



PRODUCTIVIDAD DE LECHUGA EN EL SISTEMA HIDROPÓNICO Y CONVENCIONAL

LETTUCE PRODUCTIVITY IN THE HYDROPONIC AND CONVENTIONAL SYSTEM

Martín Milciades Sánchez Armoa¹, Oscar Luís Caballero Casuriaga^{2*}  y Florencio David Valdez Ocampo²

¹Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

²Profesor, Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: cabariaga1305@gmail.com

RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en el vivero del área de Horticultura de la FCA – UNC, teniendo como objetivo determinar la productividad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en distintos sistemas de producción, específicamente, en hidroponía y en sistema convencional. La fase experimental abarcó el periodo comprendido entre agosto y octubre de 2017. Se empleó el Diseño Completamente al Azar, con 3 tratamientos y 7 repeticiones. Los tratamientos fueron T1: Hidroponía I; T2: Hidroponía II; T3: Convencional. Se determinó la masa fresca de la planta, el diámetro y la altura de planta, el número de hojas y la precocidad. Los datos obtenidos fueron sometidos al ANAVA, mediante el Test F y las medias de los tratamientos, comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5%. Los resultados señalan que, para masa fresca de planta, diámetro y altura de planta, precocidad, y número de hojas, hubo diferencias significativas entre tratamientos, llegando así a la conclusión de que para diámetro, altura de planta y precocidad, el T2 mostró los mejores resultados y para masa fresca y número de hojas, el T3 presentó los mejores valores.

Palabras clave: *Lactuca sativa* L., sistemas de producción, hidroponía, convencional.

ABSTRACT

The experiment was carried out in the nursery of the horticulture area of the FCA - UNC, aiming to determine the productivity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in different production systems, specifically, in hydroponics and conventional system. The experimental stage covered the period from August to October 2017. A Completely Randomized Design was used, with 3 treatments and 7 replications. The treatments were T1: Hydroponics I; T2: Hydroponics II; T3: Conventional. Plant fresh mass, plant diameter and height, number of leaves and precocity were determined. The data obtained were subjected to ANOVA, using the F test, and the means of the treatments were compared by Tukey's test at 5%. The results indicate that, for fresh plant mass, plant diameter and height, earliness, and number of leaves, there were significant differences between treatments, reaching the conclusion that for plant diameter, plant height and earliness, T2 showed the best results and for fresh mass and number of leaves, T3 presented the best values.

Keywords: *Lactuca sativa* L., production systems, hydroponics, conventional.

INTRODUCCIÓN

La lechuga es una planta que se cultiva generalmente para el uso de sus hojas. Es consumida preferentemente fresca como ensalada, acompañando otros alimentos, y es reconocida por su frescor y textura agradables al paladar; además de poseer importantes propiedades nutraceuticas (Zambrano, 2014).

Según el mismo autor, su consumo es alto para todos los niveles de la población, y constante durante el año, por lo cual se constituye en una excelente alternativa productiva, en especial para la diversificación agrícola. En nuestra región la lechuga es principalmente cultivada a campo, aunque empieza a cobrar auge la producción hidropónica.

El cultivo de plantas en agua o solución nutritiva es hidroponía. Hoy en día la técnica de hidroponía cumple un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios en el clima, la erosión del suelo, la falta y contaminación de las aguas, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos (Delfín, 2001 citado por Garzón, 2006).

Los cultivos hidropónicos tienen algunas ventajas sobre los cultivos tradicionales, como mejorar el control de factores externos como clima, malezas, plagas, enfermedades, deficiencia o exceso de nutrientes, mejorar la calidad de los productos a cosechar, mayor precocidad en la obtención del producto, aumento de la productividad, mejorar el aprovechamiento del área disponible, ya que por medio de este sistema podemos cultivar en varios pisos, aprovechamiento de áreas infértiles, mayor densidad de plantación que nos conduce a un incremento en la producción por unidad de área, además de ser independiente del factor suelo (Llanos, 1988 citado por Guerrero et al., 2014).

El éxito de la producción hidropónica depende más del conocimiento agronómico que del conocimiento de la técnica en sí. La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas, los niveles de pH, los tiempos de recirculación, etc.; pueden causar pérdidas en la producción, o bien producir plantas sin el suficiente atractivo para el comprador (Rodríguez et al., 2001).

El productor tradicional de lechuga debe satisfacer con eficiencia la demanda constante del producto, y un ciclo de 65 o 70 días requiere de extremar recursos y mano de obra para cumplir con la demanda. Además de eso, la

producción a campo, es mucho más exigente en épocas cálidas, haciéndose más difícil lograr un producto de calidad en la temporada primavera verano dadas las preferencias climáticas del rubro. Con esta investigación, se busca disminuir los tiempos de producción, lo cual es una ventaja de este sistema, y aparte de ello la posibilidad de mantener constante el nivel productivo y la calidad, durante todo el año.

El objetivo general planteado fue determinar la productividad de la lechuga en sistemas de producción: hidropónico y convencional. Para cumplir con el objetivo, se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos específicos: comparar el efecto de los diferentes tratamientos en la precocidad del cultivo; cuantificar el número de hojas por planta, determinar la masa de las plantas y, evaluar el diámetro y la altura de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio realizado fue de tipo experimental cuantitativo. Las instalaciones para el experimento fueron realizadas en el área de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias situada en la ciudad de Concepción, ruta V Gral. Bernardino Caballero.

La ciudad de Concepción presenta condiciones climáticas con valores medios anuales de 25° C de temperatura, una humedad relativa del 80 %, y una precipitación de 1.200 mm (DINAC, 2016). De acuerdo al análisis de suelo practicado a la parcela experimental, se verifican los siguientes indicadores: textura franco arenosa; con contenido de materia orgánica de 0,8 %, y el pH de 5,8 caracterizado como levemente ácido.

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 3 tratamientos y 7 repeticiones, totalizando 21 unidades experimentales. El trabajo consistió en la evaluación de la producción de lechuga en dos modalidades del sistema hidropónico, y el sistema convencional, tal como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento. Concepción-Paraguay, 2017.

Trat.	Descripción	
T1	Sistema hidropónico I	Utilizando sustrato en vasos descartables
T2	Sistema Hidropónico II	Utilizando espuma fenólica como sostén
T3	Sistema Convencional	Llevados a campo, en tablonés.

En primer lugar, se realizó la siembra de las semillas de lechuga de la variedad Veneranda en bandejas de germinación de poliestireno de 128 celdas, utilizando un sustrato comercial, para el sistema convencional; en vasos plásticos de 200 ml, utilizando sustrato comercial para el sistema hidropónico I; y en espuma fenólica para el sistema hidropónico II. Posteriormente se montó el sistema para la producción hidropónica y se prepararon los tabloncillos para la producción convencional.

El siguiente paso fue la instalación del sistema de riego por goteo para la producción convencional, correspondiendo una cinta de goteo para cada tabloncillo. La instalación de los sistemas hidropónicos constó de caños de desagote de 100 mm de diámetro, de color negro recubiertos por cinta de aluminio reflectante; ubicados en paralelo, separados a 0,28 m entre sí. Cada uno de los cuales con perforaciones a 0,20 m, totalizando 15 perforaciones por caño, de 3 metros de longitud; albergando a 15 plantas; lo cual correspondió a una unidad experimental.

La solución nutritiva para los sistemas hidropónicos se hizo en base a recomendaciones de una empresa, que comercializa una combinación de macro y micro nutrientes altamente solubles ya formulados para cultivos hidropónicos de lechuga; el cual se mantuvo constante, bajo un rango de ppm (partes por millón) preestablecido; para cuya verificación se dispuso de un medidor de TDS (total sales disueltas). Por otra parte, el nivel de pH de la solución nutritiva fue controlado periódicamente mediante un pH-metro, de modo a manejarlo dentro de rangos adecuados: 6,0 a 6,5.

Para el sistema hidropónico I, la siembra se realizó en vasos plásticos de 200 ml, sumergidos en la solución nutritiva, en donde permaneció durante todo el ciclo de desarrollo. Para el sistema hidropónico II, la siembra se realizó en sistema Floating, en bandejas de poliestireno de 128 celdas, las cuales se mantuvieron flotando en una solución nutritiva con niveles de nutrientes acordes a ese estado de desarrollo, utilizando como medio de soporte espuma fenólica. En esta etapa denominada maternidad, las plantas permanecieron durante 5 a 7 días y posteriormente se realizó un primer trasplante, a un sistema conformado por caños de desagote de pvc de 50 ml de diámetro, por el interior del cual fluía la solución nutritiva con tenores adecuados de macro y micronutrientes, verificados periódicamente mediante medidor

de TDS, tal como fue descripto anteriormente. A los 13 a 15 días después de la siembra, se realizó un segundo y último trasplante, al sistema mencionado inicialmente, donde las plantas completaron su ciclo de desarrollo.

La producción convencional se realizó en tabloncillos de 0,15 m de alto, 0,3 m de ancho y 4,8 metros de longitud, sobre cual se colocó una hilera de lechugas, con distanciamiento de 0,3 metros; procurando congeniar las dimensiones de tal forma que, en cada unidad experimental de ambos sistemas quepan 15 plantas. Diariamente se realizó el monitoreo correspondiente y los cuidados culturales requeridos. Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de fitopatología de la FCA/UNC, una vez cosechadas las plantas, para que no se presenten pérdidas de humedad y turgencia. Los datos fueron registrados en planillas Excel, para luego ser procesados.

Se realizaron las siguientes determinaciones: precocidad (días): que fue contabilizado por día, a partir de la siembra hasta la cosecha. Número de hojas: contabilizando el total de hojas completamente desarrolladas de cada planta cosechada. Masa de plantas (g/planta): se obtuvo pesando en una balanza electrónica de precisión. Diámetro de la planta (cm): realizado mediante calibrador Vernier, en la parte de máxima expansión foliar. Altura de plantas (cm): se realizó con regla centimetrada en toda la extensión perpendicular de la planta, desde la base hasta la altura máxima, excluyendo la raíz.

Una vez obtenidos los datos, fueron sometidos al análisis de varianza (ANAVA) mediante el test de Fischer para cada determinación realizada y donde se observaron efectos significativos, fueron comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Precocidad

Quizá uno de los aspectos mas resaltados en la comparativa entre la producción convencional, y la producción hidropónica de lechuga, sea el referente a los días hasta la cosecha. Baixauli y Aguilar (2002), señalan, entre las ventajas del cultivo sin suelo, que se puede conseguir una mayor precocidad y mayor potencial productivo, debido a que la planta cuando toma la solución nutritiva, consume menos energía para su desarrollo que en los sistemas de cultivo en suelo.

En ese sentido, la figura 1, permite visualizar los resultados obtenidos en esta investigación, según los cuales entre los tratamientos 1 y 2,

ambos con producción hidropónica no se dieron diferencias estadísticas ni agronómicas. En ambos casos, las primeras cosechas se dieron a partir del día 36 posterior a la siembra en promedio y la colecta de plantas prosiguió hasta el día 38, cuando ya las primeras plantas empezaban a demostrar indicios de sobre-maduración.

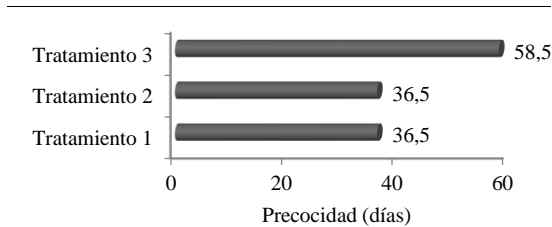


Figura 1. Días desde la siembra hasta la cosecha del cultivo de lechuga en sistema convencional e hidropónico.

Por su parte las primeras plantas producidas convencionalmente (T3), no fueron cosechadas hasta el día 58 post siembra en promedio, y las últimas, fueron colectadas el día 62; cuando hubieron alcanzado su madurez de consumo. Cárdenas (2004), evaluando variedades de lechuga en producción convencional e hidropónica, obtuvo resultados opuestos, al llegar a cosecha primero las lechugas producidas en sistema convencional (30 DDT); y luego las producidas en sistema hidropónico (36 DDT). Sin embargo, en cuanto a la producción hidropónica, los resultados son similares a este trabajo, ya que la cosecha se inició también a los 36 DDT.

Gutiérrez (2011), trabajando con lechuga producida en hidroponía menciona ciclos de 32 y 39 días hasta la cosecha; datos similares a los conseguidos en este trabajo de investigación, en el cual los dos sistemas hidropónicos evaluados permitieron realizar la cosecha entre los días 35 a 38.

Altura de planta

Con respecto a la determinación altura de planta, se observan diferencias estadísticas entre tratamientos, siendo el T2 (Sistema hidropónico II), superior a este nivel, en relación a T1 y T3. Por su parte T1 (Sistema hidropónico I), logra diferencias significativas por sobre T3.

La comparación de media de altura de plantas de lechuga en sistemas hidropónico y convencional se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2. Altura de plantas de lechuga en los sistemas hidropónicos y convencional.

Tratamientos	Altura de planta (cm)
T2	23,47 a
T1	19,80 b
T3	17,34 c
Media general	20,20
CV%	4,28
DMS	1,17

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí, por el test de Tukey al 5% de probabilidad. CV%: Coeficiente de variación. DMS: diferencia mínima significativa.

Los sistemas de producción hidropónicos logran diferencias importantes, en relación a la producción convencional de lechuga en la altura de planta; si bien esta determinación no es un parámetro definitivo, permite suponer un mayor desarrollo de las plantas, producidas mediante este método.

Zambrano (2014), experimentando con genotipos de lechuga en tres sistemas de producción hidropónica, obtiene medias de altura de plantas de 24 cm; similares a las logradas con el T2 en esta investigación, que fue de 23,5 cm; y superiores a las alcanzadas con el T1, que obtuvo medias de 19,8 cm.

Diámetro de la planta

Según el test de Tukey, al 5%; evaluando diámetro de planta, se dan diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados. Tal como puede verse en la tabla 3, la DMS fue de 1,62 cm.

Las medias más elevadas se obtuvieron con los tratamientos 1 y 2; de hasta 6,9 cm, superiores con respecto al T3, que consistió en la producción convencional del rubro en estudio. Se puede decir que el T2, tal como en la determinación anterior, permitió la obtención de plantas de mayor expansión foliar.

Tabla 3. Diámetro de planta de lechuga en los sistemas hidropónicos y convencional.

Tratamientos	Diámetro de planta (cm)
T2	32,44 a
T1	30,07 b
T3	25,54 c
Media general	29,35
CV%	4,05
DMS	1,62

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí, por el test de Tukey al 5% de probabilidad. CV%: Coeficiente de variación. DMS: diferencia mínima significativa.

Entre los tratamientos 1 y 3, las diferencias llegan a los 4,52 cm; lo que indica la influencia

de la producción hidropónica en cuanto al tamaño de las plantas, en relación a la lechuga producida convencionalmente.

Gutiérrez (2011), realizando investigaciones con diferentes sistemas de producción hidropónica para lechuga, obtiene diámetros de planta de entre 29,33 cm a 29,46 cm, inferiores a los alcanzados en este trabajo, en el cual los sistemas de producción hidropónica, T1 y T2, determinaron medias de 30,07 cm y 32,44 cm de diámetro.

Masa fresca de plantas

Al realizar el análisis de varianza para la determinación de masa fresca de planta, según puede ser observado en la tabla 4, se encuentran diferencias significativas entre los sistemas de producción considerados en esta investigación. La diferencia entre medias, de los tratamientos que presentan los máximos y mínimos valores, T3 y T1, respectivamente es de 50,7 g.

Tabla 4. Masa fresca de planta Producción de lechuga en sistemas hidropónicos y convencional. Concepción, Paraguay, 2017.

Tratamientos	Masa fresca de planta (g)
T3	109,04 a
T2	65,19 b
T1	58,34 b
Media general	771,52
CV%	11,23
DMS	11,87

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí, por el test de Tukey al 5% de probabilidad. CV%: Coeficiente de variación. DMS: diferencia mínima significativa.

En este caso, el tratamiento 3: producción de lechuga bajo sistema convencional, logra los mejores resultados; difiriendo a nivel estadístico con T1 y T2, sistemas hidropónicos. Cárdenas (2004), comparando sistemas de producción de lechuga, hidropónico y convencional halló resultados análogos a los obtenidos en este trabajo, con medias de 154,5 g/planta para la producción convencional, en comparación a 40 g/planta obtenidos en producción hidropónica.

Otro aspecto digno de mencionar es la igualdad estadística entre T1 y T2, aunque sí puede notarse agrónomicamente un mejor desarrollo de las plantas producidas bajo el sistema hidropónico II (T2); el cual, a diferencia del otro sistema hidropónico evaluado (T1), sí transitó los perfiles sucesivos: maternidad, primer trasplante y segundo trasplante.

Cajo (2016), investigando sobre producción hidropónica en tres variedades de lechuga con

tres soluciones nutritivas, llegó a medias para masa fresca de planta, de 212,3 g con la solución 2 (S2) en la variedad Salad Bowl (mejor tratamiento), superiores a las alcanzadas en este trabajo, en donde se obtuvieron medias de 65 g, con el T2; la explicación a tales diferencias posiblemente se debió a las soluciones nutritivas empleadas como tratamientos.

Garzón (2006), en investigaciones con lechuga hidropónica, evaluando dos variedades y dos soluciones nutritivas, obtuvo una media general de 92 g; resultados superiores a los obtenidos en este trabajo; en el cual se llegó a medias de 65,19 g, para el T2; y a 58,34 g, para el T1. Una explicación para estas diferencias podría ser la influencia de las soluciones nutritivas utilizadas por el citado investigador.

Cárdenas (2004), comparando producción hidropónica y convencional de lechuga, menciona que las plantas producidas en sistema convencional, alcanzaron mayor masa, en relación a la lechuga hidropónica, tal como sucedió en el presente trabajo. La diferencia de masa entre plantas producidas con los diferentes sistemas fue de 114,5 g; obtenidos por el investigador a quien se hace referencia; en relación a 47,28 g que hubo entre plantas producidas en hidroponía y convencionalmente, en este trabajo.

Número de hojas

La siguiente determinación realizada, número de hojas, nuevamente muestra diferencias estadísticas entre tratamientos. En ese sentido el T3, en media, nuevamente marca diferencias a este nivel, en comparación con los demás tratamientos. Por su parte T1 y T2, no difieren estadísticamente entre sí.

Tabla 5. Número de hojas Producción de lechuga en sistemas hidropónicos y convencional. Concepción, Paraguay, 2017.

Tratamientos	Número de hojas
T3	9,19 a
T2	7,71 b
T1	7,28 b
Media general	8,06
C.V%	7,41
DMS	0,81

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí, por el test de Tukey al 5% de probabilidad. CV%: Coeficiente de variación. DMS: diferencia mínima significativa.

La diferencia entre el T3, con el cual se logró el mayor número de hojas, y el T1, que para esta evaluación fue el de menor desempeño, es de

aproximadamente 2 hojas por planta; lo cual parece indicar en líneas generales, que la producción convencional de lechuga, permite producir plantas con mayor cantidad de hojas, en relación a la producción hidropónica; en cualquiera de los dos sistemas evaluados.

Zambrano (2014), realizando un estudio comparativo de tres genotipos de lechuga, cultivadas en tres sistemas de producción hidropónica, logró medias de 19 hojas/planta, claramente superiores a las conseguidas en esta investigación en la cual se llegó solamente a 7,71 hojas/planta, con el T2.

Gutiérrez (2011), investigando en producción de lechuga hidropónica, con y sin recirculación de solución nutritiva, evaluando número de hojas obtiene entre 1,6 a 18,7 hojas/planta, superiores a las 7,3 a 7,7 hojas/planta logradas en esta investigación, con los tratamientos de producción hidropónica.

Rivera (2015), investigando con tres variedades de lechuga, producidas en hidroponía, y dos tipos de almácigos, obtuvo para número de hojas, medias de 26.6 cm, muy superiores a las alcanzadas en este trabajo, en el cual se contabilizaron hasta 7.7 hojas/planta, en lechugas producidas en hidroponía.

La explicación a estas diferencias, referidas por diferentes autores, podría encontrarse en que para el presente trabajo solamente fueron contabilizadas las hojas completamente desarrolladas, sin considerar aquellas que no habían alcanzado su máxima expansión.

CONCLUSIONES

Considerando las condiciones en las cuales se llevó a cabo el trabajo, se llega a las siguientes conclusiones:

En todas las determinaciones realizadas fueron halladas diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

El tratamiento 2, presenta los mejores resultados, excepto en las determinaciones masa fresca, y número de hojas, en las cuales la producción convencional se destacó.

La producción hidropónica de lechuga, posibilita obtener plantas en un periodo de tiempo netamente inferior, en relación a la producción a campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cajo C., A. M. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.)*, bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas (Proyecto de Investigación). Universidad Técnica de

Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.

Cárdenas C., C. M. (2004). *Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones de El Zamorano, Honduras* (Tesis de grado). Universidad Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5183>

DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil, PY). (2017). *DMH (Dirección de Meteorología e Hidrología). Características climáticas de Concepción*.

Gutiérrez T., J. (2011). *Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. Recuperado de <https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/1458>

Rivera A., N. M. (2015). *Evaluación de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.)* cultivadas con la técnica hidropónica de flujo laminar de nutrientes (NFT) en el Centro Experimental de Cota Cota. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5992>

Rodríguez, A., Chang, M., Hoyos, M., & Falcón, F. (2001). *Manual práctico de hidroponía* (3a ed.). Lima, PE: Mekanobooks.

Zambrano M., A. C. (2014). *Estudio comparativo de tres genotipos de lechuga (Lactuca sativa L.)* cultivadas en tres sistemas de producción hidropónica (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de https://biblioteca.semisud.org/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=280992

Garzón L., S. S. (2006). *Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes* (Tesis de pregrado). Universidad Zamorano, Francisco Morazán, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/server/ap>

[i/core/bitstreams/9706303e-4908-4574-823b-b758dbaa9462/content](https://core/bitstreams/9706303e-4908-4574-823b-b758dbaa9462/content)

Guerrero, E. M., Revelo, J. C., Benavides B., O., Chaves J., G., & Moncayo, C. Á. (2014). Evaluación de sustratos en un cultivo de lechuga bajo un sistema hidropónico en el municipio de Pasto. *Revista de ciencias agrícolas*, 31(1), 3–16.

<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1933>

Baixauli S., C., & Aguilar O., J. M. (2002). *Cultivo sin suelo de hortalizas: Aspectos prácticos y experiencias*. Valencia, España: Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.