de la cubierta seminal, el contacto entre la semilla y el sustrato y la conductividad hidráulica del suelo o sustrato (Hadas, 1982; Koller y Hadas, 1982; Vertucci, 1989). Este proceso es fundamentalmente físico, razón por la cual también puede ocurrir en semillas muertas (Krishnan *et al.*, 2004). Las semillas cambian rápidamente de forma y tamaño (Robert *et al.*, 2008; Preston *et al.*, 2009).

La rápida entrada de agua suele ir acompañada de una masiva liberación de solutos celulares (Weitbrecht *et al.*, 2011), la cual aunque puede acelerar la posterior germinación a causa de la eliminación de sustancias inhibitoras (Matilla *et al.*, 2005), es también un signo de daño de las membranas y compartimentos celulares causadas por la rápida y/o

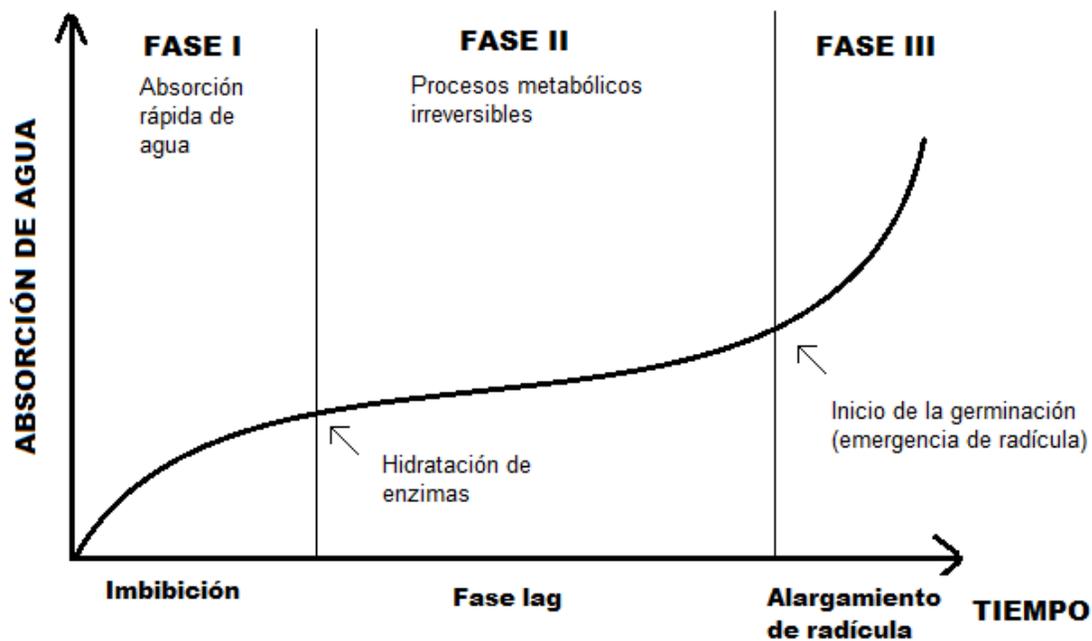
no homogénea rehidratación (Powell y Matthews, 1978). Luego de un breve tiempo de rehidratación, las membranas toman una configuración más estable, lo que restringe la liberación de solutos (Bewley, 1997).

Fase II. A medida que el  $\psi$  de la semilla aumenta durante la imbibición y el gradiente de  $\psi$  entre ésta y el suelo disminuye, el contenido de agua se aproxima a un *plateau*, así como el tamaño de la misma (Weitbrecht *et al.*, 2011). En esta fase tiene lugar la mayor parte de los eventos metabólicos, en preparación para la siguiente fase. Durante este lapso la respiración se incrementa y se produce un transporte activo de las sustancias desdobladas en la fase anterior, desde el tejido de reserva hacia el eje embrionario. Estas sustancias posibilitan el inicio del proceso de rediferenciación de organelas, dado que durante la madurez de secado la compleja estructura celular sufre un proceso de desdiferenciación que permite a la semilla mantenerse viable a pesar del estado deshidratado. Asimismo durante esta fase se acentúan los mecanismos de reparación de los daños que pueden haberse producido durante la madurez de secado por la desregulación del metabolismo respiratorio. Además se pueden adicionar daños propios asociados al envejecimiento en semillas que se almacenan, responsables de la pérdida del vigor y posteriormente de la viabilidad a medida que los daños se acentúan (Bradford, 1995). En el proceso de deshidratación de las semillas, cumplen un papel preponderante las proteínas LEA (Late Embryogenesis Abundant). Son proteínas de bajo peso molecular (10-30 kDa), las que en general están involucradas en la protección de las plantas del daño causado por el estrés ambiental, especialmente la sequía (Hong-Bo *et al.*, 2005).

Esta fase, en relación con la I, es marcadamente más prolongada. Durante la misma la intensidad respiratoria de la semilla también crece, aunque de manera muy lenta (Bradford, 1995).

La fase II finaliza con el comienzo de la división celular, germinación propiamente dicha (Weitbrecht *et al.*, 2011). Las semillas en dormición, son también metabólicamente activas en este momento. Esto indicaría que aunque algunas enzimas como las deshidrogenasas están activas, no necesariamente va a completarse el proceso de germinación (Bradford, 1995).

Fase III. Aunque las semillas en dormición pueden alcanzar la fase II, sólo las semillas en condiciones de germinar entran en esta tercera fase, la cual coincide con la emisión de la radícula. En esta fase se acentúa la entrada de agua (salida del *plateau*), lo que se debe inicialmente al crecimiento celular y ruptura de la cubierta seminal (Weitbrecht *et al.*, 2011). A nivel bioquímico, lo que la caracteriza es que las sustancias desdobladas en la fase I y transportadas en la fase II son reorganizadas en sustancias complejas para formar el citoplasma, el protoplasma y las paredes celulares de las nuevas células formadas, lo que en última instancia permite el crecimiento del eje embrionario. Aquí la tasa respiratoria se incrementa notablemente porque aparte de la actividad enzimática y la síntesis de nuevos compuestos, se facilita el ingreso de O<sub>2</sub>, por el inicio de la rotura de la cubierta seminal, a diferencia de lo que sucedía en la fase I (Bradford, 1995).



**Figura 3:** Esquema del proceso de absorción de agua por semillas en germinación (Modificado de Bewley y Black, 1985)

## **7.2 Requerimientos para la germinación**

En general, para que se desencadene el proceso de la germinación, deben cumplirse ciertos requerimientos, relacionados con factores del medio en que se encuentra la semilla, los que se exponen a continuación.

### **7.2.1 Agua**

El agua es el factor que más influye en el proceso de germinación. Si bien la hidratación de las semillas puede producirse a bajos contenidos hídricos, por el reducido  $\psi$  de las semillas secas, un mayor contenido de agua es necesario en etapas posteriores dados los requerimientos vinculados con el crecimiento de la radícula y pelos radiculares (Benech – Arnold y Sánchez, 2004).

Un contenido de agua cercano a la capacidad de campo es generalmente óptimo para que se desencadene el proceso de germinación. Por el contrario, si el contenido de humedad es inferior al óptimo puede resultar en un retraso o directamente la inhibición de la germinación (Gardner *et al.*, 1985).

La presencia de solutos en el medio afecta la disponibilidad de agua debido a la reducción del  $\psi$  al mismo tiempo que puede producirse una toxicidad por iones como  $\text{Na}^+$  y  $\text{Mg}^+$  (Ibrahim, 2016).

### **7.2.2 Temperatura**

La temperatura influye en las propiedades del agua edáfica así como en la actividad biológica de las semillas (Benech – Arnold y Sánchez, 2004; Bewley y Black, 1985).

Como se mencionó anteriormente, luego de la hidratación de la semilla, se desencadenan numerosos procesos enzimáticos de anabolismo y catabolismo, los cuales son altamente dependientes de la temperatura (García Breijo *et al.*, 2001).

Las temperaturas cardinales de germinación son la temperatura base, óptima y máxima las que indican respectivamente, la temperatura por debajo de la cual la germinación no se produce, la temperatura a la cual la germinación ocurre a una mayor velocidad y la

temperatura por encima de la cual se inhibe la misma (Benech – Arnold y Sánchez, 2004; Gardner *et al.*, 1985). Las temperaturas base varían marcadamente entre especies. Las máximas reflejan el punto en el cual las proteínas comienzan a desnaturalizarse (Hopkins y Hüner, 2008). Los rangos de temperatura óptimos, condiciones que inducen la dormición secundaria y los efectos combinados de estrés hídrico y temperatura, varían entre especies (Kigel, 1995; Hegley, 1995; Benech-Arnold y Sánchez, 1995, 2004).

### **7.2.3 Oxígeno y Dióxido de Carbono**

El oxígeno (O<sub>2</sub>) es esencial para la degradación de sustancias de reservas durante la germinación (García Breijo, 2001). La mayoría de las especies no exigen una concentración superior al 10% para germinar (Siegel y Rosen, 1962).

La provisión de O<sub>2</sub> está estrechamente relacionada por el espesor de la capa de agua que cubre la semilla en germinación y por la cubierta seminal (Come y Tissaoui, 1973). La temperatura modifica la solubilidad del O<sub>2</sub> en el agua que absorbe la semilla, reduciéndose a medida que aumenta la temperatura (García Breijo, 2001). Por otro lado, la compactación del suelo tiene un efecto negativo en el intercambio gaseoso y en consecuencia en la germinación (Richard y Guerif, 1988).

Pese a todo lo expuesto anteriormente, este elemento, a no ser en circunstancias especiales, difícilmente resulta un factor limitante, a excepción de la fase III, en donde sí comienza a serlo (Moreira de Carvalho y Nakagawa, 1988).

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en bajas concentraciones favorece la germinación, mientras que un aumento del mismo (< 5%) generalmente inhibe la misma (Egley, 1986). Puesto que el CO<sub>2</sub> es altamente soluble en agua, concentraciones relativamente altas pueden ingresar desde la atmósfera a la semilla en proceso de imbibición (Negm *et al.*, 1976).

### **7.2.4 Luz**

Además de los factores ambientales arriba mencionados, la germinación de muchas especies requiere de luz para germinar. De acuerdo a la sensibilidad a la luz para germinar las semillas pueden clasificarse en: 1) germinación favorecida por la luz (semillas

fotoblásticas positivas) 2) germinación favorecida por la ausencia de luz (semillas fotoblásticas negativas), y 3) semillas cuya germinación es independiente de la presencia de luz (no fotoblásticas) (Bewley y Black, 1994).

En caso de germinación favorecida por la luz, es la luz roja (660 nm) al igual que la blanca, la que tiene un efecto positivo, mientras la luz roja lejana (730 nm) inhibe la misma. En semillas dependientes de la ausencia de luz, la luz roja lejana favorece la germinación (Mohr y Schopfer, 1995).

La percepción de la luz es mediada por el *fitocromo*, una familia de moléculas fotorreceptoras, que varía reversiblemente entre dos formas, Pr, que absorbe luz roja, convirtiéndose en Pfr, forma activa (Schmitt y Wulff, 1993).

Las semillas de la mayoría de los cultivos actuales, con una relativamente larga historia de domesticación, son generalmente no fotoblásticas (Gardner *et al.*, 1985).

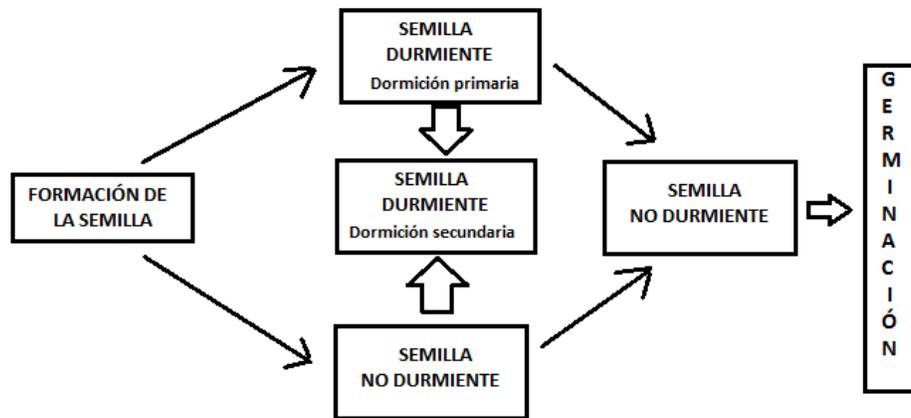
### **7.3 Dormición de semillas**

Las semillas de numerosas especies no tienen la capacidad de germinar durante un determinado período de tiempo, pese a ser colocadas en condiciones que en otro momento resultarían favorables para la misma. Se dice entonces que estas semillas se encuentran en estado de *dormición* (Baskin y Baskin, 2004).

La *dormición primaria*, es aquella en la cual se encuentran las semillas cuando son dispersadas de su planta madre. Esta dormición se inicia durante el desarrollo, puesto que las semillas que se encuentran desarrollándose raramente germinan (Bewley, 1997). La dormición es una ventaja adaptativa que provoca que la germinación se produzca cuando las condiciones ecológicas sean favorables a la plántula para la supervivencia (Montaldi, 1995).

Una vez superada la dormición primaria, y frente a condiciones desfavorables para la germinación, las semillas podrían entrar en una *dormición secundaria*, pudiéndose mantener en este estado, aun estando embebidas y durante largos períodos de tiempo,

sin una pérdida de viabilidad (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Bewley y Black, 1994) (Figura 4).



**Figura 4:** Tipos de dormición en semillas (Modificado de Pérez García y Pita Villamil, 1999).

Existe otro criterio de clasificación de la dormición: *endógena* y *exógena*. En la dormición endógena, algunas características del embrión impiden la germinación, mientras que en la dormición exógena, ciertas estructuras, como el endosperma, la cubierta seminal o las paredes de los frutos que recubren el embrión e impiden la germinación (Baskin y Baskin, 1998, 2004; Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Nikolaeva, 2004). En cualquiera de los casos la dormición cesará luego de que las semillas son sometidas a diferentes condiciones o con el transcurso del tiempo (Baskin y Baskin, 2004).

La presión de selección durante miles de años de domesticación, ha eliminado prácticamente la dormición de la mayoría de especies cultivadas (Gardner *et al.*, 1985).

#### 7.4 Conservación y secado de las semillas

De acuerdo a la tolerancia de las semillas a la deshidratación para su almacenamiento, Roberts (1973), propuso una clasificación en *ortodoxas* y *recalcitrantes*. Las semillas ortodoxas son aquellas que naturalmente se deshidratan hasta llegar a un contenido de agua en equilibrio con la humedad ambiente (10-12% de contenido de agua), pudiendo tolerar un posterior secado artificial hasta el 5% sin que se comprometa la viabilidad. Existen marcadas diferencias entre el período durante el cual pueden ser almacenadas las

semillas de esta categoría, variando desde algunos años hasta siglos (Sallon, *et al.*, 2008). Las semillas recalcitrantes, en cambio, pierden la viabilidad antes que su contenido de agua se equilibre con el ambiente, es decir, no toleran la deshidratación, lo que dificulta su almacenamiento. Una tercera categoría, de *almacenamiento intermedio*, fue definida por Ellis *et al.* (1990), para aquellas semillas que pueden ser almacenadas durante un mediano plazo, en condiciones de humedad y temperaturas bien definidas.

### **7.5 Germinación de Melón**

Las semillas de las cucurbitáceas se encuentran entre las de germinación y crecimiento inicial más rápido en condiciones óptimas (Di Benedetto, 2005). Estas características vienen asociadas con ciertas particularidades, como el tamaño relativamente grande de las semillas (alrededor de 30 mg por semilla), un contenido promedio de aceite del 49% y proteínas del 35% (Jacks *et al.*, 1972). Estas dos condiciones, relacionadas con el tamaño y la composición de las reservas, posibilitan una elevada cantidad de material de reserva disponible para el crecimiento inicial, previo a que los cotiledones y primeras hojas verdaderas comiencen a fotosintetizar (Di Benedetto, 2005). Asimismo este tamaño de las semillas está asociado al rápido desarrollo inicial de plántulas relativamente grandes, dando comienzo a una etapa temprana interceptación de radiación y asimilación de fotoasimilados (Wien, 1997).

Las semillas de melón son independientes de la luz para germinar (ISTA, 2006).

Con temperaturas templadas de 25 a 30 °C la germinación se produce en 3-4 días (Casaca, 2005; Mármol, 2008; Wien, 1997). La germinación se retrasa o reduce a temperaturas inferiores a 20 °C, lo que conduce a un pobre y desuniforme establecimiento de plántulas, y se inhibe por completo a 15 °C (Korkmaz, 2005; Nelson y Sharples, 1980; Sing *et al.*, 2001).

Respecto del O<sub>2</sub>, las concentraciones de este gas por debajo de la cual se inhibe o se alcanza el 50% de la germinación, llamadas O<sub>2(0)</sub> y O<sub>2(50)</sub> respectivamente, son de 1 y 3-5% (Corbineau y Come, 1995).

La salinidad del medio en que se hallan las semillas puede influir negativamente en la germinación. Como se mencionó anteriormente, las etapas de germinación y crecimiento inicial de las plántulas son las que manifiestan la mayor sensibilidad a la salinidad (Sivritepe *et al.*, 2003; Nukaya *et al.*, 1984; Franco *et al.*, 1993).

En cuanto al almacenamiento, las semillas de melón presentan un comportamiento ortodoxo, pudiendo conservar su viabilidad durante 6 años, siempre que sean conservadas en condiciones de baja humedad (6%) y temperaturas inferiores a los 18°C (Pessarakli, 2016).

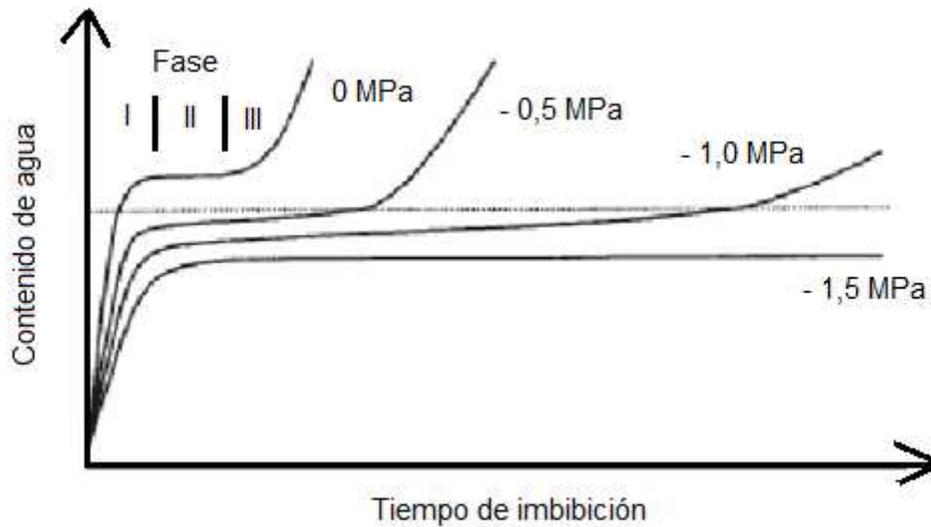
## **8. Priming**

### **8.1 Definición**

En 1975 Heydecker *et al.*, estudiando la capacidad natural de las semillas para resistir uno o más ciclos de imbibición y secado, observó que la germinación subsecuente de estas semillas se producía con mayor rapidez y uniformidad. Estos autores definieron como *advancement and priming*, respectivamente a estas respuestas observadas. En la actualidad el término *priming* se usa para describir cualquier metodología de hidratación previa a la siembra, sin discriminar dónde y cómo son embebidas las semillas (Benech – Arnold y Sánchez, 2004).

El *priming* consiste en humedecer parcialmente las semillas hasta un contenido de agua cercano pero por debajo del que permita el inicio de la división celular, es decir, la germinación propiamente dicha (Heydecker y Coolbear, 1977).

La imbibición a altos  $\psi$  ocurre relativamente rápido, sin permitir la ocurrencia del *priming*. Una reducción de  $\psi$ , se traducirá en una imbibición más lenta y controlada, manteniendo a las semillas por debajo del nivel de agua necesario para llegar a la emergencia de la raíz, con la consecuente prolongación de la fase II con los procesos propios de ésta (Ashraf y Foolad, 2005; Eskandari, 2013; Jisha *et al.*, 2013; Maiti y Pramanik, 2013; Nawaz *et al.*, 2013) (Figura 5).



**Figura 5:** Esquemmatización de los cambios en la duración de cada fase de la imbibición en función de diferentes potenciales hídricos del medio (Modificado de Bradford, 1995)

Cuando las semillas *primizadas* son sembradas, la germinación será más rápida y uniforme (Khan *et al.*, 2009). También pueden expresar una mayor germinación y vigor en condiciones adversas (Sadeghi *et al.*, 2011). Este aumento de la velocidad y uniformidad de la germinación ha sido atribuido a los mecanismos de reparación ocurridos durante la fase II de la imbibición (Bray *et al.*, 1989; Giri y Schillinger, 2003), algunos cambios fisiológicos, bioquímicos, celulares y moleculares (Soeda *et al.*, 2005; Yacoubi *et al.*, 2011; Di Girolamo y Barbanti, 2012; Siri *et al.*, 2013; Manonmani *et al.*, 2014), el aumento de los metabolitos que reducen el  $\Psi$ , abreviando la germinación (Basra *et al.*, 2005; Bradford, 1986) y, para semillas que no son secadas luego del tratamiento, una simple reducción del tiempo de imbibición (Bradford, 1986; Basra *et al.*, 2007).

Una vez efectuado el tratamiento de *priming* las semillas pueden ser deshidratadas, siempre considerando la velocidad de secado adecuada para cada especie en particular, y almacenadas (Valdes y Bradford, 1987; Khan, 1992; Ratikanta, 2011). Luego del almacenamiento, pueden ser colocadas a germinar con la consecuente conservación de las mejoras del *priming* (Pessaraki, 2016) (figura 6).

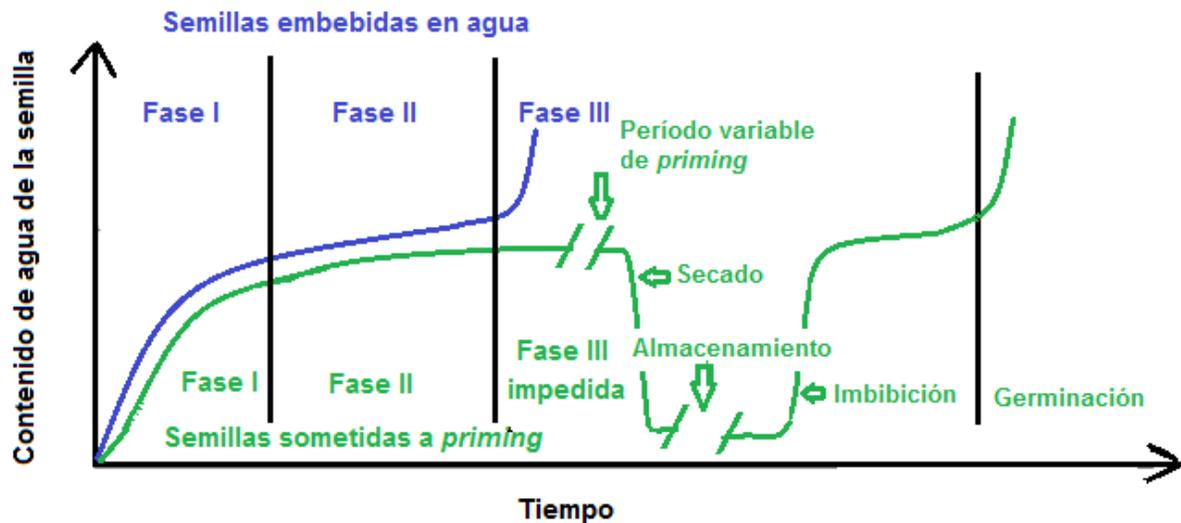


Figura 6: Esquemización del *priming* (Modificado de Rajjou, *et al.*, 2012)

Existen diferentes técnicas de *priming*, dentro de las cuales las principales se conocen como *osmopriming*, *priming* mátrico e *hidropriming*:

*Osmopriming*: Las semillas son colocadas en soluciones con un reducido  $\psi$  y luego de un determinado tiempo son enjuagadas y secadas. El bajo  $\psi$  se logra con el agregado de agentes osmóticos como el polietilenglicol (PEG), un compuesto orgánico de alto peso molecular, inerte y no tóxico para las semillas; o algunas sales inorgánicas. El *osmopriming* es la principal técnica empleada por su simplicidad y resultados (Leubner, 2006; Ibrahim, 2016).

*Priming* mátrico: Las semillas son colocadas en una matriz sólida, insoluble (vermiculita, diatomea o polímeros altamente absorbentes de agua) con una cantidad limitada de agua. La utilización de estos componentes permite disminuir el potencial hídrico externo de la semilla debido a la disminución del potencial mátrico. Este método determina una lenta imbibición de las semillas (Leubner, 2006).

*Hidropriming*: Consiste en la adición continua de una cantidad limitada de agua a las semillas y secarlas antes que se desencadene la germinación. La hidratación también puede ser regulada manteniendo a las semillas en una atmósfera saturada (Mc. Donald, 2000).

Factores como el  $\Psi$ , duración del *priming*, temperatura, vigor inicial de las semillas, especies y condiciones de almacenamiento luego del tratamiento pueden afectar la respuesta de las semillas al *priming* (Parera y Cantliffe, 1994; Maiti y Pramanik, 2013).

## **8.2 Algunas aplicaciones del *priming***

Los tratamientos de *priming* han demostrado sus ventajas y actualmente se investigan para los siguientes fines: a) revigorización de semillas durante el almacenamiento, b) incremento, aceleración y sincronía de la germinación y establecimiento de las plántulas, c) acondicionamiento para eliminar diferentes tipos de dormiciones, d) mejora de la germinación y establecimiento de las plántulas bajo condiciones ambientales adversas (Sánchez *et al.*, 2001).

A continuación se muestran a modo de resumen algunos resultados de investigaciones sobre las posibles aplicaciones del *priming* en especies hortícolas (tabla 3).

**Tabla 3:** Tratamientos de *priming*, métodos y resultados obtenidos (Modificado de Sánchez et al., 2001)

Especies	Sustancias de imbibición	Temperatura °C	Duración días	Resultados	Referencias
Apio ( <i>Apium graveolens</i> L.)	PEG	15	14	Acelera la germinación	Brocklehurst y Dearman (1983 a)
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.)	PEG	15	14	Acelera la emergencia e incrementa el peso fresco de las plantas	Brocklehurst y Dearman (1983 b)
	Glicerol	15	14	Acelera la germinación	Khan <i>et al.</i> (1978)
Col ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> )	PEG	10 – 12	1 – 21	Reduce la germinación	Hegarty (1977)
Col de repollo ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> )	PEG	15	7	Acelera la emergencia de plántulas e incrementa su peso fresco	Ralph (1978)
Espinaca ( <i>Spinacea oleracea</i> L.)	PEG	10	14	Incrementa la germinación en altas temperaturas	Atherton y Faroque (1983)
Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	PEG	10	3 – 8	Mejora la germinación y emergencia en campo	Cantliffe <i>et al.</i> (1981)
	PEG + Reguladores de crecimiento	15	2 – 3	Evita la termoinhibición e incrementa la emergencia en campo	Prusinski y Khan (1993)
	PEG	16 - 20	1	Mejora la germinación en altas temperaturas de semillas peletizadas	Valdes <i>et al.</i> (1983)
Perejil ( <i>Petroselinum crispum</i> Mill.)	PEG	15	21	Acelera la germinación e incrementa la producción	Heydecker Coolbear (1977)
Pimiento ( <i>Capsicum annum</i> L.)	PEG	15	5	No tiene efectos	Ghate y Phatak (1982)
	KNO3	20 – 22	5	Acelera la germinación, emergencia e incrementa el peso fresco de las plantas	Rivas <i>et al.</i> (1984)
	KH2PO4 + (NH4)HPO4	27 – 29	3	Acelera la germinación, emergencia e incrementa los rendimientos	Yaklich y Orzolck (1977)

## Continuación

Especies	Sustancias de imbibición	Temperatura °C	Duración días	Resultados	Referencias
Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.)	H <sub>2</sub> O	25	3	Incrementa la emergencia, el vigor de las plántulas y rendimientos bajo estrés de sequía	Orta et al. (1993)
	PEG + H <sub>2</sub> O	25	3	Incrementa y acelera la germinación de semillas frescas y envejecidas	Orta et al. (1998)
	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + KNO <sub>3</sub>	15	14	Acelera la emergencia en campo	Haigh et al. (1986)
Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> L.)	PEG	15	14	Acelera la germinación y emergencia	Brocklehurst y Dearman (1983 a)

### 8.3 Antecedentes del *priming* en semillas de melón

Una de las aplicaciones del *priming* en semillas de melón que ha sido objeto de estudio es el efecto del mismo en la germinación en condiciones de temperaturas sub – óptimas. Las bajas temperaturas (menos de 17 °C) tienen un efecto negativo en la germinación. Diversos autores observaron una mejora en la velocidad y porcentaje de germinación en estas condiciones desfavorables luego del *priming* (Bradford *et al.*, 1988; Kormaz *et al.*, 2005; Nascimento y West, 2000; Nerson y Grovers, 1986).

Aún en temperaturas de germinación óptimas, el *priming* ha demostrado aumentar la velocidad de germinación, aunque no se manifieste un aumento en el porcentaje de germinación (Nascimento, 2003).

En lo que respecta a los efectos en las condiciones de salinidad, se han observado respuestas favorables en la germinación y establecimiento de las plántulas en semillas tratadas con agentes osmóticos (Nascimento, 2002; Guzman y Olave, 2006). El uso de semillas tratadas acondicionadas osmóticamente podría permitir el rápido establecimiento del cultivo por siembra directa, en condiciones salinas, y por otro lado favorecería la implantación del cultivo por trasplante, otorgándole a la planta una mayor capacidad de ajuste osmótico (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). Sivritepe *et al.* (2008)

observaron una mayor actividad de enzimas antioxidantes en plantas provenientes de semillas *primizadas* con NaCl y puestas a germinar en un medio salino. Este hecho permitiría una mejor adaptación a las mencionadas condiciones adversas.

Los efectos benéficos del *priming* ante un medio salino, pueden prolongarse más allá de las primeras etapas del cultivo. Sivritepe *et al.* (2003) analizaron en el largo plazo la respuesta de las plantas de melón provenientes de semillas primizadas con NaCl, determinando un aumento en la conductancia estomática, contenido relativo de clorofila. Asimismo detectaron mayores niveles de  $K^+$  y  $Ca^{++}$  en hojas y tallos, lo que reduciría los efectos de la toxicidad salina, a causa de una menor acumulación de  $Na^+$ .

Nascimento y West (1988) observaron una reducción de la adherencia del tegumento en las semillas de melón durante el proceso de germinación cuando fueron sometidas a *priming*. Esto se traduce en una emergencia más rápida.

Pese a que la técnica de *priming* es relativamente simple, varios factores pueden influir en su éxito, tales como el tipo de solución osmótica,  $\Psi$  de la solución, temperatura, duración, aireación, secado, entre otras (Nascimento, 1998, 2003; Oluoch y Welbaum, 1996).

Las condiciones de secado luego del tratamiento pueden influir en la conservación de los efectos positivos del mismo durante el almacenamiento. Un secado lento permitiría la conservación del vigor y viabilidad durante 12 meses (Nascimento y West, 2000; Schwember y Bradford, 2005).

## 9. Objetivos

### 9.1 Objetivo General

Estudiar el efecto del *priming* en la germinación de semillas de melón (*Cucumis melo* L.) en diferentes condiciones adversas.

### 9.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar el efecto de diferentes tratamientos y tiempos de *priming* en la germinación de semillas de melón a 12 y 25 °C.
2. Estudiar la respuesta de distintos tratamientos y tiempos de *priming* en la germinación de semillas de melón en condiciones de salinidad.
3. Comparar el efecto de diferentes tratamientos y tiempos de *priming* en la germinación de semillas de melón en condiciones de baja temperatura (12 °C) y salinidad.

## 10. Materiales y Métodos

Se realizaron tres experimentos en correspondencia con los objetivos específicos propuestos. Los mismos se llevaron a cabo en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Luján.

Se utilizaron semillas de melón (*Cucumis melo* L.), variedad "Honey Dew".

### 10.1 Experimento 1: Respuesta del *priming* sobre la germinación de semillas de melón a baja temperatura

Para estudiar el efecto del *priming* en la germinación a baja temperatura se sometieron las semillas de melón a un *osmopriming*. Se utilizaron como agentes osmóticos polietilenglicol: 1) 6000 (PEG); 2) una mezcla de nitrato y fosfato de potasio ( $\text{KNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4$ ); 3) cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) y 4) cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ). El potencial osmótico ( $\Psi_o$ ) de las soluciones fue de -1.5 MPa. La solución de PEG se preparó de acuerdo con la ecuación de Michel y Kaufmann (1973). El resto de las soluciones se prepararon según la ecuación de Van't Hoff para el cálculo de potenciales osmóticos (Salisbury y Ross, 2000).

Para cada tratamiento se realizaron 5 repeticiones consistentes en 5 placas de Petri de 8,5 cm de diámetro, con 10 semillas cada una. En la base de las placas se colocaron dos papeles de filtro Whatman N° 1, adicionándose la correspondiente solución osmótica de acuerdo al tratamiento, hasta asegurarse que los papeles queden cubiertos con una delgada lámina de la solución. Posteriormente, las placas se introdujeron en una cámara de cultivo a 25 °C de temperatura y en oscuridad. Las soluciones se renovaron diariamente a fin de mantener constante el potencial osmótico ( $\Psi_o$ ). Se estudiaron dos tiempos de *priming*: 3 y 6 días.

Transcurridos estos tiempos del proceso de *priming*, las semillas se lavaron con agua destilada para eliminar restos de solución osmótica. Luego, las mismas fueron situadas en condiciones de germinación, utilizando nuevamente placas de Petri de 8,5 cm de diámetro, entre dos papeles humedecidos con agua destilada (ISTA, 2006), utilizándose

cámaras de germinación programadas a dos temperaturas diferentes: 12 y 25 °C, y en condiciones de oscuridad.

Para comparar el efecto del *priming* se utilizaron semillas sin tratamiento previo como control, puestas a germinar en las mismas condiciones ambientales.

Se midió la germinación diariamente durante 8 días (ISTA, 2006). Con los resultados obtenidos se calculó el porcentaje final de germinación (G%), considerándose como semillas germinadas aquellas en la cuales la radícula superaba los 2 mm de longitud.

Además, para evaluar la velocidad de la germinación, se calculó el Tiempo Medio de Germinación (TMG) como indicador de esta, utilizándose la ecuación reportada por Flórez *et al.* (2007):

$$\text{TMG} = \frac{\sum (N \times D)}{\sum N}$$

Donde: N = número de semillas germinadas en el día n° (D)

D = número del día

$\sum N$  = número total de semillas germinadas

Se utilizó un diseño completamente al azar con estructura factorial de análisis. Los factores a considerar fueron una combinación factorial de: tipo y duración de *priming*, y temperaturas de germinación. El número de repeticiones en cada tratamiento fue de 5 y el número de semillas por repetición fue de 10.

Los datos obtenidos del experimento se estudiaron mediante un análisis de varianza para contrastar la hipótesis nula de que las medias de los diferentes tratamientos coinciden, con un nivel de significancia  $p \leq 0,05$ , a partir de la aplicación de comparaciones múltiples entre tratamientos. Se utilizó el software estadístico Infostat<sup>®</sup>. Las variables de respuesta fueron G% y TMG. Se analizaron los supuestos de validez del análisis de variancia (normalidad y homogeneidad) sobre cada variable respuesta.

## **10.2 Experimento 2: Respuesta del *priming* sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de salinidad**

Para el estudio del efecto del *priming* sobre la germinación en condiciones de salinidad, se emplearon los mismos agentes osmóticos que en experimento anterior (PEG 6000,  $\text{KNO}_3$  +  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{NaCl}$ ) y las mismas duraciones de tratamiento (3 y 6 días), usándose también 5 placas con 10 semillas cada una para cada repetición.

Luego del *priming* correspondiente y del lavado posterior de las semillas, éstas se situaron para su germinación en placas de Petri con doble papel de filtro Whatman N° 1, utilizándose dos medios diferenciados entre sí a partir de su  $\Psi_0$  (-0,70 y -1,00 MPa), los cuales fueron preparados con  $\text{NaCl}$  siguiendo la ecuación de Van't Hoff (Salisbury y Ross, 2000). Las placas se situaron en una cámara de germinación, programada con una temperatura de 25 °C y en condiciones de oscuridad. El tratamiento control consistió en colocar las semillas a germinar en los dos  $\Psi_0$  mencionados, sin tratamiento previo.

Se empleó un diseño completamente al azar con estructura factorial de análisis. Los factores considerados fueron el tipo de agente osmótico para el *priming*, la duración del mismo y los diferentes  $\Psi_0$  del medio de germinación. Tanto las variables respuesta como el análisis estadístico fueron iguales que en el experimento anterior.

## **10.3 Experimento 3: Respuesta del *priming* sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de baja temperatura y salinidad**

Luego de la finalización de los primeros dos experimentos, se procedió a seleccionar dos tratamientos de cada uno en los cuales se obtuvo mayor G% y menor TMG. En ambos experimentos las mejores respuestas se obtuvieron con las sales  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{NaCl}$  y 3 días de duración. De esta manera, el tercer experimento consistió en utilizar dichos tratamientos para estudiar el efecto combinado y simultáneo de condiciones extremas de baja temperatura (12 °C) y alta salinidad (-1,00 MPa). Se utilizó un diseño completamente al azar. El análisis estadístico y las variables respuesta fueron los mismos que en los experimentos anteriores.

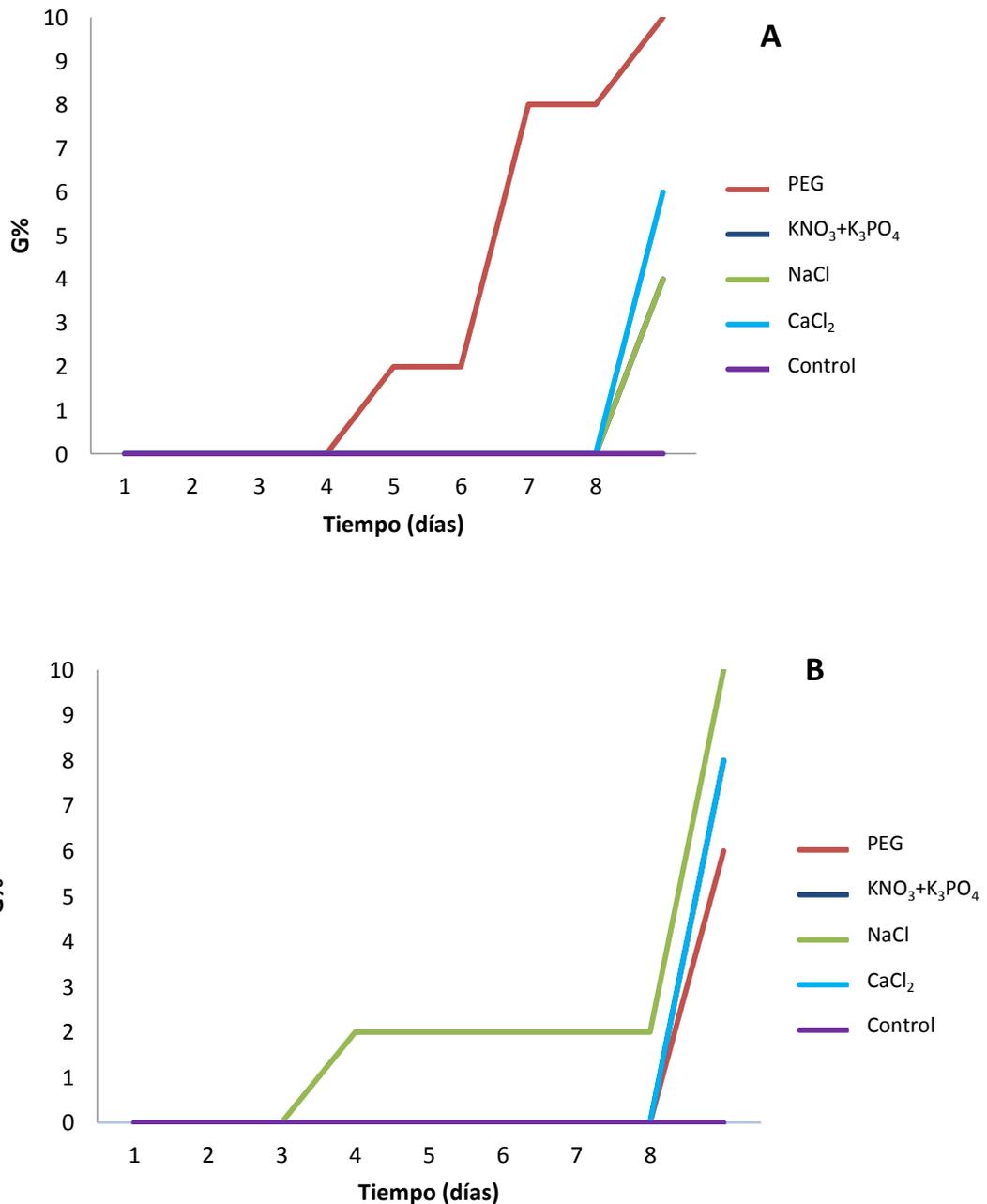
## 11. Resultados y discusión

### 11.1 Experimento 1: Respuesta del *priming* sobre la germinación de semillas de melón a baja temperatura

Si bien el efecto benéfico del *priming*, como superador de las temperaturas de germinación sub-óptimas fue reportado por varios investigadores (Nerson y Govers, 1986; Bradford *et al.*, 1988; Dhillon, 1995; Nascimento y West, 2000; Singh *et al.*, 2001; Casaca, 2005), en ningún caso se llegó a una temperatura tan baja como 12°C. Demir y Oztokat (2003) obtuvieron una germinación de 66% a 14 °C en semillas de melón *primadas* con KNO<sub>3</sub>, aunque a tal temperatura las plántulas fueron incapaces de generar raíces.

Se emplearon  $\Psi_0$  de -1,50 MPa dado que las soluciones con  $\Psi_0$  más bajos (-2,00 MPa) pueden ser perjudiciales para las semillas (Bradford, 1986), y  $\Psi_0$  cercanos a 0 podrían permitir la germinación de las semillas durante el tratamiento.

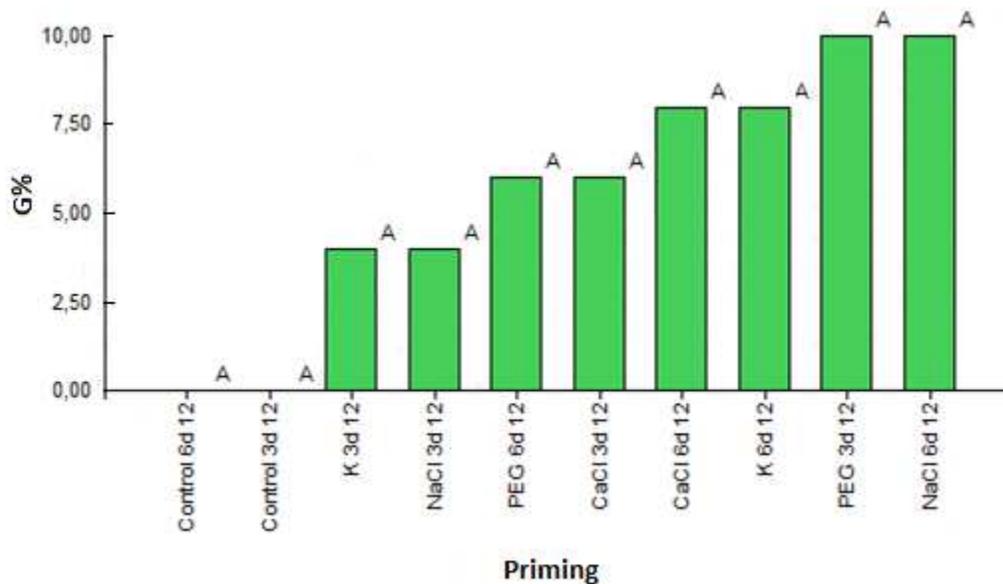
Con tiempos de *priming* de 3 y 6 días y a una temperatura de germinación de 12 °C se observó un ligero aumento en el porcentaje de ésta, respecto del grupo control. La germinación de este último fue nula (figura 7).



**Figura 7:** Dinámica del porcentaje acumulado de semillas germinadas (G%) a 12 °C y con 3 (A) y 6 (B) días de *priming*.

La ausencia de germinación en el grupo control confirma el efecto inhibitorio de las bajas temperaturas, lo cual se condice con lo indicado por la bibliografía de la temperatura base para la germinación del melón de 15 °C (Korkmaz, 2005; Nelson y Sharples, 1980; Sing *et al.*, 2001). El aumento registrado en G% (10% en el mejor de los casos) no sería

significativamente considerable como para justificar la utilización de esta técnica en un cultivo, frente a tales condiciones adversas (figura 8).

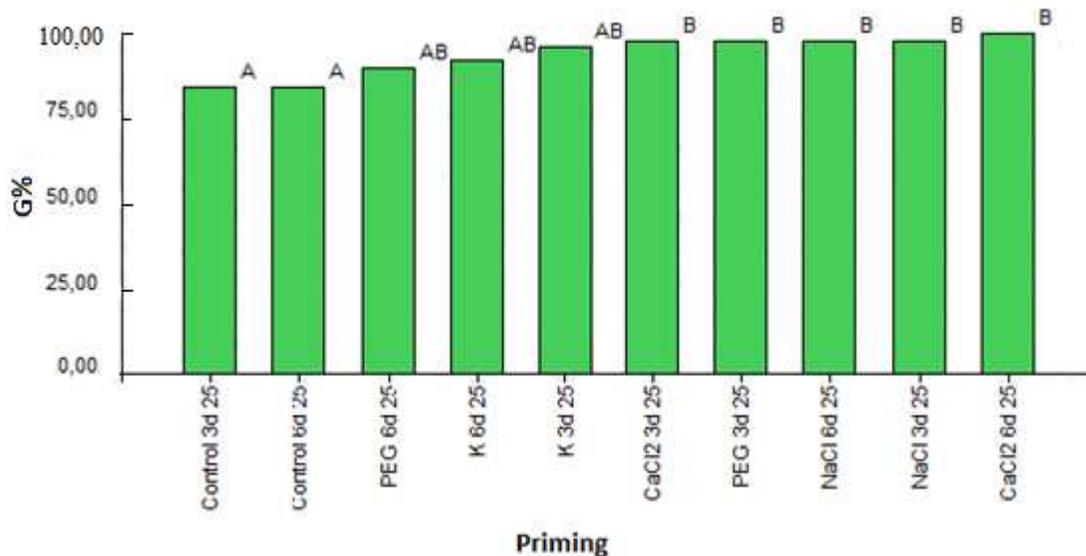


**Figura 8:** Porcentaje total de semillas germinadas (G%) a 12 °C con *priming* de 3 y 6 días. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

El análisis de variancia realizado para determinar la existencia o no de diferencias debidas a los tratamientos, al tiempo de exposición y la temperatura y sus interacciones, indicó que no hay interacción significativa de estos factores (anexo 2, tabla 3). Con este análisis se explicó que el 98% de las variaciones fueron debidas a los factores considerados.

En condiciones de temperatura óptima de germinación (25 °C) el *priming*, para todos los casos, condujo a un aumento de la germinación, respecto del control (Figura 9).

La germinación más alta (100%) se obtuvo con el tratamiento de  $\text{CaCl}_2$  y 6 días de duración, lo que representa un aumento de 16% respecto del control. Seguidamente, los tratamientos con  $\text{CaCl}_2$  3 días, PEG 3 días y NaCl 3 y 6 días, permitieron lograr un 98% de germinación.

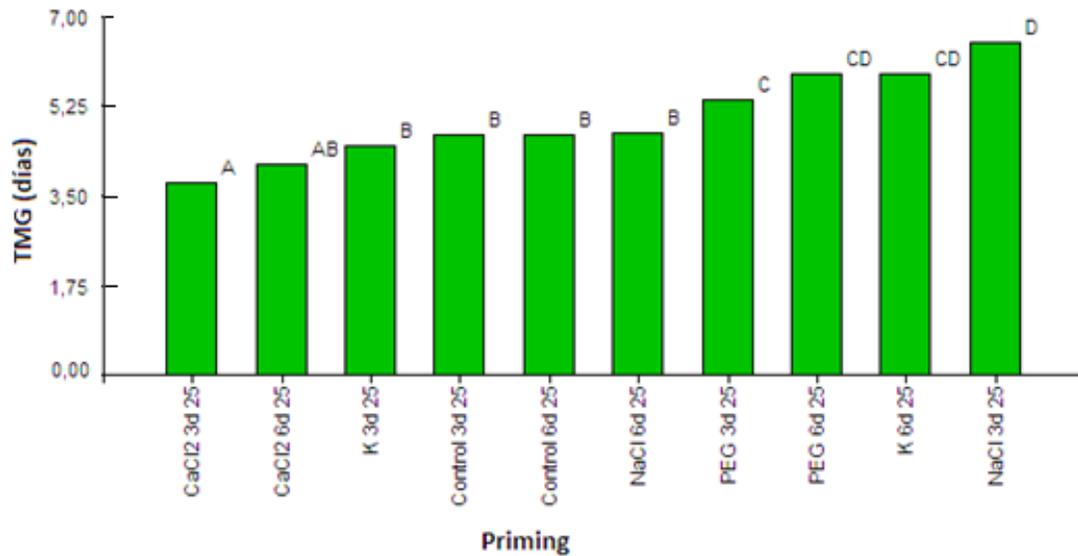


**Figura 9:** Porcentaje de semillas germinadas (G%) a 25 °C con *priming* de 3 y 6 días, luego de 8 días de germinación. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

El aumento del porcentaje de germinación en condiciones óptimas, en semillas *primizadas*, fue observado por algunos investigadores (Basra *et al.*, 2004; Chilembwe *et al.*, 1992; Passam, *et al.*, 1989; Pill y Finch-Savage, 1988). También en condiciones óptimas, la mejora en la germinación total puede ser consecuencia del aumento del vigor, el cual puede haberse reducido, a causa de un almacenamiento prolongado o en condiciones inadecuadas (McDonald, 1999; Punjabi y Basu, 1982; Sánchez *et al.*, 2001). No obstante, las principales ventajas en tales condiciones se refieren al aumento de la velocidad y sincronía de la germinación, (Nascimento, 1999, 2003; Sivritepe *et al.*, 2003), parámetros asociados al concepto de vigor de las semillas (Ferguson, 1995). Una germinación rápida y uniforme se reflejará en un rápido establecimiento del cultivo y rápida superación del estado de semilla, el cual es uno de los más vulnerables (Heydecker y Coolbear, 1977; Bewley, 2001; Bradford, 1996; Nascimento, 2002).

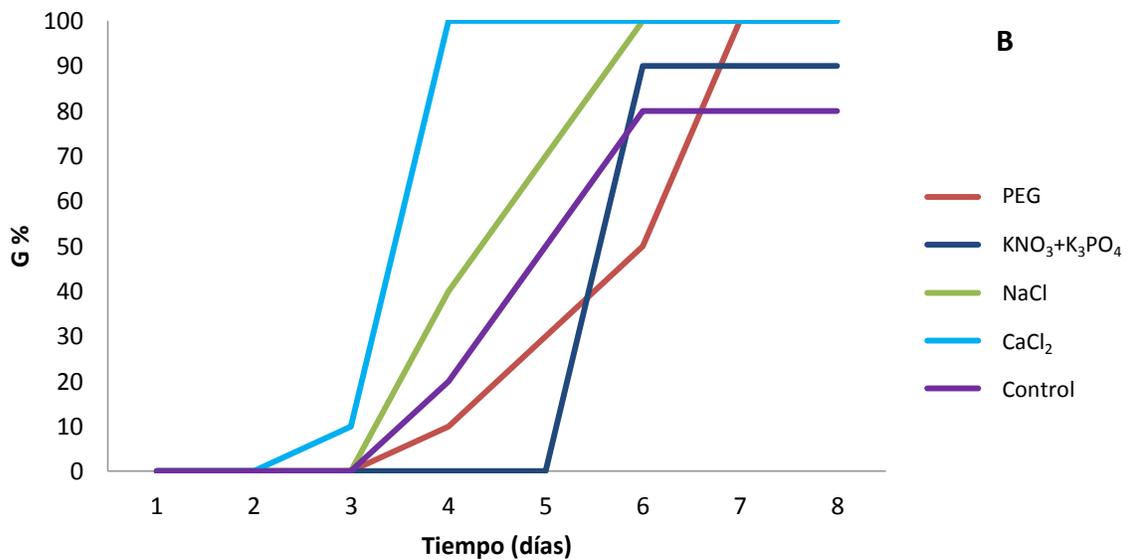
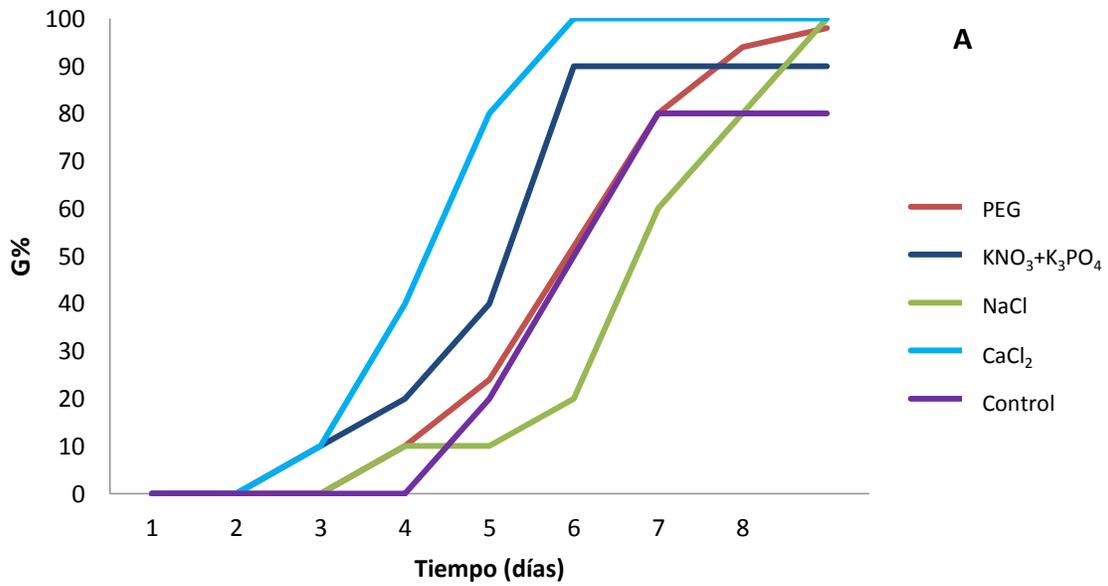
El aumento de la velocidad de germinación luego del *priming*, se refleja en la reducción del tiempo medio de germinación (TMG), el cual indica los días desde la siembra en donde se produce la máxima germinación (García *et al.*; 1982). Únicamente el tratamiento con

CaCl<sub>2</sub> 3 días permitió un adelanto de un día en el TMG respecto del control (figura 10). En el resto de los casos o bien no se observaron diferencias significativas o se produjo un aumento del mismo, como es el caso del PEG, K 6 días y NaCl 3 días.



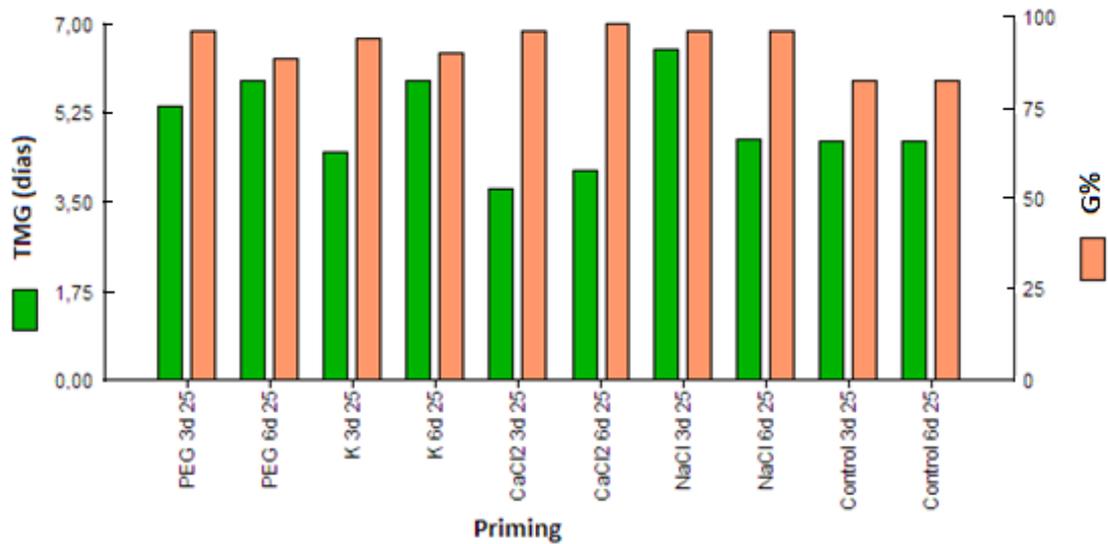
**Figura 10:** Tiempo medio de germinación (TMG) a 25 °C con *priming* de 3 y 6 días. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Es importante destacar es que el dato de TMG debe ir acompañado, para su correcta interpretación, por el de germinación total, dado que el mismo se calcula considerando únicamente las semillas que germinaron (Flórez *et al.*, 2007). Es así que si bien se registró un menor TMG para el tratamiento control, la germinación total para este fue menor en comparación con el resto de los tratamientos, tal como lo expresa la figura 11.



**Figura 11:** Dinámica del porcentaje acumulado de semillas germinadas (G%) a 25 °C y con 3 (A) y 6 (B) días de *priming*.

De la consideración de ambos parámetros germinativos (TMG y G%), puede afirmarse que la mejor germinación se logra con el *priming* con CaCl<sub>2</sub> como agente osmótico, siendo la duración de 6 días levemente superior que la de 3 días (100% y 98% respectivamente) (figura 12).



**Figura 12:** TMG y G% a 25 °C para diferentes condiciones de *priming*.

El uso de sales inorgánicas presenta una ventaja frente al PEG, compuesto de mayor viscosidad, dado que son de más fácil manipulación, remoción de las semillas y facilitan la oxigenación durante el *priming* (Han Yoon *et al.*, 1997; Mauromicale y Cavallaro, 1997; Smith y Cobb, 1991).

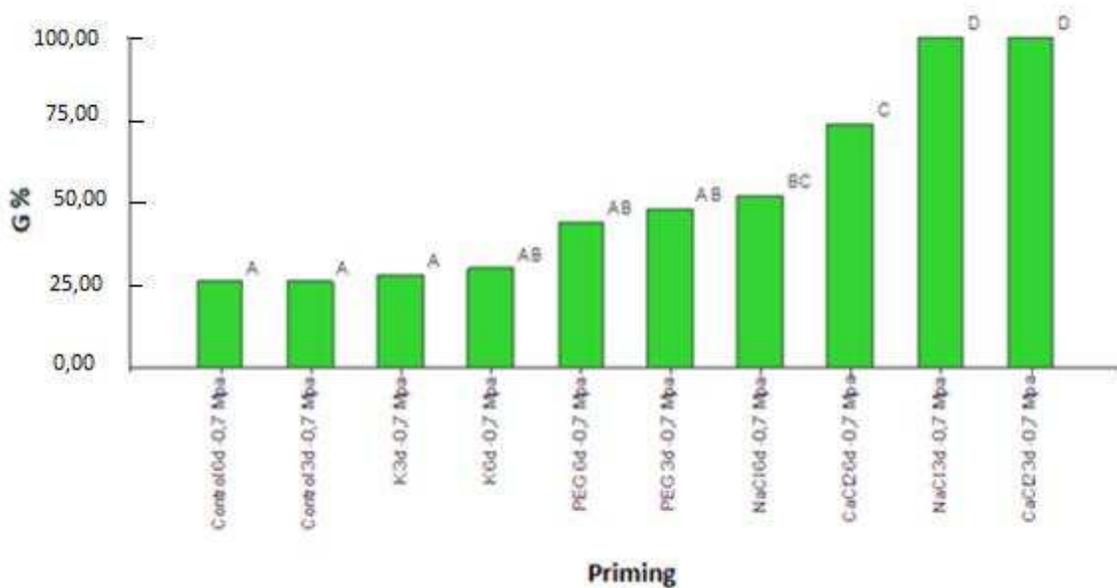
### 11.2 Experimento 2: Respuesta del *priming* sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de salinidad

Aunque el efecto del *priming* en semillas de melón sobre la germinación en condiciones salinas ha sido reportado por varios investigadores (Nascimento, 2002; Guzman y Olave, 2006; Sivritepe *et al.*, 2003-2008), los estudios referidos a comparaciones de diferentes agentes osmóticos y tiempos de *priming* son escasos. Esta es la razón que motivó la realización del presente ensayo.

El empleo de dos  $\Psi$  diferentes pretende simular diferentes grados de salinidad del suelo o medio de germinación. Siendo que se considera que a -1,50 MPa el suelo se encuentra en punto de marchitez permanente (PMP), mientras que entre -0,01 y -0,03 MPa está en capacidad de campo (CC) (Loomis y Connor, 2002), y que la salinidad del agua, y consecuentemente del suelo, conlleva a una reducción del  $\Psi$  además de los efectos en la

toxicidad por sales (Munns, 2002), se considerará el  $\Psi$  de -0,70 MPa como estrés salino moderado y el  $\Psi$  de -1,00 MPa como estrés salino severo.

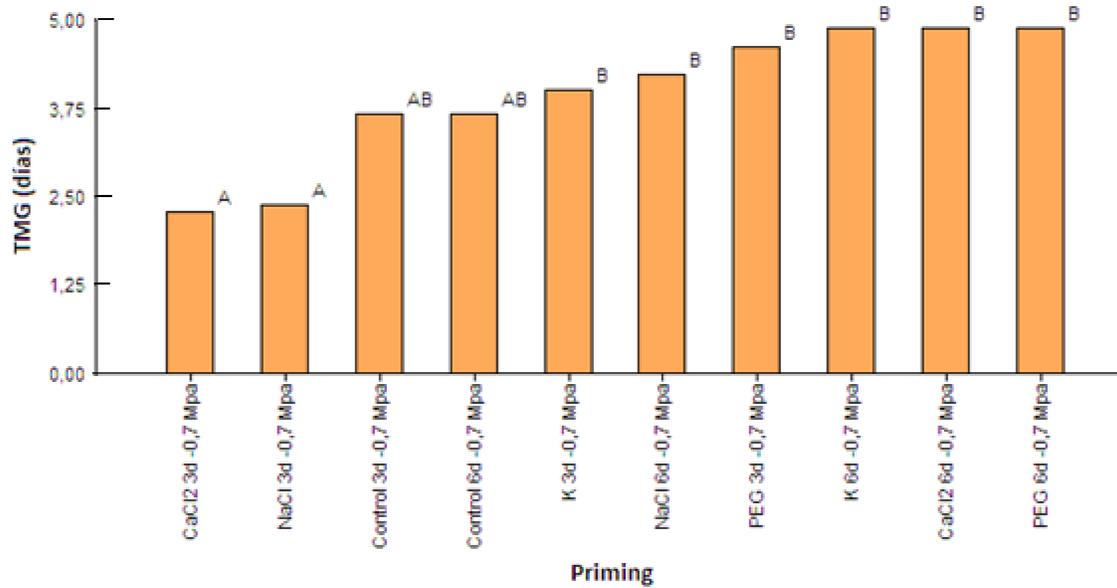
A -0,70 MPa el *priming* permitió en todos los tratamientos, una mejora en el G%. La mejor respuesta (100%) se obtuvo con NaCl y CaCl<sub>2</sub> y 3 días duración. El efecto negativo de la salinidad sobre la germinación del melón, referida en la bibliografía (Sivritepe *et al.*, 2003-2008) resulta evidente debido a los bajos valores de G% registrados por el tratamiento control, donde sólo alcanzó un 26% la germinación. El resto de los tratamientos tuvieron valores intermedios entre los máximos indicados y el control (figura 13).



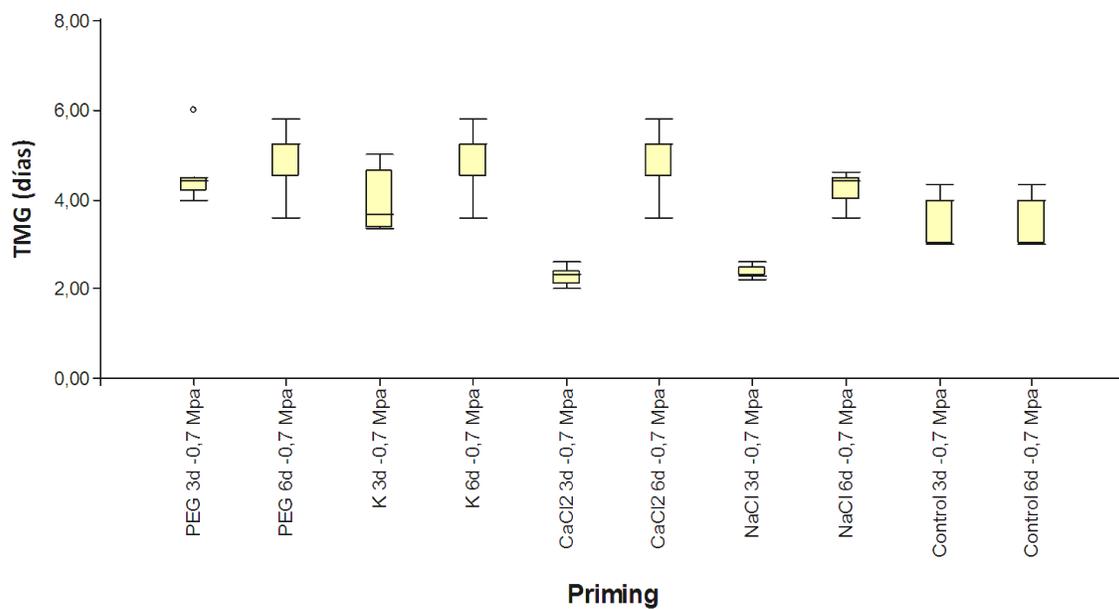
**Figura 13:** Porcentaje de semillas germinadas (G%) a -0,70 MPa con *priming* de 3 y 6 días, luego de 8 días de germinación. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Los tratamientos mencionados (NaCl y CaCl<sub>2</sub> 3 días) no sólo permitieron valores más altos de germinación, sino que disminuyeron el TMG (figura 14), al mismo tiempo que ésta fue más sincrónica, tal como puede visualizarse en la figura 15, lo cual es deseable para obtener una más rápida y uniforme implantación del cultivo. Si bien en varios tratamientos se registró un aumento del TMG respecto del control, no debe olvidarse que

en este último la germinación fue baja. Como se mencionara anteriormente, el TMG únicamente considera las semillas germinadas (Flórez *et al.*, 2007).

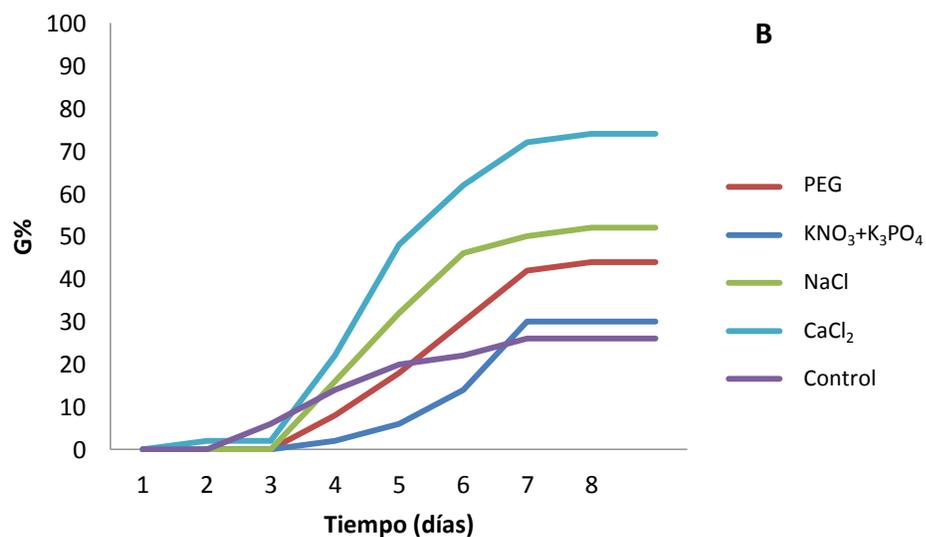
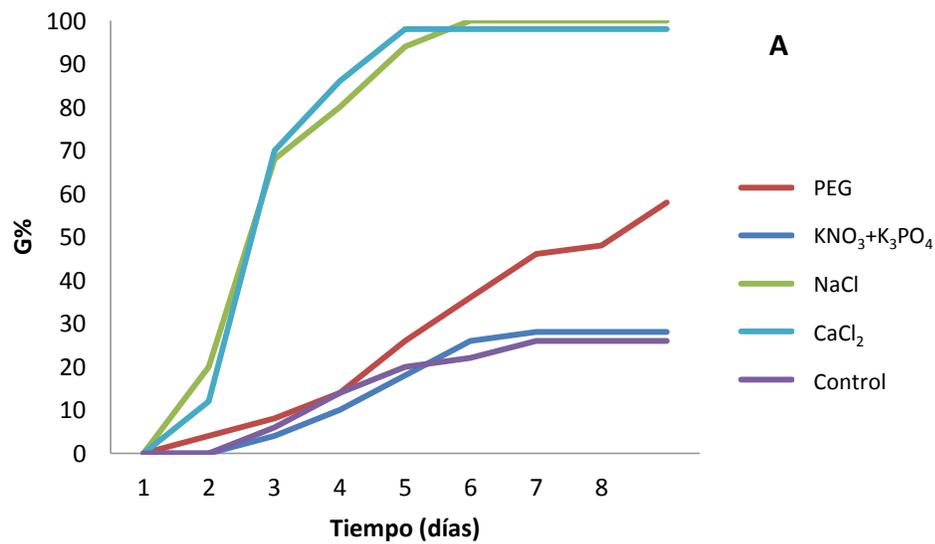


**Figura 14:** Tiempo medio de germinación (TMG) a -0,70 MPa con *priming* de 3 y 6 días. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).



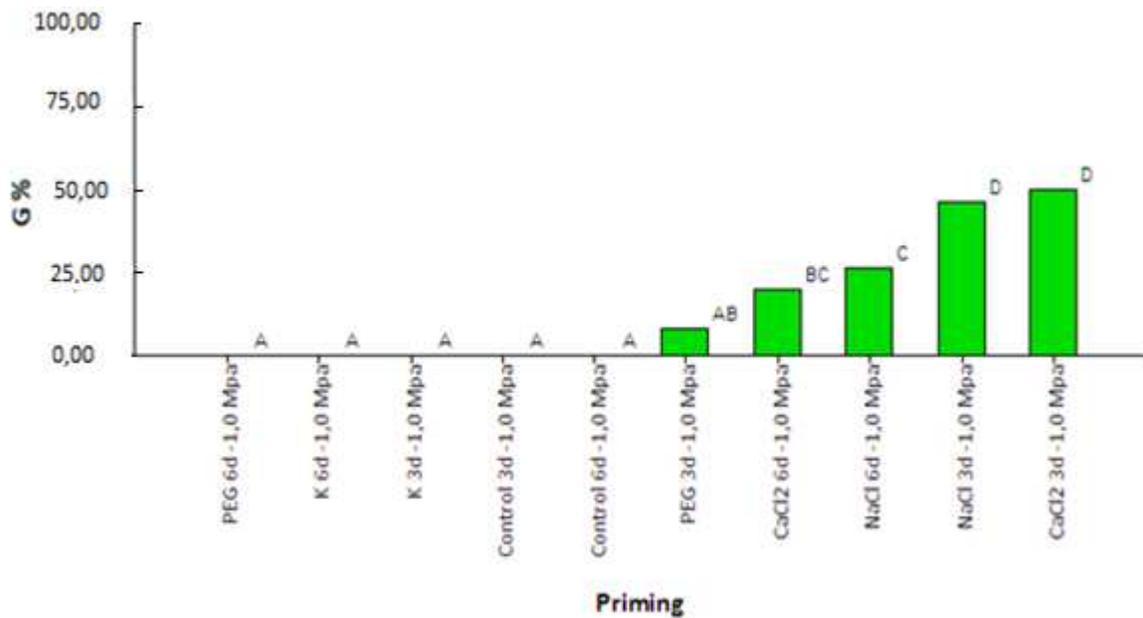
**Figura 15:** Box-Plot del Tiempo medio de germinación (TMG) a -0,70 MPa con *priming* de 3 y 6 días.

Comparando ambos tiempos de *priming*, si bien en todos los tratamientos G% se ve aumentada respecto del control (salvo en el caso de las sales potásicas, donde no se observan diferencias significativas entre ambos tiempos), a 6 días los valores de G% resultan inferiores respecto de los 3 días (figura 13). Esto puede deberse a que la prolongación en exceso de la duración de la fase II de la imbibición provoque agotamiento de las reservas seminales, lo que se traduce en una reducción del vigor de las semillas (Bradford, 1995) (figura 16).

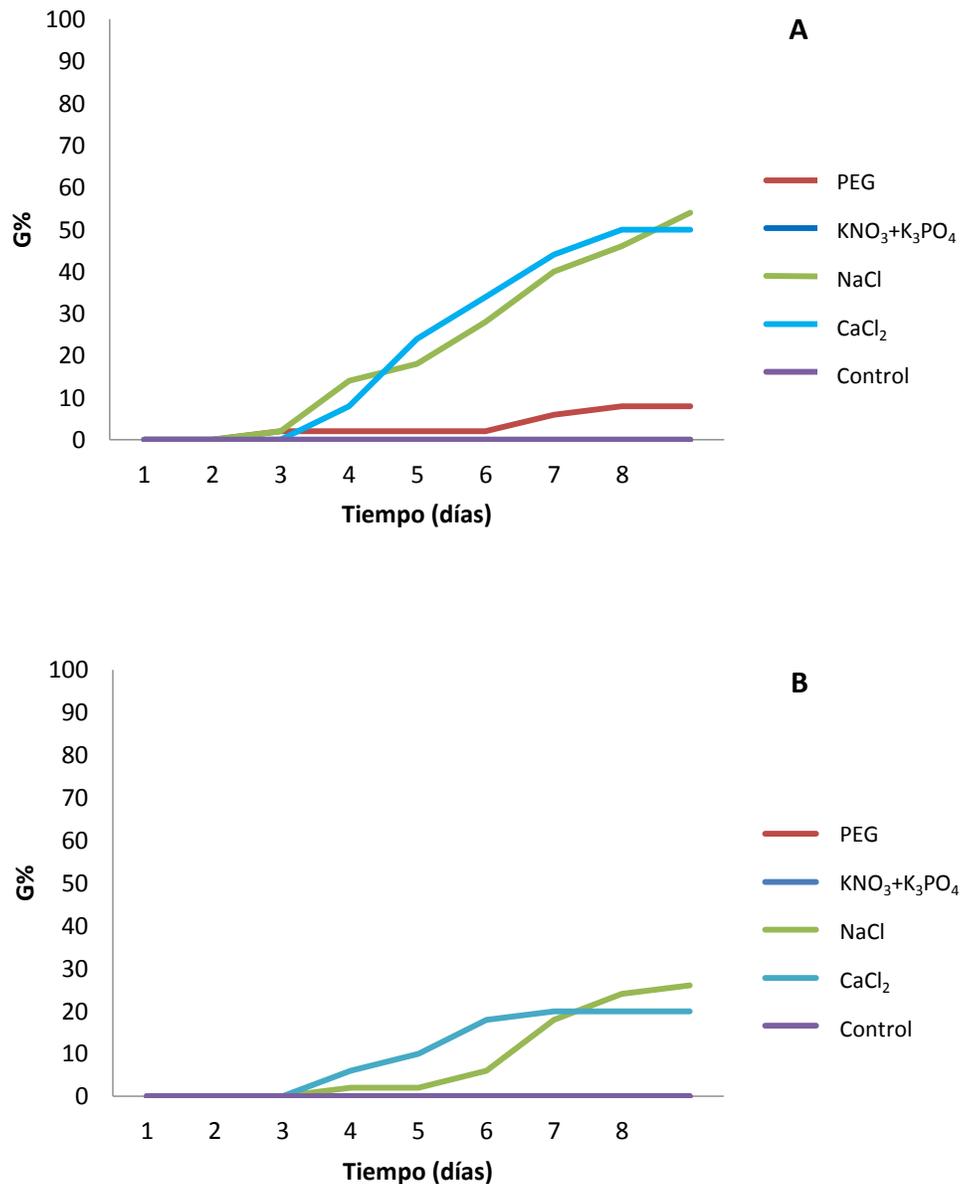


**Figura 16 (página anterior):** Dinámica del porcentaje acumulado de semillas germinadas (G%) a  $\psi$  -0,70 MPa con 3 (A) y 6 (B) días de *priming*

Para un estrés osmótico más severo ( $\psi_0 = -1,00$  MPa) se observó cierta mejora en la germinación total. De manera similar a los casos descritos más arriba, los mejores resultados se obtuvieron con las sales NaCl y CaCl<sub>2</sub> con 3 días de duración del tratamiento permitiendo una germinación de 46 y 50% respectivamente, y una reducción de la misma con 6 días de tratamiento (26 y 20% respectivamente). El resto de los tratamientos no difirieron significativamente del control (figura 17). La germinación de éste último resultó nula (figura 18). No obstante, una germinación rondando el 50% representaría un costo muy elevado de semillas así como un mayor volumen de éstas a manipular, razón por la cual no sería del todo aconsejable la siembra en condiciones altamente salinas.



**Figura 17:** Porcentaje de semillas germinadas (G%) a -1,00 MPa con *priming* de 3 y 6 días, luego de 8 días de germinación. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).



**Figura 18:** Dinámica del porcentaje acumulado de semillas germinadas (G%) a  $\psi$  -1,00 MPa, con 3 (A) y 6 (B) días de *priming*.

Es de esperarse que el efecto inhibitorio de la salinidad esté relacionado a un estrés osmótico, toxicidad por iones y estrés oxidativo (Flowers *et al.*, 1977; Munns, 2002). La absorción de agua durante la imbibición se ve reducida con la reducción del  $\psi$  causado por la presencia de solutos (Ibrahim, 2016). La salinidad puede afectar la germinación por los efectos tóxicos del Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> en la viabilidad del embrión (Jahromi *et al.*, 2008;

Daszkowska-Golec, 2011). El equilibrio entre especies reactivas al oxígeno (ROS) producidas y liberadas se ve alterado ante un estrés salino (Munns y Tester, 2008; Das *et al.*, 2015; Zavariyan *et al.*, 2015), lo cual causa daños oxidativos de los componentes celulares, conduciendo a la muerte celular (Ashraf y Foolad, 2005; Liu *et al.*, 2010; Goud y Kachole, 2011).

El uso de semillas *primizadas* permitiría el establecimiento del cultivo por siembra directa en un suelo salino (Sivritepe *et al.*, 2005), aunque los resultados obtenidos indican que el nivel de salinidad no debe ser excesivamente alto. Asimismo podría resultar una ventaja para aumentar la resistencia a la salinidad en las primeras etapas, en cultivos iniciados por trasplante (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999), siendo que la sensibilidad del melón a la salinidad se manifiesta en etapas tempranas del cultivo (Franco *et al.*, 1993; Nukaya *et al.*, 1984; Sivritepe *et al.*, 2003). Esta conservación de los efectos del *priming* más allá de la etapa de germinación ha sido definida como “*priming memory*” (memoria de *priming*) (Chen y Arora, 2013).

Las ventajas del *priming* con sales inorgánicas, estudiadas en el presente ensayo, en la germinación en condiciones salinas han sido estudiadas para diversas especies. En frijol (*Cajanus cajan* L.), las semillas tratadas con CaCl<sub>2</sub>, al crecer en un suelo salino, muestran un aumento en las proteínas, aminoácidos y azúcares solubles (Jyotsna y Srivastava, 1998). Joshi *et al.* (2013), trabajando con pepino, reportó que la respuesta positiva del *priming* en la germinación y crecimiento inicial de las plantas podría estar asociado a la activación de los sistemas antioxidantes y la acumulación de prolina. En semillas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) *primizadas* con CaCl<sub>2</sub>, KCl y NaCl, Aloui *et al.* (2014) observaron un marcado incremento de la concentración de prolina.

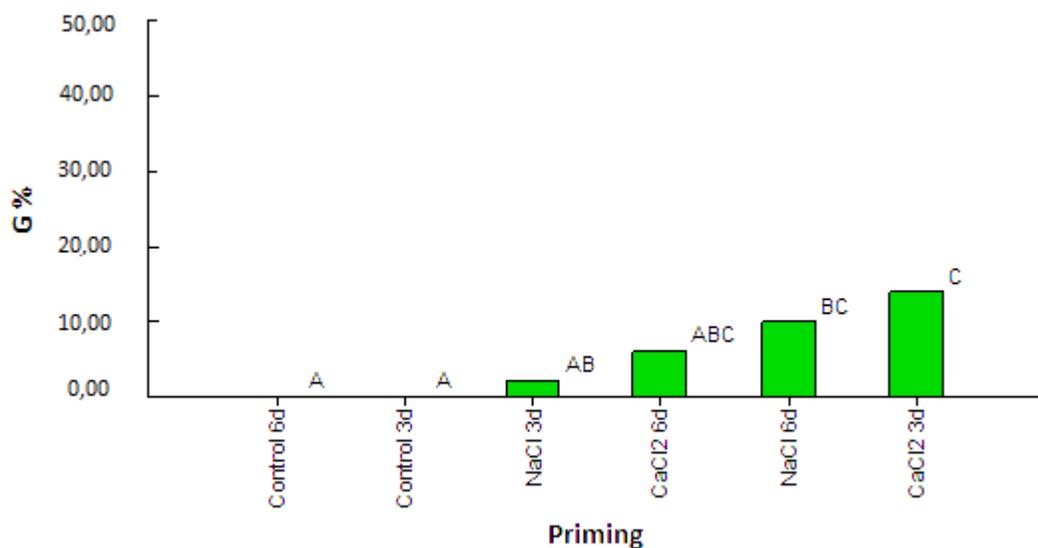
Nakaune *et al.* (2012) observó que el efecto del *priming* con NaCl, en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) estaría asociado al aumento del contenido de giberelina, hormona vinculada a la germinación, producto de la activación de los genes asociados a la síntesis de la misma. En pepino (*Cucumis sativus* L.), sembrado en un suelo salino, Passam y Kakourioitis (1994) encontraron que el *priming* con NaCl aumenta la germinación, pero los efectos no se prolongarían más allá de este estado inicial. Sin embargo en melón se

conserva la capacidad adaptativa en los primeros estadios del cultivo, como resultado de mayores concentraciones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en las raíces y más azúcares y ácidos orgánicos en hojas que las plantas provenientes de semillas no *primizadas* y una mayor conductancia estomática (Sivritepe *et al.*, 1999-2003). También se ha observado en melón que el *priming* con NaCl incrementa la concentración de prolina, carbohidratos solubles y enzimas antioxidantes, al tiempo que reduce los daños de membranas (Farhoudi *et al.*, 2011; Farhoudi y Sharifzadeh, 2007).

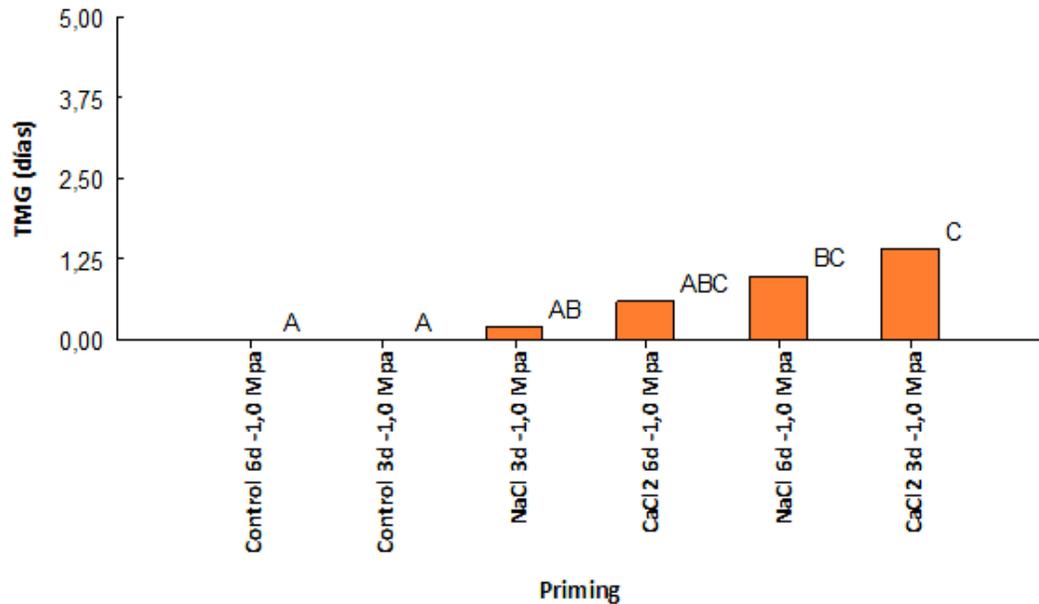
### 11.3 Experimento 3: Respuesta del *priming* sobre la germinación de semillas de melón en condiciones de baja temperatura y salinidad

Para la combinación de bajas temperaturas (12 °C) y elevada salinidad (-1,00 MPa) se realizó el *priming* con NaCl y  $\text{CaCl}_2$  con 3 y 6 días de duración, dado que en los ensayos anteriores estas sales fueron las que permitieron la mayor germinación.

La germinación en tales condiciones resultó nula para el control, comprobándose el efecto inhibitorio del frío y la salinidad extrema sobre la misma. Si bien en todos los tratamientos se registró un cierto aumento de G% (figura 19) este no sería de consideración como para justificar el *priming* y la siembra en las mencionadas condiciones, pues en los mejores casos la germinación llegó al 14 y 10% ( $\text{CaCl}_2$  3 días y NaCl 6 días respectivamente). El TMG osciló entre 0,20 y 1,40 días (figura 20).



**Figura 19 (página anterior):** Porcentaje de semillas germinadas (G%) a 12 °C y -1,00 MPa, con NaCl y CaCl<sub>2</sub> como agente osmótico de *priming* con 3 y 6 días de duración. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).



**Figura 20:** Tiempo medio de germinación (TMG) a -1,00 MPa con *priming* de 3 y 6 días con NaCl y CaCl<sub>2</sub> como agente osmótico de *priming* con 3 y 6 días de duración. Los tratamientos con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

## 12. Conclusiones

De los resultados obtenidos pueden derivarse las siguientes conclusiones:

- Las temperaturas de 12 °C resultaron muy adversas para la germinación de semillas de melón, no pudiéndose revertir este efecto inhibitorio con el tratamiento de *priming*. Aunque se registró un leve aumento del porcentaje de semillas germinadas (G% = 10%) en dos tratamientos (PEG 3 días, NaCl 6 días), éste no resulta significativo.
- A 25 °C, temperatura óptima de germinación del melón, el *priming* permitió un incremento del G% , llegando a valores de entre 98 y 100% con el uso de NaCl y CaCl<sub>2</sub>, como agentes osmóticos tanto para una duración del tratamiento de 3 como de 6 días, frente a un 84% del control. El TMG se redujo en un día respecto del control (TMG del control = 4,7 días) para los mencionados tratamientos. Esto podría justificar la utilización de esta técnica a fin de garantizar una rápida y uniforme germinación e implantación del cultivo.
- En condiciones de salinidad intermedia (-0,70 MPa), el *priming* con CaCl<sub>2</sub> y NaCl y 3 días de duración, fue el que permitió el mayor G%, alcanzando valores de 100% en comparación con el tratamiento sin *priming* en que se midió un 26%. En tales tratamientos el TMG experimentó una reducción de un día.
- En condiciones de salinidad más extremas (-1,00 MPa) los mejores resultados de germinación fueron para los tratamientos NaCl y CaCl<sub>2</sub> con 3 días de duración, en donde G% fue de 46 y 50% respectivamente, mientras que la fue nulo para el tratamiento sin *priming*.
- Ante la combinación de frío (12 °C) y salinidad alta (-1,00 MPa) la germinación fue baja, con 14 y 10% en los mejores casos (CaCl<sub>2</sub> 3 días y NaCl 3 días respectivamente) y 0% para el control.

### 13. Bibliografía

Afzal, I.; Munir, F.; Ayub, C.M.; Basra, S.M.A.; Hameed, A.; Nawaz, A. 2009. Changes in antioxidant enzymes, germination capacity and vigour of tomato seeds in response of priming with polyamines. *Seed Science and Technology*, 37: 765-770.

Ashraf, M.; Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment: a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88: 223–271.

Aloui, H.; Souguir, M.; Latique, S.; Hannachi, C. 2014. Germination and growth control and primed seeds of pepper as affected by salt stress. *Cercetari agronomice în Moldova*, 47: 83–95.

Argerich, C. A.; Bradford, K. J.; Tarquis, A. M. 1988. The effects of priming and ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*, 40: 593-598.

Argerich, C. A.; Bradford, K. J. 1989. The effects of priming and ageing in seed vigour in tomato. *Journal of Experimental Botany*, 40: 599 – 607.

Baker J.T.; Reddy, V.R. 2001. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany*, 87: 605–613.

Baskin, C. C; Baskin, J. M. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Ed. Academic Press. San Diego, California, USA: 27.

Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14: 1–16.

Basra, S. M.; Farooq, M.; Hafeez, H.; Ahmad, N. 2004. Osmohardening: A new technique for rice seed invigoration. *International Rice Research Notes*, 29: 80–81.

Basra, S. M.; Farooq, M.; Rehman, H.; Saleem, B. A. 2007. Improving the germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) by pre-sowing salicylate treatments. *International Journal of Agriculture y Biology*, 9: 550-554.

Basra, S.M.; Farooq, M.; Tabassum, R.; Ahmad, N. 2005. Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33: 623–8.

Benech-Arnold, R; Sánchez, R. 2004. *Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture*. The Haworth Press. New York: 5-10.

Benech-Arnold, R.; Sanchez, R. 1995. Modeling weed seed germination. In Kigel, J. and Galili, G. (Eds.), *Seed Germination and Development*. New York: 545-566.

Bewley, J. D. 1997. Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, 9: 1055-1066.

Bewley, J.D.; Black, M. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York: Plenum Press.

Bewley, J.D; Black, M. 1985. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Ed. Plenum Press. London: 118-121.

Botía, P.; Navarro, J.; Cerdá, A.; Martínez, V. 2005. Yield and fruit quality of two melon cultivars irrigated with saline water at different stages of development. *European Journal of Agricultural Science*, 23(3): 243-253.

Bouzo, C. A.; Favaro, J. C.; Pilatti, R. A. 2007. Improving the germination of celery seeds at high temperature. *Journal of Agricultural Society Science*, 3: 67–70.

Bouzo, C. A.; Küchen, M. G. 2012. Effect of temperature on melon development rate. *Agronomy Research* 10: 283–294.

Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming improves germination under stress conditions. *Seed germination under environmental stress*. *HortScience*, 2: 1105-1112.

Bradford, K.J.; May, D.M.; Hoyle, B.J.; Sibinsky, S.; Scott, S.J.; Tyler, K.B. 1988. Seed and soil treatments to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils. *Crop Science*, 28: 1001-1005.

Bradford, K. J. 1995. Water Relations in Seed Germination. En Jaime Kigel and Gad Galili (eds.). Seed Development and Germination. Ed. Marcel Dekker, Inc, New York: 351-396.

Bradford, K. J.; Bewley, J.D. 2002. Seeds: Biology, Technology and Role in Agriculture. En Chrispeels M. J.; Sadava, D (eds.). Plants, Genes and Crop Biotechnology. Ed. Jones and Barlett. Boston: 210-239.

Bray, C.M.; Davison, P. A.; Ashraf, M.; Taylor, R. M. 1989. Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. *Annals of Botany*, 36: 185–93.

Brocklehurst, P. A.; Dearman, J. 1983. Interactions between seed priming treatments and nine sees lots of carrot, celery and onion. *Annals of Applied Biology*, 102: 585–593.

Cano, E.A., Bolarión, M.C., Perez-Alfocea, F., Caro, M., 1991. Effect of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. *Journal of Horticultural Science*, 66: 621–628.

Cantliffe, D; Fischer, J. M.; Nell, T. A. 1984. Mechanism of Seed Priming in Circumventing Thermodormancy in Lettuce. *Plant Physiology*, 75: 290-294

Cantliffe, D; Fischer, J. M.; Nell, T. A. 2008. Structural Changes in Lettuce Seed During Germination at High Temperature Altered by Genotype, Seed Maturation Temperature, and Seed Priming. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 133: 300-311.

Carvajal, M.; del Amor, F.M.; Fernandez-Ballester, G.; Martínez, V.; Antonio Cerdá, A. 1998. Time course of solute accumulation and water relations in muskmelon plants exposed to salt during different growth stages. *Plant Science* 138: 103-112.

Casaca, A. D. 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Número 12: El Melón. Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola, PROMSTA. El Salvador.

Cayuela, E., Perez-Alfocea, F., Caro, M., Bolarión, M.C., 1996. Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. *Physiologic Plantarum*, 96: 231–236.

Come, D.; Tissaoui, T. 1973. Interrelated effects of imbibition, temperatura and oxygen on seed germination. En Heydecker, W. (Ed.), *Seed Ecology*. Ed. Butterworth, Londres: 157-168.

Corbineau, F.; Come, D. 1995. Control of seed germination and dormancy by the gaseous environment. En Kigel J.; Galili G. (Ed.). *Seed development and germination*. Marcel Dekker, New York: 397-424.

Cuartero, J.; Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and Salinity. *Scientia Horticulturae*, 78: 83–125.

Chen, K.; Arora, R. 2013. Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 94: 33-45.

Chilembwe, E. C.; Castle, W.; Cantliffe, D. J. 1992. Grading, hydrating, and osmotically priming seed of four citrus rootstocks to increase germination rate and seed uniformity. *HortScience*, 117: 368-372.

Dahal, P.; Bradford, K. J.; Jones, R. A. 1990. Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. I. Germination at suboptimal temperatures. *Journal of Experimental Botany*, 41: 1431-1439.

Das, P.; Nutan, K. K.; Singla-Pareek, S. L.; Pareek, A. 2015. Oxidative environment and redox homeostasis in plants: dissecting out significant contribution of major cellular organelles. *Frontiers in Environmental Science Science*, 2: 70.

Daszkowska-Golec, A. 2011. Arabidopsis seed germination under abiotic stress as a concert of action of phytohormones. *OMICS*, 15: 763–774.

Demir, I.; Oztokat, C. 2003. Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development. *Seed Science and Technology*, 31: 765–770.

Di Benedetto, A. 2005. Manejo de Cultivos Hortícolas. Bases ecofisiológicas y tecnológicas. Ed. Orientación Gráfica. Buenos Aires: 278–282.

Di Girolamo, G.; Barbanti, L. 2012. Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. Italian Journal of Agronomy, 7: 178–188.

Drew, R. L. K.; Dearman, J. 1993. Effect of osmotic priming on germination characteristics of celeriac (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*). Seed Science and Technology, 21: 411-415.

Duman, I. 2006. Effects of seed priming with PEG or K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> on germination and seedling growth in lettuce. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9: 923-928.

Egley, G. 1986. Stimulation of weed germination in soil. Reviews of Weed Science, 2: 67-89.

Ellis, R. H.; Hong, T. D.; Roberts, E. H. 1990. An intermediate category of seed storage behaviour? Journal of Experimental Botany, 41: 1167-1174.

Escalona, V. C.; Alvarado, P. V.; Monardes, H. M.; Urbina, C. Z.; Martín, M. B. 2009. Manual de Cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) y Melón (*Cucumis melo* L). Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

Eskandari, H. 2013. Effects of priming technique on seed germination properties, emergence and field performance of crops: a review. International Journal of Agronomic Plant Production, 4: 454–458.

Fabeiro, C.; de Santa Olalla, M.; de Juan, J. 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agricultural Water Management, 54(2): 93-105.

Farhoudi, R.; Saeedipour, S.; Mohammadreza, D. 2011. The effect of NaCl seedpriming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, proline and carbohydrate accumulation of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline condition. African Journal of Agricultural Research, 6: 1363–1370.

- Farhoudi, R.; Sharifzadeh, F. 2007. The effects of NaCl priming on salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.) seedlings grown under saline conditions. *Seed Science and Technology*, 35: 754-759.
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. En: Seed vigour testing seminar. Ed. H.A. van de Venter. International Seed Testing Association. Zúrich, Switzerland: 14.
- Fernández Lozano, J.; Liverotti, O.; Beraja, A. 1998. Manejo poscosecha de melón. Mercado Central de Buenos Aires.
- Fernández Lozano, J. 2012. La producción de hortalizas en Argentina. Caracterización del sector y zonas de producción. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires.
- Finch-Savage, W.; Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171 (3): 501-523.
- Flórez, M.; Carbonell, M. V.; Martínez, E. 2007. Exposure of maize sedes to stationary magnetic fields: effects on germination and early growth. *Environment Experimental Botany*, 59: 68-75.
- Flowers, T. J.; Torke, P. F.; Yeo, A. R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 28: 89–121.
- Franco J.A.; Esteban, C.; Rodríguez, C. 1993. Effects of salinity on various growth stages of muskmelon cv. Revigal. *Journal of Horticultural Science*, 68: 899-904.
- García Breijo, F.; Rosello Caselles, J.; Siurana, M. 2001. Iniciación a la Fisiología de las Plantas. Universidad Politécnica de Valencia, Servicio de Publicación: 167-170.
- García, J.; Monteith, J.; Squire, G. 1982. Time, temperature, and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. y H.). *Journal of Experimental Botany*, 33: 288-296.
- Gardner, F. P; Pearce, R. B; Mitchell, R. L. 1985. *Physiology of Crops Plants*. Iowa State University Press. Ames, Iowa: 224-229.

Giri, G. S.; Schillinger, W. F. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield. *Crop Science*, 43: 2135-2141.

Glover, B. 2007. *Understanding Flowers and Flowering. An Integrated Approach*. Oxford University Press. New York: 139.

Goites, E. D. 2008. *Manual de Cultivos para la Huerta Orgánica Familiar*. Ed. INTA. Buenos Aires: 75-77.

Goud, P. B.; Kachole, M. S. 2011. Effect of exogenous hydrogen peroxide on peroxidase and polyphenol oxidase activities in *Cajanus cajan* L. Millspdetached leaves. *International Journal of Current Research*, 3: 61–65.

Gray, D. 1977. Temperature sensitive phases during the germination of lettuce (*Lactuca sativa* L.) seeds. *Annals of Applied Biology*, 86: 77 – 86.

Guedes, A. C.; Cantliffe, D. J. 1980. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. *Journal of Horticultural Science*, 50: 349-361.

Guzmán, M.; Olave, J. 2006. Response of growth and biomass production of primed melon seed (*Cucumis melo* L. cv. Primal) to germination salinity level and N-forms in nursery. *Journal of Food, Agriculture and Environment*,4: 163-165.

Hadas, A. 1982. Seed-soil contact and germination. En Khan (ed.), *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Ed. Elseiver, Amsterdam: 507-527.

Hegley, G.H. 1995. Seed germination in the soil: Dormancy cycles. In Kigel, J.and Galili, G. (Eds.), *Seed Development and Germination*. New York: Marcel Dekker: 529-541.

Heydecker, W.; Higgins, J.; Turner, Y. J. 1975. Invigoration of seeds? *Seed Science and Technology*, 3: 881-888.

Han Yoon, B. Y.; Lang, H. J.; Cobb, B. G. 1997. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperatures. *HortScience*, 32 (2): 248-250.

Heydecker, W.; Coolbear, P. 1977. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. *Seed Science Technology*, 5: 353-425.

Hill, H.; Bradford, K.J.; Cunningham, J.; Taylor, A.G. 2008. Primed Lettuce Seeds Exhibit Increased Sensitivity to Moisture During Aging. *Acta Horticulturae* 782: 135-141.

Hong-Bo, S., Zong-Suo, L. Shao Ming-Ank. 2005. LEA proteins in higher plants: Structure, function, gene expression and regulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 45(3-4): 131-135.

Hopkins, W. G.; Hüner, N. P. 2008. *Introduction to plant physiology*. 4<sup>o</sup> Ed. John Wiley y Sons, Inc. USA: 281-285.

Ibrahim, E. A. 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192: 38–46.

International Seed Testing Association. 2006. *International Rules for Seed Testing*. *Seed Science and Technology*: 21-22.

Jacks, T.J.; Hensarling, T.P.; Yatsu, L.Y. 1972. Cucurbit seeds. I. Characterization and uses of oils and proteins. A review. *Economic Botany*, 26: 135-141.

Jahromi, F.; Aroca, R.; Porcel, R.; Ruiz-Lozano, J. M. 2008. Influence of salinity on the in vitro development of *Glomus intraradices* and on the in vivo physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. *Microbial Ecology* 55: 45-53.

Joshi, N.; Jain, A.; Arya, K. 2013. Alleviation of salt stress in *Cucumis sativus* L. through seed priming with calcium chloride. *Indian Journal of Applied Research*, 3: 22–25.

Jyotsna, V.; Srivastava, A. K. 1998. Physiological basis of salt stress resistance in pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). II. Pre-sowing seed soaking treatment in regulating early seedling metabolism during seed germination. *Plant Physiological Biochemistry*, 25: 89–94.

Khan, A. A. 1981. Hormonal regulation of primary and secondary seed dormancy. *Israel Journal of Botany*, 29: 207-224.

- Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*, 14:131-181.
- Khan, A. A.; Ayub, C. M.; Pervez, M. A.; Bilal, R. M.; Shahid, M. A.; Ziaf, K. 2009. Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) at seedling stage. *Soil Environmental*, 28: 81–87.
- Kigel, J. 1995. Seed germination in arid and semi-arid regions. In Kigel, J. and Galili, G. (Eds.), *Seed Development and Germination*. New York: 645-699.
- Kirnak, H.; Higgs, D.; Kaya, C.; Tas, I. 2005. Effects of irrigation and nitrogen rates on growth, yield, and quality of muskmelon in semiarid regions. *Journal of Plant Nutrition*, 28(4): 621-638.
- Klein, J. D.; Yonit, H. 1994. Growth of tomato plants following short – term high – temperature seed priming with calcium chloride. *Seed Science Technology*, 22: 223-230.
- Krishnan, P.; Joshi, D.; Nagarajan, S.; Moharir, A. 2004. Characterization of germinating and non-viable soybean seeds by nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. *Seed Science Research*, 14: 355–362.
- Koller, D.; Hadas, A. 1982. Water relations in the germination of seeds. En Lange, O. P.; Nobel, P. S.; Osmond, C.B.; Ziegler, H. (ed). *Physiological Plant Ecology II. Encyclopedia of Plant Physiology*. Springer-Verlag, Berlin, 12: 401-431.
- Korkmaz, A.; Ozbay, N.; Tiryaki, I.; Nas, M. 2005. Combining priming and plant growth regulators improves muskmelon germination and emergence at low temperatures. *European Journal of Horticultural Science*, 70 (1): 29–34.
- Leatherwood, W. R.; Mason Pharr, L. O. Williamson, J. 2007. Carbohydrate Content and Root Growth in Seeds Germinated Under Salt Stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 132: 876-882.
- Lester, G.; Oebker, N.; Coons, J. (1994). Preharvest furrow and drip irrigation schedule effects on postharvest muskmelon quality. *Postharvest Biology and Technology*, 4: 57-63.

Leubner, G. 2006. The Seed Biology Place: Seed Technology. [http:// www.seedbiology.de](http://www.seedbiology.de). Acceso 10 de mayo de 2010.

Liptay, A.; Bolton, E. F.; Dirks, V. A. 1982. A comparison of field – seeded and transplanted tomatoes grown on a clay soil. *Canadian Journal of Plant Science*, 6: 483-487.

Liptay, A.; Tan, C. S. 1985. Effect of various levels of available water on germination of polyethylene glycol (PEG) pretreated or untreated tomato seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 6: 748-751.

Liu, Z.; Lu, G. Y.; Zhang, X. K.; Zou, C. S.; Cheng, Y.; Zheng, P. Y. 2010. Improving drought tolerance of germinating seeds by exogenous application of gibberellic acid (GA3) in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Seed Science and Technology*, 38: 432–440.

Long, R.; Walsh, K.; Midmore, D.; Rogers, G. 2006. Irrigation scheduling to increase muskmelon fruit biomass and soluble solids concentration. *HortScience*, 41(2): 367-369.

Loomis, R. S.; Connor, D. J. 2002. *Ecología de Cultivos. Productividad y manejo en sistemas agrarios*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid: 204-205.

Maiti, R.; Pramanik, K. 2013. Vegetable seed priming: a low cost, simple and powerful techniques for farmers. *International Journal of Bio-Resources Stress Management*, 4: 475–481.

Mc Donald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, 27: 177-237.

Mc Donald, M. B. 2000. Seed priming. En *Seed Technology and its Biological Basis*. Black, M; Bewley, J. D. Ed. Sheffield Academic press Ltd., Sheffield: 287-325.

Mármol, J. 2008. Cultivo de melón en invernadero. Ed. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca: 116-117.

Maroto, J. V. 1995. *Horticultura Herbácea Especial*. Ed. Mundi Prensa, Madrid: 434-464.

- Matilla, A.; Gallardo, M.; Puga-Hermida, M. 2005. Structural, physiological and molecular aspects of heterogeneity in seeds: a review. *Seed Science Research*, 15: 63–76.
- Manonmani, V.; Begum, M.; Jayanthi, M. 2014. Halo priming of seeds. *Research Journal Seed Science*, 7: 1–13.
- Mauromicale, G.; Cavallaro, V. 1997. A comparative study of different compounds on priming of tomato seed germination under suboptimal temperatures. *Seed Science Technology*, 25: 399-408.
- Maiti, R.; Pramanik, K. 2013. Vegetable seed priming: a low cost, simple and powerful techniques for farmers. *International Journal of Bio-Resources Stress Management*, 4: 475-481.
- McDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science Technology*, 27: 177-237.
- Miccolis, V.; Saltveit, M. E. 1991. Morphological and physiological changes during fruit growth and maturation of seven melon cultivars. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 116(6): 1025-1029.
- Michel, B. E.; Kaufmann, M. R. 1973. The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914 -916.
- Mizrach, A.; Galili, N.; Rosenhouse, G.; Teitel, D. 1991. Acoustical, mechanical, and quality parameters of winter-grown melon tissue. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 34(5): 2135-2138.
- Montaldi, E. R. 1995. *Principios de Fisiología Vegetal*. Ediciones Sur. La Plata: 236-238.
- Moreira de Carvalho, N; Nakagawa, J. 1988. *Semillas: Ciencia, Tecnología y Producción*. Ed. Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo: 101-135.
- Mohr, H.; Schopfer, P. 1995. *Plant Physiology*. Ed. Springer. New York: 414-416.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, 25: 239–250.

Munns, R.; Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651–681.

Nakaune, M.; Hanada, A.; Yin, Y.G.; Matsukura, C.; Yamaguchi, S. 2012. Molecular and physiological dissection of enhanced seed germination using short-term low-concentration salt seed priming in tomato. *Plant Physiological Biotechnology*, 52:28–37.

Nakamura, S.; Teranishi, T; Aoki, M. 1982. Promoting effect of polyethylene glycol on the germination of celery and spinach seeds. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science*, 50: 461-467.

Nascimento, W.M.; West, S.H. 1988. Priming and seed orientation affect emergence, seedcoat adherence and seedling development of muskmelon transplants. *HortScience*, 33: 847-848.

Nascimento, W.M.; Cantliffe, D.J. 1999. Circumventing thermodormancy in lettuce. *Acta Horticulturae*, 504: 147-152.

Nascimento, W.M.; West, S.H. 2000. Drying during muskmelon (*Cucumis melo* L.) seed priming and its effects on seed germination and deterioration. *Seed Science y Technology*, 28: 211-215.

Nascimento, W.M. 2002. Sementes de melão osmoticamente condicionadas: vale a pena utilizá-las? *Horticultura Brasileira*, 20: 133-135.

Nascimento, W.M. 2003. Preventing thermoinhibition in a sensitive lettuce genotype by seed imbibition at low temperature. *Scientia Agricola*, 60: 477-480.

Nascimento, W.M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agricola*, 60: 71-75.

Navarro, J.M., Botella, M.A., Cerdá, A., Martínez, V. 2000. Effect of salinity and calcium interaction on cation balance in melon plants grown under two regimes of orthophosphate. *Journal of Plant Nutrition* 23(7): 991-1006.

Nawaz, J.; Hussain, M.; Jabbar, A.; Nadeem, G. A.; Sajid, M.; Subtain, M. 2013. Seed priming a technique. *International Journal of Agricultural Crop Science*, 6: 1373–1381.

Negm, F.; Smith, O.; Kumamoto, J. 1972. Interaction of carbon dioxide and ethylene in overcoming thermodormancy in lettuce seeds. *Annals of Botany*, 63: 97-111.

Nelson, J. M.; Sharples, G. C. 1980. Effect of growth regulators on germination of cucumber and other cucurbit seeds at suboptimal temperatures. *HortScience* 15: 253-254.

Nerson, H.; Govers, A. 1986. Salt priming of muskmelon seeds for low - temperature germination. *Scientia Horticulturae*, 28: 85-91.

Nikolaeva, M.G. 2004. On criteria to use in studies of seed evolution. *Seed Science Research* ,14: 315–320.

Nonnecke, I. L. 1989. Vegetable Production. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. New York: 550 – 567.

Nukaya A.; Masui, M.; Ishida, A. 1984. Salt tolerance of muskmelon as affected by dilute sea water applied at different growth stages in nutrient solution culture. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science*, 53: 168-175.

Obroucheva, N.; Antipova, O. 1997. Physiology of the initiation of seed germination. *Russian Journal of Plant Physiology*, 44: 250–264.

Oluoch, M.O.; Welbaum, G.E. 1996. Viability and vigor of osmotically primed muskmelon seeds after nine years of storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121: 408-413.

Organization Economic Co-Operation and Development, OECD. 2006. Commercial Types of Melons: 17-78.

- Passam, H. C.; Karavites, P. I.; Papandreou, A.; Thanos, C. A.; Georghiou, K. 1989. Osmoconditioning of seeds in relation to growth and fruit yield of aubergine, pepper, cucumber and melon in unheated greenhouse cultivation. *Scientia Horticulturae*, 38: 217-216.
- Passam, H.C.; Kakouriotis, D. 1994. The effects of osmo-conditioning on the germination, emergence and early plant growth of cucumber under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 57: 233–240.
- Pardossi, A.; Giacomet, P.; Malorgio, F.; Albini, F.; Murelli, C.; Serra, G., Vernieri, P. Tognoni, F. 2000. The influence of growing season on fruit yield and quality of greenhouse melon (*Cucumis melo* L.) grown in nutrient film technique in a Mediterranean climate. *J. Hort. Sci. Biotechn*, 75(4): 488–493.
- Parera, C. A.; Qiao, P.; Cantliffe, D. J. 1993. Enhanced celery germination at stress temperature via solid matrix priming. *HortScience*, 28: 20-22.
- Parera, C. A.; Cantliffe, D. J. 1994. Pre-sowing seed priming. *Horticultural Reviews*, 16: 109-141.
- Pérez García, F.; Pita Villamil, J. M. 1999. Dormición de semillas. *Publicaciones del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion*. Madrid: 2-3.
- Pessaraki, M. 2016. *Handbook of Cucurbits: Growth, Cultural Practices and Physiology*. Taylor y Francis Group. Abingdon: 40-42.
- Pill, W. G.; Finch-Savage, W. E. 1988. Effects of combining priming and plant growth regulator treatment on the synchronization of carrot seed germination. *Annals of Applied Biology*, 133: 383-389.
- Powell, A.; Matthews, S. 1978. The influence of testa conditions on the imbibition and vigour of pea seeds. *Journal of Experimental Botany*, 30: 193–197.
- Pressman, E. 1997. Celery. En Wien, H. C (ed.). *The Physiology of Vegetable Crops*. Ed. CAB International. New York: 390-391.

- Preston, J.; Tatematsu, K.; Kanno, Y.; Hobo, T.; Kimura, M.; Jikumaru, Y.; Yano, R.; Kamiya, Y. Nambara, E. 2009. Temporal expression patterns of hormone metabolism genes during imbibition of *Arabidopsis thaliana* seeds: a comparative study on dormant and non-dormant accessions. *Plant and Cell Physiology*, 50: 1786–1800.
- Prohens, J.; Nuez, F. 2007. Handbook of plant breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae. Springer Science y Business Media, New York: 283.
- Punjab, B.; Basu, R. N. 1982. Control of age and irradiation. Induced seed deterioration in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by hidratyon-dehidratyon treatments. *Agronomy Journal*, 65: 101-108.
- Rajjou, L.; Duval, M.; Gallardo, K.; Catusse, J.; Bally, J.; Job, C.; Job, D. 2012. Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63: 507–533.
- Rao, R.G.S.; Singh, P.M.; Rai, M. 2005. Effect of seed maturity and priming on viability and vigour in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 70: 177-182.
- Ratikanta, K. M. 2011. Seed priming: an efficient farmers technology to improve seedling vigour, seedling establishment and crop productivity. *International Journal of Bio-Resour. Stress Management*, 2: 297.
- Ribas, F.; Cabello, M.; Moreno, M.; López-Bellido, L. 2003. Effect of irrigation and potassium application in melon (*Cucumis melo* L.) production. 2: Quality. *Journal of Agricultural Research*, 1: 79-90.
- Richard, G; Guerif, J. 1988. Modelisation des transferts gazeux dans le lit semance: Application au diagnostic des conditions d’hypoxie des semanece de beterrave sucriere (*Beta vulgaris* L.) pendant la germination. *Agronomie*, 8: 539 – 547.

- Robert, C.; Noriega, A.; Tocino, A.; Cervantes, E. 2008. Morphological analysis of seed shape in *Arabidopsis thaliana* reveals altered polarity in mutants of the ethylene signaling pathway. *Journal of Plant Physiology*, 165: 911–919.
- Roberts, E. H; Ellis, R. H. 1989. Water and seed survival. *Annals of Botany*, 63: 39-52.
- Roberts, E. H. 1973. Predicting de storage life of seeds. *Seed Science Technolgy*, 1: 499-514.
- Rodriguez Torressi, A. O. 2011. El trasplante: un método eficiente para la iniciación de un cultivo de melón. *Serie Informes Técnicos EEA Santiago del Estero*, 83: 3-4.
- Romero, L.; Belakbir A.; Ragala L.; Ruiz J.M. 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: Effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo* L.). *Soil Science and Plant Nutrition* 43(4): 855-862.
- Sadeghi, H.; Khazaei, F.; Yari, L.; Sheidaei, S. 2011. Effect of seed osmopriming on seed germination behaviour and vigor of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Agricultural Biological Science*, 6: 39-43.
- Salisbury, F. B.; Ross, C. W. 2000. *Fisiología de las Plantas 1. Células: agua, soluciones y superficies*. Ed. Parainfo: 70.
- Sallon, S.; Solowey, E.; Cohen, Y.; Korchinsky, R.; Egli, M.; Woodhatch, I.; Simchoni, O.; Kislev, M. 2008. Germination, genetics and growth of an ancient date seed. *Science*, 320: 1464.
- Salter, P. J.; Darby, R. J. 1976. Synchronization of germination of celery seeds. *Annals of Applied Biology*, 84: 415 – 424.
- Sánchez, J. A.; Orta, R.; Muñoz, B. C. 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*, 25: 67 – 91.
- Schmitt, J.; Wulff, R. D. 1993. Light spectral quality, phytochrome and plant competition. *Tree*, 8: 47-52.

Schwember, A. R.; Bradford, K. J. 2005. Drying rates following priming affect temperature sensitivity of germination and longevity of lettuce seeds. *HortScience*, 40: 778 – 781.

Schwember, A. R.; Bradford, K. J. 2010. A genetic locus and gene expression patterns associated with the priming effect on lettuce seed germination at elevated temperatures. *Plant Molecular Biology*, 73 (1-2): 105-118.

Sensoy, S.; Ertek, A.; Gedik, I.; Kucukyumuk, C. 2007. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). *Agricultural Water Management*, 88(1-3): 269-274.

Siegel, S. M.; Rosen, L. A. 1962. Effects of reduced oxygen tension on germination and seedling growth. *Physiologia Plantarum*, 15: 437-444.

Simsek, M.; Comlekcioglu, N. 2011. Effects of different irrigation regimes and nitrogen levels on yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.). *African Journal of Biotechnology* 10(49):10009-10018.

Singh, S.; Singh, P.; Sanders, D.C.; Wshner, T.C. 2001. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*, 24: 59-64.

Siri, B.; Vichitphan, K.; Kaewnaree, P.; Vichitphan, S.; Klanrit, P.; 2013. Improvement of quality, membrane integrity and antioxidant systems in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds affected by osmopriming. *Australian Journal of Crop Science*, 7: 2068–2073.

Sivritepe N.; Sivritepe, H. O.; Eris, A. 2003. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 97:229-237.

Sivritepe, H.; Sivritepe, N.; Eris, A.; Turhan, E. 2005. The effects of NaCl pre-treatments on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. *Scientia Horticulturae*, 4: 568 – 581.

Sivritepe, N.; Sivritepe, H.; Türkan, I.; Bor, M.; Özdemir, F. 2008. NaCl pre-treatments mediate salt adaptation in melon plants through antioxidative system. *Seed Science and Technology*, 36: 360 – 370.

Smith, P. T.; Cobb, B.G. 1991. Physiological and enzymatic activity of pepper seeds (*Capsicum annum* L.) during priming. *Plant Physiology*, 82: 433-439.

Soeda, Y.; Konings, M; Vorst, O.; van Houwelingen, A.; Stoopen, G. M.; Maliepaard, C. A. 2005. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. *Plant Physiology*, 137: 354-368.

Tanne, I.; Cantliffe, D. J. 1989. Seed treatments to improve rate and uniformity of celery seed germination. *Proc. Fla. State Hort. Soc*, 102: 319 – 322.

Tarquis, A. M.; Bradford, K. J. 1992. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany*, 43: 307 – 417.

Thomas, T. H. 1984. Changes in endogenous cytokinins of celery (*Apium graveolens* L.) seeds following an osmotic or growth regulator seed soak treatment. *Plant Growth Regulation*, 2: 135 – 141.

Thomas, T. H.; Palevitch, D.; Biddington, N. I., Autin, R. B. 1975. Growth regulators and the phytochrome – mediated dormancy of celery seeds. *Physiological Plant Research*, 35: 101 – 106.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2011.

[http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut\\_search.pl?melon](http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl?melon).

Valdes, V.M.; Bradford, K. 1987. Effect of seed coating and osmotic priming on the germination of the lettuce seeds. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 112: 153–156.

Valdes, V. M.; Bradford, K. J.; Mayberry, K.S. 1985. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce seeds by seed priming. *HortScience*, 20; 1112-1114.

- Venkatasubramanian, A.; Umarani, R. 2007. Evaluation of seed priming methods to improve seed performance of tomato (*Lycopersicon esculentum*), egg plant (*Solanum melongena*) and chilli (*Capsicum annum*). *Seed Science and Technology*, 35: 487-493.
- Vertucci, C. W. 1989. The kinetics of seed imbibition: controlling factors and relevance to seedling vigor. En Stanwood, P.C; McDonald, M.B. (eds). *Seed moisture*. Crop Science Society of America, Special publication, 14: 93-115.
- Vigliola, M. I. 2010. *Horticultura Ilustrada. Con Orientación Ecológica*. Hemisferio Sur. Buenos Aires: 84 – 86.
- Weitbrecht, K.; Müller, K.; Leubner-Metzger, G. 2011. *Journal of Experimental Botany*, 62: 3289–3309.
- Wien, H. 1997. The Cucurbits: Cucumber, Melon, Squash and Pumpkin. En Wien, H. (Ed.). *The Physiology of Vegetable Crops*. Ed. CAB International. New York: 346-385.
- Yacoubi, R.; Job, C.; Belghazi, M.; Chaibi, W.; Job, D. 2011. Toward characterizing seed vigor in alfalfa through proteomic analysis of germination and priming. *Journal of Proteome Research*, 10: 3891–3903.
- Yongqing, L.; Bino, R. J.; Van Der Burg, W. J.; Groot, S. P. C.; Hilhorst, H. W. M. 1996. Effects of osmotic priming on dormancy and storability of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. *Seed Science Research*, 6: 49–55.
- Zavariyan, A.; Rad, M.; Asghari, M. 2015. Effect of seed priming by potassium nitrate on germination and biochemical indices in *Silybum marianum* L. undersalinity stress. *International Journal of Life Science*, 9: 23–29.

## Anexo 1: Abreviaturas y símbolos

<b>G%</b>	Porcentaje de semillas germinadas
<b>TMG</b>	Tiempo medio de germinación
<b><math>\Psi</math></b>	Potencial hídrico
<b><math>\Psi_0</math></b>	Potencial osmótico
<b>MPa</b>	Megapascales
<b>PEG</b>	Polietilenglicol
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	Cloruro de calcio
<b>NaCl</b>	Cloruro de sodio
<b>KNO<sub>3</sub></b>	Nitrato de potasio
<b>K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	Fosfato de potasio
<b>CC</b>	Capacidad de Campo
<b>PMP</b>	Punto de marchitez permanente

**Anexo 2: Análisis estadístico de los resultados del Experimento N° 1: *Priming* y temperatura**

**Tabla 1: Prueba de normalidad**

solución		Kolmogorov-Smirnov (a)			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
G%	Control	,334	20	,000	,684	20	,000
	PEG	,255	20	,001	,760	20	,000
	KNO <sub>3</sub> + K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	,259	20	,001	,747	20	,000
	CaCl <sub>2</sub>	,289	20	,000	,703	20	,000
	NaCl	,286	20	,000	,719	20	,000

a Corrección de la significación de Lilliefors

**Tabla 2: Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error (a)**

Variable dependiente: G%

F	gl1	gl2	Significación
3,145	19	80	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intersección+solución+temperatura+duración+solución \* temperatura+solución \* duración+temperatura \* duración+solución \* temperatura \* duración

**Tabla 3: Análisis de varianza para G%**

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: G%

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación	Eta al cuadrado parcial
Modelo corregido	196811,000(a)	19	10358,474	238,126	,000	,983
Intersección solución temperatura duración solución * temperatura solución * duración temperatura * duración solución * temperatura * duración	247009,000	1	247009,000	5678,368	,000	,986
solución temperatura	1596,000	4	399,000	9,172	,000	,314
duración	194481,000	1	194481,000	4470,828	,000	,982
solución *	9,000	1	9,000	,207	,650	,003
temperatura	224,000	4	56,000	1,287	,282	,060
solución * duración	256,000	4	64,000	1,471	,219	,069
temperatura *	121,000	1	121,000	2,782	,099	,034
duración	124,000	4	31,000	,713	,586	,034
solución * temperatura * duración	3480,000	80	43,500			
Error	447300,000	100				
Total	200291,000	99				
Total corregida						

a R cuadrado = ,983 (R cuadrado corregida = ,978)

**Tabla 4: Análisis descriptivo de las medias de interacción**

G%

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Control	10	84,00	5,164	1,633	80,31	87,69	80	90
PEG	10	94,00	8,433	2,667	87,97	100,03	80	100
KNO <sub>3</sub> + K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10	94,00	8,433	2,667	87,97	100,03	80	100
CaCl <sub>2</sub>	10	99,00	3,162	1,000	96,74	101,26	90	100
NaCl	10	98,00	4,216	1,333	94,98	101,02	90	100
Total	50	93,80	8,053	1,139	91,501	96,09	80	100

**Tabla 5: Medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.**

G%

solución		N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2	1
HSD de Tukey(a)	Control	10	84,00	
	PEG	10		94,00
	K	10		94,00
	Na	10		98,00
	Ca	10		99,00
	Sig.		1,000	

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,000.

**Tabla 6: Estimaciones**

Variable dependiente: G%

solución	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
			Límite inferior	Límite superior
Control	42,000	1,475	39,065	44,935
PEG	51,000	1,475	48,065	53,935
K	50,000	1,475	47,065	52,935
Ca	53,000	1,475	50,065	55,935
Na	52,500	1,475	49,565	55,435

**Tabla 7: Comparaciones por pares**

Variable dependiente: G%

(I) solución	(J) solución	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95% para la diferencia(a)	
					Límite superior	Límite inferior
Control	PEG	-9,000(*)	2,086	,000	-15,021	-2,979
	k	-8,000(*)	2,086	,002	-14,021	-1,979
	Ca	-11,000(*)	2,086	,000	-17,021	-4,979
	Na	-10,500(*)	2,086	,000	-16,521	-4,479
PEG	Control	9,000(*)	2,086	,000	2,979	15,021
	k	1,000	2,086	1,000	-5,021	7,021
	Ca	-2,000	2,086	1,000	-8,021	4,021
	Na	-1,5000	2,086	1,000	-7,521	4,521
k	Control	8,000(*)	2,086	,002	1,979	14,021
	PEG	-1,0000	2,086	1,000	-7,021	5,021
	Ca	-3,000	2,086	1,000	-9,021	3,021
	Na	-2,500	2,086	1,000	-8,521	3,521
Ca	Control	11,000(*)	2,086	,000	4,979	17,021
	PEG	2,000	2,086	1,000	-4,021	8,021
	k	3,000	2,086	1,000	-3,021	9,021
	Na	,500	2,086	1,000	-5,521	6,521
Na	Control	10,500(*)	2,086	,000	4,479	16,521
	PEG	1,5000	2,086	1,000	-4,521	7,521
	k	2,500	2,086	1,000	-3,521	8,521
	Ca	-,500	2,086	1,000	-6,521	5,521

Basadas en las medias marginales estimadas.

\* La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

**Tabla 8: Estimaciones**

Variable dependiente: G%

temperatura	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
			Límite inferior	Límite superior
12 °C	5,600	,933	3,744	7,456
25°C	93,800	,933	91,944	95,656

**Tabla 9: Comparaciones por pares**

Variable dependiente: G%

		Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95% para la diferencia(a)	
(I) temperatura	(J) temperatura				Límite superior	Límite inferior
12 °C	25°C	-88,200(*)	1,319	,000	-90,825	-85,575
25°C	12 °C	88,200(*)	1,319	,000	85,575	90,825

Basadas en las medias marginales estimadas.

\* La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

**Anexo 3: Análisis estadístico de los resultados del Experimento N° 2: *Priming* y salinidad**

**Tabla 10: Prueba de normalidad**

Solución		Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
G%	PEG	,227	20	,008	,815	20	,001
	KNO <sub>3</sub> + K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	,334	20	,000	,764	20	,000
	CaCl <sub>2</sub>	,265	20	,001	,814	20	,001
	NaCl	,195	20	,045	,838	20	,003
	Control	,315	20	,000	,773	20	,000

a Corrección de la significación de Lilliefors

**Tabla 11: Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error(a)**

Variable dependiente: G%

F	gl1	gl2	Significación
5,944	19	80	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a Diseño: Intersección+Solucion+Duracion+Mpa+Solucion \* Duracion+Solucion \* Mpa+Duracion \* Mpa+Solucion \* Duracion \* Mpa

**Tabla 12: Comparaciones por pares**

Variable dependiente: G%

(I) Solución	(J) Solución	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Significació n (a).	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
PEG	K	5,000	9,077	1,000	-21,09	31,09
	Ca	-33,000(*)	9,077	,005	-59,09	-6,91
	Na	-26,000	9,077	,051	-52,09	,09
	Control	1,5000	9,077	1,000	-24,59	27,59
K	PEG	-5,000	9,077	1,000	-31,09	21,09
	Ca	-38,000(*)	9,077	,001	-64,09	-11,91
	Na	-31,000(*)	9,077	,009	-57,09	-4,91
	Control	-3,500	9,077	1,000	-29,59	22,59
Ca	PEG	33,000(*)	9,077	,005	6,91	59,09
	K	38,000(*)	9,077	,001	11,91	64,09
	Ca	7,000	9,077	1,000	-19,09	33,09
	Control	34,500(*)	9,077	,003	8,41	60,59
Na	PEG	26,000	9,077	,051	-,09	52,09
	K	31,000(*)	9,077	,009	4,91	57,09
	Ca	-7,000	9,077	1,000	-33,09	19,09
	Control	27,500(*)	9,077	,032	1,41	53,59
Control	PEG	-1,5000	9,077	1,000	-27,59	24,59
	K	3,500	9,077	1,000	-22,59	29,59
	Ca	-34,500(*)	9,077	,003	-60,59	-8,41
	Na	-27,500(*)	9,077	,032	-53,59	-1,41

Basadas en las medias marginales estimadas.

\* La diferencia de las medias es significativa al nivel ,05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

**Tabla 13: Análisis de varianza para G%**

**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: G%

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	96260,000(a)	19	5066,316	59,255	,000
Intersección	72900,000	1	72900,000	852,632	,000
Solucion	24820,000	4	6205,000	72,573	,000
Duracion	484,000	1	484,000	5,661	,020
Mpa	49284,000	1	49284,000	576,421	,000
Solucion * Duracion	4856,000	4	1214,000	14,199	,000
Solucion * Mpa	12076,000	4	3019,000	35,310	,000
Duracion * Mpa	100,000	1	100,000	1,170	,283
Solucion * Duracion * Mpa	4640,000	4	1160,000	13,567	,000
Error	6840,000	80	85,500		
Total	176000,000	100			
Total corregida	103100,000	99			

a R cuadrado = ,934 (R cuadrado corregida = ,918)