



DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL

Campus Paseo Alfonso XIII. ETSIA.

MASTER EN TÉCNICAS AVANZADAS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
AGRARIO Y ALIMENTARIO

PROYECTO FIN DE MASTER

OPTIMIZACIÓN DE LA SIEMBRA MANUAL DE VERDOLAGA (*Portulaca oleracea L.*) EN BANDEJAS FLOTANTES TIPO STYROFLOAT

LUIS JOSÉ LARA URDANETA.

Septiembre de 2008

OPTIMIZACIÓN DE LA SIEMBRA MANUAL DE VERDOLAGA (*Portulaca oleracea* L.) EN BANDEJAS FLOTANTES TIPO STYROFLOAT

Lara L.J.¹ y J.A. Fernández²

¹Departamento de Fitotecnia UCLA. Barquisimeto. Lara. Venezuela.

²Departamento de Producción Vegetal. UPCT. Cartagena. Murcia. España.

Palabras clave: Baby leaf, cultivo hidropónico, sustratos, turba, distribución de semillas, germinación, portulacaceae.

RESUMEN

Los sistemas de cultivo sin suelo pueden mejorar la calidad de las hortalizas de hoja. La siembra manual de pequeñas semillas de vegetales en bandejas de celdas es una lenta e intensiva operación, que limita la capacidad de producción. Para realizar la siembra de semillas pequeñas, no peletizadas, se puede, manualmente, mezclar éstas con materiales sólidos tal que se diluya la cantidad de semillas en un volumen de sustrato y al aplicar esta mezcla se distribuye la semilla de manera uniforme. El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación y distribución de las semillas en las fisuras de las bandejas tipo styrofloat, al aplicar manualmente las semillas mezcladas con diferentes materiales sólidos: Arena de sílice, turba de dos granulometrías (2 y 4 mm Ø), y vermiculita. En las experiencias se emplearon semillas de *Portulaca oleracea* L. y bandejas tipo styrofloat. Se realizaron dos experimentos, en los cuales la variable medida fue cantidad de plántulas emergidas por fisura. El primero cuyo diseño fue un completamente aleatorizado con 8 tratamientos (arena de sílice seca, turba granulometría menor de 4mm y 2mm Ø y vermiculita, y dos cantidades de semilla por cada material. El segundo experimento cuyo diseño fue un completamente aleatorizado con 6 tratamientos (Turba de granulometría menor de 2 y 4 mm Ø y tres cantidades de semillas). La germinación resultó no afectada por los materiales pero la distribución de las semillas fue mejor con la turba en ambas granulometrías. Se puede concluir diciendo que la siembra manual de *Portulaca oleracea* se puede realizar mezclando la semilla con turba de granulometría menor de 2 o 4 mm Ø ya que se obtiene adecuado porcentaje de germinación y distribución uniforme.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cultivo sin suelo pueden mejorar la calidad de las hortalizas de hoja, tanto en precosecha como en el comportamiento postcosecha (Fontana y Nicola, 2008). La productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento (Gifford *et al.* 1984; Muchow *et al.*, 1990). El rendimiento por unidad de superficie está condicionado por el número de individuos capaces de producir rendimiento, y la biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de recursos durante toda la estación de crecimiento y se asocia con su rendimiento, debido a esto en la producción de hortalizas de hoja pequeña en el sistema de bandejas flotantes, uno de los procesos claves para el buen desarrollo del cultivo es la siembra uniforme y a una densidad adecuada, que depende de la especie y el material genético particular.

Fernández *et al.* (2006) indican que ciertos recursos fitogenéticos autóctonos pueden ayudar a diversificar la oferta hortícola actual, convirtiéndose en una alternativa a los principales cultivos. La verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) es una planta silvestre comestible muy apreciada en otras épocas y en la actualidad muchos autores consideran apropiada para el consumo humano; en este sentido Fernández *et al.* (2007) señalan que algunas culturas actuales consumen plantas silvestres por ser una fuente importante de nutrientes minerales. En el caso de la verdolaga está comprobado que contiene nutrientes biológicamente activos incluyendo compuestos antioxidantes como el β -caroteno, el α -tocoferol y los ácidos grasos de la familia omega-3 (ω -3), en particular con un elevado contenido de ácido α -linolénico. Asimismo Fernández, *et al.* (2007) muestran que poco se conoce acerca de las mejores prácticas para cultivar la verdolaga de manera comercial y que es necesario realizar investigación para determinar las técnicas más adecuadas para esta especie, que permitan mejorar la producción. Sin embargo, Cros *et al.* (2007) apuntan que la verdolaga es una especie que se adapta bien al sistema de cultivo de bandejas flotantes produciendo altos rendimientos en cortos períodos de tiempo además de ser rico en ácidos grasos, principalmente, ácidos α -linolénico, linoléico, palmítico y esteárico.

Existen en el mercado diferentes equipos para la siembra mecánica que se adecuan al sistema de bandejas tipo styrofloat. En el caso de semillas muy pequeñas como las de la verdolaga, para alcanzar un nivel de eficiencia aceptable es necesario que estas estén peletizadas. Sin embargo cuando se trata de unidades de explotación que no poseen maquinaria, tiene que realizarse de manera manual o cuando se realiza con sembradoras mecánicas la eficiencia es baja en cuanto a la distribución y la densidad lo que ocurre debido a la escasez en el mercado semillas peletizadas de esta especie. En este sentido Ogrizovic (1985) indica que la siembra ya sea manual o mecánica está afectada por el tamaño de la semilla y que mientras la semilla es más pequeña la siembra se hace más ineficiente. Por otro lado Gaikwad y Sirohi (2008) señalan que la siembra manual de pequeñas semillas de vegetales en bandejas de celdas es una lenta e intensiva operación, y que tal labor limita la capacidad de producción de vegetales que tienen semillas pequeñas.

Baskin y Baskin (1998) indican que una variedad de sustratos se han probado en experimentos de germinación, también mencionan que un buen sustrato para realizar test de germinación es suelo colectado del mismo hábitat, esto tiene una relevancia ecológica ya que existe una relación directa de adaptación entre las especies y las características de los hábitats en los cuales se han establecido. Ahora bien cuando se trata de explotaciones tecnificadas es necesario utilizar productos comerciales para realizar las labores culturales ya que esto facilita la adopción de nuevas tecnologías. En la siembra de hortalizas en las bandejas tipo styrofloat se han probado diferentes sustratos (Nicola *et al.*, 2007) y uno de los más comunes es el uso de turba ya que permite un desarrollo adecuado inicial de las plántulas (Cross, 2007).

Para realizar la siembra de semillas pequeñas no peletizadas se puede mezclar éstas con materiales sólidos tal que se diluya la cantidad de semillas en un volumen de sustrato y al aplicar esta mezcla se distribuye la semilla de manera uniforme, no obstante se sabe que la homogeneidad en las mezclas sólidas depende de la forma, densidad y dimensiones de las partículas. En la industria farmacéutica, alimentaria y de fertilizantes, existen diferentes equipos que son capaces de mezclar eficientemente sustancias sólidas de distintas formas, dimensiones y densidades, sin embargo en el caso de realizar una mezcla manual de sólidos, para lograr una alta uniformidad de mezcla será más fácil si tienen tanto volumen como densidades de partículas similares.

Entre las características que tienen las especies silvestres y malas hierbas es que germinan en la superficie del suelo, y tanto la luz como la temperatura juegan un papel importante en la estimulación de la germinación, como es el caso de *Amaranthus viridis* L. que germina mejor entre 25 y 30 °C pero que decreció el porcentaje de germinación con la profundidad de siembra (Hussain *et al.*, 2003) o el de *Lobelia inflata* que no germinaron en sombra (Baskin y Baskin, 1992) o el de *Potentilla recta* L. que en todos los termoperíodos evaluados germinaron con luz pero que nunca ganaron la habilidad para germinar en sombra (Baskin y Baskin, 1990) o como *Lasia spinosa* que germinaron en alto porcentaje tanto en sombra como en luz pero que en luz fue más rápida (Tang y Long, 2008). Está claro que cada especie tiene características propias de requerimientos ecológicos para realizar el proceso de germinación, que a su vez, depende de múltiples factores.

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la germinación y distribución de las semillas en las fisuras de las bandejas tipo styrofloat, al aplicar manualmente las semillas mezcladas con diferentes materiales sólidos adecuados para promover su germinación.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Los materiales que se utilizaron para realizar la mezcla con la semilla fueron: (1) Arena de sílice cuya granulometría es de 0,25 a 1 mm de diámetro, (2) mezcla equilibrada de turba negra y rubia de la marca Floragard designada Sustrato comercial tipo S y (3) vermiculita de la marca Projar del tipo S y cuyo calibre es de 0,5 a 3 mm. En el caso de la turba para uniformizar el tamaño de partículas se utilizó cedazos de 4 mm y 2 mm. Para determinar la granulometría de la semilla se hizo pasar por cedazos de distintos calibres. Para determinar la densidad de los materiales se realizó la medición del peso que registran 100 ml de cada material y se aplicó la relación masa/volumen. Este procedimiento se aplicó en cuatro repeticiones.

Como cada material presenta una densidad diferente también difieren en la cantidad necesaria para completar las 42 fisuras entonces se determinó el volumen necesario a utilizar de cada material se procedió a aplicar cada material en cada bandeja previamente preparada para la siembra y se midió el volumen utilizado. Este procedimiento se aplicó en cuatro repeticiones en cada cual la unidad de medición fue una bandeja (42 fisuras).

Las semillas utilizadas fueron de *Portulaca oleracea* accesión 215 del banco de semillas de la UPCT y bandejas tipo styrofloat que se utiliza en el sistema de cultivo hidropónico de bandejas flotantes. Se realizó un ensayo de germinación en cajas de petri con papel de filtro a 30 °C día (14 h) y 25 °C noche (10 h) (según Cross, 2007). Asimismo se realizó el conteo de la cantidad de semillas contenida en 0,1 g lo cual se repitió 5 veces.

Experimento 1. Evaluación del efecto de diferentes tipos de material sobre el porcentaje de germinación y la distribución espacial de las semillas entre las fisuras de las bandejas tipo styrofloat.

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con 8 tratamientos, 3 repeticiones. La unidad experimental fue 14 fisuras (1/3 de bandeja). Los tratamientos se muestran en la tabla 1. La determinación de la distribución de las semillas entre las

fisuras de la bandeja se realizó registrando la variable número de plántulas emergidas por fisura. Asimismo se determinó el porcentaje de germinación (% G) y densidad de plantas (pl/m²) por unidad experimental.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos del experimento 1: Evaluación del efecto de diferentes tipos de material sobre la distribución de las semillas de verdolaga en las bandejas tipo styrofloat.

| TRATAMIENTOS |
|---|
| Arena de sílice seca + 0,1 g de semilla |
| Arena de sílice seca + 0,2 g de semilla |
| Turba de 4 mm de Ø + 0,1 g de semilla |
| Turba < 4 mm de Ø + 0,2 g de semilla |
| Turba < 2 mm de Ø + 0,1 g de semilla |
| Turba < 2 mm de Ø + 0,2 g de semilla |
| Vermiculita+ 0,1 g de semilla |
| Vermiculita+ 0,2 g de semilla |

Experimento 2. Evaluación del efecto del tamaño de la partícula de turba mezclada con la semilla de verdolaga sobre la germinación y la distribución espacial de las semillas en las fisuras de las bandejas tipo styrofloat.

El diseño del experimento fue un completamente aleatorizado con 6 tratamientos y 5 repeticiones y la unidad experimental fue 14 fisuras. Los tratamientos se muestran en la tabla 2. La determinación de la distribución de las semillas entre las fisuras de la bandeja se realizó indirectamente registrando la variable número de plántulas emergidas por fisura. Asimismo se determinó el porcentaje de germinación (%G) y densidad de plantas (plantas/m²) por unidad experimental.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos del experimento 2: Evaluación del efecto del tamaño de la partícula de turba mezclada con la semilla de verdolaga sobre la germinación y la distribución espacial de las semillas en las fisuras de las bandejas tipo styrofloat.

| TRATAMIENTOS |
|--------------------------------------|
| Turba < 4 mm de Ø + 0,1 g de semilla |
| Turba < 4 mm de Ø + 0,2 g de semilla |
| Turba < 4 mm de Ø + 0,3 g de semilla |
| Turba < 2 mm de Ø + 0,1 g de semilla |
| Turba < 2 mm de Ø + 0,2 g de semilla |
| Turba < 2 mm de Ø + 0,3 g de semilla |

Experimento 3. Determinación del efecto de la luz sobre la germinación de la verdolaga (fotoblasticismo).

En el proceso de domesticación de plantas es necesario dilucidar factores que afectan a diversos procesos biológicos, para, con esta información, diseñar estrategias de manejo; entre estos procesos se encuentra la germinación. Con la finalidad de evaluar el efecto de la luz sobre la germinación de *Portulaca oleracea* se establecieron dos

experimentos, en el primero la oscuridad se produjo con una capa de turba mientras que en el otro se produjo con papel aluminizado.

Experimento 3.a. Evaluación del efecto de la luz sobre la germinación de semillas de verdolaga en condiciones de turba.

Se colocaron 25 semillas de cada una de cuatro accesiones seleccionadas aleatoriamente de las disponibles en el banco de germoplasma de la UPCT en cajas de petri siendo cada una de ellas una unidad experimental a las cuales se les colocó una mezcla de turba negra con turba rubia sustrato comercial “profesional (Flora Gard® 24kg/70L)”, todas las cajas de petri fueron colocadas en una cámara de crecimiento con temperatura 30 °C de día (14 horas de luz) y 20 °C de noche (10 horas de oscuridad). El diseño del experimento fue completamente aleatorizado con dos tratamientos (tabla 3) y cinco repeticiones. El primer tratamiento fue colocar la semilla en la superficie del sustrato de tal manera que recibiera la luz directamente y el segundo tratamiento fue colocar una fina capa de sustrato sobre las semilla, esta fina capa de aproximadamente 0,5 cm se compactó suavemente. La variable medida fue porcentaje de germinación a los 3 días. Se consideró la semilla germinada cuando presentó la plúmula visible.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos.

| Accesión | Posición de las semillas en el sustrato |
|----------|---|
| 287 | Superficiales |
| 287 | Enterradas |
| 288 | Superficiales |
| 288 | Enterradas |
| 297 | Superficiales |
| 297 | Enterradas |
| 298 | Superficiales |
| 298 | Enterradas |

Experimento 3.b. Evaluación del efecto de la luz sobre la germinación de las semillas de *Portulaca oleracea* en condiciones de papel filtro.

Con la finalidad de evaluar el efecto de la luz (fotoblasticidad) sobre la germinación de semillas de *Portulaca oleracea* se colocaron 25 semillas en cajas de petri con papel filtro de cuatro accesiones del banco de germoplasma de la UPCT. Se aplicaron dos tratamientos, el primero fue permitir que la luz solar le llegara a las semillas, mientras que el segundo fue colocarle a las cajas de petri papel aluminio para proporcionar oscuridad a las semillas. La variable medida fue porcentaje de germinación a los 3 días después de haber sembrado. Las cajas de petri se dejaron a la temperatura ambiente del laboratorio de la finca Tomás Ferro de la UPCT, en la Palma, Cartagena.

RESULTADOS

La densidad y granulometría de los materiales utilizados se muestran en la tabla 4. Se evidencia que la arena de sílice tiene una densidad mayor que la turba y esta a su vez mayor que la vermiculita, la semilla tiene una densidad más parecida a la turba que

a la arena y a la vermiculita, asimismo la granulometría de la semilla se parece más a la de la arena que a los demás materiales sin embargo las diferencias son muy pequeñas entre los tamaños de las partículas de los materiales comparados con la semilla.

Tabla 4. Valores promedio de la densidad y granulometría de los materiales utilizados.

| MATERIAL | Densidad (g/mL) | Granulometría (mm) |
|----------------------|-----------------|--------------------|
| Arena de sílice seca | 1,6636 | 0,25 a 1 |
| Turba 4 mm | 0,2708 | < 4 |
| Turba 2 mm | 0,2705 | < 2 |
| Vermiculita | 0,144 | 0,5 a 3 |
| Semilla | 0,545 | 0,5 a 1 |

En la determinación del volumen necesario a utilizar de cada material se determinó que es necesario mezclar la semilla con 335 ml de arena de sílice, 303 ml de turba < 4 mm de Ø, 313 ml de turba < 2 mm de Ø y 309 ml de vermiculita.

En el ensayo de germinación se obtuvo que esta accesión tiene una germinación promedio a los tres días de $89,6\% \pm 6,69$.

La cantidad de semillas contenida en 0,1 g son 367 ± 91 .

Experimento 1. Evaluación del efecto de diferentes tipos de material sobre el porcentaje de germinación y distribución espacial de las semillas de verdolaga en las bandejas tipo styrofloat.

A las variables porcentaje de germinación (%G) y densidad poblacional se les aplicó la prueba de Wilk-Shapiro para verificar la normalidad de los errores resultando en un estadístico W de 0,95 para % G y 0,97 para densidad poblacional por lo que se procedió a aplicarle un ANOVA. Resultando que el porcentaje de germinación no presenta diferencias estadísticas ($\alpha < 0,05$) ni para cantidad de semilla ni para tipo de material, mientras que la densidad poblacional presenta diferencias estadísticas ($\alpha < 0,05$) entre cantidades de semilla aplicada pero no para materiales utilizados (figuras 1 y 2).

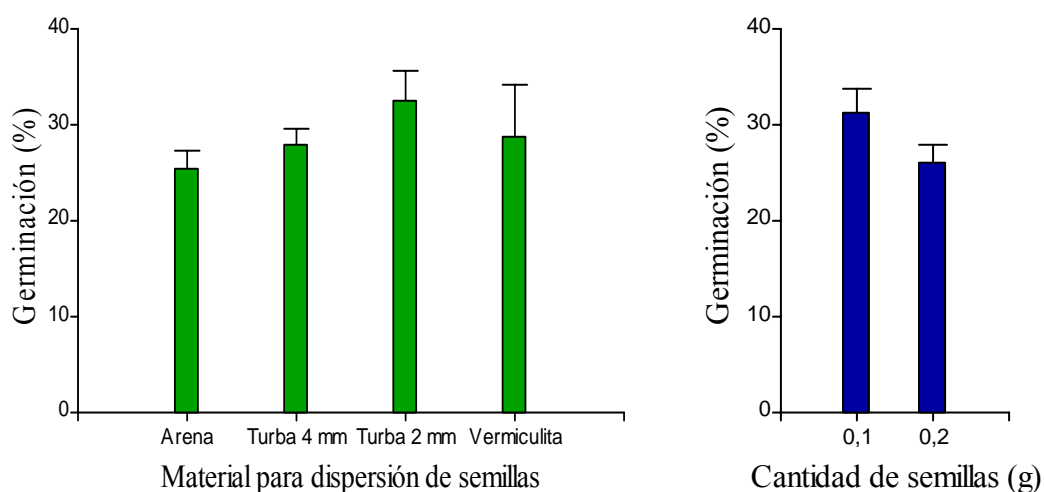


Figura 1. Medias del efecto de diferentes tipos de material y cantidad de las semillas sobre el porcentaje de germinación de *Portulaca oleracea* en las bandejas tipo styrofloat.

A la variable cantidad de plántulas emergidas por fisura se le aplicó la prueba de Wilks-Shapiro para comprobar si sigue la distribución normal, resultando un valor para el estadístico W de 0,75. Lo cual indica que la variable podría no describir una distribución normal por lo cual se decidió aplicar una prueba de Kruskal y Wallis, para ambos factores: peso de semillas y materiales utilizados. Mostrando diferencias estadísticas ($\alpha < 0,05$) tanto en peso de semillas como en materiales utilizados. Los resultados de la separación entre rangos se muestran en la figura 3.

El efecto del material utilizado sobre la cantidad de semillas germinadas por fisura, muestra que el material utilizado influye sobre esta variable puesto que hay diferencias estadísticas entre las medianas de las cantidades de plántulas por fisura entre los diferentes materiales utilizados.

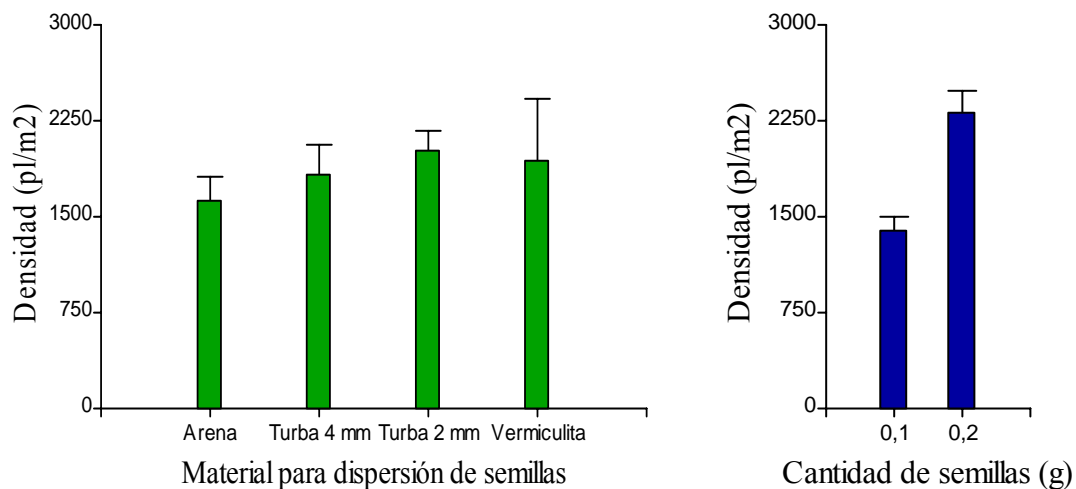


Figura 2. Medias del efecto de diferentes tipos de material y de cantidad de semillas sobre la densidad poblacional de *Portulaca oleracea* en las bandejas tipo styrofloat.

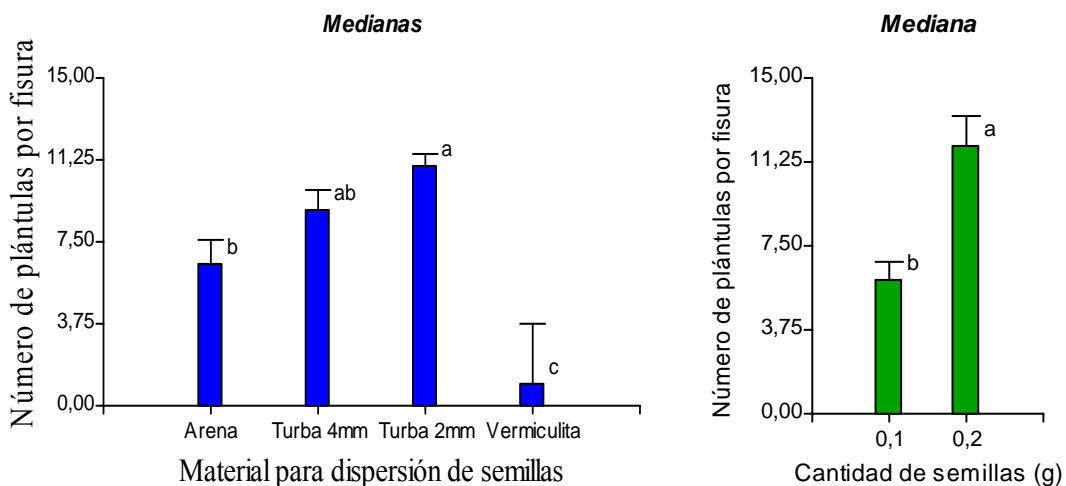


Figura 3. Efecto del material utilizado para la dispersión de la semilla y de la cantidad de semilla de *Portulaca oleracea* utilizada sobre la cantidad de plántulas emergidas por fisura.

Al analizar los parámetros de las distribuciones de la variable cantidad de plántulas por fisura en los distintos tratamientos, se observa que la turba pasada por cedazo de 2 mm obtuvo una mediana de cantidad de plántulas por fisura mayor que los tres materiales restantes, una menor amplitud (diferencia entre máximo y mínimo) y una desviación estándar menor que la turba pasada por cedazo 4 mm seguido de la arena y finalmente la vermiculita que mostró una menor mediana de cantidad de plántulas por fisura, mayor amplitud, menor promedio y mayor error estándar (tabla 5). Es necesario destacar que las medias obtenidas son similares (figura 4).

Tabla 5. Estadística descriptiva del número de plántulas por fisura de los materiales usados para la distribución de la semilla de *Portulaca oleracea*, accesión 215 del banco de semillas de la UPCT.

| Material para dispersión de la semilla | Cantidad de semillas (g) | Media | D.E. | Mín | Máx | Suma |
|--|--------------------------|-------|-------|-----|-----|------|
| Arena | 0,1 | 7,48 | 7,66 | 0 | 31 | 314 |
| Arena | 0,2 | 11,71 | 8,18 | 1 | 38 | 492 |
| Turba 2 mm | 0,1 | 10,07 | 3,67 | 4 | 22 | 423 |
| Turba 2 mm | 0,2 | 13,69 | 3,58 | 7 | 20 | 575 |
| Turba 4 mm | 0,1 | 7,86 | 4,48 | 0 | 21 | 330 |
| Turba 4 mm | 0,2 | 13,64 | 7,41 | 0 | 31 | 573 |
| Vermiculita | 0,1 | 7,33 | 12,88 | 0 | 51 | 308 |
| Vermiculita | 0,2 | 15,45 | 25,34 | 0 | 102 | 649 |

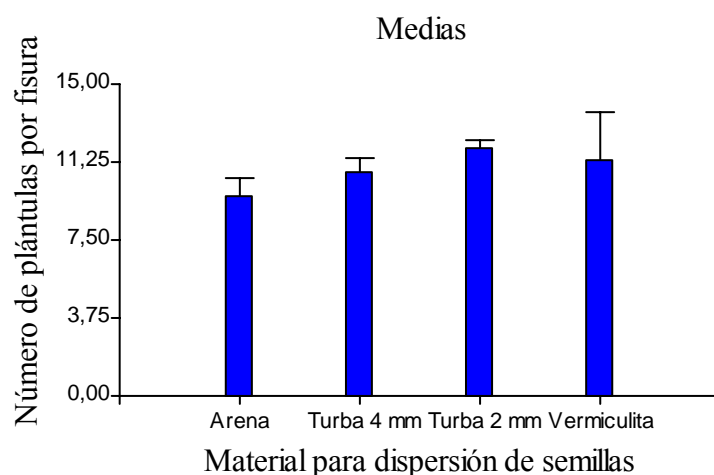


Figura 4. Efecto del material utilizado para la dispersión sobre la media de la cantidad de plántulas emergidas por fisura.

En el gráfico de densidad de puntos (figura 5), en el cual cada punto representa la cantidad de plántulas de cada fisura evaluada, se visualiza como se distribuye la cantidad de plántulas por fisura en cada uno de los tratamientos aplicados. Con este gráfico se puede observar que tan agrupados o desagrupados están los resultados obtenidos. En el caso de la turba 2 mm los resultados de la cantidad de plántulas por fisura están más agrupados que todos los demás tratamientos en torno a la media seguido de la turba 4 mm y que la arena muestra una gran cantidad de fisuras con cero o muy pocas plántulas y pocas fisuras con hasta 30 plántulas y la vermiculita se muestra

con una dispersión de datos amplia, con una gran cantidad de fisuras sin plántulas y pocas fisuras desde 20 hasta 50 plántulas con 0,1 g de semilla y hasta 107 plántulas con 0,2 g de semilla.

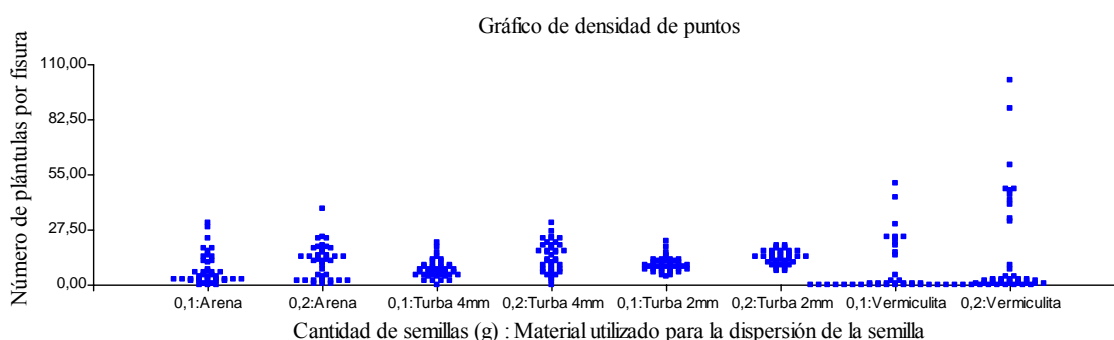


Figura 5. Densidad de puntos de la cantidad de plántulas por fisura en los materiales usados y la cantidad de semilla utilizada, para la distribución de la semilla de *Portulaca oleracea*, accesión 215 del banco de semillas de la UPCT.

Experimento 2. Evaluación del efecto de dos tamaños de partículas de turba sobre la distribución de las semillas de verdolaga en las bandejas tipo styrofloat.

A las variables porcentaje de germinación (% G) y densidad poblacional se les aplicó la prueba de Wilk-Shapiro para verificar la normalidad de los errores resultando en un estadístico W de 0,93 para densidad poblacional y 0,91 para % G por lo que se procedió a aplicarles un ANOVA. Resultando que no se detectan diferencias estadísticas ($\alpha < 0,05$) entre materiales pero si entre cantidades de semillas para densidad poblacional, siendo mayor en 0,3 g que en 0,2 g y esta a su vez mayor que en 0,1 g (figuras 6 y 7), y no se detectan diferencias estadísticas ($\alpha < 0,05$) en % G ni para materiales ni para cantidades de semillas (figuras 6 y 7).

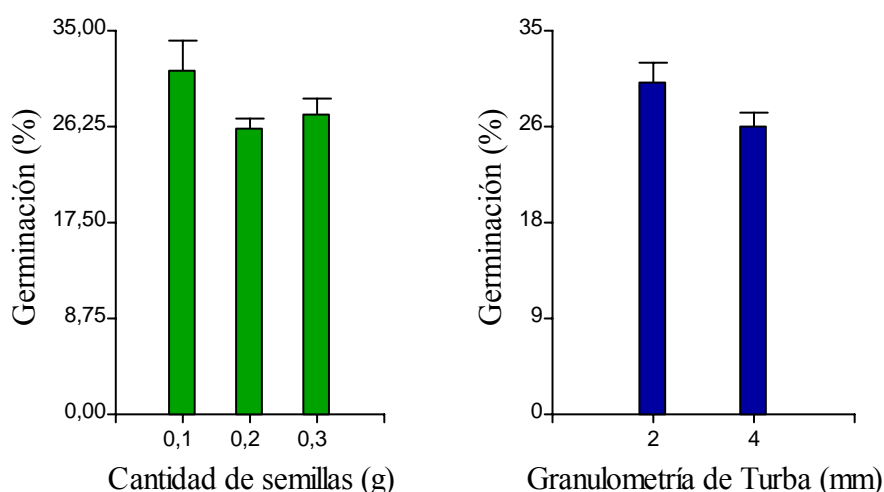


Figura 6. Efecto del tamaño de partícula de turba y cantidad de semillas sobre el porcentaje de germinación de semillas de *Portulaca oleracea* en bandejas tipo styrofloat.

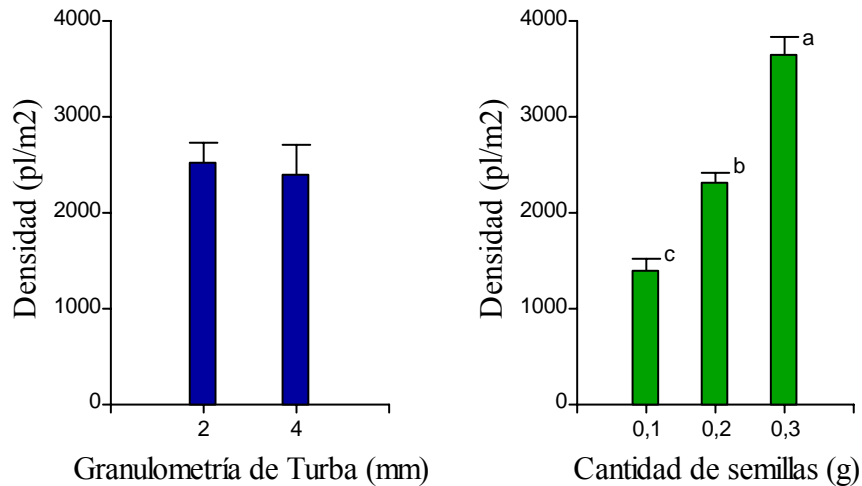


Figura 7. Efecto del tamaño de partícula de turba y cantidad de semillas sobre la densidad de *Portulaca oleracea* en bandejas tipo styrofloat.

Tabla 6. Estadística descriptiva del número de plántulas por fisura de los materiales usados para la distribución de la semilla de *Portulaca oleracea*, accesión 215 del banco de semillas de la UPCT.

| Granulometría de Turba (mm) | Cantidad de semillas (g) | Media | D.E. | Mín | Máx | Suma |
|-----------------------------|--------------------------|-------|------|-----|-----|------|
| 2 | 0,1 | 10,23 | 3,77 | 4 | 22 | 716 |
| 2 | 0,2 | 13,13 | 4,51 | 3 | 24 | 919 |
| 2 | 0,3 | 21,11 | 5,43 | 10 | 33 | 1478 |
| 4 | 0,1 | 6,29 | 3,2 | 0 | 13 | 440 |
| 4 | 0,2 | 14,13 | 5,66 | 3 | 33 | 989 |
| 4 | 0,3 | 21,81 | 8,8 | 4 | 50 | 1527 |

Tabla 7. Estadística descriptiva del número de plántulas por fisura de los materiales usados para la distribución de la semilla de *Portulaca oleracea*, accesión 215 del banco de semillas de la UPCT.

| Cantidad de semillas (g) | Media | D.E. | Mín | Máx | Suma |
|--------------------------|-------|------|-----|-----|------|
| 0,1 | 8,26 | 4,01 | 0 | 22 | 1156 |
| 0,2 | 13,63 | 5,12 | 3 | 33 | 1908 |
| 0,3 | 21,46 | 7,29 | 4 | 50 | 3005 |

A la variable cantidad de plántulas emergidas por fisura, se le aplicó la prueba de wilks-Shapiro para comprobar si sigue la distribución normal, resultando un valor para el estadístico W de 0,96. Lo cual indica que la variable describe una distribución normal. Se aplicó un ANOVA para ambos factores: peso de semillas y tamaño de partículas de turba utilizados. Mostrando diferencias estadísticas ($\alpha < 0,05$) en peso de semillas pero no en tamaño de partícula utilizadas. La estadística descriptiva se muestra en las tablas 6, 7, y 8.

Tabla 8. Estadística descriptiva del número de plántulas por fisura de los materiales usados para la distribución de la semilla de *Portulaca oleracea*, accesión 215 del banco de semillas de la UPCT.

| Granulometría de | | | | | |
|------------------|-------|------|-----|-----|------|
| Turba (mm) | Media | D.E. | Mín | Máx | Suma |
| 2 | 14,82 | 6,51 | 3 | 33 | 3113 |
| 4 | 14,08 | 8,94 | 0 | 50 | 2956 |

En el gráfico de densidad de puntos (figura 8) se visualiza como se distribuyen los datos en cada uno de los tratamientos aplicados. Se puede observar que a medida que la cantidad de semilla mezclada es mayor la dispersión del número de plántulas por fisura es mayor y también se observa que en el caso de la turba de 2 mm la dispersión tiende a ser menor que en el caso de la turba a 4mm.

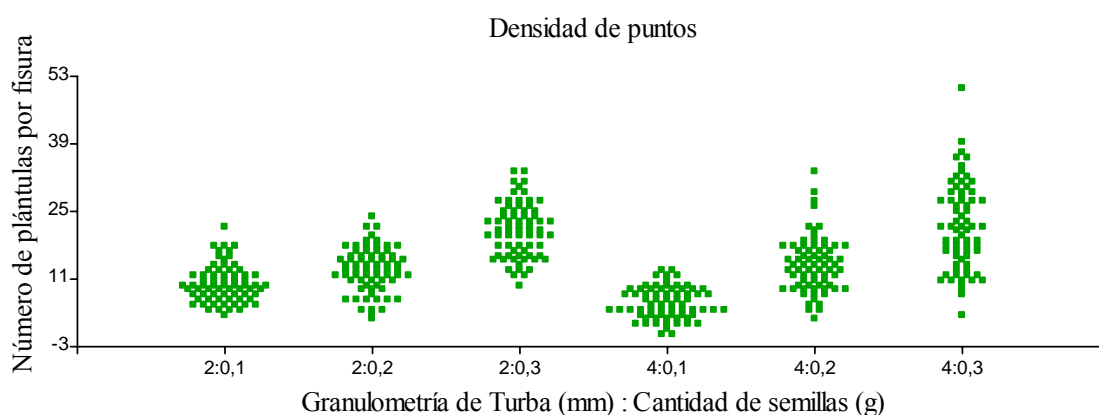


Figura 9. Densidad de puntos del número de plantas por fisura de los materiales usados y la cantidad de semilla utilizada, para la distribución de la semilla de *Portulaca oleracea*, accesión 215 del banco de semillas de la UPCT.

Experimento 3.a. Evaluación del efecto de la luz sobre la germinación de semillas de verdolaga en condiciones de sustrato.

A la variable porcentaje de germinación se le aplicó la prueba de Wilks-Shapiro para comprobar normalidad, resultando en un estadístico W de 0,79 lo que indica la posibilidad de que la distribución no sea normal, por lo que se decidió aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal y Wallis para k muestras independientes. Los resultados indican el porcentaje de germinación no presenta diferencias estadísticas entre accesiones ($\alpha < 0,05$) pero sí muestra diferencias ($p < 0,05$) entre tratamientos resultando mayor porcentaje de germinación (29,4%) las semillas colocadas en la superficie que las colocadas enterradas (2,4%) con suave compactación de la capa de turba, como se observa en la figura 9.

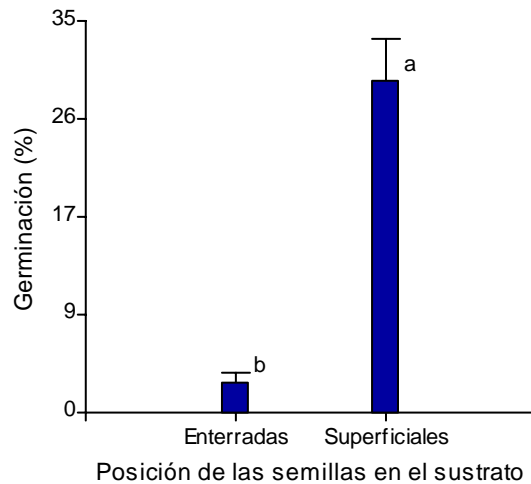


Figura 9. Efecto de la posición de las semillas en el sustrato sobre el porcentaje de germinación de *Portulaca oleracea* L.

Experimento 3.b. Evaluación del efecto de la luz sobre la germinación de las semillas de *Portulaca oleracea* en condiciones de papel filtro.

A la variable porcentaje de germinación se le aplicó la prueba de Wilks-Shapiro para verificar si la distribución es normal resultando un estadístico W de 0,81 lo que indica que posiblemente la distribución no sea normal, por lo que se decidió aplicar la prueba no paramétrica Kruskal y Wallis para k muestras independientes resultando que no hubo diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0,05$) del porcentaje de germinación entre las accesiones estudiadas, pero el porcentaje de germinación mostró diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0,05$) entre los dos tratamientos aplicados, resultando mayor porcentaje de germinación con luz (39,25%) que sin luz (17,50%) como se observa en la figura 10.

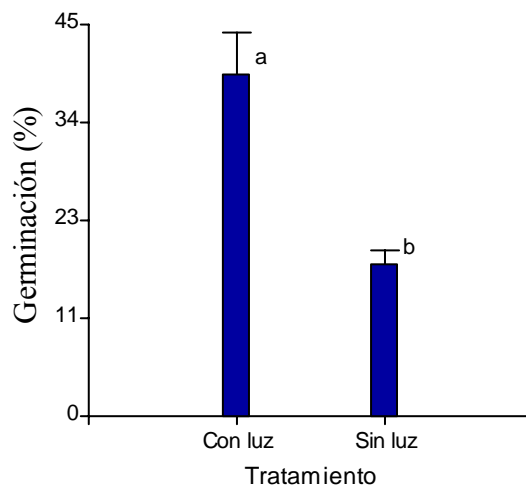


Figura 10. Efecto de la incidencia de luz a las semillas, sobre el porcentaje de germinación de *Portulaca oleracea* L.

DISCUSIÓN

El porcentaje de germinación fue similar cuando las semillas fueron mezcladas con la turba (en ambas granulometrías), arena o vermiculita. Baskin y Baskin (1998) indican que en algunas especies el sustrato puede influir en el porcentaje de germinación de semillas, sin embargo en esta especie al menos con estos sustratos el comportamiento del %G fue similar.

Por otro lado el porcentaje de germinación fue en todos los casos menor (28,67%) que cuando se realizó la prueba de germinación (89,6%) en condiciones controladas de luz, temperatura y con papel de filtro, lo que permite pensar que pueden haber otras condiciones distintas al sustrato para la estimulación de la germinación como lo son la temperatura y la luz.

Así, respecto al efecto de la luz sobre la germinación de esta especie, los resultados del tercer experimento (a y b) demuestran que esta especie se ve afectada por este factor ya que con luz hubo un % G mayor (29 a 39%) que sin luz (2 a 17%), resultado que coincide con el reportado por Baskin y Baskin (1988) quienes consiguieron que esta misma especie germina mas con luz que en sombra. Sin embargo parece que influye de manera importante la condición en la cual se desarrollan las semillas en la planta madre ya que Gutterman (1974) encontró que semillas de plantas de esta misma especie expuestas a luz roja y rojo largo durante la producción de semillas difirieron en % G, las provenientes de plantas expuestas a luz roja no germinaron en sombra, lo que representa una estrategia adaptativa equipando bioquímicamente a las semillas para evitar que germinen en un ambiente inadecuado para la supervivencia.

Por otro lado respecto al efecto de la temperatura Chaudary y Sinha (1990) indican que la temperatura óptima para la germinación de esta especie es 35°C. No obstante Cross (2007) evaluó diferentes temperaturas para promover la germinación de esta especie encontrando que el porcentaje de germinación fue variable a distintas condiciones de temperatura dependiendo del material vegetal. Asimismo, El-Keblawy y Al-Ansary (2000) señalan que la temperatura observaron diferencias en la germinación de esta especie a 15, 25 y 40 °C en función del sitio de origen, la fecha de recolección y la edad de las semillas, mostrando la amplitud de temperaturas óptimas de germinación en función de la procedencia. Corroborando la idea de que la condición en la cual se encuentran las plantas madres cuando se producen las semillas influye de manera importante en el comportamiento de las semillas, al menos, respecto a estos dos factores.

Ahora bien al realizar la mezcla de las semillas con el sustrato y aplicarlo, hay una proporción no determinada de estas, que quedan en la superficie y otras que quedan enterradas, afectando el porcentaje de germinación por influencia de temperatura y luz, queda la incógnita de cuál de los dos factores es más determinante si la luz o la temperatura ya que en el caso de la luz puede ser una combinación de factores puesto que al incidir la luz sobre las semillas estas adquieren energía calórica, asimismo hay una proporción de semillas que germinan aún en ausencia de la luz. Cross (2007) señala que la profundidad a la cual las semillas se colocan al momento de la siembra también influye sobre la germinación mejorando en la medida que están menos profundas, sin embargo la temperatura también se disminuye con la profundidad por lo que puede haber relación.

La densidad poblacional alcanzada, no fue afectada por los distintos materiales evaluados, pero si por las distintas cantidades de semillas aplicadas. Debido a que el

porcentaje de germinación fue similar en todos los tratamientos aplicados es de esperar que este factor no se afectara. Fernández, *et al.* (2007), indican que la densidad de plantación no influye en el área foliar, contenido relativo de clorofila y rendimiento, mientras que si afecta la altura y número de hojas, lo que repercute en la calidad del cultivo. Por lo que se puede afirmar que seleccionando la cantidad de semilla adecuada con cualquiera de los sustratos se puede alcanzar la densidad poblacional deseada.

El análisis de la cantidad de plántulas emergidas por fisura indica que la distribución espacial fue afectada por los materiales evaluados y las cantidades de semillas. Entre los materiales evaluados la turba (en ambos tamaños de partículas) es la que presenta la distribución más uniforme.

Estos resultados parecen estar más asociados a la relación de las densidades que a la relación del tamaño de las partículas de los materiales evaluados y de la semilla. Ya que aunque Hoffmeister, G. (1982), afirma que para realizar mezclas a granel y reducir los problemas de segregación es deseable que los materiales tengan un tamaño uniforme de partículas, cuando comparamos la densidad de los materiales con la densidad de la semilla, observamos que la arena posee una densidad mucho mayor y la vermiculita una densidad mucho menor y que la densidad que más se asemeja es la de la turba, mientras que al comparar los tamaños de las partículas de los materiales utilizados con el tamaño de las semillas encontramos que todos los materiales evaluados tienen una granulometría semejante a la semilla, que aunque la arena es la que más se parece también es uno de los sustratos que mayor dispersión resultó. Ahora bien, Chaudhuri, *et al* (2006) y Mehrotra (2007), mencionan que la cohesión juega un papel importante afectando las características y propiedades del flujo, tasas de mezclado y las tendencias de segregación, principalmente en mezclas binarias no uniformes, como es este caso, que es una mezcla de partículas de diferentes tamaños. En este trabajo no se evaluó la cohesión de las partículas de los materiales utilizados para dispersar las semillas, pero la observación es que tanto la vermiculita como la arena poseen un contenido de humedad muy bajo (se experimentaron secas) mientras que la turba posee un contenido de humedad mayor, necesario para la preservación de sus características, ese contenido de humedad proporciona superficie con características de adhesión por las fuerzas de adhesión y cohesión que posee el agua. Esto se constituye en un factor que puede haber afectado los resultados obtenidos, ya que tanto la arena como la vermiculita si no se humedecen previamente antes de realizar el mezclado la adhesión es muy baja, cuando es comparada con la adhesión que posee la turba con la humedad característica que posee en el empaque comercial.

A modo de conclusión, debido a que la condición deseable del material a mezclar con la semilla, es que resulte en alta germinación y distribución espacial lo más uniforme posible de plantulas entre las fisuras de las bandejas flotantes, se puede concluir que la turba con tamaño de partícula 2 o 4 mm es un sustrato adecuado con el cual se puede mezclar las semillas de *Portulaca oleracea* para realizar la siembra manual en bandejas tipo styrofloat.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto MEC-FEDER AGL2005-08189-C02-01 y la beca de estudios doctorales ha sido financiada por la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Venezuela.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baskin, C.C. y Baskin, J.M. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. *American Journal of Botany*. 75: 286-305.
- Baskin, C.C. y Baskin, J.M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography and evolution of dormancy and germination. Academic Press. San Diego. 666 p.
- Baskin, C.C. y Baskin, J.M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography and evolution of dormancy and germination. Academic Press. San Diego. 666 p.
- Baskin, J.M. y Baskin, C.C. 1990. Role of temperature and light in the germination ecology of buried seeds of *Potentilla recta*. *Annals of Applied Biology*. 117 (3): 611-616.
- Baskin, J.M. y Baskin, C.C. 1992. Role of temperature and light in the germination ecology of buried seeds of weedy species of disturbed forests. 1. *Lobelia inflata*. *Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne de Botanique* 70 (3): 589-592.
- Chaudhary, S.K. y Sinha, R.P. 1990. Dormancy and quantification of germination in *Portulaca quadrifida* and *P. oleracea*. En: International Symposium on environmental influences on seed and germination mechanism: Recent advances in research and technology. (D.N. Sen, S Mohammed, P.K. Kasera y T.P. Thomas, eds.). University of Jodhpur, Jodhpur, India.
- Chaudhuri, B., Mehrotra, A., Muzzio, F. y Tomassone, M. 2006. Cohesive effects in powder mixing in a tumbling blender. *Powder Technology*. 165 (2): 105-114
- Cros, V., Martínez-Sánchez J.J. y Franco, J.A. 2007. Good yields of common purslane with a high fatty acid content can be obtained in a peat-based floating system. *HortTechnology*. 17 (1): 14-20.
- Cross, V. 2007. El cultivo de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en bandejas flotantes. Aspectos de producción y calidad de las plantas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. 292 p.
- El-Keblawy, A. y Al-Ansari, F. 2000. Effects of site of origin, time of seed maturation, and seed age on germination behavior of *Portulaca oleracea* form the Old and New Worlds. *Canadian Journal of Botany*. 78: 279-287.
- Fernández, J.A., Navarro, A., Vicente, M.J., Peñapareja, D. y Plana, V. 2007. Effect of seed germination methods on seedling emergence and earliness of purslane (*Portulaca oleracea* L.) cultivars in a hydroponic floating system. *Acta Horticulturae*. (747): 571-578.
- Fernández, J.A., Niñirola, D., Vicente, M.J., Conesa, E., López, J., González, A. 2007. Efecto de la densidad de plantación y del tipo de sustrato sobre la producción de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en un cultivo hidropónico de bandejas flotantes. XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Almería, Noviembre de 2007.
- Fernández, J.A., Peñapareja, D., Conesa, E., Martínez, J.J., Franco, J.A. 2006. Producción de colleja (*Silene vulgaris* (Moench) Garcke) en bandejas flotantes para su adaptación como producto "baby leaf". *Actas de Horticultura* 46: 62-65.
- Fontana, E. y Nicola, S. 2008. Producing garden cress (*Lepidium sativum* L.) for de fresh-cut chain using a soilless culture system. *Journal of Horticultural Science &*

Biotechnology. 83 (1): 23-32.

- Gaikwad, B.B. y Sirohi, N.P.S. 2008. Design of a low-cost pneumatic seeder for nursery plug trays. *Biosystems Engineering* 99: 322-329.
- Gifford, R.M., Thorne, J.H., Hitz, W.D. y Guiaquinta, R.T. 1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science* (225) 4664: 801-808.
- Hoffmeister, G. 1982. Particle-Size Requirements for Bulk Blend Materials. Circular Z-146. 36^a Annual Meeting of the Association of American Plant Food Control Officials, Columbus, OH, USA. pp 30.
- Hussain F., Giliani S.S., Fatima I. y Durrani M.J. 2003. Some autoecological studies on *Amaranthus viridis* L. *Pakistan Journal of Weed Science Research*. 9(1-2):117-124.
- Mehrotra, A. 2007. Effects of cohesion in powder mixing. Ph.D., Rutgers The State University of New Jersey - New Brunswick. pp 121.
- Muchow, R.C., Sinclair, T.R. y Bennett, J.M. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agronomy Journal*. 82: 338-343.
- Nicola, S., Hoeberechts, J. y Fontana, E. 2007. Ebb-and-flow and floating systems to grow leafy vegetables: a review for Rocket, Corn salad, Garden cress and Purslane. *Acta Horticulturae*. 747: 585-592.
- Ogrizovic, B., Kupresanin, I. y Krstic, S. 1985. The results of the sower ETA-48 in the agroindustrial combine PK "Sombor". *Cojcodjansko Drustvo za Poljoprivrednu Tehniku*. 48-53.