

RESPUESTA AL RIEGO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) CULTIVADA EN INVERNADERO

Defilipis, C.¹; S. Pariani¹; A. Jimenez¹; C. Bouzo²

¹ Universidad Nacional de Luján, Int. Rutas 5 y 7 – 6700 - Luján, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: riego@mail.unlu.edu.ar

² Universidad Nacional del Litoral, 86-Kreder 2805 - S3080HOF - Esperanza, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: cbouzo@arnet.com.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta al riego de un cultivo de lechuga protegido, entre trasplante y cosecha.

Los ensayos se realizaron durante diferentes ciclos de cultivo. No se hicieron ensayos estivales.

Utilizando lisímetros, se midieron la evapotranspiración del cultivo de referencia y de lechuga a fin de determinar el consumo de agua del cultivo y obtener el coeficiente de cultivo.

Sobre parcelas se efectuaron aportes de agua al cultivo que se correspondieron con un 50%, 75% y 100% de la ET_c, según un diseño totalmente aleatorizado. A cosecha, se evaluó el efecto de los diferentes niveles de riego y la eficiencia de uso del agua de riego, a través del rendimiento en peso fresco y peso seco y el consumo de agua del cultivo

Los rendimientos en materia verde no arrojaron diferencias significativas para los tres tratamientos, pero sí hubo diferencias en materia seca entre el tratamiento de mayor restricción hídrica respecto a los otros.

Se verificaron diferencias significativas en eficiencia del uso del agua de los tratamientos, siendo superior el valor en el tratamiento de mayor restricción hídrica.

Se infiere un incipiente estrés hídrico al observarse una mayor acumulación de materia seca en los tratamientos con menor aporte hídrico.

Los valores de coeficiente de cultivo obtenidos no pueden extrapolarse a diferentes ciclos.

Palabras clave: lechuga, evapotranspiración de cultivo, coeficiente de cultivo, eficiencia en el uso del agua

INTRODUCCION

La producción hortícola en cultivos protegidos es altamente dependiente del suministro hídrico artificial debido a los cortos ciclos de producción y a características morfológicas y fisiológicas de estos cultivos, por lo que resulta indispensable conocer los requerimientos hídricos de los mismos.

La lechuga es un cultivo que en nuestro país se produce tanto a campo como bajo condiciones de invernadero. Datos del Censo Nacional Agropecuario 2002 registran que del total de superficie hortícola implantada a campo, un 13% corresponde a lechuga; y de la superficie bajo cubierta, el 4% se destina a la producción de lechuga (INDEC, 2002). Si bien estos porcentajes no muestran que la producción hortícola local se basa en esta especie, es de notar que está presente en todas las explotaciones.

En particular en el partido de Luján, la actividad hortícola se desarrolla en explotaciones donde la producción predominante es lechuga, seguida por remolacha, espinaca y zapallito de tronco (Smaldoni *et al.*, 2002).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) tiene un ciclo de 70 a 130 días (Jackson *et al.*, 1999). Numerosos autores citan consumos de agua entre 52 mm y 125 mm dependiendo de la época del año en que se produzca. Es un cultivo es muy sensible al déficit hídrico por su sistema radical poco profundo, efecto que se hace evidente sobre la producción de materia verde, exigiendo niveles hídricos en el suelo cercanos a capacidad de campo. Esto lleva al productor a la aplicación continua de agua que, en la mayoría de los casos, resulta superior a sus necesidades (Adrover *et al.*, 2001; Ortega *et al.*, 1999; Gallardo *et al.*, 1996). Estos mismos autores establecieron que al variar el suministro de agua no se modifica significativamente la eficiencia del uso del agua.

Para diagnosticar los problemas de manejo de agua es necesario conocer, en primer lugar, los consumos de agua de cada cultivo y su respuesta al riego en términos de producción.

El objetivo general de este trabajo fue determinar la respuesta de un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a tres niveles de riego en condiciones de invernadero para la zona de Luján, Buenos Aires, siendo los objetivos parciales determinar la evapotranspiración de cultivo; obtener el coeficiente de cultivo; y determinar la eficiencia de uso del agua de riego.

MATERIALES Y METODOS

Se llevaron a cabo seis ensayos, el primero en el año 1998, el segundo y el tercero durante el año 1999, el cuarto en el año 2003 y los dos últimos en el año 2004. Todos los ensayos se realizaron en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Luján, en un invernáculo representativo de los utilizados por los productores en la zona, con estructura de madera y cubierta de polietileno térmico de 150 μ , de 8 m. de frente por 40 m. de fondo, con una altura central de 3 m.

El material vegetal se generó a partir de plantines obtenidos de la siembra realizada en bandejas dentro del mismo invernáculo. Las variedades de lechuga utilizadas fueron Grand Rapid (GR), Elvira (E) y White Boston (WB). Para todos los ensayos, el transplante

de los plantines a los lisímetros y a los bloques se realizó con cuatro hojas verdaderas expandidas. Los datos de cada ciclo se detallan en el cuadro 1.

Cuadro 1: Fechas siembra, transplante y cosecha de *Lactuca sativa* (L.). Duración parcial y total del ciclo. Caracterización estacional.

Variedad	Ciclo	fechas			siembra – transplante (días)	transplante – cosecha (días)	Ciclo total (días)
		siembra	transplante	cosecha			
GR	invernal	11/06/98	21/07/98	17/09/98	40	58	98
GR	Otoño – invernal	03/05/1999	08/06/1999	10/08/1999	34	63	97
E	Otoño – invernal	03/05/1999	08/06/1999	05/08/1999	34	58	92
E	Otoñal	02/03/2000	27/03/2000	09/05/2000	25	43	68
WB	Invernal	10/06/2004	14/07/2004	04/09/2004	34	54	86
WB	Primaveral	02/09/2004	01/10/2004	09/11/2004	29	39	68

Para la medición de evapotranspiración se utilizaron, en cada ensayo, ocho lisímetros de percolación, cuatro destinados a la medición de evapotranspiración de referencia (ET₀) y cuatro para evapotranspiración de cultivo (ET_c). Todos los lisímetros poseían 1 m² de superficie y 0.50 m de profundidad cada uno, y una cámara de medición para sus respectivos drenajes.

En cada lisímetro utilizado para la medición de ET₀, se mantuvo una cobertura de gramíneas, en condiciones adecuadas en cuanto a densidad (cobertura), altura de plantas. En cada lisímetro destinado a la medición de ET_c se transplantaron plantines de lechuga, con igual marco de plantación que el utilizado en las parcelas. A fin de eliminar el efecto borde, se plantaron dos surcos de lechuga con igual distanciamiento en torno a los lisímetros.

Para el cálculo de evapotranspiración de referencia y de cultivo, se obtuvieron los valores de consumo de agua como la diferencia entre la cantidad de agua aportada a los lisímetros por riego y la cantidad de agua percolada, para espacios de tiempo decádicos. El valor del coeficiente de cultivo (K_c) surgió como resultado de la relación entre Et₀ y Et_c, como $K_c = ET_c \cdot ET_0^{-1}$

Los aportes hídricos se realizaron mediante un sistema de riego localizado, goteo, con goteros integrados, en un distanciamiento de 30 cm, con una línea por fila de plantas.

En la determinación de la lámina neta de reposición con la cual se regó el cultivo, se consideraron constantes el umbral de riego (20% recomendado para riego por goteo), la humedad volumétrica en capacidad de campo (30,8 %) y en el punto de marchitez permanente (14 %). La profundidad de las raíces se consideró variable hasta el momento en que se estabilizó su crecimiento de acuerdo a su estado fenológico.

El intervalo entre riegos fue variable a lo largo de la experiencia de acuerdo a la evolución de la relación entre la lámina neta de reposición y la evapotranspiración del cultivo.

Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado, con cuatro repeticiones por tratamiento. Las parcelas midieron 3 m. de largo por 1 m. de ancho. En cada una se mantuvo el distanciamiento de 0,20 m entre planta y 0,25 m entre líneas (marco de

plantación 0,20 m x 0,25 m) para los tres primeros ensayos. El marco de plantación de los últimos ensayos fue de 0,25 m x 0,25 m. En todos los casos se transplantaron cuatro surcos, siendo los dos externos para bordura. Con igual finalidad no se consideraron dos líneas de plantas en cada extremo de la parcela.

Se consideraron tres niveles de riego, correspondiendo cada tratamiento con: 100% del consumo de agua por parte de la lechuga (R3); el 75% del consumo (R2) y el 50% del consumo (R1).

A cosecha, se evaluó el efecto de los diferentes niveles de riego y la eficiencia de uso del agua de riego (EUA), a través del rendimiento en peso fresco y peso seco y el consumo de agua del cultivo para los ciclos GR 1998, GR y E 1999 y WB 2004 primaveral.

RESULTADOS

En el cuadro 2 se presentan los resultados promedios obtenidos de peso fresco (g.planta^{-1}), peso seco (g.planta^{-1}), porcentual de peso de materia seca (%) y eficiencia de uso del agua para producción de peso fresco y peso seco ($\text{g.mm}^{-1}.\text{m}^{-2}$) a cosecha para los tres tratamientos. Al no encontrarse diferencias significativas entre los valores de los diferentes años, se presentan las medias de los mismos como resultado de los tratamientos.

Cuadro 2: Peso fresco, peso seco, porcentaje de materia seca y eficiencia en el uso de agua de riego de lechuga bajo condiciones de invernadero

Tratamiento	PF (g . planta ⁻¹)	PS (g . planta ⁻¹)	materia seca (%)	EUA	
				g _{PF} . mm ⁻¹ . m ⁻²	g _{PS} . mm ⁻¹ . m ⁻²
R1	254,97 _a	12,15 _a	4,78 _a	52,04 _a	2,36 _a
R2	246,81 _a	11,32 _b	4,71 _a	35,59 _b	1,48 _b
R3	249,59 _a	10,95 _b	4,48 _b	26,18 _c	1,12 _c

Valores dentro de una columna seguidos por la misma letra, no difieren significativamente, Tukey ($p \leq 0.05$)

El peso fresco por planta no mostró diferencias significativas en tratamientos, aunque en el tratamiento al que se le cubrió el 50% de la demanda hídrica se cosecharon los pesos frescos más altos.

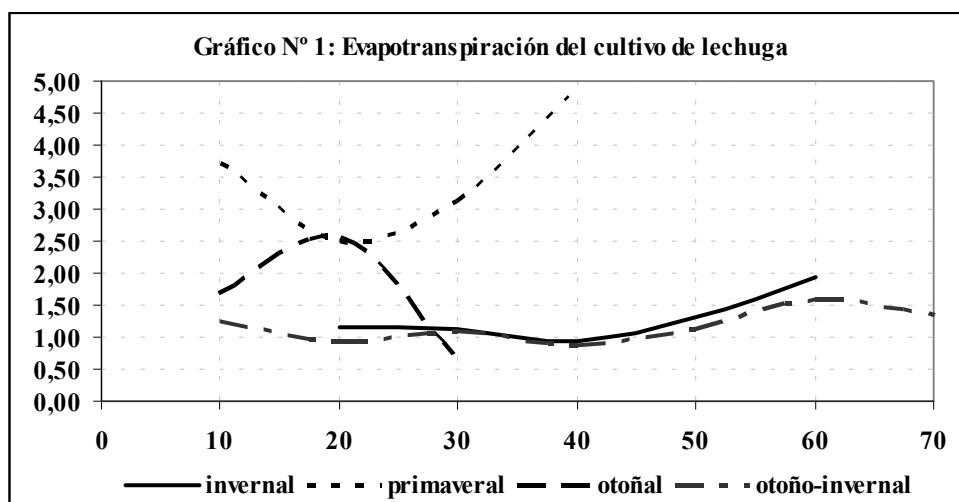
En cuanto a peso seco, se manifestó una tendencia creciente en correspondencia con una mayor restricción hídrica, observándose diferencias significativas entre el tratamiento identificado como R1 al ser contrastado con el R2 y R3, pero no así entre éstos últimos.

El porcentaje de materia seca mostró igual tendencia que el peso seco, pero siendo las diferencias significativas entre el R3 y los otros tratamientos.

En general, se observaron diferencias significativas para eficiencia en el uso del agua para producción de materia verde y materia seca, siendo el mayor valor el obtenido con el nivel de riego que cubrió el 50% del consumo de agua del cultivo.

El consumo de agua de lechuga se mostró casi constante para el ciclo invernal y el ciclo otoño – invernal, con valores que oscilaron entre 0,88 y 1,95 mm diarios. Las mayores diferencias en la evapotranspiración de cultivo se registraron en los ciclos otoñal y primaveral, con comportamientos opuestos: en el primer caso se alcanzó un máximo en la mitad del ciclo (2,55 mm) para luego decrecer, en tanto que en ciclo primaveral, un

valor muy similar (2,51 mm) representó el mínimo consumo para luego alcanzar valores que casi lo duplicaron (4,86 mm), siendo además el ciclo en que se registró el mayor consumo de agua. (Gráfico N°1)



En el Cuadro 3 se presentan los valores obtenidos de Kc para períodos decádicos considerando ciclos estacionales, al no encontrarse diferencias significativas entre iguales ciclos de diferentes años.

Cuadro 3: Coeficiente de cultivo de lechuga, a partir de transplante, bajo condiciones de invernadero

Período (ddt)	Kc				
	otoñal	otoño-invernal	invernal	primaveral	promedio
0 - 10	0,74	0,66	0,80		0,73
10 - 20	0,97	0,57	0,67	0,70	0,73
20 - 30	0,72	0,73	0,71	0,74	0,73
30 - 40		0,61	1,02	0,60	0,74
40 - 50		0,65		0,69	0,67
50 - 60		0,94		0,60	0,77
60 - 70		0,79			0,79

Se observa que el coeficiente de cultivo mostró el mínimo valor, 0,57, durante la segunda decena del ciclo otoño-invernal, y el máximo para finales del ciclo invernal (1,02). Al promediar los valores obtenidos de todos los ciclos, el Kc osciló entre 0,67 y 0,79 con una tendencia levemente creciente.

En el cuadro 4 se muestran los coeficientes de determinación, r^2 , entre el coeficiente de cultivo y las temperaturas registradas en el invernadero, para cada ciclo y para el promedio de todos los ciclos.

Cuadro 4: Relación entre el coeficiente de cultivo de lechuga, a partir de transplante y temperaturas medias bajo condiciones de invernadero.

ciclo	Coeficiente de determinación	
	Temperaturas máximas medias	Temperaturas mínimas medias
Otoñal	0,63	0,94
Otoño - invernal	0,31	0,19
Invernal	0,32	0,45
Primaveral	0,00	0,89
Todos	0,01	0,02

Se verificó una buena muy buena correlación entre el coeficiente de cultivo y las temperaturas mínimas medias sólo para el ciclo otoñal y para el ciclo primaveral, con valores de r^2 de 0,94 y 0,89 respectivamente.

DISCUSION

La duración media del ciclo de *Lactuca sativa* (L) citada en bibliografía es de 150 días para ciclos invernales y de 120 días para el resto de los ciclos (Maroto, 2000), y para cultivos a campo en nuestro país se han registrado ensayos en variedades de hoja suelta donde la duración media es de 67 días para un ciclo primaveral y de 112 días para un ciclo invernal (de Grazia *et al.*, 2001). El período de siembra a cosecha logrado en estos ensayos resultó menor a los citados por Maroto, pero si se comparan la duración de los ciclos primaveral e invernal de la variedad Grand Rapid con la obtenida por de Gracia *et al.*, *op cit.*, los valores son similares. Considerando que para la formación de la cabeza en las lechugas del tipo mantecosa es necesario un equilibrio entre luz y temperatura, y que el acogollado responde favorablemente ante el incremento del estímulo lumínico acompañado por una temperatura superior a 20°C (Maroto, *op cit.*, Wien, 1977) podría haberse esperado un acortamiento más pronunciado del ciclo a causa del efecto ocasionado por el forzado sobre la temperatura (Allen *et al.*, 1998) para el ciclo invernal de la variedad de cabeza White Boston.

Como resultado de estos ensayos se halló que la producción de materia verde no fue más sensible a la variación del suministro hídrico, ya que entre tratamientos no se observaron diferencias significativas en el peso fresco. La producción de materia seca fue superior en el tratamiento con mayor restricción hídrica al compararla con la de los otros dos tratamientos. En consecuencia, mostró una mayor eficiencia en el uso del agua debido al menor aporte hídrico y por la mayor acumulación de materia seca.

Porcentualmente, la participación del peso seco en la biomasa verde total de la planta fue similar en los tratamientos con menor aporte hídrico, y ambos valores resultaron significativamente mayores respecto al obtenido cuando se mantuvo el suelo con óptima disponibilidad hídrica. Una incipiente situación de estrés hídrico explicaría la acumulación diferencial de biomasa seca en los tratamientos restrictivos, considerando que esta situación cambiaría la actividad de fuentes y destinos, al permitir una acumulación de fotoasimilados para luego ser repartidos. (Loomis y Connor, 2002)

En bibliografía se citan valores de eficiencia en el uso del agua de 1,86 g..mm⁻¹.m⁻² para producción de materia seca y 48 g..mm⁻¹.m⁻² para producción de materia fresca (Gallardo *et al.*, *op cit.*), valores similares a los obtenidos para este trabajo en el tratamiento con mayor restricción hídrica.

La media de materia seca cosechada varió entre 10,95 y 12,15 g.planta⁻¹, valores similares a los 12,50 g.planta⁻¹ citados por Jovanovic *et al.*, 1999, que se corresponden con los producidos en el tratamiento de menor aporte hídrico.

El consumo de agua de lechuga mostró diferentes ritmos según el ciclo analizado. Esto se explicaría considerando la influencia de los factores climáticos sobre la demanda evaporativa de la atmósfera, siendo esta superior cuando en condiciones de mayores temperaturas y radiación (ciclo otoñal y primaveral). En el ciclo otoñal, la evapotranspiración decayó junto con las temperaturas y la radiación, ocurriendo lo contrario en el ciclo primaveral.

En estos ensayos se consideró la producción de lechuga destinada a consumo en fresco, donde no se alcanza a cumplir todas las etapas fenológicas, ya que se cosecha en un momento de activo crecimiento. A una última etapa le corresponde un valor de coeficiente de cultivo mencionado en bibliografía como Kc final. Los otros Kc que se presentan contemplando el ciclo productivo son el Kc inicial y el Kc medio, siendo sus valores de 0,70 y 1,00 respectivamente. (Allen *et al.*, *op cit.*). Otros autores hallaron valores experimentales en cultivo de lechuga a campo que oscilaron entre 0,70, y 0,89 (Gallardo *et al.*, *op cit.*), coeficientes que son algo superiores a la media de los obtenidos en estos ensayos. Cuando se consideran en todos los ciclos el valor medio de Kc para cada período decádico se observa un comportamiento casi constante, con una tendencia levemente creciente. Esto se verifica ya que al situarse la etapa transplante – cosecha dentro de la fase en la cual el cultivo comienza a sombrear el suelo hasta que cubre el 100% de la superficie evaporativa, el activo crecimiento de este cultivo compensa la declinación de la componente evaporación del consumo de agua que ejerce el suelo con el aumento de la superficie transpiratoria del cultivo y su influencia en la evapotranspiración de cultivo. Al tratarse de una producción bajo invernadero, se hubieran esperado temperaturas superiores que habrían afectado el crecimiento y desarrollo del cultivo, influyendo sobre la evolución del Kc (Fernández *et al.*, 2001), pero esto no sucedió.

La variación en las fechas de siembra impactan sobre el Kc cuando analizamos cada ciclo en relación a los otros. Como el Kc depende principalmente de la tasa de desarrollo del cultivo, la que se ve influenciada por las condiciones climáticas, es de esperarse diferentes comportamientos de este coeficiente frente a factores climáticos como la temperatura. Sólo se observó una alta correlación entre Kc y temperaturas mínimas medias para los ciclos otoñal y primaveral de lechuga cultivada en invernadero, con lo que se evidencia aún más que la evolución del coeficiente de cultivo difiere según la estación de cultivo, no pudiendo utilizarse el mismo valores para distintas estaciones del año. (Fernández Fernández, 2003) La alta relación con las temperaturas mínimas en invernadero se explicaría al no depender estas de la ventilación del mismo como ocurre con las temperaturas máximas.

CONCLUSIONES

- Restricciones hídricas durante el período transplante a cosecha de *Lactuca sativa* (L.) produjeron una mayor cantidad de materia verde y de materia seca por milímetro de agua aportado, no habiéndose traducido en diferencias en cuanto a rendimientos comerciales.
- No se aconseja efectuar aportes de agua inferiores al 75% del consumo, ya que se infiere un estrés incipiente a medida que se incrementa la restricción a través de las diferencias significativas en la acumulación porcentual de materia seca.
- Se verifica la estacionalidad del coeficiente de cultivo, con valores diferentes según la época del año en que se cultive la lechuga, no aconsejando extrapolar valores de un ciclo a otro.
- La evolución casi constante del valor medio de Kc de todos los ciclos muestra que este coeficiente es altamente dependiente de la tasa de desarrollo del cultivo, al compensar la pérdida de agua del suelo con un mayor consumo de agua de la planta, por lo tanto el consumo de agua por la planta tiene la misma tendencia que la demanda atmosférica.

BIBLIOGRAFIA

- Adrover, M.; Miralles, P.; Farrús, E.; Lladó, G.; Vadell, J.** (2001) "*Aprovechamiento del agua de riego mediante el uso de distintos tipos de acolchado*". Sociedad Española de Agricultura Ecológica. V Jornadas Técnicas. Mallorca, España. Disponible en <http://www.agroecología.net/congresos/mallorca>
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M.** (1998) "*Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*" FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy. pp. 300.
- Chambouleyron, J.** (1980) Enciclopedia Argentina de la Agricultura y Jardinería – Fascículo "Riego y drenaje". Ed. Acme. Bs.As. pp. 328.
- de Grazia, J.; Tiftonell, P.A.; Chiesa, A.** (2001) "*Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.)*", INIA, España. Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal, Vol. 16 (3): 355 – 365
- Fernández, M^a D.; Orgaz, F.; Fereres, J.C.; López, J.C.; Céspedes, A.; Pérez, J.; Bonachela, S.; Gallardo, M.** (2001) "*Programación del riego de cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español*" Caja Rural de Almería y Málaga - CAJAMAR - Escobar Impresiones, S.L., España. pp. 71.
- Fernández Fernández, M.D.** (2003) "*Programación del riego mediante parámetros climáticos en cultivos hortícolas bajo invernadero en el sudeste español*" En "Mejora de la eficiencia en el uso del agua en cultivos protegidos – Curso Superior de Especialización" Fernández Fernández, Lorenzo Minués Y Cuadrado Gómez Editores. Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía, Almería, España. pp 343-352
- Gallardo M., Jackson L. E., Schullback K., Snyder R., Thompson R., Wyland L.** (1996) Production and water use in lettuces under variable water supply. Irrig.Sci. 16:125-137
- Instituto Nacional de Estadística y Censos.** *Censo Nacional Agropecuario 2002*. Ministerio de Economía de la República Argentina, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <http://www.indec.mecon.ar/>
- Jackson, L.; Mayberry, K.; Laemmlen, F.; Koike, S.; Schulbach, K.; Chaney, W.** (1999) "*La producción de lechuga de hoja en California*", University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 7216 Spanish, Oakland, California, USA. Disponible en <http://vric.ucdavis.edu/selectnewcrop.lettuce.htm>
- Jovanovic, N.Z.; Annandale, J.G.; Mhlauli, N.C.** (1999) "*Field water balance and SWB parameter determination of six winter vegetable species*", Water Research Commission (WRC), South Africa, Water SA Vol. 25 N° 2: 191-196
- Loomis, R.S.; Connor, D.J.** (2002) "*Crop Ecology, Productivity and management in agricultural systems*", Cambridge University Press, New York, USA. pp. 591.
- Maroto Borrego, J. V.** (2000). Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi - Prensa, Madrid, España. pp. 208-214.
- Ortega, J.F.; De Juan, J.A.; Tarjuelo, J.M.; Merino, R.; Valiente, M.** (1999) "*Modelo de optimización económica del manejo del agua de riego en las explotaciones agrícolas: aplicación a la agricultura de regadío de la provincia de Toledo*", INIA, España. Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal, Vol. 14 (3): 325 – 354
- Smaldoni, R.; Sangiacomo, M. A.; Garbi, M.** (2002) "*Análisis de costos de producción y caracterización de los productores de lechuga (Lactuca sativa) a campo en el partido de Luján*", XXV Congreso Argentino de Horticultura, Encuentro Virtual, ASAO.
- Wien, H. C.** (1997). *The Physiology of Vegetable Crops*. Department of Fruit and Vegetable Science. Cornell University, Ithaca, NY, USA. Cab International. pp 479-552.