

# EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA DEL CULTIVO DE LECHUGA EN INVERNADERO, COMO ALTERNATIVA PARA INVIERNO

## Technical and Financial Evaluation of Greenhouse Lettuce Crop as a Winter Alternative

Gerardo Martínez Carrillo<sup>1</sup>, Alfredo Lara Herrera<sup>1‡</sup>, Luz Evelia Padilla Bernal<sup>2</sup>, Maximino Luna Flores<sup>1</sup>, J. Jesús Avelar Mejía<sup>1</sup> y J. Jesús Llamas Llamas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Unidad Académica de Agronomía, <sup>2</sup> Unidad Académica de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Zacatecas. Calzada Solidaridad s/n, Hidráulica. 98068 Zacatecas, Zac., México.

‡ Autor responsable (alara204@hotmail.com)

---

### RESUMEN

Los cultivos que se producen en invernadero sin calefacción en el Altiplano de México y específicamente en Jerez de García Salinas, Zacatecas, no se adaptan en invierno, época en la que no se usan los invernaderos. Con el fin de encontrar una opción de producción que sea económicamente rentable en la época invernal para los productores de esta región, se evaluó la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) posterior a un cultivo de tomate. La investigación se realizó en un invernadero tipo multitunel con control pasivo del clima, el cultivo fue establecido en suelo. Se evaluó la combinación de tres variedades (Durango, Orejona PX y EZ-1) y tres densidades de plantación (20, 6.6 y 5 plantas m<sup>-2</sup>) en la producción y la rentabilidad. El rendimiento con la variedad Durango fue superior en 1.22 y 1.18 veces a EZ-1 y Orejona PX, respectivamente; la densidad de 20 plantas m<sup>-2</sup> presentó un rendimiento en kg m<sup>-2</sup> de 2.1 y 2.7 veces mayor que con 6.6 y 5 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente; sin embargo, el peso por planta tuvo comportamiento inverso al peso por metro cuadrado; con cinco plantas m<sup>-2</sup> el peso por planta fue mayor en 1.01 y 1.49 veces respecto a 6.6 y 20 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente. La relación beneficio/costo con el cultivo de tomate fue de 1.28 y con tomate + lechuga fue de 1.37, 1.30 y 1.29 con 20, 6.6 y 5 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente; por lo cual el cultivo de lechuga, principalmente con la variedad Durango y la densidad de 20 plantas m<sup>-2</sup>, es una opción recomendable.

**Palabras clave:** *Lactuca sativa* L.; variedades de lechuga; densidad de plantas; rentabilidad.

### SUMMARY

In Jerez, Zacatecas, the effect of three varieties and three planting densities on yield and economic profitability of a lettuce crop in a medium-technology multitunnel-type greenhouse was evaluated and compared, in the winter period after a tomato crop. The experiment was set up under a factorial arrangement with three treatments (lettuce varieties Durango, Orejona PX and EZ-1) combined with three planting densities (20, 6.6 and 5 plants m<sup>-2</sup>) in a complete block design with four replications. The variables evaluated were yield, leaf, stem and root fresh weight, and profitability. Durango variety yield was 1.22 and 1.18 times higher than that of EZ-1 and PX Orejona, respectively. Density of 20 plants m<sup>-2</sup> yielded (kg m<sup>-2</sup>) 2.1 and 2.7 times more than the density of 6.6 and 5 plants m<sup>-2</sup>, respectively. However, weight per plant was contrary to weight per square meter: 5 plants m<sup>-2</sup> weighed 1.01 to 1.49 times more than 6.6 and 20 plants m<sup>-2</sup>, respectively. The benefit/cost relationship of the tomato crop was 1.28, while that of tomato + lettuce was 1.37, 1.29, 1.30 with 20, 6.6 and 5 plants m<sup>-2</sup>, respectively. Therefore, lettuce, mainly the Durango variety at a density of 20 plants m<sup>-2</sup> is a recommended option for winter cropping.

**Index words:** *Lactuca sativa* L.; varieties of lettuce; planting densities; profitability.

### INTRODUCCIÓN

La finalidad de un invernadero es modificar las condiciones ambientales, en parámetros del clima que

se acerquen a las magnitudes que favorezcan el crecimiento de las plantas, sin que se eleven los costos, de manera que el incremento de la producción se refleje en beneficio económico para el productor. La superficie de invernaderos en el estado de Zacatecas ha crecido en los últimos años a una tasa de aproximadamente 25% y el cultivo que principalmente se produce es el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Padilla-Bernal *et al.*, 2012). Con el fin de generar actividades productivas y empleos, el gobierno estatal en sus dos últimos Planes de Desarrollo (1999-2004 y 2005-2010), ha planteado como parte de las estrategias para la reactivación del campo la promoción de la agricultura protegida, estableciendo programas de apoyo para los productores interesados en la producción de hortalizas bajo esta modalidad. A través de estos programas, productores que desean invertir en invernaderos han recibido apoyos de los gobiernos federal, estatal y municipal para su construcción (Padilla-Bernal *et al.*, 2010).

Actualmente la superficie de agricultura protegida en el estado de Zacatecas es de más de 400 ha. La mayoría de los invernaderos son de tecnología media, es decir, carecen de un sistema de calefacción que controle la temperatura durante los meses más fríos (SEDAGRO, 2010). La razón principal de que no cuenten con calefacción es el alto costo del combustible, la escasa información y falta de capacitación de los productores, y las pocas opciones de producción de cultivos que potencialmente podrían ser establecidos en el periodo invernal. El no contar con alternativas para producir en los invernaderos en la época invernal, ha traído como consecuencia una subutilización de estas estructuras al limitarlas a uno o dos periodos de cultivo (ocho meses). Esto hace necesaria la investigación de cultivos alternativos que puedan incrementar la productividad y rentabilidad de estos sistemas productivos en esta región. En el municipio de Jerez de García Salinas las condiciones climáticas son propicias para cultivos de invierno en invernadero, ya que las heladas no son tan intensas como en la parte central del estado de Zacatecas, las temperaturas media mínima y media mínima maximorun son 1.1 y 5 °C, respectivamente mayores en Jerez, además, el periodo libre de heladas con una probabilidad de ocurrencia del 10% es 19.4 días mayor en Jerez que en la parte central del estado de Zacatecas (Medina *et al.*, 2008).

Dentro de las especies alternativas que tienen un alto potencial de rendimiento y se adaptan a lo largo del año, particularmente en invierno, se encuentra la lechuga (*Lactuca sativa* L.). El estado de Zacatecas ocupó junto con Guanajuato, el primer lugar en producción de esta hortaliza con más de 70 000 toneladas en cada estado (SIAP-SAGARPA, 2010). La lechuga es una de las especies más importantes del grupo de las hortalizas de hoja, es una verdura cultivada al aire libre en zonas templadas, pero actualmente la superficie bajo invernadero ha ido en constante crecimiento por su alta demanda como ensalada en fresco, a nivel nacional e internacional (Santos *et al.*, 2009; Fu *et al.*, 2012; Balsam *et al.*, 2013).

Aunque existen variedades de lechuga que se adaptan mejor a climas templados y otras a climas cálidos (Qin *et al.*, 2007), en general, es una especie que se adapta a las temperaturas bajas; las óptimas para el crecimiento son de 18 a 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche, la temperatura máxima puede ser de 30 °C y la mínima que puede soportar es de hasta -6 °C (Quintero *et al.*, 2000). Tiene un requerimiento de agua mayor de 134 mm por ciclo (Abu-Rayyan *et al.*, 2004; Chipana-Rivera y Serrano-Coronel, 2007), y la humedad relativa para su mejor desarrollo es de 60 a 80%, aunque puede tolerar menos de 60% (Jackson *et al.*, 2000).

El comportamiento del cultivo de lechuga con respecto a la densidad de plantas es dependiente de la radiación solar (Fu *et al.*, 2012); el espaciamiento entre ellas influye en el contenido de nitrato en las hojas y en el peso por planta (Abu-Rayyan *et al.*, 2004). La lechuga es un cultivo anual de ciclo corto e intensivo, este último provoca que la distancia entre plantas sea un factor crítico en el rendimiento, por lo que es necesario encontrar la distancia óptima (distancia mínima entre plantas que produce el máximo rendimiento), ya que a menor distancia entre plantas existe mayor competencia por luz y nutrientes (Abu-Rayyan *et al.*, 2004). La productividad de la lechuga está en función de la interacción entre el genotipo del cultivar y las condiciones ambientales (Quintero *et al.*, 2000); entre estos factores está el número de plantas por unidad de superficie (Gualberto *et al.*, 1999; Abu-Rayyan *et al.*, 2004).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y rentabilidad de lechuga cultivada durante el periodo

invernal en un invernadero de tecnología media, sin calefacción, en el municipio de Jerez de García Salinas, Zacatecas después de un cultivo de tomate.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el periodo del 13 de enero al 12 de marzo del 2013, con un productor cooperante propietario de un invernadero tipo "multitunnel" de tecnología media y control pasivo del clima de 1 ha, ubicado en Santa Fe, Jerez de García Salinas, Zacatecas, México, localizado a los 22° 32' 49" N y 103° 01' 39" O y altitud de 1942 m.

### Material Genético

Se evaluaron tres materiales genéticos de lechuga: Durango, del tipo Acogollada, Orejona PX, del tipo Romana y EZ-1 del tipo, Lollo Rosso, los cuales fueron seleccionados por ser los que mayor demanda tienen en el mercado nacional (Infoagro, 2011).

### Diseño y Unidades Experimentales

Para evaluar el rendimiento de lechuga se estableció un experimento con base en un arreglo factorial conformado por nueve tratamientos (3 variedades × 3 densidades), bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; esto dio un total de 36 parcelas con una superficie de 2.4 m<sup>2</sup> cada una, en las que se trasplantaron 60, 20 y 15 plantas con distancias entre plantas e hileras de 20×20; 30×40 y 40×40 cm,

**Cuadro 1. Tratamientos ensayados con variedades y densidades de plantas de lechuga en invernadero, en Santa Fe, Jerez, Zac., México.**

Tratamiento	Variedad	Densidad de plantas m <sup>-2</sup>
1	Durango	20
2	Durango	6.6
3	Durango	5
4	Orejona PX	20
5	Orejona PX	6.6
6	Orejona PX	5
7	EZ-1	20
8	EZ-1	6.6
9	EZ-1	5

respectivamente (Cuadro 1) y de acuerdo con lo recomendado por Abubakari *et al.* (2011) y Khazaei *et al.* (2013).

### Manejo del Experimento

La siembra se realizó el 12 de diciembre de 2012, en charolas de poliestireno de 338 alveolos, de 15 mL por cavidad. El trasplante se llevó a cabo el 13 de enero de 2013, de manera manual, cuando la planta presentaba cuatro hojas verdaderas y tenía una altura de diez centímetros del cuello del tallo hasta la punta de las hojas, en camas de 0.80 m de ancho. El cultivo previo fue de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en suelo cubierto por plástico color plateado; al final del ciclo (8 meses), el suelo presentó las siguientes características físicas y químicas: textura franca; pH 7.4; conductividad eléctrica de 2.3 dS m<sup>-1</sup>; materia orgánica 2.5%; posteriormente se plantaron las variedades de lechuga, se instalaron dos cintas de riego de alto flujo calibre 8000 por cama, con emisores cada 20 cm, el gasto de agua fue de cinco litros por hora en cada metro lineal. Se aplicaron riegos diarios o cada tercer día, tratando de mantener la humedad a las profundidades de 15, 30 y 45 cm entre 10 y 20, 15 y 30, y mayor a 45 centibares, respectivamente, mediante el uso de tensiómetros.

### Variables Evaluadas

Con el fin de determinar la dinámica de crecimiento de las plantas, cada semana, a partir del trasplante, se midieron en cuatro plantas elegidas al azar de cada unidad experimental: la altura de la planta, el número de las hojas y el índice de clorofila (IC) con el equipo SPAD 502, marca Minolta.

Las plantas de lechuga se cosecharon a los 60 días después del trasplante. Las variables evaluadas para cada unidad experimental fueron: peso de plantas por parcela; peso por planta (peso de una cabeza de lechuga representativa de la población de cada parcela); peso por m<sup>2</sup> (peso del total de cabezas de lechuga por parcela dividida entre 2.4).

La materia fresca y seca de la parte aérea, tallo y raíz, de cada planta seleccionada, en cada parcela se pesó por separado en una balanza con una precisión de 0.01 g. Para medir la materia seca, las plantas se secaron durante 48 horas en un horno con circulación forzada de aire a 68 ± 2 °C.

Los resultados obtenidos de las variables medidas se analizaron para cada factor (variedades y densidades) de población y la interacción entre estos factores. Se efectuaron los análisis de varianza de las diferentes variables, conforme al diseño experimental empleado. Cuando hubo significancia estadística se efectuó la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Para el desarrollo del análisis financiero se tipificó el invernadero de acuerdo al equipamiento tecnológico; se determinaron los coeficientes técnicos en el cultivo de tomate y los de lechuga. La evaluación financiera del invernadero se realizó en dos etapas, la primera consideró únicamente la producción de tomate y la segunda la producción de tomate + lechuga. Los indicadores usados en esta evaluación fueron: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Relación Beneficio Costo (RBC).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dinámica de Crecimiento

La altura de planta entre las variedades se diferenció a partir de las tres semanas después del trasplante (SDT), la variedad Orejona PX presentó mayor altura (Figura 1); el mayor número de hojas se manifestó después de las seis SDT, sobresalió la variedad Orejona

PX, seguida de Durango y EZ-1 (Figura 2). Estos comportamientos se atribuyen principalmente a las características genéticas de cada variedad. La altura de planta promedio obtenida en el presente experimento, a las seis SDT, fue cinco veces mayor que la reportada por Abubakari *et al.* (2011), debido a restricciones de humedad en el experimento de referencia. Resultados similares a los presentados en la presente investigación son reportados por Gómez (2001), quien encontró que las variedades tipo “romana” mostraron la mayor altura y el mayor número de hojas, seguidas de las de tipo de cabeza, debido primordialmente a las características genéticas propias de cada variedad.

### Índice de Clorofila

De manera consistente, las variedades que presentaron el mayor índice de clorofila fueron: Orejona PX y Durango (Figura 3), la razón del menor índice de clorofila en la variedad EZ-1 se debe a la pigmentación morada de las hojas que indican los contenidos de carotenoides (Balsam *et al.*, 2013). Estos resultados concuerdan en parte con los observados por Villar y Ortega (2003) y Escalona *et al.* (2009), quienes encontraron que existe una relación directa entre la lectura “spad”, el contenido de nitrógeno, el tamaño y el color de las hojas.

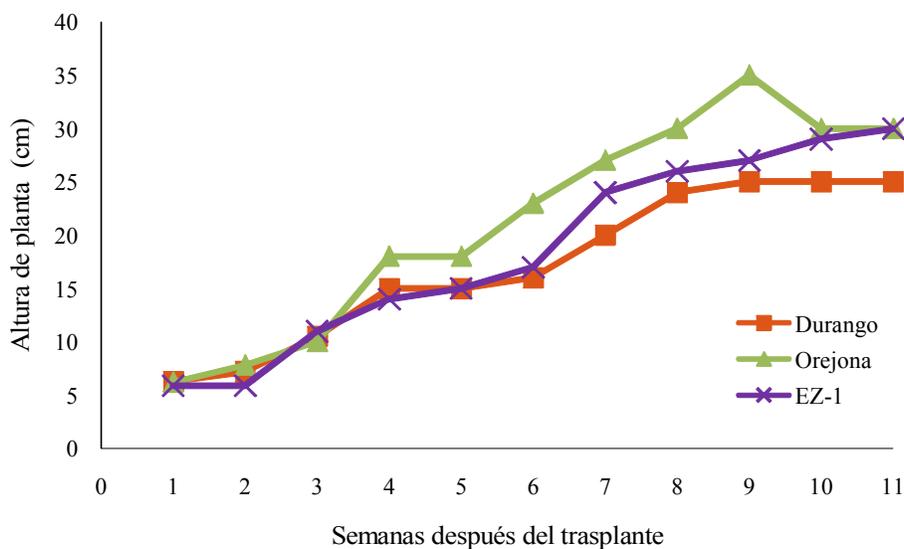


Figura 1. Altura de planta de tres variedades de lechuga cultivadas en invernadero, en Jerez, Zacatecas.

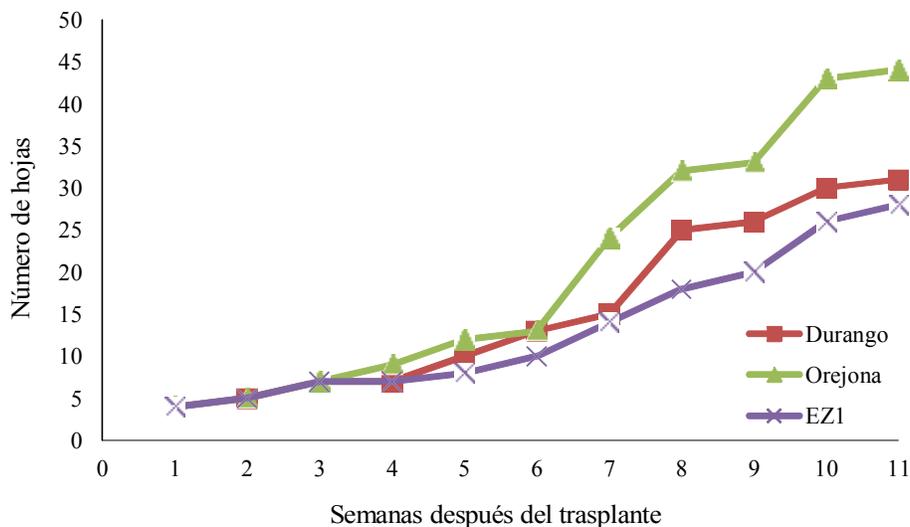


Figura 2. Número de hojas por planta de tres variedades de lechuga cultivadas en invernadero, en Jerez, Zacatecas.

### Efecto de las Variedades en la Producción

La variedad Durango tuvo la mayor producción por planta, aunque resultó estadísticamente igual a la variedad Orejona PX en la producción total por parcela y por metro cuadrado. La variedad de menor rendimiento fue EZ-1, aunque en peso por planta fue estadísticamente igual a Orejona PX (Cuadro 2). Lo anterior fue atribuido

a la capacidad de adaptación a las condiciones climáticas, competencia por agua, luz, nutrientes y espacio edáfico de las variedades; en trabajos de evaluación de respuesta de cultivares de lechuga a diferentes láminas de riego (Abdul-Halim *et al.*, 2011), radiación y sombreado Grazia *et al.*, 2001; Fu *et al.*, 2012). De las variedades evaluadas en este trabajo, la variedad Durango, presentó la mayor producción (Cuadro 2).

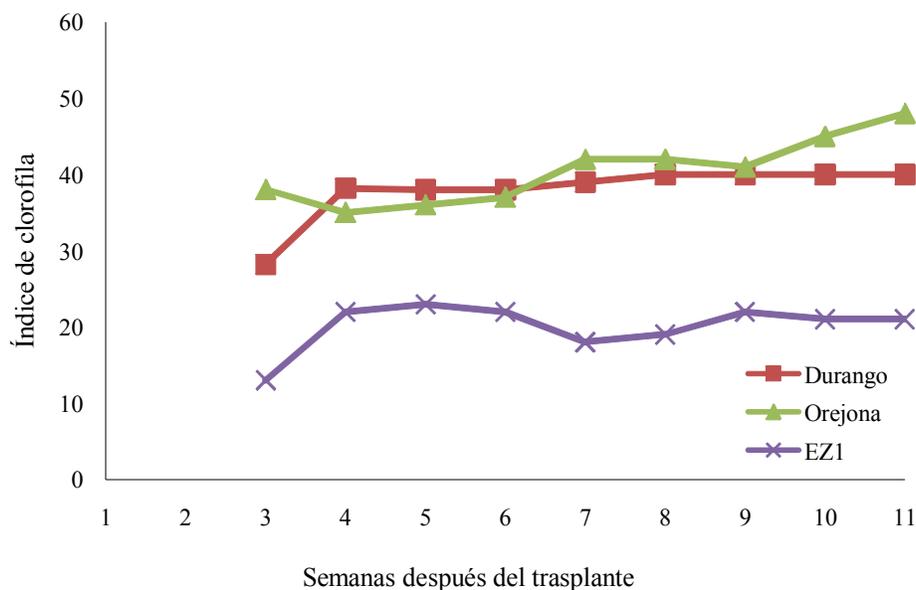


Figura 3. Índice de clorofila de tres variedades de lechuga cultivadas en invernadero, en Jerez, Zacatecas.

**Cuadro 2. Rendimiento de las tres variedades de lechuga en estudio; en invernadero, de enero a marzo, en Jerez Zacatecas, México.**

Variedad	Rendimiento		
	kg parcela <sup>-1</sup>	kg m <sup>-2</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Durango	27.791 a <sup>†</sup>	9.238 a	1020.53 a
Orejona Px	23.453 ab	7.800 ab	810.91 b
EZ-1	22.673 b	7.538 b	787.40 b
DMS	4.375	1.456	179.4

<sup>†</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

### Efecto de las Variedades en el Peso Fresco

Las tres variedades probadas mostraron un peso fresco de follaje y de cogollo estadísticamente igual; no así en peso fresco de raíz, en la que sobresalió la variedad Durango (Cuadro 3); Silva *et al.* (2000) reportaron diferencias en los rendimientos de materia verde para diferentes cultivares de lechuga de cogollo y romanas, eso ocurrió cuando fueron sometidas a tres tratamientos de riego; el peso fresco mayor se presentó cuando se cubrió la demanda hídrica de las plantas.

### Efecto de las Densidades de Plantación en la Producción

La producción por unidad de superficie fue diferente entre las densidades de plantación ensayadas; en la medida que se incrementó la población, se incrementó la producción; con la densidad de 20 plantas por metro cuadrado (20×20 cm) se tuvo el mayor peso de las plantas por parcela y, por lo tanto, en el peso por metro

**Cuadro 3. Peso fresco de hojas, cogollo y raíz de tres variedades de lechuga cultivadas en invernadero, en Jerez, Zacatecas, México.**

Variedad	Hojas	Cogollo	Raíz
	g planta <sup>-1</sup>		
Durango	824.92 a <sup>†</sup>	122.00 a	73.16 a
Orejona Px	652.25 a	96.75 a	57.41 b
EZ-1	637.25 a	94.00 a	55.75 b
DMS	285	21.48	14.08

<sup>†</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

cuadrado. Pero el peso por planta fue diferente; con la densidad de 20 plantas por metro cuadrado se tuvo el menor peso (Cuadro 4). Resultados similares reportaron Gualberto *et al.* (1999), Silva *et al.* (2000), Echerer *et al.* (2001) y Abu-Rayyan *et al.* (2004), quienes encontraron que la densidad de plantación que mostró el mayor rendimiento de lechuga fue la de 20×20 cm y estadísticamente resultó igual a las densidades de 20×25, 25×25 y 20×30 cm; esto fue atribuido a que los espacios más pequeños entre plantas, independientemente del cultivar, mostraron una productividad media mayor que en espacios grandes, aunque Abubakari *et al.* (2011) reportaron un incremento en el peso fresco en lechuga de cabeza con los espaciamientos entre plantas de 15×15 cm respecto a los de 20×20 y 30×30 cm. El peso fresco por planta y por metro cuadrado que reportaron Gualberto *et al.* (1999), desarrolladas en la densidad de 20 plantas por metro cuadrado, son menores (223 g planta<sup>-1</sup> y 4.5 kg m<sup>-2</sup>) a los obtenidos en el presente experimento (662 g planta<sup>-1</sup> y 13.2 kg m<sup>-2</sup>, Cuadro 4).

### Efecto de las Densidades de Plantación Sobre el Peso Fresco por Planta

Las densidades que presentaron el mayor peso fresco, tanto en follaje como de cogollo y raíz, fueron las de cinco plantas m<sup>-2</sup> (40×40 cm) y de 6.6 plantas m<sup>-2</sup> (30×40 cm), las cuales resultaron estadísticamente iguales entre sí; con 20 plantas m<sup>-2</sup> (20×20 cm) se tuvieron los menores valores de estas variables (Cuadro 5); sin embargo, Abu-Rayyan *et al.* (2004) en un experimento en el que evaluaron las distancias entre plantas de 15, 20 y 25 cm, encontraron que el mayor

**Cuadro 4. Rendimiento del cultivo de lechuga, con tres densidades de plantación cultivadas en invernadero en Jerez, Zacatecas, México.**

Densidad	Peso fresco de plantas		Peso fresco
	kg parcela <sup>-1</sup>	kg m <sup>-2</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Plantas m <sup>-2</sup>			
5	14.762 c <sup>†</sup>	4.920 c	984.19 a
6.6	19.461 b	6.422 b	973.08 a
20	39.694 a	13.231 a	661.57 b
DMS	4.375	1.456	179.40

<sup>†</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 5. Peso fresco de hojas, cogollos y raíz en tres densidades de plantas de lechuga cultivadas en invernadero, en Jerez, Zacatecas, México.**

Densidad	Hojas	Cogollo	Raíz
Plantas m <sup>-2</sup>	g planta <sup>-1</sup>		
5	796.7 a <sup>†</sup>	117.50 a	69.50 a
6.6	787.7 a	116.25 a	68.67 a
20	534.0 b	79.00 b	48.16 b
DMS	78.5	21.48	14.08

<sup>†</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

peso fresco por planta de una variedad de lechuga de cabeza fue con la distancia de 20 cm. Esto se atribuyó al mayor aprovechamiento del espacio ambiental, agua, luz y nutrimentos. Al respecto Dapigny *et al.* (1997) observaron que a medida que aumenta la disponibilidad de agua, espacio y nutrimentos, la calidad de la lechuga y acumulación de materia verde por el cultivo se incrementa. A pesar de haber sido estadísticamente menor el peso fresco por planta con la densidad de 20 plantas m<sup>-2</sup>, éste no fue comercialmente afectado, debido a que se comercializaron al mismo precio.

### Interacción entre Variedades y Densidades de Plantación

De acuerdo con el análisis de varianza realizado, no se encontró efecto significativo en la interacción entre

**Cuadro 6. Rendimiento de lechuga por efecto de tres densidades de plantas y tres variedades, en un cultivo en invernadero en Jerez, Zacatecas.**

Variedades	Densidad (plantas parcela <sup>-1</sup> )			Promedio
	20	6.6	5.5	
	kg parcela <sup>-1</sup>			
Durango	42.25	23.04	18.07	27.79
Orejona PX	39.25	17.66	13.42	23.45
EZ-1	37.55	17.67	12.78	22.67
DMS	39.69	19.46	14.76	24.63

los factores evaluados en ninguna de las variables medidas (Cuadro 6).

### Evaluación Financiera

Con la información proporcionada por constructores de invernaderos y proveedores de equipo, se estimó el costo de la estructura del invernadero usado en el presente trabajo. La inversión total, cálculo de la depreciación y valor de recuperación de los activos fijos se presentan en el Cuadro 7.

Con base en los datos del Cuadro 7 e información proporcionada por el productor se formuló la estructura de financiamiento considerando los montos de aportación de socios y créditos (Cuadro 8).

Se analizaron los requerimientos técnicos de los insumos y gastos necesarios para obtener con exactitud

**Cuadro 7. Inversión total, depreciación de activos fijos y valor de recuperación en el sistema de producción de un invernadero multitunel de nivel tecnológico medio (miles de pesos).**

Inversión fija	Valor original	Tasa de depreciación	Vida útil	Depreciación anual	Depreciación mensual	Valor de recuperación
	\$	%	años	\$		
Terreno	200.00					200.00
Estructura y cimentación	2184.70	5.00	20	109.20	9.10	1092.40
Cubierta	398.10	33	3	132.70	11.10	265.40
Sistema de riego	224.90	10.00	10	22.40	1.80	0.00
Equipo de cómputo para sistema de riego	120.00	20.00	5	24.00	2.00	0.00
Caseta para sistema de riego y almacén de fertilizantes	100.00	10.00	10	10.00	0.80	0.00
Inversión adicional almacén materiales	122.50	5.00	20	6.10	0.50	61.20
Maquinaria y equipo auxiliar	594.90	20.00	5	118.90	9.90	0.00
Total	3945.20			423.50	35.20	1619.00

los costos de producción y de administración para cada modalidad de producción (tomate y tomate + lechuga) (Cuadro 9).

El flujo neto de efectivo, considerando el costo de financiamiento, aplicado para la determinación de los indicadores de rentabilidad en los dos casos analizados se presenta en los Cuadros 10 y 11.

La rentabilidad de cada una de las modalidades analizadas se muestra en el Cuadro 12. Los índices de la rentabilidad fueron mayores con la producción de tomate + lechuga, respecto a únicamente producir tomate. Por cada peso que se invierte queda una utilidad neta de 10 centavos en la producción de lechuga en un ciclo de 60 días.

**Cuadro 8. Estructura del financiamiento en el sistema de producción de un invernadero multitunel de nivel tecnológico medio (miles de pesos).**

Concepto	Inversión fija inicial	Inversión fija parcial	Inversión fija total	Capital de trabajo	Total
	----- \$ -----				
Aportación de socios	3445.20	1909.20	5354.40	30.50	5384.90
Créditos					
Refaccionarios	500.00		500.00		500.00
De avío				200.00	200.00
Total	3945.20	1909.20	5854.40	230.50	6084.90

**Cuadro 9. Costos de producción y de mano de obra directa e indirecta en una hectárea de tomate y tomate + lechuga en invernadero multitunel sin calefacción.**

Concepto	Tomate		Lechuga		Tomate + lechuga
	Días del ciclo				
	240		60		300
	\$ ha <sup>-1</sup>	\$ kg <sup>-1</sup>	\$ ha <sup>-1</sup>	\$ unidad <sup>-1</sup>	\$ ha <sup>-1</sup>
Semilla y plántula	58 333.33	0.21	17 000.00	0.25	75 333.33
Fertilizantes	33 578.46	0.12	593.19	0.01	34 171.65
Agroquímicos	45 610.64	0.16	404.08	0.01	46 013.72
Otros materiales	34 567.90	0.13	0.00	0.00	34 566.9
Mano de obra directa	212 040.00	0.77	3960.00	0.06	216 000.00
Energía eléctrica	8067.33	0.03	1732.32	0.03	9799.65
Depreciación	423 542.00	1.53			423 542.00
Otros gastos de producción	224 185.00	0.81	990.00	0.01	225 175.00
Total costos de producción	1 039 922.66	3.76	24 679.59	0.36	1 064 602.25
Gastos de venta y administración	542 876.92	1.96			542 876.92
Costo total	1 582 799.59	5.72	24 679.59	0.71	1 607 479.17
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	276 480.00		69 120.00		
Precio de venta (\$ kg <sup>-1</sup> o unidad)	8.08		3.00		
Jornales (jor ha <sup>-1</sup> )	1767.00		33.00		
Empleos directos producción	7.36		0.55		7.91
Personal técnico	2				2
Personal administrativo	2				2

**Cuadro 10. Flujo de efectivo en el cultivo de tomate (miles de pesos).**

Concepto	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por ventas		2235	2235	2235	2235	2235	2235	2235	2235	2235	2235
Costos de producción <sup>†</sup>		616	616	616	616	616	616	616	616	616	616
Gastos de vta. y admon.		543	543	543	543	543	543	543	543	543	543
Gastos financieros		84	57	44	28	11					
ISR		91	95	97	100	103	104	104	104	104	104
Pago de préstamos		273	85	98	113	131					
Inversiones fijas	-3945			398		715	398			398	
Capital de trabajo	-219										
Valores residuales y recuperación											10 666
Flujo neto de efectivo	-4165	628	839	439	835	117	573	972	972	573	11 638

<sup>†</sup> Excluye depreciación.

**Cuadro 11. Flujo de efectivo en el cultivo de tomate y lechuga (miles de pesos).**

Concepto	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por ventas		2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443	2443
Costos de producción <sup>†</sup>		641	641	641	641	641	641	641	641	641	641
Gastos de vta. y admon.		543	543	543	543	543	543	543	543	543	543
Gastos financieros		84	57	44	28	11					
ISR		120	125	127	129	132	134	134	134	134	134
Pago de préstamos		273	85	98	113	131					
Inversiones fijas	-3945			398		715	398			398	
Capital de trabajo	-230										
Valores residuales y recuperación											12 212
Flujo neto de efectivo	-4176	781	993	592	988	270	727	1125	1125	727	13 337

<sup>†</sup> Excluye depreciación.

**Cuadro 12. Rentabilidad de los cultivos de tomate y tomate + lechuga en un invernadero tipo multitúnel de tecnología media en Jerez, Zacatecas, México.**

Concepto	Tomate	Tomate + lechuga	Cambio
Inversión fija inicial (\$ ha <sup>-1</sup> )	3 945 233.00		
Inversión adicional (\$ ha <sup>-1</sup> )	1 909 213.00		
Capital de trabajo (\$)	230 335.00		
Inversión total (\$)	6 084 781.00		
Valor presente neto (\$)	3 718 347.00	5 185 399.00	1 467 052.00
Tasa interna de retorno (%)	25.76	29.60	3.85
Relación beneficio costo (%)	1.28	1.37	0.10

## CONCLUSIONES

- La variedad de lechuga Durango presentó el mayor peso por planta.
- La densidad de 20 plantas m<sup>-2</sup> promedió el mayor rendimiento, aunque la calidad expresada en el peso por planta puede ser mejorada con las densidades de 6.6 y 5 plantas m<sup>-2</sup>; sin embargo, el precio fue igual para las unidades de lechuga producidas en cada densidad de plantas.
- La producción de lechuga, en un periodo invernal, bajo condiciones de invernadero posterior a un cultivo de tomate es una actividad rentable, lo que se demostró por medio de los indicadores de rentabilidad en donde el VAN, TIR y RBC son superiores considerando ambos cultivos y no sólo el tomate. La producción de lechuga de la variedad Durango y la densidad de 20 plantas m<sup>-2</sup> en la época invernal en invernadero es económicamente rentable, ya que por cada peso invertido se obtiene una ganancia neta de \$0.37.
- Se recomienda la producción de lechuga en la época invernal en invernaderos sin calefacción, ubicados en el Altiplano de México, donde las heladas no son intensas, como en Jerez, Zacatecas, México. Se puede establecer después de un cultivo más sensible a las bajas temperaturas como el tomate.

## LITERATURA CITADA

- Abubakari, A. H., G. Nyarko, and M. Sheila. 2011. Preliminary studies on growth and fresh weight of lettuce (*Lactuca sativa* L.) as affected by clay pot irrigation and spacing. *Pakistan J. Biol. Sci.* 14: 747-751.
- Abu-Rayyan, A., B. H. Kharawish, and K. Al-Ismail. 2004. Nitrate content in lettuce (*Lactuca sativa* L.) heads in relation to plant spacing, nitrogen form and irrigation level. *J. Sci. Food Agric.* 84: 931-936.
- Balsam, M., F. Morales, I. Germendia, and N. Goicochea. 2013. Nutritional quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.) consumed as salads. *Scientia Horticulturae* 151: 103-111.
- Chipana-Rivera, R. y G. Serrano-Coronel. 2007. Riego subsuperficial en lechuga (*Lactuca sativa*) y nabo (*Brassica napus*) en las zonas bajas del altiplano boliviano: consumo de agua. *Ing. Agua* 14: 169-175.
- Dapigny, L., A. Fleury, and P. Robin. 1997. Relation entre la vitesse relative de croissance et la teneur en azote chez la laitue (*Lactuca sativa* L.). Effects due rayonnement de la temperatura. *Agronomie*. 17: 35-41.
- Echerer, M. M., J. M. Sigrist, V. F. Guimaraes y K. Minami. 2001. Comportamiento de la lechuga en función de la distancia. *Rev. Agric.* 76: 267-275.
- Escalona, A., M. Santana, I. Acevedo, V. Rodríguez y L. Merú M. 2009. Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos y lecturas "spad" en el cultivo de la lechuga. *Agron. Trop.* 59: 99-105.
- Fu, W., P. Li, and Y. Wu. 2012. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Sci. Hortic.* 135: 45-51.
- Gómez, M. A. 2001. Variedades de lechuga más utilizadas en España. *Vida rural*. 2001-dialnet.uniroja.es. (Consulta :marzo 28, 2012).
- Gualberto, R., F. V. Resende, e L. T. Braz. 1999. Competicao de cultivares de alface sob cultivo hidropônico NFT em tres diferentes espacamentos. *Hortic. Bras.* 17: 155-158.
- INFOAGRO (Información Agropecuaria). 2011. Infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm. (Consulta: enero 8, 2014).
- Jackson, L., K. Mayberr, F. Laemmlen, S. Koike, K. Schulbach, and W. Chaney. 2000. Publication 7215. Iceberg Lettuce Production in California. University of California, Vegetable Research and Information Center. Oakland, CA, USA.
- Khazaei, I., R. Salehi, A. Kashi, and S. M. Mirjalili. 2013. Improvement of lettuce growth and yield with spacing, mulching and organic fertilizer. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 6: 1137-1143.
- Medina G., G., J. A. Ruiz C., G. Díaz P., y V. Serrano A. 2008. Probabilidad de ocurrencia de heladas en el estado de Zacatecas. INIFAP - Centro de Investigaciones Regional Norte Centro. Libro Técnico No. 8. Zacatecas, Zac., México.
- Padilla-Bernal, L. E., A. F. Rumayor-Rodríguez, O. Pérez-Veyna, and E. Reyes-Rivas. 2010. Competitiveness of Zacatecas (Mexico) protected agriculture: The fresh tomato industry. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 13: 45-64.
- Padilla-Bernal, L. E., A. Lara-Herrera, E. Reyes-Rivas, and O. Pérez-Veyna. 2012. Competitiveness, efficiency and environmental impact of protected agriculture in Zacatecas, Mexico. *Int. Food Agribus. Manage. Rev.* 15: 49-64.
- Qin, L., J. He, S. K. Lee, and I. C. Dodd. 2007. An assessment of the role of ethylene in mediating lettuce (*Lactuca sativa*) root growth at high temperatures. *J. Exp. Bot.* 58: 3017-3024.
- Quintero, I., J. Zambrano, M. Cabrita y R. Gil. 2000. Evaluación en campo y postcosecha de nueve cultivares de lechuga *Lactuca sativa* L. *Rev. Fac. Agron.* 17: 482-491.
- Santos F., B. G., A. K. S. Lobato, R. B. Silva, D. Schimidit, R. C. L. Costa, G. A. R. Alves, and C. F. Oliveira N. 2009. Growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in protected cultivation and open field. *J. Appl. Sci. Res.* 5: 529-533.
- SEDAGRO (Secretaría de Desarrollo Agropecuario). 2010. Apoyo a construcción y equipamiento de invernaderos, con el Programa Alianza para el Campo del 2000 al 2007. Subsecretaría de Agricultura de la SEDAGRO, Gobierno del Estado de Zacatecas. Zacatecas, Zac., México.
- SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. [http://siapsagarpa.gob.mx/ar\\_comanvar.html](http://siapsagarpa.gob.mx/ar_comanvar.html). (Consulta: noviembre 22, 2013).
- Silva, V. F., N. F. Bezerra, M. Z. Negreiros et J. F. Pedrosa. 2000. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espacamentos sob temperatura e luminosidad elevadas. *Hortic. Bras.* 18: 183-187.
- Villar, D. y R. Ortega. 2003. Medidor de clorofila. Bases teóricas y su aplicación para la fertilización nitrogenada en cultivos. *Agron. For.* 18: 4-8.