



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA



ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PROPAGACIÓN Y EL
EFECTO DE LA RADIACIÓN LUMÍNICA, EN UNA VARIEDAD
COMERCIAL Y UNA POBLACIÓN NATURAL DE
Portulaca oleracea L.

Directores:

Mireia Corell González

Autor:

Carlos Rodríguez Alcalá

Alberto Jiménez Gómez

30 de abril de 2014

Agradecimientos

A mi familia, especialmente a mi madre, pues sin su apoyo y su paciencia jamás hubiese llegado hasta aquí.

A M^a Cristina Andrés, por su amabilidad y su ayuda en el comienzo de este trabajo. A mi tutora, Mireia Corell, por su dedicación y por toda la ayuda prestada durante la elaboración de este proyecto.

A Alberto Jiménez y a las compañeras de Ecoherencia por hacer posible este trabajo, por darme todas las facilidades, y por todo lo que he recibido junto a ellos.

Gracias a todas y todos los que me habéis acompañado hasta este punto, y habéis hecho posible, de una u otra manera, que haya llegado hasta aquí.

Índice

Índice de tablas y figuras	7
Tablas	7
Figuras	9
Resumen	10
1 Introducción.....	11
1.1 Las plantas silvestres comestibles	11
1.2 La verdolaga	12
1.2.1 Descripción botánica	12
1.2.2 Composición	13
1.2.3 Consumo y producción.....	13
1.3 Ácidos grasos $\omega 3$	14
1.4 Propiedades medicinales	14
1.4.2 Antioxidante	14
1.4.3 Anticancerígeno	15
1.4.4 Antidiabético	15
1.4.5 Neuroprotector	15
1.4.6 Otras propiedades medicinales.....	15
1.5 Ácido oxálico	16
1.6 Otras aplicaciones	16
1.6.1 Alimentación animal	16
1.6.2. Regeneración de ecosistemas.....	16
1.6.3 Agricultura y jardinería.....	16
1.7 Requerimientos de cultivo	17
1.7.1 Cultivo hidropónico	17
1.8 Propagación	17
1.9 Radiación.....	18
1.10 Densidad de plantación.....	19
1.11 Recolección y comercialización.....	20
2 Objetivos.....	21
3 Material y Métodos	22
3.1. Localización de los ensayos y descripción del ambiente	22

3.1.1.- Localización	22
3.1.2 Clima	22
3.1.3 Suelo	23
3.2 Material vegetal	23
3.3 Ensayo de obtención de planta mediante reproducción sexual	25
3.3.1 Vivero y condiciones de cultivo	25
3.3.2 Material vegetal	25
3.3.3 Diseño experimental	25
3.3.4 Parámetros estudiados	26
3.3.5 Análisis de los datos	26
3.4 Ensayo de propagación por esquejes de <i>Portulaca oleracea</i> subsp. <i>nitida</i> y subsp. <i>granulatostellulata</i>	27
3.4.1 Vivero y condiciones de cultivo	27
3.4.2 Material vegetal	27
3.4.3 Diseño experimental	28
3.4.4 Parámetros estudiados	29
3.4.5 Análisis de los datos	29
3.5 Crecimiento de <i>Portulaca oleracea</i> L. sometida a tres niveles de radiación.....	30
3.5.1 Tratamientos de radiación	30
3.5.2 Material vegetal	30
3.5.3 Parcela experimental y condiciones de cultivo	30
3.5.4 Diseño experimental	32
3.5.5 Parámetros estudiados	33
3.5.6. Análisis de los datos	35
4 Resultados y discusión	36
4.1 Ensayo de obtención de planta mediante reproducción sexual	36
4.1.1 Emergencia de las plántulas.....	36
4.1.2 Crecimiento de las plántulas	37
4.2 Ensayo de propagación por esquejes de <i>Portulaca oleracea</i> subsp. <i>nitida</i> y <i>granulatostellulata</i>	40
4.2.1 Altura de la planta	40
4.2.2 Emisión de hojas.....	42
4.2.3 Floración	44

4.3 Crecimiento de <i>Portulaca oleracea</i> L. sometida a tres niveles de radiación.....	46
4.3.1 Crecimiento de <i>P. oleracea</i> L. 'Assem', obtenida en semillero a partir de semillas comerciales, sometida a tres niveles de radiación.	46
4.3.2 Crecimiento bajo tres niveles de radiación de <i>P. oleracea</i> L. subsp. <i>nitida</i> y subsp. <i>granulatozellulata</i> obtenidas a partir de esquejes de tallo de la población natural local.....	50
5 Conclusiones.....	54
Bibliografía.....	55

Índice de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1 Medias de temperaturas durante el ensayo.	25
Tabla 2 Medias de temperaturas durante el ensayo.	27
Tabla 3 Medidas de radiación PAR (μmol) de los tres tratamientos empleados.....	30
Tabla 4 Composición estiércol ecológico Agrimartin (FERTINAGRO NUTRIENTES S.L.).....	32
Tabla 5 Datos climáticos durante el periodo de ensayo.	32
Tabla 6 Porcentaje de plántulas de verdolaga emergidas a partir de semillas de la variedad Assem y de la población natural local, a lo largo de 22 días después de la siembra.....	36
Tabla 7 Altura en cm de las plántulas de verdolaga que crecieron a partir de semillas de la variedad Assem y la población natural de la zona, a los 8 y a los 22 días después de la siembra.	37
Tabla 8 Número de hojas verdaderas de las plántulas de verdolaga que crecieron a partir de semillas de la variedad Assem y la población natural de la zona.	38
Tabla 9 Altura media de las plantas de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes características (grosor de tallo y número de hojas) procedentes de la población natural formada por las subespecies nitida y granulatostellulata.....	40
Tabla 10 Altura media en cm de las plantas de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo procedentes de la población natural local, en función del grosor del esqueje inicial a lo largo de los 16 días del ensayo.....	41
Tabla 11 Altura media en cm de las plantas de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo procedentes de la población natural local, en función del número de hojas iniciales del esqueje, a lo largo de los 16 días del ensayo.	41
Tabla 12 Medias del número de hojas por planta de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes tratamientos (grosor de tallo y número de hojas) procedentes de la población natural formada por las subsp. nitida y granulatostellulata.	42
Tabla 13 Medias de número de hojas por planta de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes tratamientos (grosor de tallo) procedentes de la población natural formada por las subsp. nitida y granulatostellulata.....	42
Tabla 14 Medias de número de hojas por planta de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes tratamientos (número de hojas iniciales) procedentes de la población natural formada por las subsp. nitida y granulatostellulata.	43
Tabla 15 Número de plantas florecidas de la población natural local con diferentes tratamientos (grosor y número de hojas iniciales) a lo largo de los 16 días tras el esquejado..	44
Tabla 16 Número de plantas florecidas de la población natural local con diferentes tratamientos (grosor del tallo del esqueje) a lo largo de los 16 días tras el esquejado.	44
Tabla 17 Número de plantas florecidas de la población natural local con diferentes tratamientos (número de hojas iniciales) a lo largo de los 16 días tras el esquejado.	45
Tabla 18 Crecimiento de la parte aérea de plantas de verdolaga en tres radiaciones durante 32 días.	48
Tabla 19 Área foliar y producción de biomasa de plantas de verdolaga 'Assem' que crecieron durante 32 días en tres radiaciones.....	49
Tabla 20 Altura (cm) de las plantas de P. oleracea subsp. nitida y subsp. granulatostellulata que crecieron durante un mes bajo tres niveles de radiación.....	50

Tabla 21 Número de hojas por planta de verdolaga que crecieron bajo tres niveles de radiación, medidas durante los 12 primeros días del ensayo.....	50
Tabla 22 Crecimiento de plantas de verdolaga (subsp. nitida y granulatostellulata) bajo tres niveles de radiación.....	51
Tabla 23 Área foliar y producción biomasa de plantas de verdolaga silvestre que crecieron durante 32 días en tres radiaciones.....	52

Figuras

Figura 1 <i>P. oleracea</i> . Castroviejo <i>et al.</i> (eds.), Flora Ibérica (Real Jardín Botánico).	12
Figura 2 Producción de verdolaga en toneladas en Turquía y en México entre los años 1989 y 2012. Fuentes: Ministerio de Alimentación Agricultura y Ganadería, República de Turquía; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA, México.	13
Figura 3 Tipos climáticos en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Subsistema información CLIMA.	22
Figura 4 Semillas de <i>Portulaca oleracea</i> empleadas en los ensayos, a la izquierda semillas de la variedad Assem y a la derecha semillas recolectadas de la población natural en Chipiona, formada por las subespecies nitida y granulatostellulata.	23
Figura 5 Semillas de <i>P. oleracea</i> de la población natural de Chipiona, subespecies nitida y granulatostellulata.	24
Figura 6 Esquejes de verdolaga. Arriba: grosor de tallo < 5 mm, 6 hojas. Abajo: grosor de tallo < 5 mm, 4 hojas.	28
Figura 7 Esquejes de verdolaga. Arriba: Grosor de tallo > 5 mm, 6 hojas. Abajo: grosor de tallo > 5 mm, 4 hojas.	28
Figura 8 Ensayo de propagación vegetativa por esquejado de <i>P. oleracea</i> subsp. nitida y subsp. granulatostellulata.	28
Figura 9 Túneles ensayo de radiación sobre <i>P. oleracea</i>	31
Figura 10 Estructura de los túneles de sombreo.	31
Figura 11 Plano ensayo de radiación.	33
Figura 12 Velocidad de germinación (porcentaje de plantas emergidas/días desde la siembra) de semillas de verdolaga de la variedad Assem y la población natural de Chipiona a lo largo de 22 días desde la siembra.	37
Figura 13 Semillas de <i>Portulaca oleracea</i> empleadas en los ensayos, a la derecha semillas de la variedad Assem y a la izquierda semillas recolectadas de la población natural en Chipiona, formada por las subespecies nitida y granulatostellulata.	39
Figura 14 Tasa de producción de hojas (hojas/planta día) de las plantas de verdolaga, obtenidas a partir de esquejes de la población silvestre en Chipiona, entre los días 9 y 16 después del esquejado.	44
Figura 15 Altura de las plantas de verdolaga 'Assem' que crecieron durante un mes bajo tres niveles de radiación.	46
Figura 16 Número de hojas de las plantas de verdolaga 'Assem' que crecieron durante un mes bajo tres niveles de radiación.	47
Figura 17 Número de plantas de verdolaga perdidas a lo largo de los 32 días bajo tres niveles de radiación.	48
Figura 18 Pudrición de raíces en planta de <i>P. oleracea</i> de la población natural, cultivada con bajo el 15% de la radiación incidente.	51

Resumen

La verdolaga (*Portulaca oleracea* L. Portulacaceae) es una planta herbácea anual, comúnmente presente en nuestros campos de cultivo como adventicia, pero que ha demostrado ser una valiosa fuente de nutrientes, rica en ácidos grasos $\omega 3$ y con numerosas propiedades medicinales. Dichas propiedades, unidas a su facilidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas dotan a esta planta de un gran potencial como cultivo, tanto para consumo en fresco como para la elaboración de complementos alimenticios.

Con objeto de profundizar en el conocimiento acerca de las características de la planta *Portulaca oleracea*, en relación a su cultivo en nuestra zona y a su propagación tanto sexual como vegetativa, se llevaron a cabo 3 ensayos, un ensayo en campo en el que se cultivaron plantas bajo tres niveles de radiación y dos ensayos de propagación en los que se estudió tanto la obtención de planta por semilla como por esquejado de tallo. Los ensayos tuvieron lugar en la parcela experimental de Ecoherencia SCA, en el término municipal de Chipiona. Como material vegetal se emplearon semillas de la variedad comercial Assem y de la población natural local, formada por las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*.

Se comprobó una mejor disposición de las semillas de “Assem” frente a las de la población natural para la obtención de plántulas por propagación sexual. Se evidenció la viabilidad de la propagación de *P. oleracea* mediante reproducción vegetativa por esquejado de tallo, obteniéndose el 100% de enraizamiento. En cuanto a los estudios de radiación, el tratamiento con el 50% de la radiación incidente resultó ser el más adecuado entre los estudiados (15%, 50% y 100%), para el cultivo de verdolaga, atendiendo al crecimiento, desarrollo y cosecha del cultivo.

1 Introducción

Este trabajo nace del interés de la cooperativa andaluza Ecoherencia por fomentar el conocimiento acerca de las plantas multifuncionales, aquellas que sirven de alimento, medicina, acompañantes en el huerto, ingredientes de biopreparados... además de embellecer nuestros jardines y atraer a polinizadores y demás fauna auxiliar. Con el uso, cultivo y recolección de estas plantas, que podemos encontrar fácilmente en nuestro entorno, se contribuye a aumentar la biodiversidad agrícola, mejorando nuestra salud y la del planeta.

1.1 Las plantas silvestres comestibles

Existen en nuestro entorno numerosas plantas con las que podemos estar familiarizados, pero a las que no vemos como los valiosos recursos alimenticios y económicos que son.

El ser humano evolucionó con una dieta basada en plantas silvestres que le proveía de cantidades equilibradas de ácidos grasos $\omega 3$ y $\omega 6$ (Simopoulos, 2004). Las plantas silvestres comestibles fueron importantes recursos alimenticios para los primeros agricultores europeos, debido a que su composición mineral es adecuada y el valor nutricional de estas especies es alto (Guil *et al*, 1998). En la Península Ibérica el consumo de vegetales solía incluir numerosas especies silvestres, que eran (y en algunos casos siguen siendo) tradicionalmente recolectadas y consumidas de diferentes formas (Martins *et al*, 2011). La globalización y modernización de la agricultura ha tenido como resultado la simplificación de la dieta y la dependencia de unos pocos cultivos básicos. Esto suele provocar dietas desequilibradas y déficits nutricionales. Incluir vegetales silvestres en la dieta es la forma más práctica y sostenible de conseguir los micronutrientes que son necesarios para nuestra salud (Flyman y Afolayan, 2006).

En muchas zonas del planeta, especialmente en las más empobrecidas, las plantas silvestres siguen siendo aprovechadas por muchas familias como alimento o recurso económico (Dovie *et al*, 2006); además, debido al incremento de la concienciación acerca de las ventajas de una dieta saludable y de los problemas que generan los grandes monocultivos (pérdida de biodiversidad, deforestación, fuerte dependencia de agroquímicos...) el consumo de estas especies está aumentando en todo el mundo y en algunos lugares aún se conservan los usos tradicionales (Guil *et al*, 1998).

Es conocido que los vegetales de hoja verde proporcionan vitaminas antioxidantes, minerales y varios fitoquímicos con propiedades antioxidantes (Simopoulos, 2004). Es importante identificar y conocer el valor de estas especies, ya que contribuyen al mantenimiento de la soberanía alimentaria y la biodiversidad (Dovie *et al*, 2006), conocer los usos y la variedad de plantas silvestres comestibles puede aportarnos

nuevas opciones culinarias, nuevos sabores y posibles fuentes de ingresos alternativas (Clements, 1998). Además, las plantas silvestres son materias primas de las que obtener sustancias saludables (Stroescu *et al*, 2013). Es interesante potenciar el consumo de estas plantas y/o su adaptación a la agricultura (Dovie *et al*, 2006). Su cultivo puede permitir incrementar la producción de plantas comestibles ricas en ácidos grasos $\omega 3$ y antioxidantes, los cuales contribuyen a disminuir el riesgo de enfermedades crónicas (Simopoulos, 2004).

1.2 La verdolaga

De entre todas estas plantas silvestres comestibles destaca la verdolaga, por sus escasos requerimientos y su alto potencial nutritivo y medicinal, como fuente de ácido graso α -linolénico y β -caroteno (Liu *et al*, 2000).

1.2.1 Descripción botánica

La verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) es una planta herbácea anual, de la familia *Portulacaceae*. Presenta raíz axonomorfa, de hasta 40 cm. Los tallos ramificados, que pueden alcanzar hasta 60 cm de longitud, son postrados, formando rosetas cuando la planta crece en espacio abierto, a baja densidad y con fuerte iluminación, y erectos en la situación inversa, son de color verde o marrón, mostrando colores rojos en situaciones de estrés. Las hojas son oblongas, obovadas, sésiles, alternas o subopuestas, aglomeradas bajo las flores. Toda la planta es glabra y succulenta. Flores reunidas en grupos de 3 o 5, en las axilas de los tallos o en los extremos apicales, poseen 5 pétalos pequeños (6-8 mm), de color amarillo, y dos sépalos. El fruto es un pixidio con dehiscencia ecuatorial, contiene numerosas semillas, pequeñas, negras y brillantes (Tapia y Rita, 1983; Castroviejo, 1986-2012; Blanca *et al*, 2009).



Lám. 137. *Portulaca oleracea* subsp. *oleracea*, Odláxero, Algarve (MA 29605). a) hábito; b) hoja; c) cima floral; d) flor escitogama; e) sección de una flor escitogama; f) flor abierta mostrando la corola; g) pixidio abriéndose.

Figura 1 *P. oleracea*. Castroviejo *et al*, (eds.), Flora Ibérica (Real Jardín Botánico).

Las subespecies silvestres en la zona de Chipiona que han sido empleadas para este estudio, han sido identificadas según la clave de Danin *et al* (1978) como *nitida* y *granulatostellulata*:

Subespecie **nitida**: Diámetro máximo de las semillas 0,65-0,85 mm; testa de las caras laterales lisa y brillante, con células epidérmicas planas, sin tubérculos ni papilas; las del dorso, sin embargo, pueden presentar papilas o tubérculos. $2n = 36$. Habita cultivos

y baldíos, probablemente nativa de Norteamérica y naturalizada en África, Europa y el Oeste de Asia.

Subespecie **granulatostellulata** (Poelln.): Diámetro máximo de las semillas 0,65-0,85 mm; células epidérmicas de la testa de las caras laterales con papilas en los extremos de los lóbulos o con papilas, o tubérculos aparentemente intercelulares, distribuidas irregularmente. $2n = 36$. Según Danin *et al* (1978) habita cultivos y baldíos, es subcosmopolita, de origen incierto. Se encuentra dispersa por toda la Península y podría ser una subespecie naturalizada.

1.2.2 Composición

El mayor componente de la planta es agua, 90.5% en los tallos y 91.8% en las hojas, el contenido graso varía entre el 0.11% y el 0.57%. Se han encontrado 27 ácidos grasos en las hojas, siendo el ácido linolénico el más abundante (27.7-39.14%), seguido del palmítico (19.3%-24.3%) y el oleico (11.6%-19.5%). Contiene 5 ácidos orgánicos: fumárico, cítrico, málico (los tres poseen propiedades beneficiosas para la salud), aconítico y oxálico (éste último perjudicial para el organismo), y dos ácidos fenólicos, con propiedades antioxidantes (Oliveira *et al*, 2009).

1.2.3 Consumo y producción

El consumo de verdolaga (*Portulaca oleracea* L., Portulacaceae) como verdura o como ingrediente de sopas y ensaladas está ampliamente extendido por países del área mediterránea, América Latina y Asia tropical. Actualmente existe un interés renovado en el cultivo de verdolaga desde que fue identificada como una de las mejores fuentes vegetales del ácido graso $\omega 3$ α -linolénico. (Palaniswamy *et al*, 2002). Algunos de los principales estados productores de verdolaga son Sudán, donde se cultivan unas 3000 ha (El Jack, 2004), Turquía y México (Figura 2).

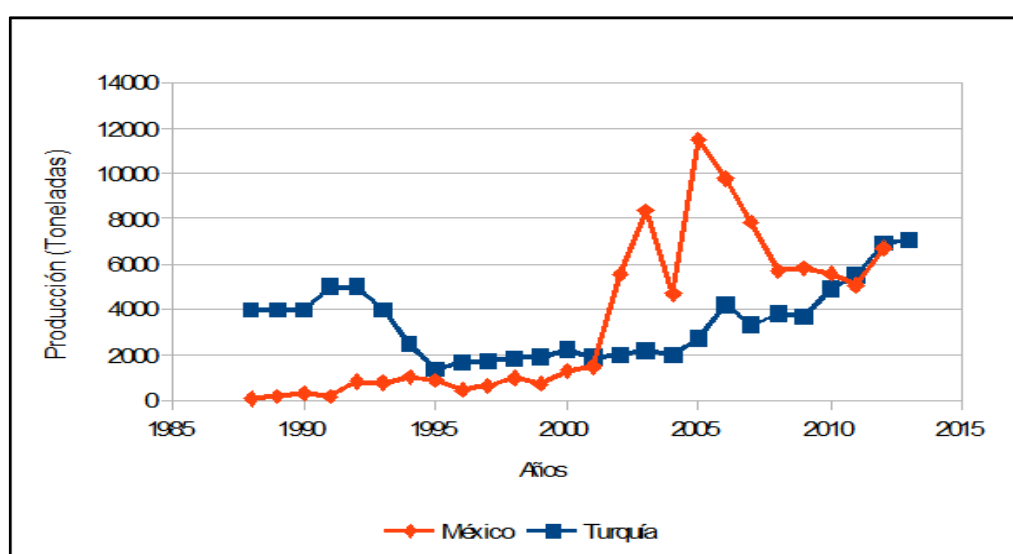


Figura 2 Producción de verdolaga en toneladas en Turquía y en México entre los años 1989 y 2012. Fuentes: Ministerio de Alimentación Agricultura y Ganadería, República de Turquía; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA, México.

1.3 Ácidos grasos ω 3

Los ácidos grasos ω 3 son un grupo de ácidos grasos poli-insaturados que son esenciales para el normal crecimiento y desarrollo del ser humano, ya que nuestro organismo no puede sintetizarlos, y juegan un importante papel en la prevención y tratamiento de numerosas enfermedades (Simopoulos, 2004). Concretamente, *P. oleracea* es rica en ácido α -linolénico, que es precursor de un grupo específico de hormonas (prostaglandinas) y protege contra enfermedades cardiovasculares, cánceres y numerosas enfermedades crónicas (Philipson *et al*, 1985).

La actual dieta occidental presenta en gran desequilibrio en cuanto a la relación de ácidos grasos ω 6/ ω 3, que se sitúa en un rango de 10-20:1 (Simopoulos, 2004) mientras que la ratio recomendada oscila entre 1:1 y 10:1, según autor/a, y la recomendación para aplicaciones terapéuticas está entre 1:1 y 4:1. Las semillas de *P. oleracea* pueden ser consideradas una fuente saludable de ácidos grasos poli-insaturados y éstos presentan una ratio ω 6/ ω 3 dentro del rango recomendado por los especialistas en nutrición y terapia (Stroescu *et al*, 2013).

P. oleracea tiene un gran potencial en el desarrollo de nuevas fuentes vegetales de ácidos grasos ω 3. Como fuente considerable de aceites ω 3, *P. oleracea* puede aportar grandes beneficios a la salud, especialmente en dietas vegetarianas y es un excelente sustituto del pescado (Yan *et al*, 2009).

1.4 Propiedades medicinales

Portulaca oleracea es bien conocida en la medicina tradicional en numerosos países, estando incluida en la farmacopea China, donde es usada como febrífugo, diurético, antiséptico, antiespasmódico y vermífugo (Xiang *et al*, 2005).

1.4.2 Antioxidante

Además, la verdolaga es una excelente fuente de vitaminas antioxidantes α -tocoferol, ácido ascórbico y β caroteno, así como glutatión y es rica en aminoácidos esenciales (Dkhil *et al*, 2011). La actividad antioxidante ayuda a prevenir numerosas enfermedades (Moneim, 2013) lo que hace a esta planta susceptible de ser utilizada para elaborar alimentos funcionales, sirviendo de materia prima rica en antioxidantes y de bajo coste económico (Erkan, 2012). La verdolaga es un prometedor producto natural que podría ser útil en la prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y otras enfermedades crónicas causadas por el estrés oxidativo. Es beneficiosa para los tejidos hepático, renal y testicular, además tiene propiedades antioxidantes y valor nutritivo (Dkhil, 2011).

1.4.3 Anticancerígeno

Son relevantes los hallazgos que se están haciendo en la lucha contra el cáncer empleando extractos de *P. oleracea*, este efecto anticancerígeno podría estar asociado a sus propiedades inmunoestimulantes (Shen *et al*, 2012). *P. oleracea* contiene abundantes catecolaminas, noradrenalina y dopamina, que han demostrado ser los principales componentes bioactivos; la noradrenalina es un modulador del sistema inmunitario y posee propiedades anticancerígenas (Chen *et al*, 2003). La verdolaga posee en su composición polisacáridos que inhiben el crecimiento de las células cancerosas del carcinoma cervical, esta sustancia podría ser utilizada como un potencial agente terapéutico contra el cáncer (Zhao *et al*, 2013), también se han identificado 4 homoisoflavonoides llamados portulacanonos A-D presentes en la parte aérea de *P. oleracea* junto con otros 9 metabolitos conocidos. Tres de estos homoisoflavonoides muestran citotoxicidad contra cuatro líneas celulares de cáncer humano (Yan *et al*, 2012). Además de su efecto anticancerígeno el extracto de *P. oleracea* disminuye los efectos adversos de la quimioterapia sobre los tejidos vivos (Sudhakar *et al*, 2010).

1.4.4 Antidiabético

Las semillas de *P. oleracea* pueden ser una ayuda efectiva y segura en el tratamiento de la diabetes tipo 2, ya que provocan un notable efecto hipoglucémico e hipolipídico y reduce la resistencia a la insulina, lo que posiblemente es debido a su contenido en ácidos grasos poli-insaturados, flavonoides y polisacáridos (El-Sayed, 2011).

1.4.5 Neuroprotector

Estudios recientes demuestran que a partir de *P. oleracea* pueden desarrollarse agentes neuroprotectores para el tratamiento de enfermedades neurovasculares (Wanyin *et al*, 2012), que podrían emplearse en la fabricación de medicamentos neurofarmacológicos por los efectos que produce en el sistema nervioso (Radhakrishnan *et al*, 2001). El uso de verdolaga como complemento a los tratamientos convencionales puede mejorar las condiciones psicológicas en pacientes crónicos de esquizofrenia (Parvin *et al*, 2013). También puede ser útil contra la neurotoxicidad inducida por toxinas medioambientales, habiendo claras evidencias de que la verdolaga posee una prometedora capacidad de combatir los daños neurodegenerativos causados por la rotenona (Al-Quraishy *et al*, 2012).

1.4.6 Otras propiedades medicinales

Estudios farmacológicos han demostrado las propiedades analgésicas y anti-inflamatorias del extracto en fresco de *P. oleracea sativa* (Chan *et al*, 2000) y se ha demostrado el efecto anticonceptivo que produce el consumo de extracto de *P. oleracea*, este extracto podría usarse para desarrollar anticonceptivos sin efectos secundarios y de bajo coste (Londonkar y Nayaka, 2013).

1.5 Ácido oxálico

A pesar de su valor nutritivo para la dieta humana, la aceptación de la verdolaga como verdura está limitada por el contenido de ácido oxálico y los efectos nocivos de esta sustancia para la salud. Un elevado consumo de ácido oxálico puede favorecer la formación de cálculos renales y carencias de hierro y calcio (Palaniswamy, 2002).

1.6 Otras aplicaciones

1.6.1 Alimentación animal

Más allá de sus numerosas propiedades nutricionales y terapéuticas para los humanos, la verdolaga parece ser interesante en el ámbito de la alimentación animal en ganadería. Aydin y Dogan (2010) afirman que añadiendo verdolaga seca a la dieta de las gallinas ponedoras se incrementa significativamente la producción de huevos y el peso de los mismos. La inclusión de verdolaga en la dieta enriquece los huevos con ácidos grasos $\omega 3$ y disminuye la ratio $\omega 6 / \omega 3$ en la yema. Existe controversia en cuanto a la idoneidad de esta planta para la alimentación de rumiantes, según Kazemi *et al* (2009) es una interesante alternativa como planta forrajera y una valiosa fuente de nutrientes para rumiantes mientras que Obied *et al* (2003) sostienen que resulta tóxica para pequeños rumiantes, causando graves trastornos y enfermedades cuando se suministra diariamente en grandes cantidades debido a su contenido en antraquinona y cumarina. Tiene un gran potencial en acuicultura (Simopoulos, 2005).

1.6.2. Regeneración de ecosistemas

P. oleracea también tiene aplicaciones en la regeneración de ecosistemas ya que es capaz de detoxificar biotoxinas como la micocistina-LR de un medio acuático, transformándola en compuestos de baja toxicidad (Isobe *et al*, 2013) y posee la habilidad de eliminar derivados del bisfenol de medios acuáticos. Esta capacidad descontaminante unida a sus posibilidades como ornamental, hacen de *Portulaca oleracea* una planta prometedora en el campo de la “fitorremediación” (Okuhata *et al*, 2013).

1.6.3 Agricultura y jardinería

La verdolaga además puede utilizarse en jardinería, ya que existen cultivares ornamentales que presentan una floración vistosa. En agronomía puede resultar interesante cultivarla como *mulching* viviente, el establecimiento de acolchado vivo con plantas de *Portulaca oleracea* proporciona mejores resultados que otros acolchados convencionales en cultivos como el brócoli (Ellis *et al*, 2000), en condiciones de salinidad se ha demostrado que el cultivo de verdolaga como planta acompañante disminuye la absorción de Na por parte de cultivos como el tomate (Graifenberg, 2003). De esta forma, la verdolaga puede suponer, además de beneficios para otros cultivos, un recurso extra para el agricultor.

1.7 Requerimientos de cultivo

Respecto a los requerimientos de cultivo de la *P. oleracea* la bibliografía es escasa, 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 incrementar la investigación para determinar las técnicas más adecuadas para esta especie, que permitan mejorar la producción. Aunque es ampliamente conocido que *P. oleracea* está adaptada a diferentes ambientes y condiciones, posee una fuerte resistencia a la sequía y la capacidad de crecer en condiciones de estrés salino (Kafi y Rahimi, 2011; Ren *et al.*, 2011; Yan *et al.*, 2009). Tiene necesidades hídricas inferiores a las del maíz y similares o inferiores a las del sorgo, su cultivo en secano puede ocupar zonas de precipitaciones moderadas, de 150 a 200 mm de mayo a septiembre (Tapia y Rita, 1983).

Es necesario un mayor conocimiento de las condiciones de cultivo óptimas de la verdolaga. En nuestro país su aprovechamiento se ha basado principalmente en la recolección de planta silvestre. Los estudios existentes se centran en su caracterización como una planta adventicia, no deseada, de modo que no existen apenas estudios centrados en su agronomía como cultivo.

1.7.1 Cultivo hidropónico

A pesar de ser una planta conocida por su resistencia a la sequía, 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. Siendo la turba el sustrato más adecuado para este tipo de cultivo (Lara, 2008).

1.7.1.1. Reducción del ácido oxálico

Se ha demostrado que la relación entre el contenido de ácido oxálico y la concentración de amonio en la solución nutritiva es inversamente proporcional. Un 75% de $\text{NH}_4^+\text{-N}$ en la solución nutritiva disminuye hasta un 40% el contenido de ácido oxálico respecto a las plantas que crecen en una solución sin amonio (Palaniswamy *et al.*, 2002). Aumentando el amonio y reduciendo el nitrato disminuye significativamente el ácido oxálico y aumenta significativamente el tocoferol y el ácido málico y no tiene efecto sobre los ácidos grasos y el ácido ascórbico aunque se reduce la producción de biomasa (Szalai *et al.*, 2010).

1.8 Propagación

La propagación es la multiplicación de plantas realizada por el ser humano de modo que se conserven las características correspondientes de las plantas madres en la descendencia. Para ello se utilizan procesos de reproducción sexual y asexual. La propagación sexual implica recombinación genética, requiere la formación de gametos seguida por la fecundación, que en los espermatofitos da lugar a la producción de semillas sexuales. Por el contrario, la propagación asexual está basada en la

reproducción a partir de órganos o fragmentos vegetativos que pueden originarse naturalmente mediante estructuras especializadas como estolones, propágulos, etc., o ser provocada artificialmente, como el estaquillado (SECH, 1998).

La producción y la calidad de un cultivo dependen en gran medida del material vegetal empleado y de un proceso de propagación adecuado, siendo muy importante conocer las mejores prácticas de obtención de planta para el cultivo.

La reproducción de la verdolaga ha sido estudiada por su faceta como planta adventicia en otros cultivos, constatando que, además de por semillas, la verdolaga puede reproducirse mediante fragmentos de tallo. Es necesaria la presencia de nudos en los esquejes para la supervivencia de los mismos (se obtuvieron medias de 70% enraizamiento de estaquillas desprovistas de hojas), dicha supervivencia aumenta si los esquejes conservan hojas (alcanzando el enraizamiento del 90% de las estaquillas), y la producción de hojas de las plantas propagadas aumenta en función de las hojas iniciales del esqueje (Proctor, 2011).

En cuanto a la germinación, las semillas de *P. oleracea* presentan una fuerte dependencia de la irradiación y no presentan dormición. Según el estudio realizado por Ferrari y Leguizamón (2006) para *Portulaca oleracea*, biotipo Zavalla, esta especie es capaz de germinar en un rango muy amplio de temperaturas (25 y 42º C). Los autores observaron una germinación mayor del 90% con temperatura constante y luz con 7 tratamientos de temperatura: 25, 27, 30, 35, 38, 40 y 42º C.

1.9 Radiación

La radiación solar es la fuente de energía usada por las plantas en el proceso de fotosíntesis mediante el cual producen materia vegetal, creciendo y desarrollándose. La parte de la radiación solar que es útil para la fotosíntesis de las plantas se denomina radiación fotosintéticamente activa o PAR (iniciales de la expresión en inglés) (Castilla, 2001). La intensidad de la radiación afecta al crecimiento y desarrollo de las plantas autótrofas. La calidad y la periodicidad de la luz influyen en el desarrollo de las plantas porque estimulan o reprimen la germinación, la floración, los movimientos de la planta y otros fenómenos. La percepción del estímulo luminoso se produce mediante un fotorreceptor adecuado como la clorofila, el caroteno o el fitocromo, que son sensibles a diferentes longitudes de onda (Baruch y Fisher, 1988).

Existen plantas adaptadas a diferentes intensidades de radiación. Las plantas C3 toleran menores intensidades y temperaturas que las C4, cuyo sistema fotosintético no se satura. *P. oleracea* realiza el metabolismo C4, aunque se ha constatado que en situaciones de estrés puede transformarlo a CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas), lo que la capacita para desarrollarse en ambientes secos y calurosos (Lara *et al*, 2004).

Normalmente existe una relación directa entre la cantidad de radiación solar que un cultivo ha recibido y la cosecha que podemos obtener de él si lo cultivamos correctamente (Hernández *et al*, 2001). Pero en nuestras latitudes, en los periodos más calurosos, la exposición del cultivo a pleno sol puede originar un exceso de radiación, que aumenta la evapotranspiración, pudiendo provocar un déficit hídrico en la planta; además, pueden originarse temperaturas excesivamente elevadas, perjudiciales para la producción. En Chipiona, durante los meses de verano se alcanzan altas temperaturas, llegando a superar puntualmente los 40°C, y la humedad relativa del aire cae hasta el 40% cuando sopla viento de levante; en el mes de agosto se produce un déficit hídrico de 123.8 mm según los datos de la estación agroclimática del centro IFAPA de Chipiona.

Estos efectos adversos pueden paliarse empleando sistemas de sombreo. El sombreo tiene como finalidad reducir la radiación solar que recibe la planta y con ello disminuir la temperatura de la planta, disminuyendo su evapotranspiración (Callejón, 2003). Con una elevada radiación solar, la temperatura de la planta y por tanto la evapotranspiración de ésta puede ser tan alta que el suministro de agua que perciba a través de las raíces no sea suficiente para reponer la cantidad transpirada.

Es interesante concretar los niveles de iluminación adecuados para el cultivo de verdolaga en nuestra zona, ya que un exceso de radiación puede provocar que la biomasa de las plantas se concentre en las raíces en lugar de en la parte aérea y, por otro lado, un déficit de iluminación puede provocar inhibición del crecimiento (Páez *et al*, 2007).

La intensidad de la luz puede afectar el contenido en ácidos grasos de la verdolaga y así su valor nutricional. Palaniswamy *et al* (2001) estudiaron la variación del contenido en ácido α -linolénico en verdolaga observando que la intensidad de la radiación fotosintética puede ser manipulada con iluminación suplementaria en invierno o sombreo durante el verano para mejorar el contenido en ácido α -linolénico en las hojas de *P. oleracea*.

1.10 Densidad de plantación

Fernández *et al* (2007) comparó diferentes densidades (3200, 6800 y 10200 plantas/m²) en cultivo hidropónico, comprobando que la mayor densidad de plantación produce plantas con menor altura y mayor número de hojas, siendo en principio más adecuadas para la comercialización como producto de IV gama, además, *P. oleracea* cultivada a alta densidad posee mayor eficiencia hídrica y producciones elevadas.

Tapia y Rita (1983) proponen densidades iniciales de unas 2000 plantas/m² para obtener poblaciones adultas entre 200 y 500 plantas/m² con densidades óptimas para éste cultivo como planta forrajera.

1.11 Recolección y comercialización

El momento óptimo de recolección depende del uso al que vaya a destinarse la planta. Las concentraciones de lípidos totales y ácidos grasos aumentan con el desarrollo, así como la ratio $\omega 6/\omega 3$, aunque esta puede alcanzarse a los 20 días después del trasplante (Palaniswamy *et al*, 2001; Mortley *et al*, 2012). No obstante, para la comercialización para consumo en fresco es importante que la recolección se produzca antes de la floración para obtener un producto de calidad.

La planta puede adaptarse bien a la comercialización ya que no es sensible al frío y puede almacenarse con éxito a bajas temperaturas (0 – 5 °C) hasta 13 días y produce muy poca cantidad de etileno, sustancia que afecta a la calidad del producto cuando éste se almacena a temperaturas cercanas a 15 °C, no causando daños cuando se almacena a temperaturas bajas (0° C) (Rinaldi *et al*, 2010).

2 Objetivos

Por sus múltiples propiedades y aplicaciones, y su adaptabilidad a diferentes ambientes y condiciones resulta de interés profundizar en las prácticas culturales idóneas para la producción comercial de *Portulaca oleracea* L.

De este modo los objetivos que persigue este trabajo son:

- Observar la propagación sexual de la variedad comercial Assem y la población natural (*P. oleracea* subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata*).
- Estudiar la adaptación de la población natural de verdolaga ubicada en el T.M. de Chipiona (*P. oleracea* subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata*) a la propagación vegetativa, a partir de esquejes de tallo.
- Evaluar el desarrollo, crecimiento y producción bajo tres niveles de radiación lumínica de *Portulaca oleracea* L. variedad Assem y de la población natural ubicada en el T.M. de Chipiona, formada por dos subespecies (*P. oleracea* subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata*).

3 Material y Métodos

Con objeto de profundizar en el conocimiento acerca de las características de la planta *Portulaca oleracea*, en relación a su cultivo en nuestra zona y a su propagación tanto sexual como vegetativa, se llevaron a cabo 3 ensayos. Un ensayo en campo en el que se cultivaron plantas bajo tres niveles de radiación y dos ensayos de propagación en los que se estudió tanto la obtención de planta por semilla como por esquejado de tallo.

3.1. Localización de los ensayos y descripción del ambiente

3.1.1.- Localización

Los ensayos se realizaron en una parcela experimental de Ecoherencia SCA, situada en el término municipal de Chipiona, en la comarca Costa Noroeste. Las coordenadas geográficas de la parcela son: Latitud: 36º 45' 34" N, Longitud: 6º 24' 31" O.

3.1.2 Clima

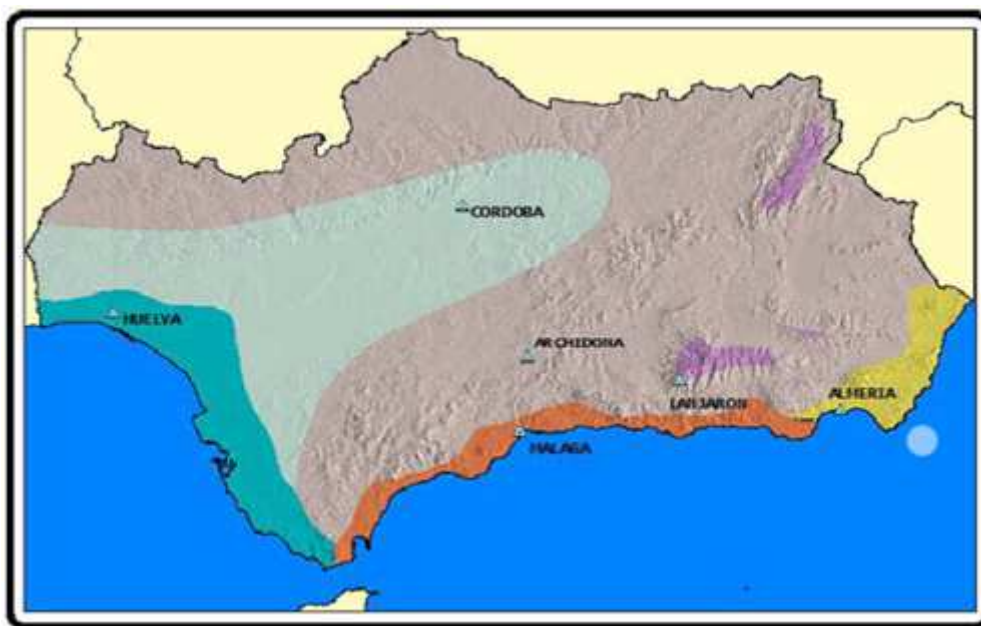


Figura 3 Tipos climáticos en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Subsistema información CLIMA; Azul turquesa: mediterráneo oceánico; Azul claro: clima mediterráneo semi-continental de veranos cálidos; Naranja: mediterráneo subtropical; Amarillo: subdesértico; Rosa claro: mediterráneo semi-continental de inviernos fríos; Violeta: clima de montaña.

Según la clasificación del Subsistema de información CLIMA de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (Figura 3), el clima de Chipiona puede considerarse como mediterráneo oceánico, clima que afecta a toda la costa atlántica andaluza. La

influencia del océano suaviza el clima, reduce la amplitud térmica, atemperando los inviernos, situando la temperatura media anual por encima de los 10°C, y la de los veranos en torno a los 25°C, en los que sólo en ocasiones excepcionales se superan los 40°C de máxima. Las precipitaciones medias se encuentran entre los 500 y 600 mm anuales, quedando muy marcados los periodos de sequía estival y de abundantes lluvias invernales. La elevada insolación es una característica destacable, llegando a superar las 3000 horas de sol anuales.

3.1.3 Suelo

Los suelos de la zona se clasifican según el mapa de suelos de Andalucía como arenosoles álbicos, cambisoles húmicos y gleysoles dístricos:

Los arenosoles son suelos de textura arenosa hasta una profundidad de 50 a 100 cm. Los arenosoles álbicos están constituidos por sedimentos arenosos profundos del pleistoceno. Aparecen sobre dunas recientes, lomas de playas y llanuras arenosas. La asociación con cambisoles húmicos y gleysoles dístricos, posee un nivel freático alto, textura arenosa, buena profundidad y reacción ligeramente ácida, con un contenido en materia orgánica relativamente baja. Este tipo de suelos se extiende por toda la zona costera, desde Sanlúcar de Barrameda hasta Rota.

3.2 Material vegetal

El material vegetal empleado en los ensayos tuvo dos orígenes diferentes. Por un lado se utilizó semilla comercial de la variedad Assem, proveniente de una casa de semillas de Turquía (ASGEN Tarim Ticaret A.S., Estambul). Y por otro se empleó material de propagación (semillas y esquejes) obtenidos de la población natural que crece de forma silvestre en la parcela de Ecoherencia SCA y alrededores, en el término municipal de Chipiona.



Figura 4 Semillas de *Portulaca oleracea* empleadas en los ensayos, a la izquierda semillas de la variedad Assem y a la derecha semillas recolectadas de la población natural en Chipiona, formada por las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*.

La población silvestre se identificó mediante la clasificación de las semillas recolectadas según las claves de Danin *et al* (1978) que aparece en Flora Ibérica, determinándose que dicha población está formada por una mezcla de dos subespecies: *P. oleracea* subsp. *nitida* y *P. oleracea* subsp. *granulatostellulata*.

Según Danin *et al* (1978) ambas subespecies pueden encontrarse en la provincia de Cádiz, lo que reafirma la idea de que se trata de las subespecies que forman nuestra población natural.

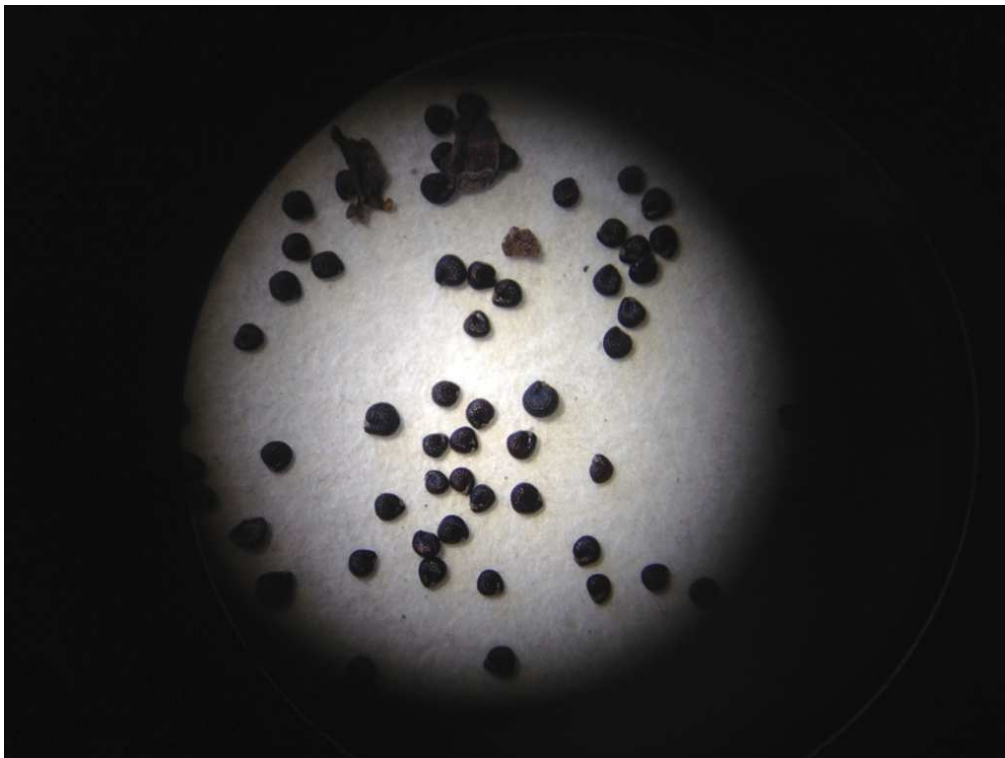


Figura 5 Semillas de *P. oleracea* de la población natural de Chipiona, subespecies *nitida* y *granulatostellulata*.

3.3 Ensayo de obtención de planta mediante reproducción sexual

Para conocer la velocidad de germinación y el desarrollo de las plántulas en sus estadios iniciales, se realizó un ensayo de propagación de dos muestras diferentes de semillas de *P. oleracea*, una variedad comercial y la población silvestre de la zona.

3.3.1 Vivero y condiciones de cultivo

El ensayo se realizó en el vivero de Ecoherencia SCA, situado al aire libre, parcialmente cubierto por malla de sombreo, y ubicado en el término municipal de Chipiona.

Para realizar el ensayo se utilizaron bandejas de alveolos de poliestireno termoconformado. Se empleó sustrato vegetal enriquecido con humus de lombriz (80% turba rubia y 20% humus de lombriz (PRONATUE S.L.)) mezclado con arena de la parcela al 50%.

Las tres bandejas semillero fueron colocadas en una bandeja de riego de 100 x 110 cm. El riego se realizó por inundación con agua procedente de la red de distribución municipal.

Las temperaturas medias diarias durante el periodo se muestran en la tabla 1:

Tabla 1 Medias de temperaturas durante el ensayo.

Fuente: Estación Climatológica Centro IFAPA Chipiona.

Temperatura máxima	25.07± 2.72 °C
Temperatura media	19.42 ± 1.28 °C
Temperatura mínima	14.05 ± 2.34 °C

3.3.2 Material vegetal

Se emplearon semillas de la variedad Assem y semillas recolectadas de una población natural formada por plantas silvestres de las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*.

La siembra se realizó el día 7 de octubre (día del año (DDA) 280), de forma manual, depositando la semilla superficialmente, sin cubrir, debido a las necesidades de radiación que tiene esta especie para germinar (Ferrari y Laguizamón, 2006). En cada alveolo se colocó 1 semilla.

3.3.3 Diseño experimental

Se establecieron tres bloques, formados por una bandeja de alveolos cada uno, cada bandeja se dividió en dos, y cada parte fue sembrada con una de las muestras de semillas. Los tratamientos se distribuyeron dentro de cada bloque de forma aleatoria, lanzando una moneda al aire.

3.3.4 Parámetros estudiados

Se muestrearon un total de 54 individuos, 27 por variedad.

- **Emergencia de las plántulas:** se contabilizó el número de plantas emergidas durante un periodo de 22 días después de la siembra (DDS), se realizaron 5 medidas en los primeros 8 DDS, y una medida más a los 22 DDS.
- **Altura de planta:** se midió el crecimiento de la altura de la plántula en centímetros (cm) desde el suelo hasta su parte más alta. Se realizaron dos medidas, los días 15 y 29 de octubre de 2013 (8 y 22 días después de la siembra).
- **Número de hojas verdaderas:** se contabilizó el número de hojas verdaderas desarrolladas por cada planta. Se realizaron dos medidas, los días 15 y 29 de octubre de 2013 (8 y 22 días después de la siembra).

3.3.5 Análisis de los datos

Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza. El test de comparación de medias utilizado fue la mínima diferencia significativa (MDS) para un nivel de confianza del 95%.

3.4 Ensayo de propagación por esquejes de *Portulaca oleracea* subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata*.

Para estudiar el proceso de obtención de planta mediante esquejes de tallo se llevó a cabo un ensayo de propagación vegetativa.

3.4.1 Vivero y condiciones de cultivo

El ensayo se realizó en el vivero de Ecoherencia SCA, situado al aire libre, parcialmente cubierto por malla de sombreo, y ubicado en el término municipal de Chipiona.

Para la propagación se utilizaron macetas de plástico con forma de tronco de cono de 0,2 l de capacidad. Se empleó sustrato comercial ecológico a base de turba, con las siguientes características según fabricante:

- Materia orgánica 74,5
- pH: 5-7.
- Conductividad: 134 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Densidad aparente: 220-250 kg/m^3

Las macetas se colocaron en bandejas con lecho de grava, el riego se realizó por inundación con agua procedente de la red de distribución municipal.

El ensayo se puso en marcha el 28 de agosto de 2013. Las medias de las temperaturas durante el periodo de ensayo se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2 Medias de temperaturas durante el ensayo.

Fuente: Estación Climatológica Centro IFAPA Chipiona

Temperatura máxima	30.75 ± 3.18 °C
Temperatura mínima	18.09 ± 1.38 °C
Temperatura media	24.18 ± 1.63 °C

3.4.2 Material vegetal

Se obtuvieron esquejes de plantas silvestres de las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*, procedentes de la población natural de la parcela de Ecoherencia SCA y alrededores, en el término municipal de Chipiona.

Los esquejes se seleccionaron en función de dos características: número de hojas y grosor del tallo. De esta forma se obtuvieron esquejes con 4 o 6 hojas y con grosor de tallo superior o inferior a 5mm, dando lugar a 4 tratamientos diferentes (Figuras 6 y 7).



Figura 6 Esquejes de verdolaga. Arriba: grosor de tallo < 5 mm, 6 hojas. Abajo: grosor de tallo < 5 mm, 4 hojas



Figura 7 Esquejes de verdolaga. Arriba: Grosor de tallo > 5 mm, 6 hojas. Abajo: grosor de tallo > 5 mm, 4 hojas.

3.4.3 Diseño experimental

Se establecieron 4 bloques, en cada uno de los cuales se distribuyeron aleatoriamente los 4 tratamientos en cuatro parcelas, con tres repeticiones cada una, obteniéndose un total de 12 individuos por bloque. Cada bloque se situó en una bandeja (Figura 8).



Figura 8 Ensayo de propagación vegetativa por esquejado de *P. oleracea* subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata*.

3.4.4 Parámetros estudiados

Para evaluar el desarrollo de las plantas propagadas se tomaron medidas de:

- Altura de planta: la medida de altura se tomó desde la superficie del sustrato hasta la parte más alta de la parte aérea de la planta.
- Número de hojas: se contabilizó el número total de hojas verdaderas desarrollado por cada planta.
- Número de plantas florecidas: en cada toma de datos se anotó el número de plantas florecidas con el objetivo de observar la influencia de los diferentes tratamientos sobre el inicio de la floración, factor que puede afectar a la producción comercial de este cultivo.

Y se calculó:

- **Tasa de producción de hojas:** realizando la diferencia entre el número de hojas por planta inicial y final dividido por el número de días entre las observaciones.

Las mediciones tuvieron lugar con un intervalo de aproximadamente 2 días entre ellas.

3.4.5 Análisis de los datos

Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza. El test de comparación de medias utilizado fue la mínima diferencia significativa (MDS) para un nivel de confianza del 95% y el 99%.

3.5 Crecimiento de *Portulaca oleracea* L. sometida a tres niveles de radiación.

Con el objetivo de conocer el efecto de la luz sobre el crecimiento de la planta *Portulaca oleracea*, se realizó un ensayo de campo en el que se cultivaron plantas de verdolaga bajo tres niveles de radiación en una parcela de la empresa Ecoherencia SCA en Chipiona, Andalucía.

3.5.1 Tratamientos de radiación

Se aplicaron tres niveles diferentes de radiación mediante el uso de mallas de sombreo. Se emplearon mallas de monofilamento de polietileno de color negro.

- Radiación ambiental: las plantas recibieron el 100% de la radiación incidente.
- Radiación parcial (50% de la radiación incidente).
- Radiación baja (15% de la radiación incidente).

La radiación solar incidente: La radiación bajo los túneles de sombreo fue medida al establecer el cultivo, el 16 de septiembre al medio día solar, con un sistema portátil de PAR LiCor Li-191 (LiCor Inc., Lincoln, NE). Se tomaron 8 medidas en cada bloque. Las medias de los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 3:

Tabla 3 Medidas de radiación PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) de los tres tratamientos empleados.

Bloque	Sombreo	Radiación PAR ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)
A	85 %	109.66 ± 7.27
B	50%	363.13 ± 18.24
C	0 %	726.77 ± 57.05

3.5.2 Material vegetal

El material vegetal empleado corresponde a la variedad comercial Assem y a la población natural local (subespecies *nitida* y *granulatostellulata*). Las plantas de la variedad Assem se obtuvieron mediante propagación sexual en bandeja de alveolos, con semillas procedentes de una casa comercial de semillas de Turquía. Los especímenes de la población natural fueron los obtenidos en el ensayo de propagación por esquejes, debido a la dificultad de obtener plantas adecuadas de estas subespecies a partir de semillas.

3.5.3 Parcela experimental y condiciones de cultivo

Se utilizó un marco de plantación de 0.20 x 0.25 m. Las plantas fueron regadas con agua de la red de distribución municipal de forma manual.

Las parcelas se cubrieron con los túneles de sombreo, las estructuras de dichos túneles de sombreo se construyeron con cañas, resultando túneles rectangulares de 0,40 m de altura, 1,25 m de ancho y 5,20 m de largo (Figuras 9 y 10), la orientación de los

bloques fue N-S, dejándose un pasillo entre ellos de 0,50 m. La plantación se realizó el día 13 de septiembre.



Figura 9 Túneles ensayo de radiación sobre *P. oleracea*.



Figura 10 Estructura de los túneles de sombreo.

El terreno, un suelo arenoso, fue abonado con 1 kg/m² de estiércol ecológico con la siguiente composición dada por el fabricante (Tabla 4):

Tabla 4 Composición estiércol ecológico Agrimartin (FERTINAGRO NUTRIENTES S.L.)

Riquezas Garantizadas para el Agrimartin Fe-Biológico Pellet (datos s.m.s.)			
Nitrógeno Orgánico	3.10 %	Materia Orgánica	66.25 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	4.40 %	Extracto Húmico Total	20.00 %
Potasio (K ₂ O)	1.90 %	Ácidos Húmicos	11.25 %
Azufre (SO ₃)	2.00 %	Ácidos Fúlvicos	8.75 %
Magnesio (MgO)	0.90 %	Carbón Orgánico	38.43 %
Hierro (Fe)	1.90 %	C/N	12.30 %
Manganeso (Mn)	0.10 %	pH	7
Cinc (Zn)	0.01 %	Humedad (s.m.t.)	20 %

Las variables ambientales como la precipitación, la temperatura, y la humedad relativa fueron obtenidas en el transcurso del experimento a partir de la estación climatológica del centro IFAPA de Chipiona (Tabla 5), situada a menos de un kilometro de distancia de la parcela de cultivo.

Tabla 5 Datos climáticos durante el periodo de ensayo.

Fuente: Estación climatológica Centro IFAPA Chipiona.

Temperatura máxima	26.77 ± 3.09 °C
Temperatura mínima	16.99 ± 2.70 °C
Temperatura media	21.79 ± 1.85 °C
Humedad relativa máxima	97.45 ± 4.26 %
Humedad relativa mínima	57.03 ± 15.02 %
Humedad relativa media	80.13 ± 10.49 %
Velocidad del viento media	1.25 ± 0.50 m/s
Radiación solar	16.61 ± 3.10 MJ/m ² día
Precipitación total periodo	33.2 mm
ET _o	3.02 ± 0.57 mm/día

3.5.4 Diseño experimental

De la variedad Assem se emplearon 12 plantas por tratamiento, y cada tratamiento se ensayó por triplicado.

Se establecieron tres bloques de 1,25 x 5,2 m, a cada una de las cuales se aplicó un tratamiento. Cada bloque se dividió en 6 parcelas, y en cada parcela se colocaron 12 repeticiones más el borde, tres parcelas estuvieron ocupadas por plantas de la variedad Assem y una por plantas de la población local, como se muestra en la Figura 11.

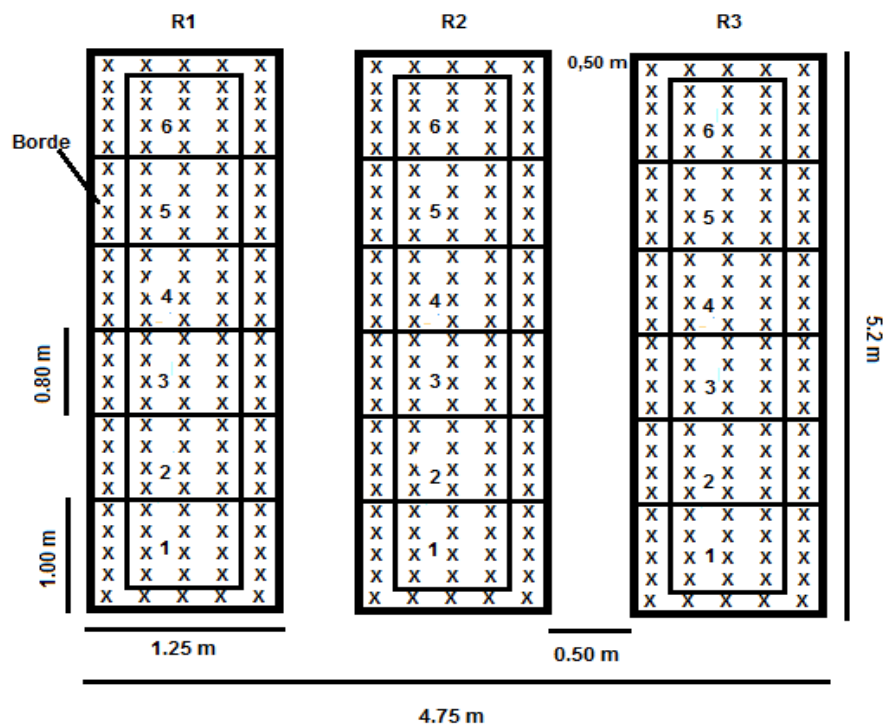


Figura 11 Plano ensayo de radiación

3.5.5 Parámetros estudiados

Durante el ensayo se tomaron medidas en campo para determinar crecimiento y desarrollo del cultivo, muestreando 12 plantas de cada parcela:

- Altura de planta: se midió la altura de la planta en centímetros, midiendo desde el suelo hasta la parte más alta de la planta.
- Número de hojas: se contabilizó el número total de hojas desarrolladas por cada planta.
- Número de nudos: se contabilizó el número de nudos del tallo principal de cada planta.
- Número de brotes: se contabilizó el número de brotes secundarios emitidos por cada planta.

- Longitud del tallo principal: se midió la longitud del tallo principal de cada planta en centímetros desde el cuello hasta el extremo apical.
- Longitud de los entrenudos: se calculó la distancia media (cm) entre dos nudos consecutivos haciendo el cociente entre la longitud del tallo principal y el número de nudos.
- Longitud del brote más desarrollado: se midió la longitud (cm) del brote secundario más desarrollado en cada planta, midiendo desde la axila hasta el extremo apical de dicho brote.
- Número de nudos del brote más desarrollado: se contabilizó el número de nudos del brote secundario más desarrollado de cada planta.
- Número de brotes del tallo más desarrollado: se contabilizó el número de brotes terciarios emitidos a partir del brote secundario más desarrollado de cada planta.
- Número de marras: Se contabilizó el número de marras (pérdida de planta) que se produjo en cada tratamiento

Cosecha

Las plantas fueron cosechadas a los 30 días después del trasplante. Se muestrearon 3 plantas por parcela. Se separó la parte aérea, descartando las raíces, se separaron a su vez las hojas de los tallos. Se tomaron las siguientes medidas:

- Área foliar: se midió con un equipo de área foliar Li-3100 (LiCor, Lincoln, NE).
- Peso fresco de hojas y tallos.
- Peso seco de hojas y tallos:

Para ello se introdujo el material vegetal en sobres de papel y fueron secados en una estufa de secado “Dry-Big” (Selecta, Barcelona) a 70 °C hasta peso constante.

3.5.6. Análisis de los datos

Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza. El test de comparación de medias utilizado fue la mínima diferencia significativa (MDS) para un nivel de confianza del 95% y el 99%. En las tablas, los valores medios seguidos de diferentes letras representan las diferencias significativas que se señalan mediante asteriscos **= $P \leq 0,01$ y *= $P \leq 0,05$.

4 Resultados y discusión

4.1 Ensayo de obtención de planta mediante reproducción sexual

4.1.1 Emergencia de las plántulas

Los resultados del ensayo de obtención de planta mediante semillas mostraron porcentajes de germinación muy altos en las semillas de la variedad comercial Assem y en la población silvestre, sin encontrarse diferencias significativas en la capacidad germinativa de ambas (Tabla 6).

Se comprobó que las semillas procedentes de la variedad Assem, germinaron más rápido que las semillas procedentes de la población silvestre en los primeros días después de la siembra. Transcurridos dos días de la siembra germinaron aproximadamente un 33 % de la variedad Assem y el 0% de la población silvestre y el tercer día un 63% y el 26% respectivamente (Tabla 6). Estas diferencias significativas comenzaron a difuminarse a partir del cuarto día después de la siembra, habiendo germinado el 96% de semillas de “Assem” y el 85% de las semillas de la población natural para el día 22 después de la siembra. Se muestra una mayor viabilidad de las semillas de la variedad Assem aunque las diferencias no son estadísticamente significativas para el nivel de significancia del 95%.

Tabla 6 Porcentaje de plántulas de verdolaga emergidas a partir de semillas de la variedad Assem y de la población natural local, a lo largo de 22 días después de la siembra.

Día	Assem	Población natural	Significación
0	0	0	
2	33.33	0	**
3	62.96	25.93	**
4	62.96	37.04	ns
6	81.48	74.07	ns
8	85.19	77.78	ns
22	96.30	85.19	ns
** Diferencias altamente significativas; ns No hay diferencias significativas.			

Los resultados alcanzados para la variedad Assem fueron muy similares a los obtenidos por otros autores. Ferrari y Leguizamón (2006) alcanzaron porcentajes de germinación muy elevados, 97,8% de germinación total, para semillas de *P. oleracea* germinadas en presencia de luz, para regímenes térmicos similares a los producidos en Chipiona durante la realización de este ensayo (15-25 °C). Singh (1972) obtuvo un 89% de germinación en dos ecotipos de *P. oleracea* del valle del Ganges, con temperaturas cercanas a las de nuestro trabajo (20-30 °C).

La velocidad de germinación, el porcentaje de plantas emergidas cada día desde la siembra, fue mucho más alta en los primeros días del ensayo en el caso de la variedad

Assem que en el caso de las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*, donde se apreció un retraso en la velocidad de germinación y ésta alcanzó valores más bajos en el transcurso de todo el ensayo (Figura 12). En el caso de 'Assem', la mayor velocidad de germinación se produjo al tercer día después de la siembra, con un valor de 21 plántulas/día. La velocidad máxima de germinación en las subespecies locales se retrasó hasta el día 6 después de la siembra, y llegó a 12.35 plántulas/día. A partir del día 6 el ritmo de emergencia de plántulas de ambas variedades descendió hasta casi igualarse en ambas, con valores de 4.38 y 3.87 plántulas emergidas/día.

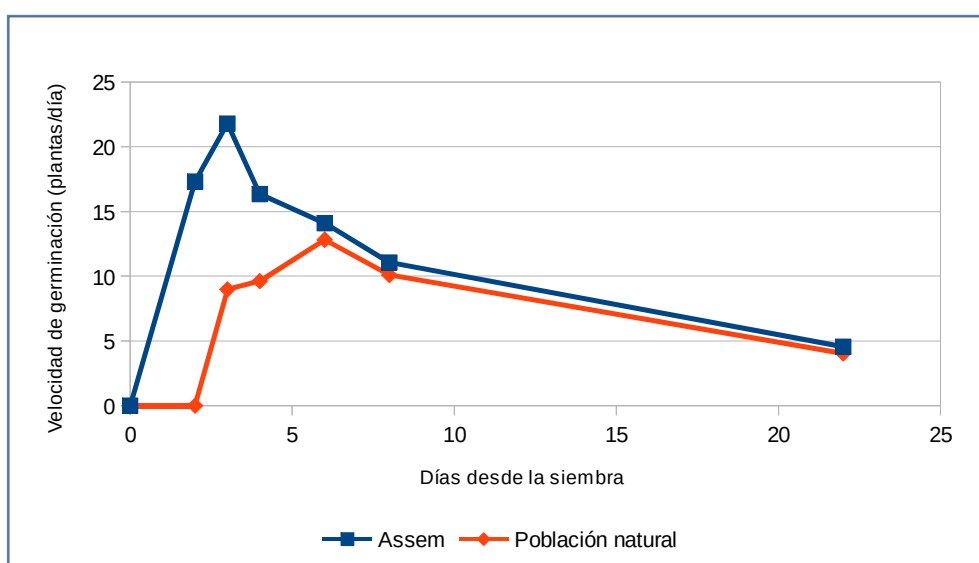


Figura 12 Velocidad de germinación (porcentaje de plantas emergidas/días desde la siembra) de semillas de verdolaga de la variedad Assem y la población natural de Chipiona a lo largo de 22 días desde la siembra.

4.1.2 Crecimiento de las plántulas

Las plántulas de la variedad Assem y las subespecies locales mostraron diferencias altamente significativas en su crecimiento durante la fase de plántulas en las dos medidas realizadas (transcurridos 8 y 22 días de la siembra) (Tabla 7). Las plántulas de la variedad Assem alcanzaron aproximadamente una media de 5 cm, mientras que las plántulas de la población natural apenas alcanzó 2 cm de media, transcurridos 22 días desde la siembra.

Tabla 7 Altura en cm de las plántulas de verdolaga que crecieron a partir de semillas de la variedad Assem y la población natural de la zona, a los 8 y a los 22 días después de la siembra.

Fecha	Assem	Población natural	Significación
8	1.39 ± 0.12	0.52 ± 0.06	**
22	4.85 ± 0.46	1.93 ± 0.22	**

Se muestra la media y el error estándar. ** Diferencias altamente significativas para $P \leq 0.05$.

El desarrollo vegetativo de la variedad Assem y las subespecies locales mostró diferencias significativas en la primera toma de medidas, pero estas diferencias desaparecieron con el paso del tiempo. Así, encontramos diferencias altamente significativas en el primer muestreo de hojas verdaderas (día 8), mostrando la variedad Assem una media de 1 hoja verdadera (Tabla 8), mientras que las subespecies locales aún no habían desarrollado hojas verdaderas. Estas diferencias estadísticas desaparecen en el segundo muestreo (día 22), cuando Assem alcanzó 9.46 hojas verdaderas y las plántulas de la población natural 6.35 hojas verdaderas de media, como aparece en la tabla 8. Los resultados obtenidos para ambos ecotipos se encuentran por encima de los obtenidos por Fernández *et al.* (2007), que obtuvo unos resultados de producción de hojas entre 4.31 y 6.29 hojas/planta, para dos tratamientos de densidad de plantación en cultivo hidropónico, estos autores emplearon densidades entre 3400 y 10.200 plantas/m² en bandejas flotantes. Además, Fernández *et al.* Sostiene que a mayor densidad se obtienen plantas con menor altura y mayor número de hojas, más apropiadas para su comercialización como *baby leaf*, sería interesante estudiar el comportamiento de 'Assem', así como de *nitida* y *granulatostellulata* empleando diferentes densidades de plantación.

Tabla 8 Número de hojas verdaderas de las plántulas de verdolaga que crecieron a partir de semillas de la variedad Assem y la población natural de la zona.

Fecha	Assem	Población natural	Significación
8	1.04 ± 0.21	0	**
22	9.46 ± 1.33	6.35 ± 0.97	ns

Las plantas de la variedad Assem germinaron más rápido y comenzaron a producir hojas antes que las plántulas de las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*; que mostró tanto un crecimiento como un desarrollo más lento, dando lugar a plántulas de menor calidad. Este comportamiento puede explicarse atendiendo a que la variedad Assem es producto de un programa de mejora, en el que suponemos se han seleccionado las mejores aptitudes de cara a su cultivo para el consumo de sus hojas, ya que es en la actualidad una variedad comercializada y cultivada en Turquía para la producción de verdolaga para consumo en humano.

Otra característica que puede explicar el mejor comportamiento germinativo de esta variedad frente a las subespecies locales es el tamaño de las semillas, mayor en las primeras (Figura 13), un mayor tamaño de semilla suele significar mayores reservas y un mayor vigor a la hora de germinar, lo que podrían ser ventajas a la hora de comercializar plántulas para consumo en fresco como producto de IV gama. Sería interesante realizar un estudio más detallado sobre la influencia del tamaño de semilla en los dos ecotipos, para poder estudiar en mayor profundidad este efecto, ya que los dos ecotipos también difieren en el tamaño de sus semillas.



Figura 13 Semillas de *Portulaca oleracea* empleadas en los ensayos, a la derecha semillas de la variedad Assem y a la izquierda semillas recolectadas de la población natural en Chipiona, formada por las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*.

Un tercer factor a tener en cuenta sería la edad de las semillas, autores como Singh (1972) han estudiado el efecto de la edad de las semillas en su viabilidad. Y encontraron que semillas frescas de una población local (recolectadas semanas antes de la siembra) tuvieron mayores requerimientos en cuanto a temperatura y radiación que las semillas de 1 año. En nuestro caso hemos empleado semillas también recolectadas semanas antes del experimento mientras que las de “Assem” provenían de una casa comercial, siendo la fecha de producción de la semilla desconocida.

No obstante, sería interesante realizar pruebas de germinación en condiciones controladas de humedad, temperatura e iluminación para precisar el efecto de la temperatura y el fotoperiodo sobre el material vegetal empleado. Singh (1972) estudió dos ecotipos diferentes, adaptados a dos zonas edafo-climáticas distintas y encontró diferencias en las temperaturas óptimas de germinación para los dos ecotipos. Así obtuvo los mejores resultados con temperaturas de 30°C diurna y 10°C de mínima en uno de los ecotipos estudiados, mientras en un segundo ecotipo los mejores resultados de germinación se obtuvieron con temperaturas constantes de 40°C.

Nuestro ensayo se desarrolló con temperaturas algo más suaves que las descritas por otros autores para *Portulaca oleracea*, las temperaturas medias durante el ensayo fueron de 19.42 °C de media, 14.05 °C de mínima y 25.07 °C de máxima entre los días 8 y 19 de octubre. Estas temperaturas están por debajo de la temperatura óptima de 35.5 °C de media, 14.9°C de mínima y 45.5 de máxima propuestas por Ferrari y Leguizamón (2006).

4.2 Ensayo de propagación por esquejes de *Portulaca oleracea* subsp. *nitida* y *granulatostellulata*.

Dados los malos resultados obtenidos en la propagación de las subespecies de la población natural local mediante semillas, método por el cual no se obtuvieron plántulas de buena calidad. Se realizó un ensayo de propagación vegetativa por esquejado de tallo, para evaluar la posibilidad de obtener planta con éste método.

El enraizado de las estaquillas de *P. oleracea* resultó un éxito, se alcanzó un 100% de enraizamiento de las plantas esquejadas en todos los tratamientos estudiados. Esto demuestra la viabilidad de la reproducción vegetativa mediante esquejes de tallo de la población local de *P. oleracea*. Estos resultados de enraizamiento superan incluso los obtenidos por Proctor (2013), que obtuvo una supervivencia en esquejes de tallo con nudos y hojas de un 98%.

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en la capacidad de enraizamiento de las estaquillas debidas al grosor de la estaquilla (<5mm y >5mm) ni relacionadas con el número de hojas iniciales (4 y 6 hojas). Coincidiendo con los resultados de Proctor (2013) la presencia de hojas mejora la supervivencia y el desarrollo de nuevas hojas, aunque el autor no concreta que número de hojas son necesarias. Según nuestros resultados 4 hojas serían suficientes para garantizar el enraizado y la obtención de una nueva planta, ya que el aumento a 6 hojas por estaquilla no aporta una mejora ni en crecimiento ni desarrollo de la planta.

4.2.1 Altura de la planta

El crecimiento de las plantas obtenidas mediante estaquillado alcanzó a los 16 días una media de 8cm (Tabla 9).

Tabla 9 Altura media de las plantas de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes características (grosor de tallo y número de hojas) procedentes de la población natural formada por las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*.

Grosor (mm)	< 5	<5	>5	>5
Nº de hojas iniciales	6	4	6	4
Día				
7	5.83 ± 0.26 ^b	5.37 ± 0.44 ^b	7.29 ± 0.57 ^a	7.83 ± 0.51 ^a
9	6.28 ± 0.27 ^b	6.25 ± 0.45 ^b	7.37 ± 0.54 ^{ab}	8.12 ± 0.49 ^a
12	6.42 ± 0.24 ^b	6.83 ± 0.43 ^b	7.08 ± 0.43 ^b	8.21 ± 0.47 ^a
14	6.92 ± 0.25	7.37 ± 0.48	7.42 ± 0.46	8.42 ± 0.43
16	7.67 ± 0.24	8.08 ± 0.63	7.42 ± 0.44	8.67 ± 0.42
Se muestra la media y el error estándar.				
Medias de tratamientos con las mismas letras no son significativas al nivel 0.05				

La altura media de planta fue diferente al inicio del ensayo, siendo mayores las estaquillas con mayor grosor ($> 5\text{mm}$) y significativamente más bajas las estaquillas más delgadas ($< 5\text{mm}$). Estas diferencias desaparecieron transcurridas dos semanas del estaquillado.

El análisis de los tratamientos por separado (por un lado según grosor del tallo y por otro según número de hojas en el esqueje) no mostró diferencias significativas en cuanto a la altura de las plantas obtenidas. La altura media aproximada fue de 8 cm al final del ensayo en todos los casos, como muestran las tablas 10 y 11:

Tabla 10 Altura media en cm de las plantas de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo procedentes de la población natural local, en función del grosor del esqueje inicial a lo largo de los 16 días del ensayo.

Día	Grosor (mm)		Significación
	<5	>5	
7	5.60 ± 1.25	7.56 ± 1.85	**
9	6.23 ± 1.25	7.75 ± 1.78	*
12	6.62 ± 1.20	7.65 ± 1.64	ns
14	7.15 ± 1.31	7.92 ± 1.59	ns
16	7.87 ± 1.64	8.04 ± 1.59	ns
Se muestra la media y el error estándar. * Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) ** Diferencias significativas ($0.01 < P \leq 0.05$) ns No existen diferencias significativas ($P > 0.05$)			

Se observa que las plantas con menor grosor de tallo aumentaron su altura en mayor proporción con respecto a aquellas que tenían mayor grosor de tallo. Las primeras incrementaron su altura un 28.84 % mientras las segundas lo hicieron en un 5.97 % entre los días 7 y 16 después del esquejado.

Tabla 11 Altura media en cm de las plantas de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo procedentes de la población natural local, en función del número de hojas iniciales del esqueje, a lo largo de los 16 días del ensayo.

Día	Nº de hojas iniciales		Significación
	4	6	
7	6.60 ± 2.05	6.56 ± 1.68	ns
9	7.19 ± 1.85	6.79 ± 1.56	ns
12	7.52 ± 1.68	6.75 ± 1.24	ns
14	7.90 ± 1.62	7.17 ± 1.28	ns
16	8.37 ± 1.85	7.54 ± 1.21	ns
Se muestra la media y el error estándar. Ns No existen diferencias significativas ($P > 0.05$)			

Podemos concluir que ninguno de los tratamientos produjo diferencias significativas en cuanto a la altura de las plantas obtenidas. Pero sí se observó que las plantas con

menor grosor de tallo aumentaron su altura en mayor proporción con respecto a aquellas que tenían mayor grosor de tallo.

4.2.2 Emisión de hojas

En cuanto al número de hojas, se obtuvieron diferencias altamente significativas entre los distintos tratamientos, las diferencias fueron aumentando a medida que se desarrollaban las plantas (tabla 12). El tratamiento que mayor número de hojas produjo fue el que empleó esquejes con más de 5 mm de grosor y 6 hojas, que alcanzó una media aproximada de 99 hojas, y el tratamiento que causó menor producción de hoja fue el de menor grosor de tallo, 5 mm y 4 hojas iniciales, que produjo alrededor de 56 hojas de media.

Tabla 12 Medias del número de hojas por planta de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes tratamientos (grosor de tallo y número de hojas) procedentes de la población natural formada por las subsp. nitida y granulatostellulata.

Grosor (mm)	< 5	<5	>5	>5	Significación
Nº de hojas iniciales	6	4	6	4	
Día					
7	16.00 ± 1.77 ^{ab}	12.33 ± 0.99 ^b	19.17 ± 1.82 ^a	18.25 ± 2.36 ^a	*
9	22.25 ± 2.51 ^a	17.50 ± 1.76 ^a	25.00 ± 2.24 ^a	25.83 ± 3.03 ^a	ns
12	40.75 ± 3.90 ^{ab}	29.33 ± 2.82 ^b	45.92 ± 3.33 ^a	47.67 ± 4.77 ^a	**
14	60.75 ± 6.15 ^{ab}	45.92 ± 4.61 ^b	73.00 ± 4.23 ^a	71.75 ± 7.53 ^a	**
16	72.92 ± 7.44 ^{bc}	55.92 ± 6.72 ^c	98.9 ± 6.81 ^a	94.67 ± 10.37 ^{ab}	**
Se muestra la media y el error estándar. Medias de tratamientos con las mismas letras no son significativas al nivel 0.05. * P ≤ 0.05; ** P ≤ 0.01; ns P > 0.05					

Al desglosar los resultados en función de los diferentes tratamientos (grosor de tallo y número de hojas iniciales) se aprecian diferencias altamente significativas respecto al grosor del tallo del esqueje empleado, mientras que el número de hojas iniciales del esqueje no causó diferencias significativas en la producción de hojas de las plantas obtenidas (Tablas 13 y 14).

Tabla 13 Medias de número de hojas por planta de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes tratamientos (grosor de tallo) procedentes de la población natural formada por las subsp. nitida y granulatostellulata.

Día	Grosor (mm)		Significación
	<5	>5	
7	14.17 ± 5.21	18.71 ± 7.16	*
9	19.87 ± 7.74	25.42 ± 9.04	*
12	35.04 ± 12.93	46.79 ± 13.96	**
14	53.33 ± 19.91	72.37 ± 20.69	**
16	64.42 ± 25.55	96.79 ± 29.79	**
Se muestra la media y el error estándar. * P ≤ 0.05; ** P ≤ 0.01			

Las plantas obtenidas a partir de esquejes con un grosor de tallo superior a 5 mm en su parte más gruesa alcanzaron en desarrollo vegetativo con una media de 97 hojas por planta, mientras que aquellas cuyo grosor inicial de tallo era menor de 5 mm produjeron 64 hojas por planta de media.

Tabla 14 Medias de número de hojas por planta de verdolaga obtenidas a partir de esquejes de tallo con diferentes tratamientos (número de hojas iniciales) procedentes de la población natural formada por las subsp. *nitida* y *granulostellulata*.

Día	Número de hojas iniciales		Significación
	4	6	
7	15.29 ± 6.84	17.58 ± 6.29	ns
9	21.67 ± 9.42	23.62 ± 8.19	ns
12	38.50 ± 16.24	43.33 ± 12.57	ns
14	58.83 ± 24.92	66.87 ± 18.95	ns
Se muestra la media y el error estándar. ns P > 0.05			

Las plantas originadas a partir de esquejes con 6 hojas iniciales produjeron una media de 67 hojas, y las obtenidas mediante esquejes de 4 hojas alcanzaron una media de 59 hojas. Aunque la media es ligeramente superior en el tratamiento de 6 hojas iniciales, no se aprecian diferencias significativas para un nivel de significación del 95%.

La producción de hojas es un factor importante a la hora de cultivar verdolaga para su comercialización como producto fresco para su consumo como producto de IV gama.

4.2.2.1 Tasa de producción de hojas

Se observó un comportamiento similar en relación a la tasa de producción de hojas (hojas/día) en los 4 tratamientos estudiados (figura 14). En todos ellos se observó un aumento en la producción de hoja entre los días 9 y 14 después del esquejado, y en todos se apreció un descenso de la tasa entre los días 14 y 16. Las diferencias estadísticas entre tratamientos de acrecentó a lo largo del tiempo, partiendo el día 9 de una tasa cercana a 3 hojas/día en todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre ellos; los días 12 y 14 se observaron diferencias significativas ($0.01 < P \leq 0.05$) y el día 16 ya se aprecian diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos, observándose dos grupos homogéneos formados en función del número de hojas iniciales, la tasa de producción de hojas fue mayor en los tratamientos que emplearon esquejes con 6 hojas, lo que ratifica la afirmación de Proctor (2013), que utilizando esquejes de tallo, con nudos, con y sin hojas, comprobó que aquellos que tenían hojas producían un incremento en el número de hojas de más del doble que en el caso de los que carecían de hojas y constató que la presencia de hojas aumenta en más de un 20% la supervivencia de los esquejes. Yamdagni and Sen (1973) comprobaron que en el caso de *Portulaca grandiflora* la presencia de hojas en el esqueje era necesaria para la formación de raíces, así como a mayor número inicial de hojas, se aumentaba la producción de hojas en la planta obtenida.

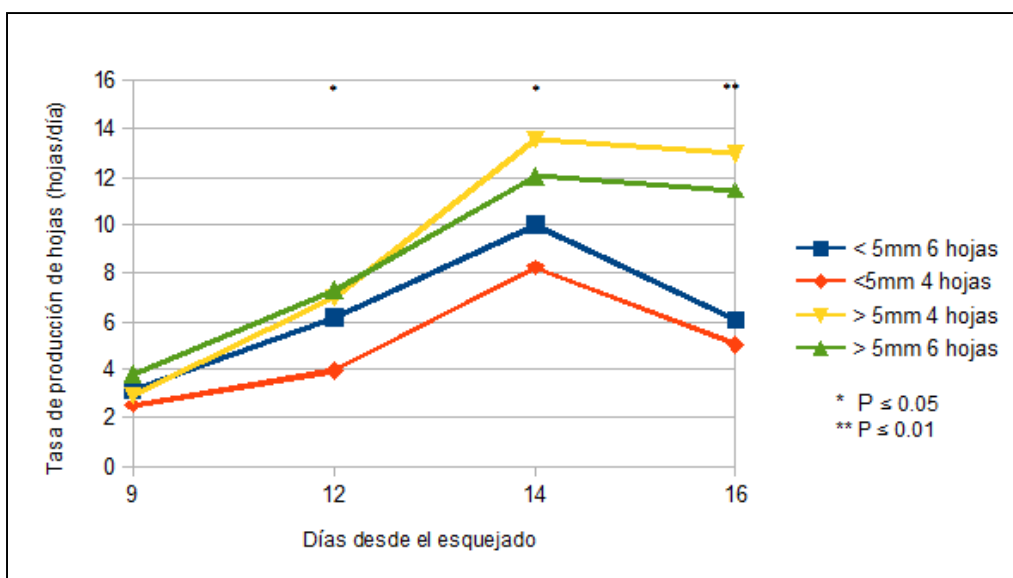


Figura 14 Tasa de producción de hojas (hojas/planta día) de las plantas de verdolaga, obtenidas a partir de esquejes de la población silvestre en Chipiona, entre los días 9 y 16 después del esquejado.

4.2.3 Floración

Se observó que a los 14 días tras el esquejado el 100% de las plantas habían iniciado la floración. Pero hubo diferencias en cuanto a la velocidad de floración en función de los tratamientos empleados (Tablas 15, 16 y 17).

Tabla 15 Número de plantas florecidas de la población natural local con diferentes tratamientos (grosor y número de hojas iniciales) a lo largo de los 16 días tras el esquejado.

Grosor (mm)	< 5	<5	>5	>5
Nº de hojas iniciales	6	4	6	4
Día				
7	4	2	1	1
9	9	8	4	4
12	12	11	12	10
14	12	12	12	12
16	12	12	12	12

Tabla 16 Número de plantas florecidas de la población natural local con diferentes tratamientos (grosor del tallo del esqueje) a lo largo de los 16 días tras el esquejado.

Día	Grosor (mm)	
	< 5	>5
7	6	2
9	17**	8**
12	23	22
14	24	24
16	24	24
** Diferencias altamente significativas (P≤0.01)		

Tabla 17 Número de plantas florecidas de la población natural local con diferentes tratamientos (número de hojas iniciales) a lo largo de los 16 días tras el esquejado.

Día	Nº de hojas del esqueje	
	4	6
7	3	5
9	12	13
12	21	24
14	24	24
16	24	24

El análisis de la varianza sólo mostró diferencias significativas el día 9, para los diferentes tratamientos de grosor del esqueje. El 70,83% de las plantas obtenidas a partir de esquejes con grosor de tallo menos de 5 mm habían florecido, mientras que de las que se desarrollaron a partir de esquejes de más de 5 mm de grosor de tallo sólo había florecido el 33.33%.

La altura de las plantas no se vio afectada por ninguno de los tratamientos. La producción de hojas se incrementó un 33.44% en las plantas obtenidas a partir de esquejes con un grosor de tallo superior a 5 mm. Entre las plantas desarrolladas a partir de esquejes con 4 y 6 hojas no se observaron diferencias significativas en cuanto a número de hojas, aunque el tratamiento que más incrementó el número de hojas por planta fue la combinación de grosor de tallo superior a 5 mm y 6 hojas iniciales. La floración se vio retrasada en las plantas obtenidas a partir de esquejes con un grosor de tallo inicial superior a 5 mm.

El aumento del número de hojas por planta y el retraso de la floración que se produjo en el caso de plantas obtenidas mediante esquejes con diámetro de tallo superior a 5 mm, parecen indicar que a mayor grosor de esqueje se obtienen mejores plantas para la producción, ya que una floración precoz es un aspecto negativo en la producción de planta para consumo en fresco. Sería interesante realizar ensayos en los que se evalúe la influencia del grosor del esqueje, empleando mayor número de tratamientos y en diferentes condiciones para conocer más acerca de la influencia de este factor en la propagación vegetativa de *P. oleracea*.

4.3 Crecimiento de *Portulaca oleracea* L. sometida a tres niveles de radiación.

4.3.1 Crecimiento de *P. oleracea* L. 'Assem', obtenida en semillero a partir de semillas comerciales, sometida a tres niveles de radiación.

La altura de las plantas de verdolaga se vio afectada significativamente por los diferentes tratamientos de radiación solar empleados: 100%, 50% y 15%. Manifestándose estas diferencias significativas a partir de los 12 DDT (días después del trasplante) (Figura 15), las plantas que alcanzaron mayor altura fueron las cultivadas con el tratamiento de 50% de la radiación solar (10.64 cm), no habiendo diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos 15% y 100% de radiación al final del experimento (6.94 y 4.26 cm).

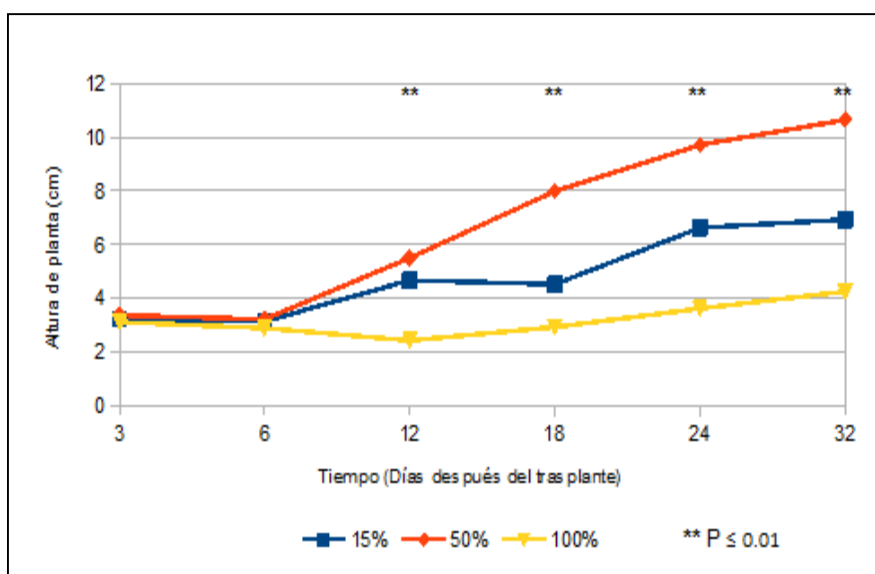


Figura 15 Altura de las plantas de verdolaga 'Assem' que crecieron durante un mes bajo tres niveles de radiación.

En la producción de hojas por planta los diferentes niveles de radiación también produjeron diferencias significativas en las plantas estudiadas a partir del día 6 después del trasplante. La mayor producción de hojas se dio en el tratamiento 50% de la radiación total con una media de entorno a 32 hojas/planta y en la mayoría de las mediciones no hubo diferencias significativas entre los otros dos tratamientos, 15 y 100% de la radiación (Figura 16).

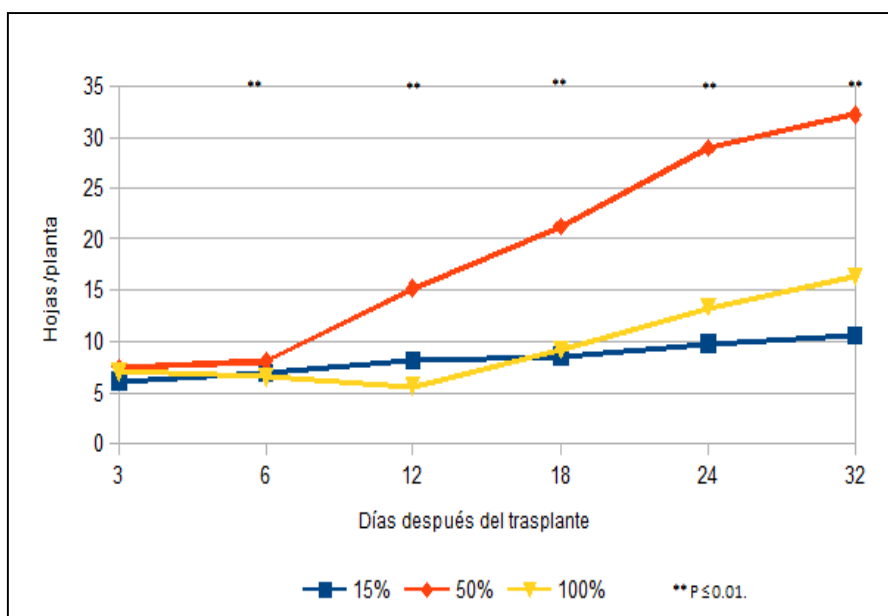


Figura 16 Número de hojas de las plantas de verdolaga ‘Assem’ que crecieron durante un mes bajo tres niveles de radiación.

Las plantas cultivadas con el 50% de la radiación solar mostraron diferencias en el desarrollo respecto a las plantas cultivadas bajo los otros dos niveles de radiación, alcanzando valores significativamente mayores no solo de hojas, también en cuanto a número de tallos secundarios, número de nudos y longitud del tallo principal, así como la longitud media de los entrenudos (tabla 18).

Se observó que las plantas que crecieron bajo el 15% de radiación emitieron menos brotes laterales (<1 brote/planta) que las que crecieron a niveles superiores de radiación, el mayor número de tallos laterales se produjo en el tratamiento 50%, con una media de 3 brotes/planta, lo que podría ser una ventaja a la hora de comercializar dichos brotes, seguido por las plantas que crecieron bajo el 100% de la radiación incidente que produjeron una media superior a 2 tallos secundarios por planta. El número de nudos del tallo principal fue similar en todos los tratamientos, con una media entre 3 y 3,5 nudos por tallo. La longitud del tallo principal fue inferior en el tratamiento de radiación 100%, con una longitud media de aproximadamente 3cm, los tratamientos con menor iluminación (15 y 50%) no produjeron diferencias entre sí en la longitud del tallo, siendo aproximadamente de unos 7cm de media en ambos casos. Lo mismo ocurre en cuanto a longitud de los entrenudos, que fue menor al 100% de radiación, con 1 cm de media, y con resultados estadísticamente homogéneos entre los tratamientos 15% y 50% de radiación, con una media entorno a 2 cm de longitud de entrenudos. Plantas con entrenudos más cortos suelen ser mejores para la comercialización como producto fresco, pero en este caso los resultados obtenidos en el tratamiento 100% se deben al escaso desarrollo de las plantas.

Tabla 18 Crecimiento de la parte aérea de plantas de verdolaga en tres radiaciones durante 32 días.

Tratamiento	15%	50%	100%	Significación
Nº brotes	0.81 ± 1.05 ^c	3.08 ± 1.63 ^a	2.32 ± 2.54 ^b	**
Nº nudos	3.44 ± 0.81 ^a	3.31 ± 0.62 ^a	3.00 ± 1.63 ^a	ns
L. tallo (cm)	6.41 ± 2.59 ^a	7.69 ± 4.10 ^a	3.27 ± 1.75 ^b	**
L. entrenudos (cm)	1.89 ± 0.77 ^a	2.41 ± 1.50 ^a	1.11 ± 0.42 ^b	**
Se muestra la media y el error estándar. ** P ≤ 0.01. ns P > 0.05				
Medias de tratamientos con las mismas letras no son significativas en el nivel 0.05.				

Se comprobó que el mayor número de marras (pérdida de planta) se produjo en el tratamiento de mayor nivel de sombreado (15%) en el que se perdieron aproximadamente el 56% de las plantas, seguido del tratamiento a pleno sol (100%), donde se perdió el 22% de las plantas. Por el contrario en el tratamiento de sombra parcial (50%) sólo se perdió el 2,78 % de las plantas. La figura 17 muestra el número de marras que se produjeron en los diferentes tratamientos a lo largo del ensayo. El elevado número de plantas perdidas que se obtuvo en el tratamiento 15% puede achacarse a la falta de iluminación, que provocó que las plantas crecieran débiles y se observaron pudriciones en las raíces y el cuello de la planta; en el tratamiento 100% de radiación también se produjeron marras, en este caso debidas al exceso de radiación, que provocó una mayor demanda hídrica que no se cubrió, ya que el tratamiento de riego fue homogéneo en todos los tratamientos estudiados.

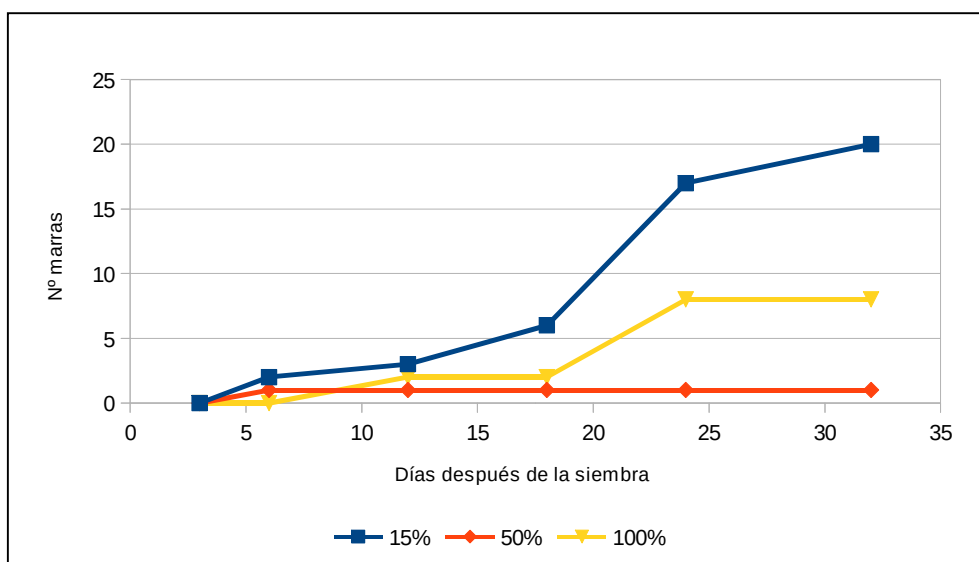


Figura 17 Número de plantas de verdolaga perdidas a lo largo de los 32 días bajo tres niveles de radiación.

En los parámetros estudiados tras la recolección (peso fresco, peso seco y porcentaje de materia seca), sólo se obtuvieron diferencias significativas en relación a peso seco obteniéndose los mayores resultados en el tratamiento de 50% de radiación solar (tabla 19).

En cuanto a peso fresco de la parte aérea, no se obtuvieron diferencias para un nivel de significación del 95%, no obstante, se observaron los valores más altos en el tratamiento 50% de radiación, aunque se produjo una gran desviación, ocasionada por la diferencia de desarrollo entre plantas, unas alcanzaron gran tamaño mientras que otras no llegaron a desarrollarse. Esta tendencia se mantiene en los valores de peso seco obtenidos, en esta ocasión si encontramos diferencias significativas, hallándose los mayores resultados en el tratamiento 50% (0.62 g), 0.25 g para el tratamiento 100% y los menores en el de 15% (0,05 g).

El porcentaje de materia seca no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos, pero si se apreciaron valores medios más elevados en el tratamiento de 100% de radiación.

El único estudio similar publicado hasta la fecha fue el realizado por Páez et al (2007), en el que los autores analizaron el crecimiento de *P. oleracea* con tres tratamientos de radiación (10%, 30% y 100% de la radiación solar incidente) en su estudio obtuvieron un aumento en peso seco de la planta en función del incremento de radiación, con una relación prácticamente lineal. Obteniéndose los mayores valores de producción de biomasa con el 100% de la radiación ambiental. Este trabajo realizado en Maracaibo (Venezuela) no concreta la radiación que recibieron las plantas, de manera que no podemos comparar los resultados obtenidos, en nuestro caso con una radiación incidente de 725 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Es muy probable que las diferencias sean atribuibles a las diferencias edafo-climáticas entre ambos ensayos, y los niveles y horas de radiación recibidas por el cultivo.

Tabla 19 Área foliar y producción de biomasa de plantas de verdolaga 'Assem' que crecieron durante 32 días en tres radiaciones.

Parámetro	15%	50%	100%	Significación
Peso fresco (g)	0.52 $\pm$ 0.26	9.58 $\pm$ 12.42	2.65 $\pm$ 3.60	ns
Peso seco (g)	0.05 $\pm$ 0.03 ^b	0.62 $\pm$ 0.64 ^a	0.25 $\pm$ 0.28 ^{ab}	*
Materia seca (%)	10.32 $\pm$ 4.74	8.60 $\pm$ 2.29	14.46 $\pm$ 7.98	ns
Se muestra la media y el error estándar. ns P > 0.05. * P $\leq$ 0.05.				

4.3.2 Crecimiento bajo tres niveles de radiación de *P. oleracea* L. subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata* obtenidas a partir de esquejes de tallo de la población natural local.

Las plantas de verdolaga de la población natural (subsp. *nitida* y *granulatostellulata*) mostraron diferentes comportamientos al crecer bajo tres niveles de radiación. Las plantas que crecieron a niveles de radiación bajos (50% y 15%) alcanzaron mayores alturas que las que crecieron bajo la máxima radiación solar. Se apreció una relación inversa entre radiación y altura de plantas (Tabla 20).

Tabla 20 Altura (cm) de las plantas de *P. oleracea* subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata* que crecieron durante un mes bajo tres niveles de radiación.

Día	Radiación			Significación
	15%	50%	100%	
3	8.87 ± 0.47 ^a	6.08 ± 0.31 ^b	5.21 ± 0.32 ^b	**
6	10.42 ± 0.44 ^a	5.50 ± 0.27 ^b	4.42 ± 0.22 ^c	**
12	12.54 ± 0.53 ^a	5.33 ± 0.51 ^b	3.87 ± 0.31 ^c	**
18	12.29 ± 0.77 ^a	6.46 ± 0.48 ^b	4.33 ± 0.28 ^c	**
24	11.04 ± 1.05 ^a	6.58 ± 0.52 ^b	4.67 ± 0.44 ^b	**
32	11.50 ± 1.17 ^a	6.04 ± 0.65 ^b	4.04 ± 0.37 ^c	**
Se muestran el error y las medias estándar. ** P ≤ 0.01				
Medias de tratamientos con las mismas letras no son significativamente diferentes (P>0,05)				

Las plantas cultivadas con un 15% de la radiación solar aumentaron su altura durante el ensayo mientras que las que crecieron bajo el 50 y el 100% de radiación tendieron a reducir su altura cambiando incluso su porte, modificando su crecimiento a una forma rastrera.

El nivel de radiación al que se sometió a las plantas de verdolaga también afectó a la producción de hojas, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos, siendo el número de hojas por planta más alto en la parcela con el 50% de sombra que produjo una media de 250 hojas/planta, seguida por las plantas bajo 100% de radiación que produjeron 171 hojas/planta de media, y por último las del tratamiento de 15% de radiación con 110 hojas por planta (Tabla 21).

Tabla 21 Número de hojas por planta de verdolaga que crecieron bajo tres niveles de radiación, medidas durante los 12 primeros días del ensayo.

Día	15%	50%	100%	Significación
3	79.33 ± 10.28 ^a	111.33 ± 9.92 ^a	110.25 ± 14.19 ^a	Ns
6	103.25 ± 13.73 ^b	171.67 ± 14.52 ^a	160.33 ± 16.95 ^a	**
12	110.50 ± 13.88 ^c	250.25 ± 13.44 ^a	171.25 ± 19.70 ^b	**
Se muestran el error estándar y las medias. ns P > 0.05. ** P ≤ 0.01.				
Medias de tratamientos con las mismas letras no son significativamente diferentes (P > 0.05).				

El tratamiento de 50% de radiación provocó un mayor crecimiento que los otros niveles de radiación estudiados. El número de nudos del tallo principal, el número de nudos del brote más desarrollado, así como el número de brotes del tallo principal y del brote más desarrollado no mostraron diferencias significativas entre los tres tratamientos aplicados (Tabla 22). Sí podemos observar una alta variabilidad en las medias, como muestran los errores estándar de todos los parámetros de crecimiento estudiados. Este hecho puede estar relacionado con la variabilidad del material vegetal empleado. Queda patente la necesidad de homogeneizar el material vegetal, por las dificultades que entraña el cultivo de plantas con una variabilidad tan elevada. No obstante los resultados fueron homogéneos entre los tres tratamientos, exceptuando la longitud del brote más desarrollado, que fue superior en el tratamiento 50%, con una media de 16 cm, en los tratamientos 15% y 100% se obtuvo una media de 9 cm de longitud del tallo secundario más desarrollado.

Tabla 22 Crecimiento de plantas de verdolaga (subsp. nitida y granulostellulata) bajo tres niveles de radiación.

Tratamiento	15%	50%	100%
Nº nudos del tallo principal	1.33 ± 0.52	1.58 ± 0.51	1.67 ± 0.65
L. brote más desarrollado	9.25 ± 5.81 ^b	15.75 ± 6.18 ^a	8.83 ± 4.03 ^b
Nº nudos del brote más desarrollado	2.83 ± 1.83	4.33 ± 1.77	3.67 ± 1.92
Nº brotes tallo principal	2.33 ± 1.03	2.00 ± 0.85	2.58 ± 1.31
Nº brotes del brote más desarrollado	5.00 ± 4.10	7.17 ± 3.19	5.58 ± 3.58
Se muestra la media y el error estándar. Medidas en cm.			
Medias de tratamientos con las mismas letras no son significativas al nivel 0.05.			



Figura 18 Pudrición de raíces en planta de *P. oleracea* de la población natural, cultivada con bajo el 15% de la radiación incidente.

La pérdida de plantas en el transcurso del ensayo se mantuvo a cero hasta la última semana, donde se produjo un 50% de marras en el tratamiento de 15% de radiación, debido a pudriciones de raíz (Figura 18).

Los resultados de los parámetros medidos tras la recolección de las plantas de verdolaga mostraron diferencias significativas en cuanto a peso fresco y diferencias altamente significativas para el área foliar; por el contrario, no hubo diferencias significativas en relación a peso seco y porcentaje de materia seca (Tabla 23). Tanto área foliar como peso fresco mostraron los mejores resultados en el tratamiento de 50% de la radiación.

El peso fresco dio el mayor resultado (23.8 g) en el tratamiento 50%, seguido de tratamiento de radiación ambiental con 17.8 g y el tratamiento 15% con 14.7 g.

En cuanto a peso seco, aunque no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, se observa que el mayor valor se dio en el tratamiento de 50% de la radiación con 2.46 g, obteniéndose 2.25 y 1.48 g en los tratamientos 100% y 15% respectivamente.

El área foliar (AF) en el tratamiento 50%, con un valor de 170.5 cm², fue significativamente superior al obtenido en los tratamientos 15 y 100% de radiación, con resultados de 97.8 y 87.7 cm², siendo estos dos resultados estadísticamente homogéneos entre sí según la prueba de separación de medias LSD.

En el trabajo de Páez et al (2007) se analizó también el área foliar de *P. oleracea* con tres tratamientos de radiación (10%, 30% y 100% de la radiación solar incidente) en su estudio obtuvieron valores de área foliar mayores a pleno sol, valores intermedios con el 50% de la radiación y los menores valores de AF a baja radiación (10%). Es muy probable que las diferencias que encontramos con nuestros resultados se deban a las distintas condiciones edafo-climáticas entre ambos ensayos, y los niveles y horas de radiación sean muy diferentes.

Tabla 23 Área foliar y producción biomasa de plantas de verdolaga silvestre que crecieron durante 32 días en tres radiaciones.

Parámetro	15%	50%	100%	Significación
Peso fresco (g)	14.67 ± 3.69 ^b	23.84 ± 6.80 ^a	17.83 ± 3.80 ^{ab}	*
Peso seco (g)	1.48 ± 0.95	2.46 ± 0.37	2.25 ± 0.58	ns
Materia seca (%)	9.89 ± 6.03	10.65 ± 1.48	12.80 ± 0.86	ns
Área foliar (cm ²)	97.77 ± 17.15 ^b	170.53 ± 26.15 ^a	87.69 ± 11.73 ^b	**
Se muestra la media y el error estándar. * P ≤ 0.05. ns P > 0.05. ** P ≤ 0.01. Medias de tratamientos con las mismas letras no son significativas en el nivel 0.05.				

La comparación de los resultados obtenidos en los dos ensayos, con la variedad Assem y la población natural en los tres tratamientos de radiación nos permite realizar algunas consideraciones en cuanto al crecimiento y desarrollo de ambas. La variedad Assem se vio beneficiada en su crecimiento en altura por el 50% de radiación, mientras que las plantas de la población natural alcanzaron mayores alturas al 15% de radiación. Páez *et al.* (2007) describen el mismo comportamiento, cuando la planta recibe una elevada radiación solar las plantas se presentan postradas, con un crecimiento rastrero. Y a medida que se reduce la radiación incidente, aumenta el nivel de sombreo, las plantas tienden a crecer más erectas, etioladas o ahiladas

Tanto en 'Assem' como en las subespecies locales la mayor producción de hojas se dio bajo el 50% de radiación, seguida por el tratamiento a pleno sol, y por último por el tratamiento al 15% de radiación. Páez *et al.* (2007) obtuvo también el menor número de hojas en el tratamiento de menor iluminación (10%), aunque el que produjo plantas con más hojas fue el de radiación 100%, esta diferencia puede deberse a las diferencias edafoclimáticas de ambos ensayos.

En el tratamiento 15% de radiación se observaron mayores % de marras en ambos casos, siendo el único que causó pérdida de plantas en las subespecies locales.

El peso fresco de las plantas se comportó de igual forma bajo los diferentes tratamientos para la variedad Assem y para la población natural, los mayores pesos de la parte aérea se obtuvieron en el tratamiento del 50% de radiación (99.6 g y 23.8 g respectivamente), y los menores en el tratamiento de 15% (14.7 y 0.5 g). Estos resultados se mantienen también en cuanto a peso seco. La menor producción de biomasa obtenida en el tratamiento de menor radiación está en concordancia con los resultados obtenidos por Páez *et al.* (2007). Tanto 'Assem' como *nitida* y *granulatostellulata* presentan un menor porcentaje de materia seca bajo el tratamiento 100% radiación.

Los resultados de éste ensayo indican que el tratamiento de radiación más adecuado fue el que aplicó un 50% de la radiación solar incidente. Además de lograr mayores producciones como se demuestra en éste estudio, Páez *et al.* (2007) sugiere que la sombra parcial puede ser usada para mejorar la calidad nutricional de la verdolaga.

5 Conclusiones

- 1) Tanto las semillas de *Portulaca oleracea* variedad Assem como de las subespecies *nitida* y *granulatostellulata* mostraron un alto poder germinativo en las condiciones de este ensayo (14-15°C), superando el 85% de emergencia de plántulas.
- 2) Las plántulas del cultivar Assem tuvieron mayor y más rápido crecimiento y desarrollo que las de las subespecies *nitida* y *granulatostellulata*.
- 3) Se alcanzó el 100% de enraizamiento de los esquejes de *P. oleracea* subsp. *nitida* y subsp. *granulatostellulata*, lo que demuestra la viabilidad de la reproducción vegetativa mediante esquejes de tallo en esta especie.
- 4) El tratamiento de 50% de radiación sobre plantas de verdolaga variedad Assem produjo
 - a) Mayor crecimiento de las plantas, en altura y peso seco.
 - b) Mayor desarrollo: número de hojas y entrenudos.
 - c) Menor número de marras
- 5) El tratamiento con un 50% de la radiación solar sobre las plantas de *P. oleracea nitida* y *granulatostellulata* produjo
 - a) Mayor crecimiento de las plantas: altura, longitud de los brotes secundarios, peso fresco y área foliar.
 - b) Mayor desarrollo: número de hojas, y entrenudos.

Bibliografía

Al-Quraishy S, Dkhil MA, Moneim AEA. Protective effects of *Portulaca oleracea* against rotenone mediated depletion of glutathione in the striatum of rats as an animal model of Parkinson's disease Pesticide Biochemistry and Physiology. 2012; 103: 108-114.

Aydin R, Dogan I. Fatty acid profile and cholesterol content of egg yolk from chickens fed diets supplemented with purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal Science Food Agriculture. 2010; 90: 1759–1763.

Baruch Z, Fisher MJ. Factores Climáticos y de Competencia que Afectan el Desarrollo de la Planta en el Establecimiento de una Pastura. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1988; 103.

Blanca G., Cabezudo B., Cueto M., Fernández López C. & Morales Torres C. (eds.). Flora Vascular de Andalucía Oriental. Volumen 2: Ranunculaceae–Polygalaceae. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. 2009; 185-186.

Callejón AJ. Efectos del sombreado mediante pantallas aluminizadas sobre el microclima, fisiología, producción y calidad de fruto en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero. Universidad de Almería. 2003.

Carvalho IS, Teixeira M, Brodelius M. Effect of Salt Stress on Purslane and Potential Health Benefits: Oxalic Acid and Fatty Acids Profile. The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, Department of Plant Sciences, UC Davis. 2009.

Castilla N. La radiación solar en invernadero en la costa mediterránea española. Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo. CAJAMAR. 2001; 35-48.

Castroviejo, S. (coord. gen.). *Flora ibérica*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid. 1986-2012.

Chan K, Islam MW, Kamil M, Radhakrishnan R, Zakaria MNM, Habibullah M, Attas A. The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea* L. subsp. *sativa* (Haw.) Celak. Journal of Ethnopharmacology. 2000; 73: 445-451.

Chen J, Shi YP, Liu JY. Determination of noradrenaline and dopamine in Chinese herbal extracts from *Portulaca oleracea* L. by high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A. 2003; 1003: 127–132.

Clements S. Harvesting and Marketing Edible Wild Plants. Oregon State University. 1998.

Consejería de Medio Ambiente, Ordenación y Territorio. Caracterización climática de Andalucía:

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=3beae207c1935310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=871e4d0e54345310VgnVCM1000001325e50aRCRD>

Consejería de Medio Ambiente, Ordenación y Territorio. WMS Mapa de Suelos de Andalucía:

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=0a45239671e0a210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=36faa7215670f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_es

Cros V, Martínez-Sánchez J. y Franco JA. Good yields of common purslane with a high fatty acid content can be obtained in a peat-based floating system. HortTechnology. 2007; 17 (1): 14-20.

Danin A, Baker I, Baker HG. Cytogeography and taxonomy of the *Portulaca oleracea* L. polyploid complex. Israel Journal of Botany. 1978; 27: 177-211.

Danin A, Domina G, Raimondo FM. Microspecies of the *Portulaca oleracea* aggregate found on major Mediterranean islands (Sicily, Cyprus, Crete, Rhodes). Flora Mediterránea. 2008; 18.

Dkhil MA, Abdel-Moneim AE, Al-Quiraishi S, Awadallah SR. Antioxidant effect of purslane (*Portulaca oleracea*) and its mechanism of action. Journal Medicinal Plant Research. 2011; Vol. 5(9): 1589-1563.

Dovie DBK, Shackleton CM, Witkouski ETF. Conceptualizing the human use of wild edible herbs for conservation in South African communal areas. Journal of Environmental Management. 2007; 84: 146–156.

Ellis DR, Guillard K, Adams RG. Purslane as living mulch in broccoli production. American Journal of Alternative Agriculture. 2000; 15: 50-59.

El Jack, A.E.,. *Portulaca oleracea* L. In: Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editors). PROTA 2: Vegetables/Légumes. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Netherlands. 2004.

El-Sayed M-I K. Effects of *Portulaca oleracea* L. seeds in treatment of type-2 diabetes mellitus patients as adjunctive and alternative therapy. Journal of Ethnopharmacology. 2011; 137: 643-651.

Erkan Nacyye. Antioxidant activity and phenolic compounds of fractions from *Portulaca oleracea* L. Food Chemistry. 2012; 133: 775-781.

Fernández JA, Niñirola D, Vicente MJ, Conesa E, López J, González A. Efecto de la densidad de plantación y el tipo de sustrato sobre la producción de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en un cultivo hidropónico de bandejas flotantes. Seminario Español de Horticultura. 2007; 15:707-713.

Ferrari G, Leguizamón LS. Requerimientos germinativos y modelización de la emergencia de plántulas de *Portulaca oleracea* L. (Verdolaga). Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias (Zavalla, Santa FE, Argentina). 2006; 10.

Flyman MV, Afolayan AJ. The suitability of wild vegetables for alleviating human dietary deficiencies. South African Journal of Botany. 2006; 72: 492–497.

Gibbs R.B. Chemotaxonomy of flowering plants. McGill-Queens University Press. 1974; 1: 390-393.

Graifenberg A, Botrini L, Giustiniani L, Filippi L, Curadi M. Tomato growing in saline conditions with biodesalinating plants: *Salsola soda* L., and *Portulaca oleracea* L. Acta Horticulturae. (ISHS). 2003; 609: 301-305.

Guil JL, Giménez JJ, Torija ME. Mineral Nutrient Composition of Edible Wild Plants. Journal of Food Composition and Analysis. 1998; 11: 322-328.

Hernández J, Escobar I, Castilla N. La radiación solar en invernaderos. Caja Rural de Granada, Gabinete Técnico. 2001.

Isobe T, Okuhata H, Miyasaka H, Jeon BS, Park HD. Detoxification of microcystin-LR in water by *Portulaca oleracea* cv. Journal of Bioscience and Bioengineering. 2013; 20(20): 1-3.

Kafi M, Rahimi Z. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Soil Science and Plant Nutrition. 2011; 57:2, 341-347.

Kazemi M, Tahmasbi A M, Valizadeh R, Naserian A A, Moheghi M M. Assessment of Nutritive Value of Four Dominant Weed Species in Range of Khorasan Distict of Iran by *in vitro* and *in situ* Techniques. Journal of Animal and Veterinary Advances. 2009; 8 (11): 2286-2290.

Lara LJ. Optimización de la siembra manual de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en bandejas flotantes de tipo styrofloat. UPCT. 2008.

Lara M V, Drinchovich M F, Andreo C S. Transiciones metabólicas en la fijación fotosintética del carbono en plantas del género *Portulaca*. *Plant and Cell Physiology*. 2004; 45:618-626.

- Lim YY, Quah EPL. Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. Food Chemistry. 2007; 103: 734-740.
- Liu L, Howe P, Zhou Y-F, Xu Z-Q, Hocart C, Zhang R. Fatty acids and b-carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. Journal of Chromatography A. 2000; 893: 207-213.
- Londonkar RL, Nayaka HB. Effect of ethanol extract of *Portulaca oleracea* L on ovulation and estrous cycle in female albino rats. Journal of Pharmacy Research. 2013; 6: 431-436.
- Martins D, Barros L, Carvalho AM, Ferreira I. Nutritional and in vitro antioxidant properties of edible wild greens in Iberian Peninsula traditional diet. Food Chemistry. 2011; 125: 488-494.
- Moneim AEA, Dkhil MA, Al-Quraishi S. The potential role of *Portulaca oleracea* as a neuroprotective agent in rotenone-induced neurotoxicity and apoptosis in the brain of rats. Pesticide Biochemistry and Physiology. 2013; 105: 203-212.
- Mortley DG, Oh JH, Johnson DS, Bonsi CK, Hill WA. Influence of Harvest Intervals on Growth Responses and Fatty Acid Content of Purslane (*Portulaca oleracea*). HORTSCIENCE, 2012; 47(3): 437-439.
- Obied WA, Mohamoud EN, Mohamed OSA. *Portulaca oleracea* (purslane): nutritive composition and clinico-pathological effects on Nubian goats. Small Ruminant Research 2003; 48: 31-36.
- Okuhata H, Ninagawa M, Takemoto N, Ji H, Miyasaka H, Iwamoto A, Nagae M, Ishibashi Y, Arizono K. Phytoremediation of 4,40-thiodiphenol (TDP) and other bisphenol derivatives by *Portulaca oleracea* cv. Journal of Bioscience and Bioengineering. 2013; 115(1): 55-57.
- Oliveira I, Valentão P, Lopes R, Andrade PB, Bento A, Pereira JA. Phytochemical characterization and radical scavenging activity of *Portulaca oleraceae* L. leaves and stems. Microchemical Journal. 2009; 92: 129-134.
- Páez A, Páez PM, González ME, Vera A, Ringelberg D, Tschaplinski TJ. Crecimiento, carbohidratos solubles y ácidos grasos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) sometida a tres niveles de radiación. Revista Facultad Agronomía. 2007; vol.24(4): 642-660 .
- Palaniswamy UR, Bible BB, McAvoy RJ. Effect of Nitrate: Ammonium Nitrogen Ratio on Oxalate Levels of Purslane. J. Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. 2002; p. 453-455.

Palaniswamy UR, McAvoy RJ, and Bible BB. Stage of Harvest and Polyunsaturated Essential Fatty Acid concentrations in Purslane (*Portulaca oleracea*) leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001; 49(7): 3490-3493.

Palaniswamy UR, McAvoy RJ, Bible BB. Omega-3 Fatty Acid Concentration in Purslane (*Portulaca oleracea*) is Altered by Photosynthetic Photon Flux. Journal of the Amererican Society of Horticultural Science. 2001; 126(5):537–543.

Parvin N, Farzaneh S, Rafiee Vardanjani L, Goodarzi I, Nikfarjam M. The effects of *Portulaca oleracea* L (purslane) on psychologic symptoms of schizophrenic patients. European Psychiatry. 2013; 28(1).

Philipson BE, Rothrock DW, Connor W.E, Harris WS, and Illinworth DR. Reduction of plasma lipids, lipoproteins and apoproteins by dietary fish oils in patients with hyperglyceridemia. The New England Journal of Medicine. 1985; 312: 1210–1216.

Proctor C A, Gaussion R, Reicher Z. Vegetative reproduction potential of common purslane (*Portulaca oleracea*). Weed Technology. 2011; 25:694-697.

Radhakrishnan R, Zakaria MNM, Islam MW, Chen HB, Kamil M, Chan K, Al.Attas A. Neuropharmacological actions of *Portulaca oleraceae* L v. sativa (Hawk). Journal of Ethnopharmacology. 2001; 76: 171-176.

Ren S, Weeda S, Akande O, Guo Y, Rutto L, Mebrahtu T. Drought tolerance and AFLP-based genetic diversity in purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Biotech Research. 2011; 3: 51-61.

Rinaldi R, Amodio ML, Colelli G. Effect of temperature and exogenous ethylene on the physiological and quality traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves during storage. Postharvest Biology and Technology. 2010; 58: 147-156.

Shen H, Tang G, Zeng G, Yang Y, Cai X, Li D, Liu H, Zhou N. Purification and characterization of an antitumor polysaccharide from *Portulaca oleracea* L. Carbohydrate Polymers. 2013; 93: 395-400.

Singh K P. Effect of temperature and light on seed germination of two ecotypes of *Portulaca oleracea* L. New Phytology. 1973; 72: 289-295.

Simopoulos AP, Norman HA, and Gillaspay JE. Purslane in human nutrition and its potential for world agriculture. World Review Nutrition and Diet. 1995; 77: 47–74.

Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids and antioxidants in edible wild plants. Biological Research. 2004; 37: 263–277.

Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Diccionario de Ciencias Hortícolas. Mundi-Prensa Libros. 1998.

Stroescu M, Stoica-Guzun A, Ghergu S, Chira N, Jipa I. Optimization of fatty acids extraction from *Portulaca oleracea* seed using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*. 2013; 43: 405-411.

Sudhakar D, Krishna Kishore R, Parthasarathy PR. *Portulaca oleracea* L. extract ameliorates the cisplatin-induced toxicity in chick embryonic liver. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*. 2010; 47: 185-189.

Szalai, G., Dai, N., Danin, A., Dudai, N. and Barazani, O. Effect of nitrogen source in the fertilizing solution on nutritional quality of three members of the *Portulaca oleracea* aggregate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010; 90:2039–2045.

Tapia L, Rita J. Posibilidades de Cultivo y Aprovechamiento de *Portulaca oleracea* L. Escola Superior d'Agricultura. Barcelona. 1983; Vol 5.

Wanyin W, Liwei D, Lin J, Hailiang X, Changquan L, Min L. Ethanol extract of *Portulaca oleracea* L. protects against hypoxia-induced neuro damage through modulating endogenous erythropoietin expression. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2012; 23: 385-391.

Xiang L, Xing D, Wang W, Wang R, Ding Y, Du L. Alkaloids from *Portulaca oleracea* L. *Phytochemistry*. 2005; 66: 2595–2601.

Yan G, Aryamanesh N, Wang S. Purslane – A Potential Vegetable Crop. Rural Industries Research and Development Corporation (Australia). 2009; 09: 088.

Yamdagni, N. and D. N. Sen. Role of leaves present on the stem cuttings for vegetative propagation in *Portulaca grandiflora* L. *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*. 1973; 164:447-449.

Yan J, Sun L-R, Zhou Z-Y, Chen Y-C, Zhang W-M, Dai H-F, Tan J-W. Homoisoflavonoids from the medicinal plant *Portulaca oleracea*. *Phytochemistry*. 2012; 80: 37-41.

Zhao R, Gao X, Cai Y, Shao X, Jia G, Huang Y, Quin X, Wang J, Zheng X. Antitumor activity of *Portulaca oleracea* L. polysaccharides against cervical carcinoma in vitro and in vivo. *Carbohydrate polymers*. 2013; 96: 376-383.