

PRODUCCIÓN DE LECHUGA EN UN SUELO CON APLICACIÓN DE COMPOST DE CAMA DE POLLO

HERNÁN PATERLINI¹; MARÍA VIRGINIA GONZÁLEZ¹; LILIANA INÉS PICONE^{1*}

Recibido: 17/4/2018
Recibido con revisiones: 23/3/2019
Aceptado: 23/3/2019

RESUMEN

En el cinturón hortícola de General Pueyrredón es común el abonado con 30 a 60 t ha⁻¹ de cama de pollo, siendo la lechuga uno de los principales cultivos en los cuales se aplica. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la aplicación de compost de cama de pollo en los parámetros de producción de la lechuga morada, como así también, en determinadas propiedades edáficas. Los tratamientos fueron: T0 (sin compost), T15 (15 t ha⁻¹ de compost base seca) y T30 (30 t ha⁻¹ de compost base seca). Durante el desarrollo del cultivo se registró el número de hojas por planta y la altura de las plantas, y finalmente se midió el rendimiento. En el suelo se determinó pH, conductividad eléctrica (EC), P extractable (Bray 1) y carbono total (CT) en los primeros 20 cm, y nitrato (N-NO₃) en los intervalos de profundidad 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Al final del ciclo del cultivo, no hubo diferencias en el número promedio de hojas por planta, la altura promedio de los tallos y el rendimiento entre T15 y T30; pero superaron significativamente a T0. El número de hojas y la altura de las plantas mostraron un crecimiento exponencial, y una correlación significativa y alta ($p < 0,05$; $r = 0,99$). El pH del suelo no fue afectado por la aplicación de compost a pesar del alto pH (8,2) del mismo, indicando la capacidad tampón del suelo. El contenido de CT tampoco fue afectado por el agregado de compost aunque tendió a incrementar con la dosis, con valores de 26,8, 28,6 y 29,6 g C kg⁻¹ para T0, T15 y T30 en los primeros 20 cm, respectivamente. La CE fue significativamente superior en T30 (0,60 dS m⁻¹) con respecto a T0 (0,34 dS m⁻¹), sin afectar el rendimiento. No hubo diferencias en la concentración de N-NO₃ entre los tratamientos en los 20-40 y 40-60 cm, mientras que fue menor en T0 con relación a T30 en 0-20 cm. El P extractable alcanzó niveles de 151,91 mg P kg en T30. Los nutrientes aportados por el compost de cama de pollo N, P, Ca, Mg y K, en ambas dosis, superaron ampliamente los requerimientos nutricionales de la lechuga. La eficiencia de uso del compost como fuente N y P fue muy baja, 14-19 % y 6-8 % del N como nitrato y del P extractable, respectivamente.

Palabras claves: *Lactuca sativa* L., fertilizantes orgánicos, nitrógeno, fósforo

LETTUCE PRODUCTION IN A SOIL WITH APPLICATION OF POULTRY LITTER COMPOST

ABSTRACT

In the horticultural belt in General Pueyrredón is common to apply 30 to 60 t ha⁻¹ of poultry litter, being lettuce one of the main crops in which it is applied. The objective of this study was to evaluate the effects of composted poultry litter application on production parameters of red lettuce, as well as on certain edaphic properties. The treatments were: T0 (without compost), T15 (15 t ha⁻¹ of compost dry base) and T30 (30 t ha⁻¹ of compost dry base). During the development of crop, leaf number per plant and plant height were recorded, and finally yield was measured. Soil pH, electrical conductivity (EC), extractable P-Bray 1 and total carbon (TC) were determined in the first 20 cm, and nitrate (N-NO₃) in depth intervals of 0-20, 20-40 and 40-60 cm. At the end of crop cycle, there were no differences in the average number of leaves per plant, the average height of stems and the yield between T15 and T30 but they significantly exceeded T0. Number of leaves and height of plants showed an exponential growth, and a significant and high correlation ($p < 0.05$, $r = 0.99$). Soil pH was not affected by application of compost despite its high pH (8.2), indicating the buffer capacity of soil. The CT was also not affected by compost although it tended to increase with dose, with values of 26.8, 28.6 and 29.6 g kg⁻¹ for T0, T15 and T30, respectively in the first cm. The EC was significantly higher in T30 (0.60 dS m⁻¹) than in T0 (0.34 dS m⁻¹) without affecting yield. There was no difference in NO₃-N concentration among treatments for 20-40 and 40-60 cm depth intervals while it was lower in T0 than in T30 for the 0-20 cm layer. Extractable P reached levels of 151.91 mg P kg in T30. Nutrients supplied by the composted poultry litter N, P, Ca, Mg and K, in both doses, far exceeded the nutritional requirements of lettuce. The use efficiency of compost as N and P source was very low, 14 - 19% and 6 - 8% of N as nitrate and P extractable, respectively.

Key words: *Lactuca sativa* L., organic fertilizers, nitrogen, phosphorus

¹ FCA-UNMdP

* Autor de contacto: picone.liliana@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La lechuga es uno de los vegetales comercializables más importante y de mayor consumo en el mundo. La cabeza y las hojas son ricas en varios minerales y vitaminas, y son fuente importante de antioxidantes dietéticos (Ke & Saltveit, 1988; Nicolle *et al.*, 2004). En Argentina, según el censo agropecuario (INDEC, 2003), 3.940 ha fueron destinadas a la implantación de este cultivo, siendo la principal productora la provincia de Buenos Aires en la cual se destacan los cinturones verdes de General Pueyrredón y La Plata (Viteri & García, 2013). El partido de General Pueyrredón tiene la mayor cantidad de hectáreas bajo este cultivo en la provincia de Buenos Aires, ocupando 2046 ha de las 3379 ha destinadas a la producción de hortalizas (CHFBA, 2005). Numerosos horticultores producen lechuga a campo, abarcando el 84% de la superficie total sembrada en el cinturón de General Pueyrredón. Sin embargo, en los últimos años ha aumentado en un 650% la superficie cultivada bajo la tecnología de invernáculo (Viteri & García, 2013).

Las variedades más difundidas son capuchina y criolla con 563 y 562 ha respectivamente, seguidas por mantecosa con 531 ha, crespita con 386 ha y finalmente, morada con 5 ha. Si bien la lechuga morada es la menos difundida, comienza a incrementarse la superficie debido principalmente a la llegada de nuevas formas de producción y de los nuevos hábitos de consumo (Liverotti *et al.*, 2011). Esta variedad de lechuga adquiere relevancia en planteos de tipo agroecológico, en los cuales no se usan pesticidas ni fertilizantes sintéticos. Esto se debe a que tiene una mejor performance cuando no se utilizan agroquímicos, producto de su rusticidad y una mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades.

En la actualidad, los fertilizantes orgánicos de diversas fuentes son utilizados en el cultivo de lechuga. En la región hortícola del sudeste bonaerense, la mayoría de los productores utilizan como abono orgánico la cama de pollo, proveniente de una importante actividad avícola desarrollada en la zona. La cama de pollo es un recurso valioso como enmienda y fertilizante (Bolan *et al.* 2010), su procesamiento a través del compostaje puede aumentar su valor. La biodegradación que ocu-

rra durante el proceso de compostaje convierte al material fresco en un producto de alta calidad, que contiene cantidades importantes de nutrientes incluyendo nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), así como una variedad de microelementos esenciales para el cultivo (Amlinger *et al.*, 2007). El material orgánico compostado, no es sólo una fuente de macro y micronutrientes, sino que también mejora las características del suelo como aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente, agregación, capacidad de intercambio catiónico y actividad de la microflora (Jilani *et al.*, 2007).

La mayoría de los productores hortícolas conciben a la aplicación de la cama de pollo, casi exclusivamente, como una fuente de carbono orgánico para mantener las condiciones físicas del suelo, sin considerar la cantidad y variedad de nutrientes incorporados al sistema. En muchos casos de planteos convencionales, la fertilización es llevada a cabo de forma sistemática y continúa, sin modificar la dosis. Comúnmente aplican a los cultivos sin cobertura, entre 20 y 30 t ha⁻¹ de estiércol de ave (Manzo, 1997), y en algunas explotaciones hasta 60 t ha⁻¹ cada dos años. El uso de altas dosis hace que algunos nutrientes se apliquen en exceso.

Planteada esta problemática y dada la trascendencia que tiene la lechuga en la región este estudio tiene como objetivo evaluar los efectos de la aplicación del compost de cama de pollo sobre los parámetros de producción del cultivo de lechuga morada, como así también, sobre algunas propiedades edáficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental y los tratamientos

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Unidad Integrada Balcarce (Estación Experimental Agropecuaria-INTA Facultad Ciencias Agrarias-UNMdP) ubicado en la localidad de Balcarce (37° 45' 13" S, 58° 17' 53" W; 136 m.s.n.m), al sudeste de la provincia de Buenos Aires. El suelo donde se realizó el ensayo está clasificado como un complejo de Argiudol

Típico fino, mixto, térmico (serie Mar del Plata) y Paleudol Petrocálcico fino, illítico, térmico (serie Balcarce) (INTA, 1979).

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones. El tamaño de cada parcela fue de 2,5 m de largo por 1,2 m de ancho (3 m²), conformada por cuatro hileras de cultivo espaciadas en 30 cm. En las parcelas se asignaron, al azar, los siguientes tratamientos: T15 (15 t ha⁻¹ de compost en base seca), T30 (30 t ha⁻¹ de compost en base seca) y T0 (testigo, sin agregado de compost). La dosis de 30 t ha⁻¹ en base húmeda de cama de pollo fresca, es la mínima empleada a campo por los horticultores de la zona. Considerando que el compost tiene una concentración de N-NO₃ de 3,09 g N kg⁻¹ (**Tabla 1**), con las dosis de 15 y 30 t ha⁻¹ se aplicaron 46 y 93 kg N ha⁻¹, respectivamente. En el caso de P, con una concentración de P-Bray de 1,67 g P kg⁻¹ (**Tabla 1**) en el compost, se aportaron 25 y 50 kg P ha⁻¹ con la dosis de 15 y 30 t ha⁻¹, respectivamente.

Tabla 1. Características físico-químicas y contenido de nutrientes en el compost de cama de pollo.

Table 1. Physico-chemical characteristics and nutrient content in composted broiler litter.

CT: Carbono total, NT: Nitrógeno total, PT: Fósforo total, CE: Conductividad eléctrica, P extractable: P-Bray.

CT: Total carbon, NT: Total nitrogen, PT: Total phosphorus, EC: Electrical conductivity, P extractable: P-Bray.

Características	Valor
Humedad	47,47 (%)
CT	270,7 (g kg ⁻¹)
NT	28,30 (g kg ⁻¹)
PT	19,70 (g kg ⁻¹)
pH	8,2
CE	8,87 (dS m ⁻¹)
P extractable	1,67 (g kg ⁻¹)
N-NO ₃ ⁻	3,09 (g kg ⁻¹)
N-NH ₄ ⁺	0,34 (g kg ⁻¹)
Ca	9,28 (g kg ⁻¹)
Mg	5,33 (g kg ⁻¹)
K	7,89 (g kg ⁻¹)

El compost se obtuvo a partir de pilas volteadas y regadas. Para mantener una descomposición aeróbica, las pilas fueron volteadas 9 veces

cada 10 días hasta el final del proceso (101 días). También, fueron regadas 8 veces en los primeros 62 días de compostaje ya que al final del mismo las precipitaciones fueron más frecuentes. La temperatura después de cada remoción, alcanzó valores máximos promedio entre 55 y 62°C en la parte superior de las pilas, para volver aumentar en el siguiente volteo. Al fin del compostaje, la temperatura descendió aproximadamente a 30-33°C, y el producto había desarrollado olor a tierra.

Manejo del cultivo de lechuga

El cultivo se realizó bajo la modalidad de almácigo y trasplante. El 5 enero del 2013, se desmalezó y preparó con el uso de azada y rastrillo la cama de plantación. Dos días después, se aplicaron las dosis de compost en las parcelas que correspondían, excepto en las del testigo. Para ello, primero se esparció el compost lo más uniforme posible sobre la superficie del suelo, luego se incorporó con azada, y por último se emparejó el suelo con rastrillo. La aplicación del compost se hizo con dos meses de antelación a la plantación del cultivo, siguiendo el mismo momento de aplicación que la práctica común de abonado realizada por los horticultores.

La lechuga morada (hojas de color rojo-vino oscuro, cortas, anchas y ligeramente onduladas) variedad HM 8754, se sembró en bandejas de 88 celdas, colocando dos o tres semillas por celda. Cuando las plantas poseían entre 4 y 5 hojas verdaderas fueron trasplantadas, ocurriendo el 5 de marzo del 2013. Al trasplante se colocaron 40 plantas por parcela, con una distancia entre ellas de 25 cm en la línea. Durante las dos primeras semanas se realizó el reemplazo de las plantas atacadas por insectos, tales como hormigas y *Diloboderus abderus* (casarudo o bicho torito). En el cultivo de lechuga se realizó un manejo agroecológico, de modo que no se aplicó ningún insecticida ni fungicida, y el control de malezas se realizó manualmente eliminando las mismas con la ayuda del azadón. Para complementar el aporte de agua por parte de las precipitaciones y cubrir el requerimiento hídrico de la lechuga, se instaló un sistema de riego por goteo. Se aplicaron riegos periódicos, para tratar de mantener el

contenido de humedad de suelo próximo a capacidad de campo durante el ciclo del cultivo.

Mediciones en la lechuga

Se realizó el seguimiento del desarrollo de la lechuga que consistió en contar el número de hojas y medir la altura de las plantas, cada 7 días, desde la plantación hasta la cosecha. Se efectuó el conteo de hojas en 8 fechas consecutivas, seleccionando al azar 5 plantas por parcela y contando "in situ" el número de hojas. Para la medición de la altura de las plantas, se procedió de la misma manera. A fines de minimizar el efecto "borde", en ambas mediciones, la selección se limitó a las 16 plantas centrales, en cada parcela. El rendimiento se evaluó al momento de la cosecha, el día 30 de abril de 2013, a los 55 días de la plantación. La cosecha se hizo manualmente, cortando al ras del suelo todas las plantas que estaban en el centro de cada parcela y pesando el peso fresco aéreo con una balanza convencional, luego de eliminar las hojas que estaban en mal estado.

Mediciones en el suelo

Previamente a la aplicación del compost y plantación de la lechuga, se muestreó el suelo del lote a utilizar. Para ello, se tomaron 2 muestras compuestas de suelo, cada una de ellas integrada por aproximadamente 15 sub-muestras recogidas al azar, de un estrato de 20 cm desde la superficie hasta los 60 cm de profundidad. En el estrato superficial (0 a 20 cm) se determinó pH en una suspensión de suelo seco (tamizado por 2 mm) y agua destilada, con una relación suelo:agua de 1:2,5 (peso:volumen); conductividad eléctrica (CE) en el extracto de la pasta saturada del suelo; contenido de carbono total (CT) por combustión húmeda del suelo seco y tamizado por 0,5 mm, según el método de Walkey & Black (1934); concentración de nitrato (N-NO₃) mediante un electrodo específico y P extractable-Bray 1 por extracción con HClO₄ 0,025 M y NH₄F 0,03 M (Bray & Kurtz, 1945) y posterior determinación colorimétrica mediante el procedimiento de Murphy & Riley (1962). En los restantes estratos de suelo, 20-40 y 40-60 cm, sólo se cuantificó la concen-

tración de N-NO₃. Luego de la cosecha se efectuó otro muestreo de suelo, a las mismas profundidades que el inicial, y se realizaron los mismos análisis físico-químicos que antes de la plantación de lechuga.

Características del compost de la cama de pollo

En la **Tabla 1** se muestra algunas propiedades físico-químicas y el contenido de algunos nutrientes del compost de la cama de pollo.

Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de la aplicación del compost sobre los parámetros productivos de la lechuga y las propiedades edáficas se realizó el análisis de la varianza (ANOVA), acorde con el diseño experimental empleado. Al detectar significancia se realizó la separación de medias mediante el test de Tukey, al 5% de probabilidad. Las curvas que relacionaron el número de hojas y la altura de las plantas con el tiempo transcurrido desde la plantación hasta la cosecha se ajustaron mediante funciones exponenciales. La asociación entre número de hojas y la altura del tallo se analizó a través del coeficiente de correlación de Pearson. El análisis estadístico se efectuó empleando el software libre R (versión 3.0.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1-Datos meteorológicos

La temperatura media diaria del aire promedió 16°C, con una máxima de 22,6°C y una mínima de 9,3°C que correspondieron al 9 y 14 de marzo 2013, respectivamente (**Figura 1**). En comparación con los datos históricos correspondientes al período de 20 años (1996-2016), las temperaturas máximas y mínimas registradas en marzo fueron inferiores en aproximadamente 2°C. Por el contrario, en abril dichas temperaturas superaron en 1,5°C a las históricas. La precipitación acumulada durante los dos meses del ciclo del cultivo fue de 124 mm. En general, las lluvias fueron de poca intensidad con excepción de algunos picos de 22 y 35 mm registrados a fines de marzo y comienzos de abril, respectivamente (**Figura 1**).

Marzo fue más seco, con lluvias inferiores en 6% con respecto a las medidas en el periodo 1996-2016 mientras que abril fue más húmedo superando a los valores históricos en 40%.

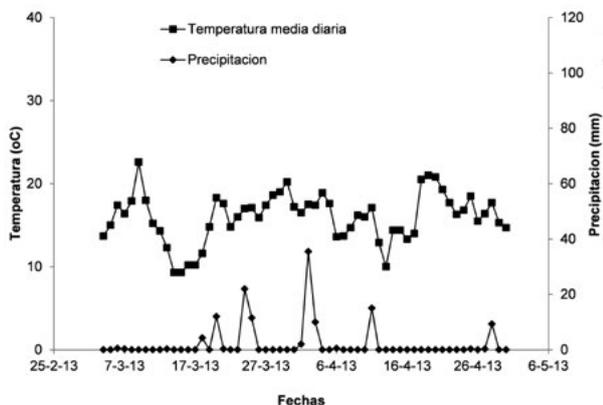


Figura 1. Temperatura media diaria del aire y precipitaciones registradas durante el período desde la plantación hasta la cosecha de la lechuga en el sitio experimental (Datos obtenidos de la Estación Meteorológica, INTA-Balcarce).

Figure 1. Average daily temperature of air and monthly precipitation recorded during the period from planting to harvest of lettuce at the experimental site (Data obtained from Meteorological Station, INTA-Balcarce).

2-Evolución del número de hojas de las plantas

El número de hojas por planta fue incrementando durante el transcurso del ciclo del cultivo, de modo que en las últimas semanas se triplicó. Los datos se ajustaron utilizando funciones exponenciales, cuyos coeficientes de determinación fueron altos, tanto en el tratamiento testigo ($R^2=0,97$) como en aquellos donde se aplicó compost ($R^2=0,98-0,99$) (**Figura 2**). Tarigo *et al.* (2004) también, observaron un crecimiento exponencial del número de hojas durante la última fase del cultivo, y en los últimos 20 días puede ocurrir hasta 60% del crecimiento total (Galván & Rodríguez, 1999). En las lechugas de cabeza se produce el crecimiento exponencial del número de hojas durante la última fase del cultivo debido a que corresponde con la formación de la cabeza. El número de 14-15 hojas es el valor estimado como indicador del final de la etapa de roseta e inicio de la formación de la cabeza, alcanzando al momento de cosecha entre 39 y 47 hojas (Tarigo *et al.*, 2004). Las 14-15 hojas marcan el comienzo de la mayor demanda de nutrientes, por

lo que es aconsejable que coincida con una adecuada disponibilidad de los mismos (Tarigo *et al.*, 2004). Sosa *et al.* (2017) comprobaron que la acumulación de biomasa y nutrientes ocurrió 22 días antes de la cosecha, cuando más del 60% de las necesidades totales de N, P y K fueron cubiertas. La lechuga empleada en este ensayo no corresponde morfológicamente al grupo de lechugas de cabeza y la cantidad total de hojas fue de 16 a 22 a la cosecha (según diferentes tratamientos), por lo que el período de mayor requerimiento de nutrientes diferiría del de las lechugas de cabeza. A partir de los 15 días de trasplantadas y 7 hojas promedio, las plantas iniciaron el período de mayor producción de hojas por lo que se podría interpretar que comenzó la etapa de mayor requerimiento nutricional (**Figura 2**).

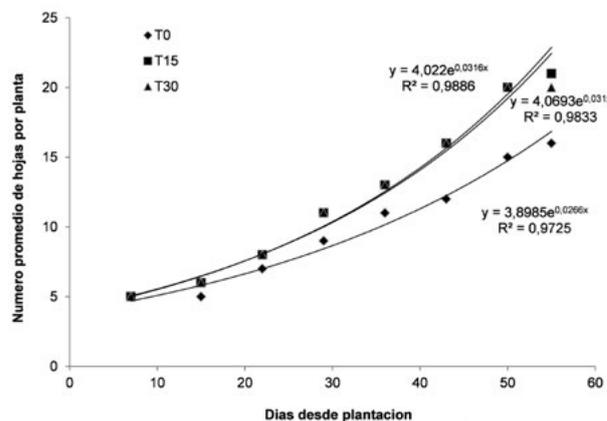


Figura 2. Evolución del número de hojas en plantas de lechuga morada en función de los días desde la plantación (7 días) hasta la cosecha (55 días).

Figure 2. Evolution of leaf number in red lettuce plants depending on days from planting (7 days) to harvest (55 days).

En la primera fecha de muestreo y a los 15 días de trasplantadas no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) en el número total de hojas entre los tratamientos, posiblemente debido a que aún las plantas se encontraban bajo un periodo de adaptación y recuperación del estrés post-trasplante. A los 22 días después de la plantación, T15 se diferenció ($p<0,05$) de T0 mientras que los tratamientos con compost no se diferenciaron entre sí ($p>0,05$). A los 29, 36, 43, 50 y 55 días desde el trasplante, los tratamientos con aplicación de compost tuvieron un mayor ($p<0,05$) número de hojas que T0. A la cosecha, el número promedio de hojas por planta fue 20-

21 y 16, para los tratamientos con y sin agregado de compost, respectivamente (**Tabla 2**). Resultados similares a los presentados en la presente investigación fueron reportados por Kortei & Quansah (2016), quienes encontraron que el número promedio de hojas fue mayor en los tratamientos con compost puro o en mezclas de compost con suelo que en el control. La mayor producción de hojas en los tratamientos con abono sugiere un aporte de nutrientes por parte de la cama de pollo compostada. Específicamente podría atribuirse a un mejor suministro de N con el compost, ya que es sabido que este nutriente mejora las actividades fisiológicas en las hortalizas, y por lo tanto la síntesis de foto-asimilados (Aliyu, 2000).

Tabla 2. Número total promedio de hojas por planta de lechuga morada desde 7 días después de la plantación hasta la cosecha.

Table 2. Average total number of leaves per plant of red lettuce from 7 days after planting to harvest.

Días	7	15	22	29	36	43	50	55
Tratamiento	Número promedio de hojas por planta							
T0	5 a	5 a	7 b	9 b	11 b	12 b	15 b	16 b
T15	5 a	6 a	8 a	11 a	13 a	16 a	20 a	21 a
T30	5 a	6 a	8 ab	11 a	13 a	16 a	20 a	20 a

Letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en el número de hojas entre tratamientos. T0:sin compost, T15:15 t ha⁻¹, T30 30 t ha⁻¹.

Different letters, in each column, indicate significant differences ($p < 0,05$) in number of leaves among treatments. T0:without compost, T15:15 t ha⁻¹, T30:30 t ha⁻¹.

3-Evolución de la altura de las plantas

La altura de las plantas de lechuga siguió el mismo patrón de evolución que el número de hojas por planta, produciéndose un crecimiento

Tabla 3. Altura promedio de las plantas de lechuga morada, desde 7 días después de la plantación hasta la cosecha.

Table 3. Average height of red lettuce plants from 7 days after planting to harvest.

Días	7	15	22	29	36	43	50	55
Tratamiento	Altura promedio (cm)							
T0	7,2 a	7,5 a	8,8 b	14,0 b	14,9 b	16,5 b	20,1 b	22,8 b
T15	7,5 a	8,3 a	10,5 a	17,4 a	18,9 a	20,4 a	25,4 a	27,2 a
T30	7,1 a	8,2a	10,1 a	17,0 a	18,9 a	21,0 a	25,8 a	27,4 a

Letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en altura de plantas entre tratamientos. T0:sin compost, T15:15 t ha⁻¹, T30:30 t ha⁻¹.

Different letters, in each column, indicate significant differences ($p < 0,05$) in plant height among treatments. T0:without compost, T15:15 t ha⁻¹, T30:30 t ha⁻¹.

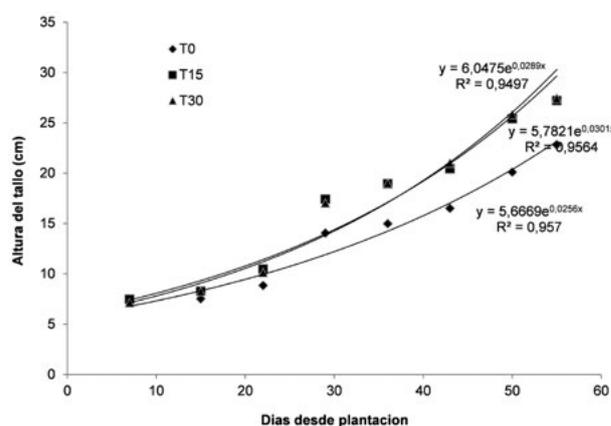


Figura 3. Evolución de la altura de los tallos de lechuga morada desde 7 días después de la plantación hasta la cosecha (a los 55 días).

Figure 3. Evolution of red lettuce stem height from 7 days after planting to harvest (at 55 days).

exponencial en la etapa final del cultivo. Los datos de altura de las plantas, también se ajustaron mediante funciones exponenciales donde los coeficientes de determinación fueron $> 0,9$ (**Figura 3**). De la misma manera como ocurrió con el número de hojas, a los 7 y 15 días después de plantación, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la altura de las plantas entre los distintos tratamientos. A partir de los 22 días de transplantadas y hasta la última medición, T15 y T30 no difirieron significativamente ($p > 0,05$) entre sí, sin embargo mostraron una mayor ($p < 0,05$) altura promedio que T0. Al momento de la cosecha, la altura promedio de los tallos fue de 27cm en los tratamientos con aplicación de compost versus 23 cm en el tratamiento sin abono (**Tabla 3**). Kortei & Quansah (2016) también observaron, que la altura media de las plantas de lechuga cultivada en macetas con apli-

cación de compost, puro o en mezclas con suelo, fue significativamente mayor que la del control. Esta diferencia, la explicaron no sólo en base al contenido de nutrientes que aporta el compost sino también, a otras condiciones favorables para el crecimiento de la lechuga como son una mejor aireación y régimen de humedad aportado por la materia orgánica (Masirirambi *et al.*, 2010).

El número de hojas y la altura del tallo se relacionaron significativamente ($p < 0,05$), con un coeficiente de Pearson (r) alto, 0,99. Este dato indicaría que los tratamientos que promovieron un mayor número de hojas obtuvieron un tallo más largo (**Figura 4**).

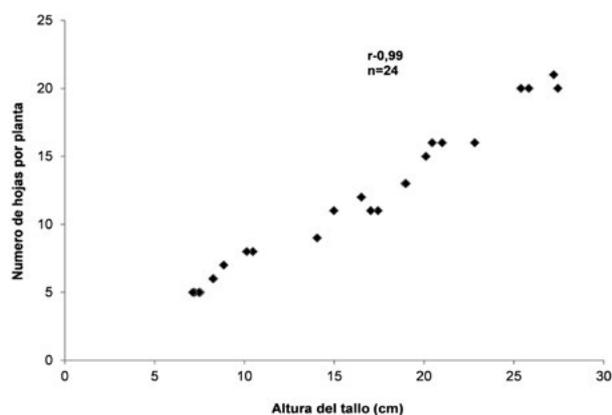


Figura 4. Relación entre el número de hojas por planta y altura del tallo de la lechuga morada, en el periodo comprendido entre 7 y 55 días después de la plantación.

Figure 4. Relationship between number of leaves per plant and stem height of red lettuce, in the period between 7 and 55 days after planting.

4-Rendimiento

El rendimiento logrado a los 55 días de la plantación fue de $6,55 \text{ t ha}^{-1}$ en T0, el cual se diferenció significativamente ($p < 0,05$) de los tratamientos T15 ($10,90 \text{ t ha}^{-1}$) y T30 ($12,92 \text{ t ha}^{-1}$) los cuales fueron iguales ($p > 0,05$) entre sí. No se observaron diferencias entre dosis de compost, posiblemente a que con la dosis menor se habría cubierto la demanda de nutrientes por parte del cultivo; sin embargo, con respecto a T0 se expresó el aporte por parte del compost ya que el rendimiento fue 45% menor con respecto a los tratamientos en los cuales se les agregó compost de cama de pollo. Estos resultados fueron coincidentes con aquellos obtenidos por Mrabet *et al.*

(2012) quienes encontraron incrementos significantes en el rendimiento, ancho y longitud de la lechuga, en suelos con aplicación de compost. Lee *et al.* (2004) concluyeron que la adición de compost aumentó el contenido de macro y micronutrientes, como así también de materia orgánica, contribuyendo con la acumulación de peso fresco en lechuga. Nitrógeno es el factor principal que afecta el rendimiento ya que es el componente característico del plasma funcional, y es parte integral de las moléculas de clorofila, proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfolípidos, alcaloides, enzimas, coenzimas, hormonas, y vitaminas (Castellanos *et al.*, 2000). Con la aplicación de 120 kg N ha^{-1} , aumentó el área total de la hoja lo que condujo a un aumento en la fotosíntesis, que a su vez mejoró la biomasa vegetal de la lechuga (Boroujerdnia & Ansari, 2007). Si bien en el ensayo realizado la cantidad de N aplicada fue inferior a 120 kg N ha^{-1} , con las dosis empleadas se superaron los requerimientos de N del cultivo (**Tabla 4**). Por lo tanto, este macronutriente no fue un factor limitante para la producción de lechuga.

El rendimiento promedio de la lechuga morada registrado para el partido de General Pueyrredón fue de $7,16 \text{ t ha}^{-1}$, según el censo hortiflorícola del año 2005 (CHFBA, 2005). Este valor de referencia se superó por $3,74$ y $5,76 \text{ t ha}^{-1}$ en los tratamientos T15 y T30, respectivamente. Sin embargo, para el cinturón hortícola de La Plata se mencionaron rendimientos superiores, entre 10 y 12 t ha^{-1} para lechuga criolla, capuchina, cresa y morada (Viteri & García, 2013). Sin embargo, en un ensayo comparativo de distintas variedades de lechuga mantecosa en Santa Fe se alcanzaron rendimientos muy superiores, entre 30 y $47,5 \text{ t ha}^{-1}$, superando el promedio de la zona con las variedades tradicionales de 15 a 20 t ha^{-1} (INTA, Rafaela). Estas diferencias en rendimiento podrían atribuirse, en parte, debido a que las plantas de la variedad HM 8754 de lechuga morada son de menor porte que las variedades de hoja mencionadas. Además, de las posibles variaciones en el número de plantas por ha y en el peso promedio de éstas dado que estas variables son componentes determinantes del rendimiento. En un experimento en el cual se evaluó las densida-

Tabla 4. Rendimiento, nutrientes aportados y absorbidos con la aplicación de 15 y 30 t ha⁻¹ de compost de cama de pollo por la lechuga morada durante su ciclo de crecimiento (55 días desde la plantación).

Table 4. Yield, nutrients supplied with application of 15 and 30 t ha⁻¹ of composted broiler litter and absorption of nutrients by red lettuce during its growth cycle (55 days from planting).

Tratamiento	T15	T30	T0	T15	T30
Nutriente	Nutrientes aportados		Absorción*	Nutrientes absorbidos	
	kg ha ⁻¹		kg t ⁻¹	kg ha ⁻¹	
P-Bray 1	25	50	0,5	3	6
N-NO ₃	46	93	2	13	26
Ca ²⁺	139	278	0,9	6	12
Mg ²⁺	80	160	0,2	1	3
K ⁺	118	236	4,3	28	56
Rendimiento					
t ha ⁻¹					
			6,55	10,90	12,92

T0:without compost, T15:15 t ha⁻¹ of compost, T30:30 t ha⁻¹ of compost.

*Ciampitti, IA & FO Garcia. 2012. Requerimientos nutricionales: Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios II. Hortalizas, frutales y forrajeras. Archivo Agronómico ≠ 12. pp 1-4. International Plant Nutrition Institute (IPNI)-Cono Sur.

des de 5, 6,6 y 20 plantas por m², se encontró que la producción incrementaba a medida que incrementaba la población de plantas por unidad de superficie, de modo que con la densidad de 20 plantas por m² se obtuvo el mayor peso/m². Esto se atribuyó al mayor aprovechamiento del espacio, agua, luz y nutrientes. Sin embargo el peso por planta fue diferente, con la densidad de 20 plantas por m² se obtuvo el menor peso (Martínez Carrillo *et al.*, 2015).

5-Absorción de nutrientes

Comparando la cantidad de nutrientes suministrados por el compost con la cantidad total absorbida por la lechuga se comprueba que los nutrientes aportados superaron las necesidades nutricionales del cultivo, en ambas dosis (**Tabla 4**). Por lo tanto, las altas dosis de abono que están aplicando los horticultores de la zona, que en algunos casos es de 60 t ha⁻¹ cada dos años, pueden causar desequilibrios nutricionales, como así también problemas de salinidad en el cultivo y suelo. Varios autores argumentaron que la aplicación repetida de cama de pollo, en áreas pequeñas, es motivo de preocupación ya que conduce a potenciales problemas ambientales y agronómicos, incluyendo la degradación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (Kingery

et al., 1994), y la acumulación de nutrientes y metales pesados en suelos y plantas (Hang *et al.*, 2000).

Con respecto al P, los niveles de P extractable proporcionados por el compost excedieron ampliamente los requerimientos de P de la lechuga (**Tabla 4**). El compost además de aportar P extractable, que estaría inmediatamente disponible luego de la aplicación de la enmienda y representa el 8% del P total, contribuye con otras formas inorgánicas y orgánicas de P las cuales mediante procesos químicos y/o biológicos pueden estar disponibles en el mediano/largo plazo para las plantas. Por lo tanto, hay una fuente importante de P que supera los requerimientos de la lechuga que tiene como consecuencias la acumulación del exceso de P (**Tabla 5**), aún en suelos con buena disponibilidad de este elemento (Sainz Rozas *et al.*, 2012) o el transporte del P hacia aguas superficiales o subterráneas (Sharpley *et al.*, 2003) con el potencial riesgo de contaminación ambiental.

Al igual que con P, la cantidad aplicada de N-NO₃ con el compost superó los requerimientos de N del cultivo; siendo más marcado el efecto en T30 (**Tabla 4**). El compost tiene 12% del N total en forma inorgánica, predominando N-NO₃. Esto implica que más del 80% del N total está en forma orgánica, la cual no es vulnerable de

Tabla 5. Valores de pH, conductividad eléctrica (CE), carbono total (CT) y fósforo (P) extractable-Bray 1 registrados en los primeros 20 cm del suelo a la cosecha de la lechuga morada con y sin aplicación del compost de cama de pollo. Previo a la aplicación compost no fue incluido en el análisis estadístico.

Table 5. PH, electrical conductivity (CE), total carbon (TC) and phosphorus (P) extractable-Bray 1 recorded in the first 20 cm of the soil to the harvest of the purple lettuce, in the soil with and without application of the compost of poultry litter. Prior to the application compost was not included in the statistical analysis.

Propiedad	pH	CE	CT	P-Bray 1
Tratamiento		dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
T0	7,21 a±0,10	0,34 b±0,00	26,90 a±4,10	21,11 c±4,78
T15	7,12 a±0,01	0,44 ab±0,04	28,60 a±4,20	82,25 b±8,92
T30	7,19 a±0,02	0,60 a±0,00	29,60 a±2,00	151,91 a±8,78
Previo compost	6,31	0,4	25,90	23,28

± desvíos estándares.

Letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas (p<0,05) en las propiedades edáficas entre tratamientos. T0:sin compost, T15:15 t ha⁻¹, T30:30 t ha⁻¹.

± standard deviations.

Different letters, in each column, indicate significant differences (p<0,05) in edaphic properties among treatments. T0:no compost, T15:15 t ha⁻¹, T30:30 t ha⁻¹.

perderse como el N-NO₃ pero es mineralizada una vez que el compost es aplicado al suelo, y bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura. La baja relación C:N del compost, 9:1 (**Tabla 1**), conjuntamente con las temperaturas cálidas del verano-otoño y el riego podrían promover la mineralización neta del N y su contribución a la producción del cultivo. La mineralización de N a partir de los residuos orgánicos es variable; entre 4 y 17% del N total del material compostado es mineralizado durante la estación de crecimiento (Egball, 2000; Franklin *et al.*, 2015). Dado que el ciclo de la lechuga es corto, es de esperar que la liberación de N y su aporte al cultivo sean bajos. El N que no fue asimilado por el cultivo o microorganismos puede perderse a la atmósfera como óxido nitroso vía el proceso de desnitrificación (Mahimairaja *et al.*, 1995) o moverse por escurrimiento hacia los cuerpos de agua o por lavado hacia las napas subterráneas de agua (Olson *et al.*, 2009) ocasionando contaminación del recurso. A su vez, cuando aumenta la concentración de N en la solución aumenta su contenido en la parte aérea de la lechuga (Maršić & Osvald, 2002), lo cual representa un riesgo para la salud humana al consumirse las hojas (Libert & Franceschi, 1987).

El Ca, Mg y K también, se aplicaron en exceso (**Tabla 4**). La absorción de K está relacionada con

el nivel de Mg y Ca ya que un exceso de K reduce la absorción de Ca y Mg por parte de la lechuga (Balcaza, 1997). Debemos tener en cuenta que los valores de absorción de nutrientes reportados son promedios y, por lo tanto pueden variar no solo en función de la variedad de lechuga, del tipo de suelo, sino también según la técnica de cultivo empleada sea a campo, cultivo forzado o invernáculo (Maroto, 1992).

6-Propiedades edáficas

El pH del suelo fue inferior aproximadamente en 1 unidad con relación al pH del compost de la cama de pollo que fue 8,2 (**Tabla 1**). A su vez, no hubo diferencias significativas (p>0,05) en pH entre la no aplicación del compost y el agregado del mismo (**Tabla 5**). Estos resultados indican que el suelo tiene capacidad tampón que le permitió amortiguar el aumento de pH por el agregado de compost, debido al contenido de CT y capacidad de intercambio catiónico del suelo. Al finalizar el crecimiento de la lechuga, tanto en T0 como en T15 y T30, el pH tendió a aumentar en comparación con el pH previo al establecimiento del ensayo. La actividad de las plantas o los procesos inducidos por el suelo como amonificación podrían ser, en parte, responsables del cambio de pH. La acidez del suelo es neutralizada durante la descomposición del material orgánico mediante

el proceso de amonificación, al producir amonio y consumir protones, y vía la absorción de nitrato por las plantas que liberan oxidrilos para equilibrar su carga interna (Rengel, 2003). Con respecto a la CE, es evidente que el suelo con la dosis más alta de compost tuvo una mayor ($p < 0,05$) CE que sin el agregado del mismo (**Tabla 5**). Aunque la concentración de sales fue alta en el tratamiento T30, parecería que no hubo un efecto negativo en el crecimiento de la lechuga ya que los parámetros de producción como número de hojas y altura de la planta aumentaron con respecto a T0. Los valores de CE incluso en el tratamiento con mayor aplicación de compost están debajo del umbral de tolerancia a la salinidad de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ en pasta saturada del suelo para lechuga, con un porcentaje de reducción de la producción de 13% por cada dS m^{-1} adicional (Maas, 1994). A su vez, la CE del suelo fue inferior a la del compost de $8,87 \text{ dS m}^{-1}$ (**Tabla 1**) lo que indica el lavado de sales solubles, especialmente en estos suelos con buena estructura y drenaje, que se favoreció por las precipitaciones que ascendieron a un total de 124 mm durante el ciclo de la lechuga, además del riego aplicado. Según la tendencia de los datos, la aplicación continua de compost podría conducir a aumentos en la CE por lo que se requeriría como condición el lavado de las sales, al menos de la zona radical, para obtener un medio de crecimiento óptimo para las plantas.

El contenido de CT en el suelo no manifestó diferencias ($p > 0,05$) frente al agregado de compost (**Tabla 5**). La tasa de aumento en materia orgánica depende de las condiciones de temperatura, humedad y las prácticas de labranzas, así como de la cantidad de abono agregado (Risse *et al.*, 2006). Stewart (1991) indicó que al menos dos años de aplicación de abono son necesarios para observar incrementos en la materia orgánica del suelo. Si bien es la primera vez de aplicación de compost, se nota que T30 tendió a registrar el mayor valor, seguido por T15 y luego T0. De continuar con esta tendencia y aplicaciones continuas se podría derivar, en el mediano plazo, con incrementos significativos en el contenido de CT. En coincidencia con esta observación, Adeli *et al.* (2011) mostraron que después de seis años de aplicación de cama de pollo, el contenido de CT

incrementó con la dosis más alta de $6,7 \text{ Mg ha}^{-1}$, en aproximadamente 56% con respecto al control; indicando el efecto acumulativo de este abono sobre la concentración de carbono en el suelo.

Los niveles P-Bray 1 en el suelo incrementaron con la aplicación de compost, desde $21,11 \text{ mg P kg}^{-1}$ en T0 hasta $151,91 \text{ mg P kg}^{-1}$ en T30 mientras que T15 alcanzó el valor intermedio de $82,25 \text{ mg P kg}^{-1}$ en los primeros 20 cm (**Tabla 5**). Según Aldabe (2000), los suelos con contenidos mayores a 16 mg P kg^{-1} no requieren fertilización fosfatada en la lechuga. Como punto de referencia, los valores de P-Bray 1 en los tratamientos con compost están dentro del rango de 75 a 150 mg P kg^{-1} establecido para predecir el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua con P, en el estado de Michigan y Ohio (Sharpley *et al.*, 2003). Sims *et al.* (2002) demostraron que las pérdidas de P disuelto en el agua de escurrimiento estaban relacionadas con las concentraciones de P extractable en el suelo y el grado de saturación. Las altas concentraciones de P extractable registradas en los tratamientos con compost posiblemente están indicando la saturación de los sitios de adsorción de P de los coloides del suelo, y generando un mayor riesgo mayor de pérdidas no puntuales de P disuelto. Con la aplicación de 30 t ha^{-1} , el P-Bray 1 incrementó con relación a T0 en $130,8 \text{ mg P kg}^{-1}$, que representa un ingreso de 262 kg P ha^{-1} en los primeros 20 cm (densidad aparente asumida: 1 Mg m^{-3}). La recuperación aparente del P aplicado con el compost, calculada como la diferencia entre el P absorbido por la biomasa en el tratamiento con compost menos el absorbido en el tratamiento sin compost, fue de 2 y 3 kg P ha^{-1} en T15 y T30; respectivamente. Estos números representan el 8% y 6% de los 25 y 50 kg P ha^{-1} aplicados como P extractable, y el 0,67% y 0,50% del PT aportados por T15 y T30, respectivamente. Además del P extractable hay que considerar las otras formas de P que componen y se van liberando del P total, por lo tanto la eficiencia del compost como fuente de P es muy baja para los rendimientos obtenidos.

Al analizar la concentración de N-NO_3 , se observó que fue mayor ($p < 0,05$) en T30 con respecto a T0 en los primeros 20 cm mientras que en los intervalos de profundidad restantes no

Tabla 6. Concentración de nitrato a distintas profundidades del perfil, a la cosecha de la lechuga morada, en un suelo con y sin aplicación de compost de cama de pollo. La concentración de nitrato antes de aplicar el compost, no fue incluida en el análisis estadístico.

Table 6. Soil nitrate concentration for different profile depths at the end of red lettuce harvest, in a soil with and without application of composted broiler litter. Nitrate concentration before applying compost, was not included in the statistical analysis.

Profundidad (cm)	0-20	20-40	40-60
Tratamiento	N-NO ₃ (mg kg ⁻¹)		
T0	3,78 b±0,75	3,02 a ±0,04	4,62 a ± 1,06
T15	6,45 ab ± 0,86	4,19 a ± 1,35	6,52 a ± 1,56
T30	7,59 a ± 0,82	5,58 a ± 1,70	9,01 a ± 1,68
Previo compost	23,84	4,25	2,24

± desvíos estándares

Letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas (p<0,05) en concentración de nitrato (p<0,05) entre tratamientos. T0:sin compost, T15:15 t ha⁻¹, T30:30 t ha⁻¹.

±standard deviations

Different letters, in each column, indicate significant differences (p<0,05) in nitrate concentration among treatments. T0:without compost, T15:15 t ha⁻¹, T30:30 t ha⁻¹.

hubo diferencias significativas (p>0,05) entre los tratamientos (**Tabla 5 y 6**). La recuperación neta de N por la lechuga fue 9 kg N ha⁻¹ para T15 y 13 kg N ha⁻¹ para T30, que representa el 19% y 14% de los 46 y 93 kg N ha⁻¹, respectivamente aportados bajo la forma de N-NO₃, y el 2.1% y 1.5% del NT. Si a la forma disponible de N se suma el N proveniente de la mineralización del N orgánico, la eficiencia del compost como fuente de N es muy baja. Estos datos indican que hubo pérdidas importantes de N, especialmente si se tiene en cuenta que el compost se aplicó dos meses antes de la plantación de lechuga. De todos modos, debería estudiarse la residualidad de las formas menos disponibles de N y P del compost para evaluar más adecuadamente estos niveles de recuperación de ambos nutrientes.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el compost de cama de pollo es una fuente importante de nutrientes para el crecimiento y la producción de la lechuga. Esto se manifiesta en los incrementos significativos en los parámetros de crecimiento como número de hojas por planta y altura de las plantas, y en el rendimiento con el agregado de compost. Aún con la dosis de compost más baja, 15 t ha⁻¹, los nutrientes aportados como N, P, Ca, Mg y K superaron ampliamente los requerimientos nutricionales de la lechuga, lo cual conduce a la acumulación o pérdidas de algunos de ellos, con un

riesgo potencial de contaminación. En el caso del P, el exceso no asimilado por el cultivo, se acumuló en el perfil alcanzando niveles de posible riesgo de contaminación ambiental, 151,91 mg kg⁻¹ en T30 en los primeros 20 cm. Para minimizar el riesgo ambiental asociado con la aplicación de compost, se deberían aplicar las mejores prácticas de manejo de la nutrición y fertilización. Para ello, se considera rever la dosis a aplicar, ajustándola considerando los requerimientos de nutrientes, la disponibilidad de los mismos en el suelo y el rendimiento del cultivo. Asimismo, se debería ajustar el momento de aplicación, sincronizando la etapa de mayor demanda nutricional del cultivo con la oferta de nutrientes del compost. En este ensayo, el compost se aplicó siguiendo el manejo de los horticultores, que aplican el abono dos meses antes de la plantación de lechuga, lo que implica pérdidas sobre todo de N, en el transcurso de ese tiempo. Estos requisitos son necesarios para hacer un manejo racional del uso del compost, que contribuya a la productividad de los sistemas, atendiendo al equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo se realizó en el marco del Proyecto de Investigación denominado Optimización de estrategias sustentables para el manejo de producciones hortícolas de la provincia de Bs.As(INTA-AUDEAS).

BIBLIOGRAFÍA

- Adeli, A; H Tewolde; DE Rowe & KR Sistani. 2011. Continuous and residual effects of broiler litter application to cotton on soil properties. *SoilSci.*, 176:668-675.
- Aldabe, L. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. *Epsilon*. Montevideo, Uruguay. 269p.
- Aliyu, L. 2000. The effect of organic and mineral fertilizer on growth yield and composition of pepper (*Capsicum annum* L.). *BiolAgric Hort.*, 18:29-36.
- Amlinger, F; S Peyr; J Geszti; P Dreher; W Karlheinz & S Nortcliff. 2007. Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. Literature Study, Federal Ministry for Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Austria. www.umwelt.net.at/filemanger/download/20558
- Balcaza, L. 1997. Hortalizas de hoja. En: La fertilización de cultivos y pasturas. Editorial Hemisferio Sur. pp. 207-210.
- Bolan, NS; AA Szogi; T Chuasavathi; B Seshadri; MJ Rothrock Jr. & P Panneerselvam. 2010. Uses and management of poultry litter. *World's poultr Sci. J.*, 66:673-698.
- Boroujerdnia, M & NA Ansari. 2007. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and cultivars on growth, yield and yield components of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1:47-53.
- Bray, RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *SoilSci.*, 59:39-45.
- Castellanos, JZ; JX Uvalle-Bueno & A Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. 2ª ed. INIFAP, Chapingo, México.
- CHFBA. 2005. Censo hortiflorícola de la provincia de Buenos Aires, Ministerio de Asuntos Agrarios.
- Ciampitti, IA & FO Garcia. 2012. Requerimientos nutricionales: Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios II. Hortalizas, frutales y forrajeras. *Archivo Agronómico* ≠ 12. pp 1-4. International Plant Nutrition Institute (IPNI)-Cono Sur.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:2024-2030.
- Franklin, D; D Bender-Ozenc; N Ozenc & ML Cabrera. 2015-Nitrogen mineralization and phosphorus release from composts and soil conditioners found in the Southeastern United States. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 79:1386-1395.
- Galván, G & J Rodríguez. 1999. Cultivos de hoja. Lechuga, generalidades y ecofisiología. Montevideo. Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía. p. 19.
- Hang, FX; WL Kingery; HM Selim & P Gerald. 2000. Accumulation of heavy metals in a long-term poultry waste-amended soil. *Soil Sci.*, 165:260-268
- INDEC. 2003. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. Censo Agropecuario.
- IINTA. 1979. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja, 3757-31, Balcarce. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Buenos Aires, Argentina.
- INTA Rafaela. Scaglia, R & R Taborda. Ensayo comparativo de variedades de lechuga mantecosas. Siembra en bandejas y posterior trasplante a campo y bajo macro túnel. http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p202.htm. Fecha última consulta 11 diciembre 2017.
- Jilani, G; A Akram; RM Ali; FY Hafeez; IH Shamsi; AN Chaudhry & AG Chaudhry. 2007. Enhancing crop growth, nutrients availability, economics and beneficial rhizospheric microflora through organic and biofertilizers. *Ann. Microbiol.*, 57:177-183.
- Ke, D & ME Saltveit. 1988. Plant hormone interaction and phenolic metabolism in the regulation of russet spotting in iceberg lettuce. *Plant Physiol.*, 88:1136-1140.
- Kingery, WL; CW Wood; DP Delaney; JC Williams & GL Mullins. 1994. Impact of long-term application of broiler litter on environmentally related soil properties. *J. Environ. Quality*, 23:139-147.
- Kortei, NK & C Quansah. 2016. Influence of compost prepared from household waste and poultry manure in compost-soil mixtures on the growth and yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Sci. Agri.*, 13:163-167.
- Lee, JJ; RD Park; YW Kim; TH Kim & KY Kim. 2004. Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. *Bioresour. Tech.*, 93:21-28.
- Libert, B & RV Franceschi. 1987. Oxalate in crop plants. *J. Agric. Food Chem.*, 35:926-938.
- Liverotti, O; M Nakama; M Peralta; O Martínez Quintana; M Strassera; J Fernández Lozano; A Szczesny & D Huarte. 2011. Análisis cuali-cuantitativo de tres tipos comerciales de lechuga ingresadas al MCBA (2010-2011), CMC-BA-INTA, Buenos Aires.
- Maas, EV. 1994. Testing crops for salinity tolerance. Salinity Laboratory U.S., USDA-ARS, Riverside, CA.
- Mahimairaja, S; NS Bolan & MJ Hedley. 1995. Denitrification losses of N from fresh and composted manure. *Soil Biology and Biochemistry*, 27:1223-1225.
- Manzo, E. 1997. Evaluación del manejo de la fertilización y del riego en cultivos de tomate. (Licopersicon esculentum)

- tumMill.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) producidos bajo cubierta plástica en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. Tesis para optar al título Ing. Agr. Universidad Nacional Mar del Plata. p.78.
- Maršić NK, OSVALD J.. 2002 Effects of different nitrogen levels on lettuce growth and nitrate accumulation in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. *Gartenbauwissenschaft*, 67:128-134.
- Martínez Carrillo, G; A Lara Herrera; LE Padilla Bernal; M Luna Flores; JJ Avelar Mejía & JJ Llamas Llamas. 2015. Evaluación técnica y financiera del cultivo de lechuga en invernadero, como alternativa para invierno. *Terra Latinoamericana*, vol.33 no.3 Chapingo julio/septiembre.
- Maroto, JV. 1992. *Horticultura herbácea especial*. Editorial S.A. Mundi-Prensa Libros. p. 560.
- Masarirambi, MT; MM Hlawi; OT Oseni & TE Sibiya. 2010. Effects of organic fertilizers on the growth, yield, quality and sensory evaluation of red lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agric. Biol. J.N. Am.*, 1:1319-1324.
- Mrabet, L; A Belghuyt; A Loukili & B Atarassi. 2012. Effect of household compost on the productivity of maize and lettuce. *Agricultural Science Research Journal*, 2:462-469.
- Murphy, J & JP Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27:31-36.
- Nicolle, C; A Carnat; D Fraisse; J Lamaison; E Rock; H Michel; P Amouroux & C Remesy. 2004. Characterisation and variation of antioxidant micronutrients in lettuce. *J. Sci. Food Agri.*, 84:2061-2069.
- Olson, BM; DR Bennett; RH McKenzie; TD Ormann & RP Atkins. 2009. Nitrate leaching in two irrigated soils with different rates of cattle manure. *Journal of Environmental Quality*, 38:2218-2228.
- Rengel, Z. 2003. *Handbook of soil acidity*. Marcel Dekker, Inc. NY. p 479.
- R versión 3.0.0. 2013. Copyright (C) 2013. The R foundation for foundation for statistical computing.
- Risse, LM; ML Cabrera; AJ Franzluebbbers; JW Gaskin; JE Gilley; R Killorn; DE Radcliffe; WE Tollner & H Zhang. 2006. Land application of manure for beneficial reuse. pp. 283-316. En: Rice, JM; DF Caldwell; FJ Humenik. *Animal agriculture and the environment: National center for manure and animal waste management white papers*. St Joseph, Michigan: ASABE. Pub. Number 913C0306.
- Sainz Rozas, H; H Echeverría & H Angelini. 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la región Pampeana y ExtraPampeana argentina. *RIA*, vol. 38, No 1, 33-39.
- Sharpley, AN; T Daniel; T Sims; J Lemunyon; R Stevens & R Parry. 2003. Agricultural phosphorus and eutrofication. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. p. 38.
- Sims, JT; RO Maguire; AB Laytem; KL Gartley & MC Paulter. 2002. Evaluation of Melich 3 as an agri-environmental soil phosphorus test for the Mid-Atlantic United States of America. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:2016-2032.
- Sosa, A; G Ruíz Ibarra; J Padilla Cuevas; JD Etchevers Barra; JZ Castellanos Ramos & RR Robles de la Torre. 2017. Curvas de acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Coolward cultivada en invernadero en México. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 25. Marzo 2017. p. 23-28.
- Stewart, BA. 1991. Effect of animal manure on soil physical and chemical properties. En: J Blake; J Donald & W Magette (eds). *National livestock, poultry and aquaculture waste management*. Proceedings of the National Workshop; July 29-31, 1991: Kansas City, MO. ASAE. St. Joseph, MI.
- Tarigo, A; C Repetto & D Acosta. 2004. Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a campo. Tesis para obtener el título de Ing. Agr. Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía. p169.
- Viteri, ML & M García. 2013. Tomate y lechuga en los cinturones hortícolas de Buenos Aires. pp. 50-71. En: ML Viteri; G Ghezán & D Iglesias. *Tomate y Lechuga: Producción y comercialización y consumo*. Proyecto Específico: Economía de las cadenas agroalimentarias y agroindustriales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). p. 1-159.
- Walkley, A & TA Black. 1934. An examination of the Degtjareff methods for determining of soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37:29-38.