

Utilización de compost de cama profunda porcina como abono orgánico en un sistema productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a campo.

Use of swine deep-litter compost as organic fertilizer in field-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.).

Utilização de compostagem de cama sobreposta em suínos como adubo orgânico em um sistema produtivo de alface (*Lactuca sativa* L.) no campo.

Ortiz Mackinson, Mauricio¹; Bonel, Beatriz¹; Rotondo, Rosana¹; Grasso, Rodolfo¹; Balaban, David Mario¹⁻²; Vita Larrieu, Eduardo¹⁻³

¹ Facultad de Ciencias Agrarias-UNR.

² IICAR-CONICET-UNR.

³ AER INTA Pago de los Arroyos

mauricio.ortizmackinson@unr.edu.ar

DOI: <https://doi.org/10.35305/agro39.e023>

Recibido: 13/12/2021 Aceptado: 06/06/2022

Resumen

La producción porcina bajo el sistema de cama profunda genera elevados volúmenes de desechos. La gestión de estos residuos a través del compostaje permite su reciclado tras un tratamiento ambientalmente adecuado. Una alternativa de uso posterior es la aplicación de compost de cama profunda porcina (CCP) a suelos dedicados a la producción hortícola, los que generalmente presentan estados degradados. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de diferentes dosis de CCP en parámetros productivos y de calidad en lechuga (*Lactuca sativa* L.) producida a campo. El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, utilizando CCP producido en la misma Institución. Se evaluó la aplicación de cuatro dosis: 0 (T0), 6 (T1), 9 (T2) y 12 kg.m⁻² (T3) en tres ciclos de cultivo: C1 (trasplante el 31/05/2017), C2 (trasplante el 23/10/2017) y C3 (trasplante el 19/03/2018). Las variables analizadas fueron: rendimiento expresado en peso fresco (RPF) y seco (RPS), número de hojas por planta (NH), área foliar (AF), índice de color (IC*) y materia seca (MS) aérea y radical. Los datos se analizaron mediante ANAVA. En general, la aplicación de CCP al suelo permitió aumentar el RPF, AF y RPS del cultivo de lechuga, disminuyendo el IC* y el porcentaje de MS en los dos primeros ciclos. La utilización del CCP en sistemas hortícolas es una alternativa viable, que permite aprovechar y optimizar los residuos generados por el este sistema de producción, disminuyendo riesgos ambientales.

Palabras claves: residuos porcinos; horticultura; productividad y calidad

Abstract

Swine production under the deep-litter system generates high volumes of waste. The management of this waste through composting allows recycling it after an environmentally appropriate treatment. An alternative for subsequent use is the application of swine deep-litter compost (SDC) to soils used for horticultural production, which are generally degraded. The objective of this work was to evaluate the effect of different doses of SDC on productive and quality parameters of field-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). The study was carried out at the College of Agricultural Sciences, UNR, using SDC produced in the Swine Production Module of the College experimental field. The SDC doses evaluated were: 0 (T0), 6 (T1), 9 (T2) and 12 kg.m⁻² (T3) in three cultivation cycles: C1 (transplant on 31st May 2017), C2 (transplant on 23rd Oct 2017), and C3 (transplant on 19th March 2018). The variables were: yield expressed as fresh weight (YFW) and dry weight (YDW), number of leaves per plant (NL), leaf area (LA), color index (CI*) and above- and belowground dry matter (DM). Data were analyzed by ANAVA. In general, the application of SDC to the soil increased YFW, NL, LA and YDW of the lettuce crop, decreasing the CI* and the DM percentage in the first two cycles. The use of SDC in horticultural systems is a viable alternative, which allows taking advantage of the waste generated by swine deep-litter production system, thus reducing environmental risks.

Keywords: swine waste; horticulture; productivity and quality

Resumo

A produção de suínos sob o sistema de cama sobreposta gera grandes volumes de resíduos. O gerenciamento desses resíduos por meio da compostagem permite a sua reciclagem após um tratamento ambiental adequado. Uma alternativa para uso posterior é a aplicação de compostagem de cama sobreposta em suínos (CCS) em solos destinados à produção hortícola, os quais geralmente apresentam estados degradados. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da incorporação de diferentes doses de CCS nos parâmetros produtivos e de qualidade em alface (*Lactuca sativa* L.) produzida no campo. O estudo foi realizado na Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, utilizando CCS produzida na própria Instituição. Foi avaliada a aplicação de quatro doses: 0 (T0), 6 (T1), 9 (T2) e 12 kg.m⁻² (T3) em três ciclos de cultivo: C1 (transplante em 31/05/2017), C2 (transplante em 23/10/2017) e C3 (transplante em 19/03/2018). As variáveis analisadas foram: rendimento expresso em peso fresco (RPF) e peso seco (RPS), número de folhas por planta (NF), área foliar (AF), índice de cor (IC*) e matéria seca (MS) aérea e radical. Os dados foram analisados mediante ANAVA. De maneira geral, a aplicação de CCS no solo permitiu aumentar o RPF, AF e RPS da cultura da alface, diminuindo o IC* e a porcentagem de MS nos dois primeiros ciclos. A utilização da CCS em sistemas de horticultura é uma alternativa viável, que permite aproveitar e otimizar os resíduos gerados pelo sistema de produção, reduzindo os riscos ambientais.

Palavras chave: resíduos de suínos; horticultura; produtividade e qualidade

Introducción

La producción porcina en Argentina se encuentra en un constante crecimiento, estando distribuida principalmente entre las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, predominando las pequeñas y medianas granjas ([Ministerio de Agroindustria, 2017](#)). En los últimos años las producciones de pequeña escala, han incorporado mayor tecnología incrementando el número de madres y alentando el paso de sistemas a campo a sistemas que presentan algunas categorías a campo y otras intensificadas ([Rearte, 2010](#)). Esto último, disminuye los costos de producción, pero da lugar a la generación de gran cantidad de desechos orgánicos concentrados que implican un importante riesgo ambiental ([Kunz et al., 2009](#), [Iocoli et al., 2015](#)). Una alternativa de producción es el sistema de cama profunda, el que genera menor impacto ambiental en comparación al sistema de producción confinado tradicional ([Skejich et al., 2015](#); [Zimerman et al., 2016](#)). En este sistema el manejo de las excretas es en forma sólida y no líquida, con la consecuente reducción de olores y amoníaco en comparación con los sistemas de piso de concreto. No obstante, se genera un residuo compuesto por el material utilizado para la cama y excretas de los animales. Este producto sufre una descomposición in situ, que posteriormente, requiere del proceso de compostaje fuera de las instalaciones para lograr su maduración. El compostaje es un proceso biooxidativo que proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola ([Mazzarino et al., 2012](#)). El compost proveniente del sistema de cama profunda porcina (CCP), puede ser una fuente potencial de nutrientes para utilizarse en la agricultura, una vez maduro ([Pegoraro et al., 2015](#)). La higiene e inocuidad del compost es un aspecto esencial que determina el uso posterior, en especial si se trata de hortalizas de tallo corto o de hoja, así como para la producción de frutas ([Ferrato et al., 2010](#)).

La producción hortícola ha generado un marcado deterioro de sus suelos. La sucesión ininterrumpida de cultivos, el riego con agua que posee limitantes químicas, las labores culturales no apropiadas y un manejo incorrecto de la fertilización provocan degradación del suelo ([Bongiovanni Ferreyra et al., 2015](#)). Las manifestaciones más evidentes del deterioro son pérdida de estructura, compactación, disminución del contenido de materia orgánica, salinización, disminución de la estabilidad de agregados y disminución de la fertilidad edáfica. La pérdida de calidad afecta notoriamente la productividad de los cultivos ([Bongiovanni Ferreyra et al., 2015](#)). El Cinturón Hortícola de Rosario, no es ajeno a esta problemática presentando una degradación generalizada del recurso suelo como consecuencia del uso intensivo y del manejo inadecuado ([Rotondo et al., 2009](#)). La incorporación de compost en las producciones intensivas, es una de

las medidas preventivas que permite mantener o mejorar la calidad del suelo y por lo tanto la sostenibilidad de la producción. La aplicación de abonos orgánicos en suelos degradados por su uso inadecuado, permite regenerar a mediano y largo plazo sus propiedades físicas, químicas y biológicas ([Balcaza, 2010](#); [Clozza et al., 2014](#)), como así también aumentar el rendimiento y la calidad del producto obtenido ([Courtney y Mullen, 2008](#); [Comese et al., 2009](#); [Romaniuk et al., 2010](#)). La respuesta a la incorporación de enmiendas orgánicas es variable y depende del cultivo, tipo de suelo, factores climáticos, prácticas de manejo y de las características del material utilizado ([Albiach et al., 2001](#)). Cabe aclarar que la liberación de nutrientes al suelo y las acciones positivas mencionadas anteriormente no son inmediatas ya que exigen el proceso de mineralización de la materia orgánica ([Ferratto et al., 2010](#); [Bongiovanni Ferreyra et al., 2015](#)). Entre las hortalizas de hoja, la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es la de mayor importancia en cuanto a la superficie cultivada ([De Grazia et al., 2001](#); [Ferratto et al., 2010](#); [Grasso et al., 2013](#)). Por el alto consumo, la lechuga exige hallar mecanismos más efectivos de producción ([López, 2013](#)), por lo que el agregado de enmiendas orgánicas en el suelo sería una alternativa para mejorar las condiciones edáficas y productivas en estos sistemas y aumentar la producción.

En el contexto actual de toma de consciencia acerca de la degradación de los recursos ambientales y crisis energética, emerge la necesidad de repensar las relaciones entre las actividades productivas y el medio ambiente. La valoración de los residuos provenientes de las producciones porcinas y su uso en sistemas hortícolas, podría tener un impacto positivo sobre la calidad y rendimiento del producto. Si bien existe información sobre la incorporación de distintos residuos de origen agropecuario en los suelos hortícolas, la utilización sustentable de compost de cama profunda porcina en cultivos de lechuga ha sido poco abordada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de diferentes dosis de compost de cama profunda porcina en parámetros productivos y de calidad en lechuga (*Lactuca sativa* L.) a través del rendimiento, número de hojas, área foliar, índice de color, materia seca aérea y radical en tres ciclos de cultivo.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en un sector del Campo Experimental Villarino de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, Zavalla, Santa Fe (33° 01' S; 60° 53' O). Este sector, está dedicado a la producción hortícola a campo desde hace más de 30 años, con manejo tradicional de laboreo, sobre un Argiudol vértico serie Roldán.

Los datos meteorológicos fueron obtenidos de los registros realizados por la Estación Climatológica Complementaria Agrometeorológica N° 9987012 categoría: Clp Ag, FCA de Zavalla-UNR/Cátedra de Climatología Agrícola, abarcando el período total del experimento, [Figura 1](#). En la [Figura 2](#) se presentan los valores de radiación global de acuerdo al promedio histórico de la Estación Agrometeorológica de Zavalla, Santa Fe.

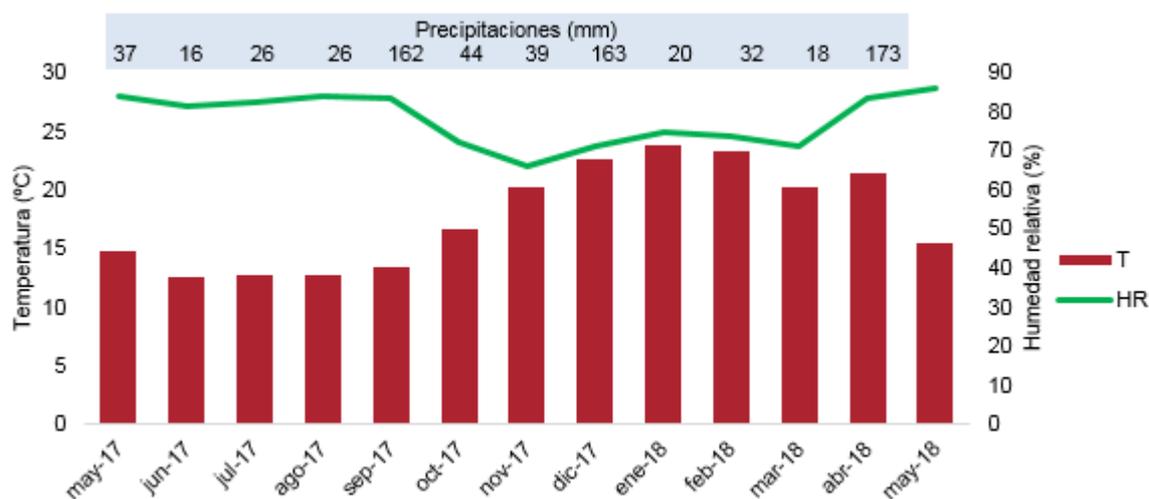


Figura 1. Valores promedio de temperatura media (°C) y humedad relativa media del aire (%), para cada mes, precipitaciones mensuales acumuladas (mm) ocurridos durante mayo de 2017 a mayo de 2018

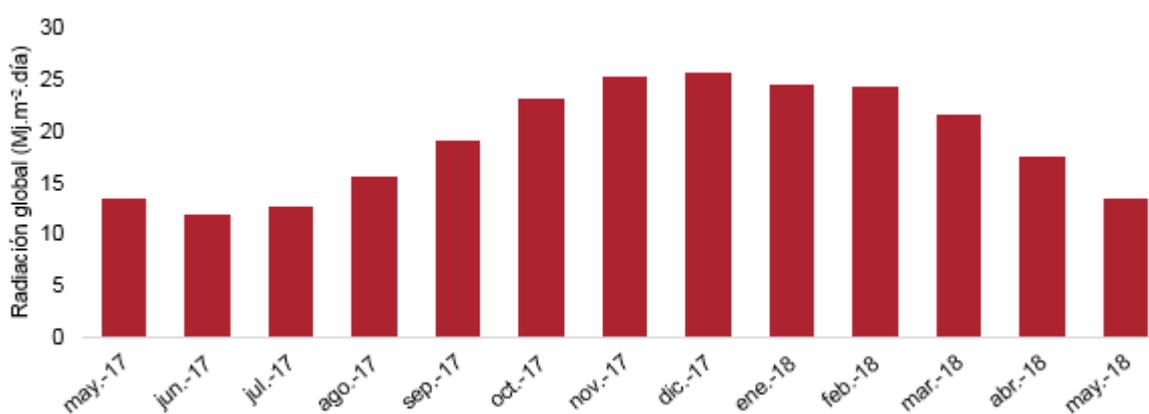


Figura 2. Promedio histórico de radiación global (Mj.m⁻².día) en la Estación Agrometeorológica de Zavalla, Santa Fe

El material compostado se obtuvo del sistema de producción de cama profunda de la FCA, UNR. El residuo generado está compuesto por el material utilizado para la cama, en este caso heno de cebada, y el estiércol animal parcialmente descompuesto. En cada galpón se suministra aproximadamente 12.000 kg de alimento y entre 10.000 a 15.000 kg de paja. El material se retira completamente al finalizar cada crianza y se arman pilas a campo de 1,5 metros de ancho por 1,5 metros de alto, generalmente de 30 metros de largo (Figura 3 A y B). Para la obtención del compost se utilizó una removedora, marca El Pato, la cual posee un rotor con paletas dispuestas en forma helicoidal que permite triturar, mezclar y airear el material. A su vez cuenta con un tanque de 750 litros para la humectación. Se controló la humedad mediante la “técnica del puño” (Román *et al.*, 2013) y la temperatura, con termómetro digital (resolución 0,1 °C, rango de -50 °C a +150 °C), durante el proceso de compostaje para garantizar su higienización. El material utilizado para el experimento fue compostado durante cinco meses a partir de noviembre de 2016. Las temperaturas durante los primeros 20 días estuvieron en el rango de 50 – 70 °C.



Figura 3. Material fresco apilado para ser compostado (A). Material en proceso de compostaje (B)

Previo a la incorporación al suelo, se extrajo una muestra representativa del compost y se la envió al Centro de Investigación Científica y Biológica y al Laboratorio de Calidad de Compost de la FCA, UNR para caracterizar el producto y garantizar su inocuidad (Tablas 1 y 2). Ningún resultado superó el valor guía establecido por la legislación aplicable o de referencia (SENASA, 2011), excepto la relación C/N.

Tabla 1. Parámetros químicos, físico-químicos y biológicos del compost de cama profunda porcina.

Parámetro	Unidad	Valor Límite Argentina ⁽¹⁾	CCP	Método Analítico ⁽²⁾
Materia Orgánica	%	--	10,2	SM 5910 B
Carbono Orgánico	%	--	7,9	SM 5310 C
Fósforo Total	mg/kg ⁻¹	--	468	EPA 365.2
Nitrógeno Total	%	--	0,225	SM 4500-org C/NH3 C-
Relación C/N	-	< 20:1	35	
Cenizas base Húmeda	%	--	54,7	SM 2540 E
Cenizas base Seca	%	--	84,3	SM 2540 E
Conductividad Eléctrica	µS/cm ⁻¹	< 4 µS/cm	0,83	SM 2510 B
pH	U pH	--	6,8	EPA 9045 D
Coliformes fecales	NMP/g (s)	< 1.000 NMP/g	<1	SM 9221 B
Escherichia coli	NMP/g (s)	< 1.000 NMP/g	<1	SM 9221 F
Salmonella	NMP/4g (s)	< 1 NMP/4 g	<1	SM 9260 B
Huevos de Helmintos	NMP/4g (s)	< 1 HVH/4g	<1	EPA 600/1-87-014

Referencias: ⁽¹⁾ Anexo 01, Resolución 264 – 2011 SENASA. ⁽²⁾ SM: Standard Methods; EPA: Environmental Protection Agency; ASTM: American Standard Testing Materials; L.D.: Límite de Detección; HVH: Huevos Viables de Helmintos. NMP: Número Más Probable. (s): Peso Seco.

Tabla 2. Elementos traza potencialmente riesgosos presentes en el compost de cama profunda porcina utilizado.

Elementos traza (mg.kg MS)	Valor Límite Argentina ⁽¹⁾	CCP	Método analítico ⁽²⁾
Cadmio	3	0,79	EPA 7130
Cobre	450	78	SM 3111 B
Cromo total	270	14	EPA 7190
Mercurio	5	0,6	EPA 7471 B
Níquel	120	8,4	EPA 7520
Plomo	150	6,3	EPA 7420
Zinc total	1.100	115	EPA 7950

Referencias: ⁽¹⁾ Anexo 01, Resolución 264 – 2011 SENASA. ⁽²⁾ SM: Standard Methods; EPA: Environmental Protection Agency; L.D.: Límite de Detección

El diseño experimental fue en Bloques Completos Aleatorizados con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental (UE) midió 1,4 m de ancho por 7,2 m de largo (10 m²) con un metro de bordura entre parcelas del mismo bloque. Los tratamientos evaluados fueron un testigo sin aplicación y tres dosis de compost: 0 kg.m⁻² (T0), 6 kg.m⁻² (T1), 9 kg.m⁻² (T2) y 12 kg.m⁻² (T3). El material utilizado contenía una humedad de 38,2% expresada en base húmeda. Las dosis de CCP fueron fijadas en base a las utilizadas para otras enmiendas orgánicas por productores de la zona del Cinturón Hortícola de Rosario y reportadas en la bibliografía en estudios similares ([Cardoso et al., 2011](#); [Malatay, 2012](#)).

Previo al establecimiento de los experimentos, el suelo fue acondicionado mediante dos labores de cincel, una labor de disco doble acción y una de vibrocultivador. El 18/05/2017 se confeccionaron platabandas en forma mecánica y se perfeccionaron manualmente. El CCP fue pesado con balanza digital y aplicado al voleo, en forma manual y en las dosis planteadas, incorporándose el material con motocultivador. Se evaluaron tres ciclos productivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.), variedad acephala o crispa, material comercial Solaris (Empresa Seminis), dos durante el año 2017 y un tercero durante 2018 ([Tabla 3](#)). La siembra fue en multimacetas de polipropileno y el trasplante fue en cuatro hileras sobre las platabandas a una densidad de 9,98 plantas.m⁻². La distancia entre plantas fue de 0,30 m y entre líneas de 0,2 m. Luego de implantados los cultivos se realizaron las labores de carpidas, escardilladas y riegos. El riego fue por goteo con un lateral cada dos hileras de plantas, con emisores a 0,20 m y con caudal de 0,8 l.h⁻¹.

El control sanitario se realizó de acuerdo al Protocolo de Uso y Manejo de Productos Agroquímicos en el Campo Experimental Villarino (Resolución C.D. N° 595). La cosecha se realizó cuando las plantas alcanzaron el momento óptimo de acuerdo a su desarrollo vegetativo, respetando la calidad comercial.

Tabla 3. Fechas de siembra, trasplante y cosecha de los tres ciclos de cultivo.

Ciclo	Siembra	Trasplante	Cosecha
Primero	29/04/2017	31/05/2017	15/08/2017
Segundo	24/09/2017	23/10/2017	12/12/2017
Tercero	23/02/2018	19/03/2018	17/05/2018

VARIABLES ANALIZADAS EN LOS TRES CICLOS DE CULTIVO

Rendimiento expresado en peso fresco (RPF) y Número de hojas por planta (NH): se cosecharon 10 plantas al azar de las líneas centrales de cada UE, en forma manual con cuchillo al ras del suelo descartando posteriormente hojas enfermas, sucias, amarillas que no respetaban los parámetros de calidad (Trevor y Cantwell, 2011). Se midió el peso fresco en forma individual con balanza digital y posteriormente se calculó el rendimiento fresco por unidad de superficie en kilogramo por metro cuadrado. A partir de contar el número de hojas a las 10 plantas utilizadas para la estimación de rendimiento, se obtuvo el NH.

Área foliar (AF): se utilizó el Programa Tomato Analyzer 3.0 (Rodríguez *et al.*, 2010), eligiendo al azar una hoja totalmente expandida del tercio superior de las 10 plantas utilizadas para medir RPF de cada UE. Posteriormente se colocaron en forma individual en bolsas de polietileno de 20 x 30 cm y conservaron en heladera durante aproximadamente dos horas hasta su análisis. Luego se escanearon individualmente (Figura 4 A) creando una imagen digital de cada una de ellas (Figura 4 B). Con cada imagen se realizó la medición de área foliar expresada en centímetros cuadrados.

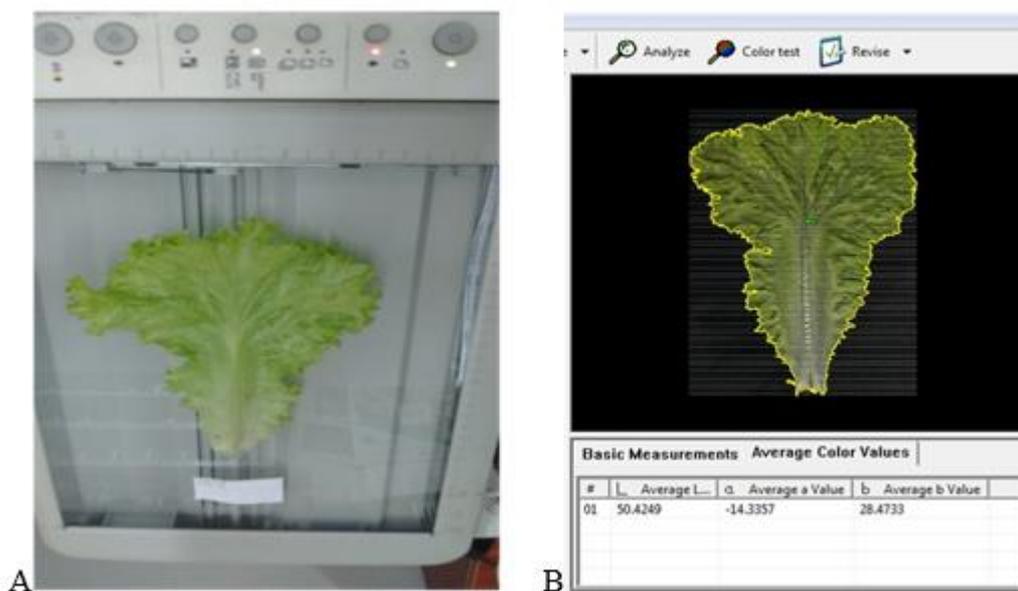


Figura 4. Hoja de lechuga en el escaner Epson Stylus CX1500 (A). Imagen digital de una hoja de lechuga analizada con Programa Tomato Analyzer 3.0 (B)

Índice de Color (IC*): se calculó mediante las imágenes digitales de las 160 hojas utilizadas para la determinación de la variable AF. Se obtuvieron los parámetros L* (porcentaje de reflectancia), a* (absorbancias a longitudes de onda de 540 nanómetros) y b* (absorbancias a longitudes de onda de 675 nanómetros) que son los parámetros del sistema color CIELab (Westland, 2001 cito en Ortiz Mackinson *et al.*, 2017 y Grasso *et al.*, 2018) con los cuales se calculó el IC* (Vignoni *et al.*, 2006; Goñi *et al.*, 2010) a través de la expresión:

$$IC^* = \frac{a \cdot 1000}{L \cdot b}$$

Si IC* es negativo (-20 a -2), su valor se relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento; si está entre -2 a +2, representa el amarillo verdoso.

Materia seca (MS) aérea y radical: se extrajeron cinco plantas con raíz escogidas al azar por cada UE, utilizando pala de punta. Se separó la parte aérea de la radical mediante corte con cuchillo. Las raíces fueron lavadas, secadas y pesadas para obtener el peso fresco utilizando balanza digital. Luego cada raíz fue colocada en bolsas de papel madera. La parte aérea fue cortada por la mitad en forma longitudinal, se pesó una de sus mitades y luego se la colocó en bolsas de papel. Todas las muestras se colocaron en estufa a 60 °C hasta peso constante. Para la determinación de la MS aérea y radical, se calculó la relación entre peso fresco y peso seco expresando los resultados en porcentaje. A su vez se determinó la relación entre MS radical y MS aérea.

Rendimiento expresado en peso seco (RPS): para obtener esta variable, se afectó el rendimiento fresco de cada tratamiento (T0, T1, T2 y T3) y bloque (1, 2, 3 y 4), por su correspondiente porcentaje de materia seca aérea. Con estos valores se obtuvo el RPS expresado en gramos por metro cuadrado.

Con los datos meteorológicos obtenidos por la Estación Climatológica mencionada anteriormente, calculó la suma térmica (grados días acumulados necesarios para que el cultivo complete su ciclo) en base a las temperaturas medias ocurridas en los ciclos productivos, tomándose como temperatura mínima basal para lechuga, 3 °C ([Dapoigny et al. 1997](#)).

Análisis estadísticos

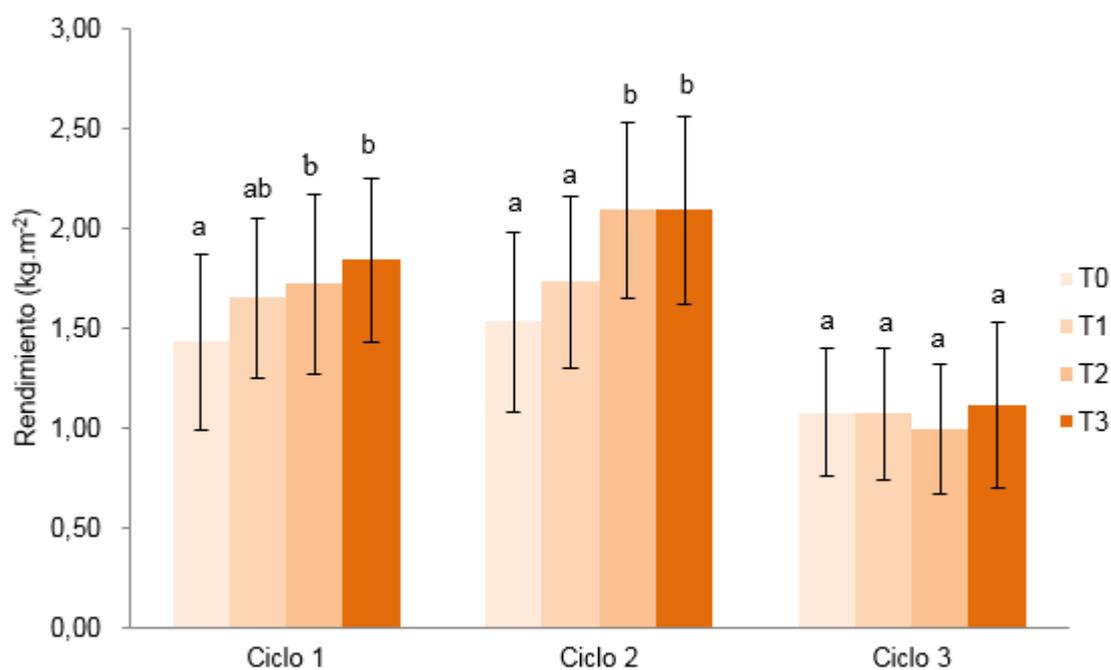
Se comprobó la normalidad (Shapiro-Wilks) y la homogeneidad (ANAVA de residuos absolutos) de los datos para variables productivas y de calidad de lechuga. Posteriormente se realizó un ANAVA y comparación de medias con test de Tukey o test de Kruskal Wallis según se cumplieran o no los supuestos de normalidad. Se realizó análisis de regresión entre rendimiento y dosis de CCP. Se utilizó Infostat Profesional ([Di Rienzo et al., 2016](#)).

Resultados y discusión

Rendimiento expresado en peso fresco

Se hallaron diferencias significativas en el RPF de lechuga ($p < 0,05$), para los ciclos uno y dos, obteniéndose mayor producción en los tratamientos de alta dosis de CCP (T2 y T3). El incremento de RPF en T3 respecto a T0 en el primer ciclo fue de 29% ($1,84 \text{ kg.m}^{-2}$ en comparación a $1,43 \text{ kg.m}^{-2}$) y en el segundo fue de 37% ($2,09 \text{ kg.m}^{-2}$ en comparación a $1,53 \text{ kg.m}^{-2}$). En el tercer ciclo no se hallaron diferencias estadísticas, observándose solo un 3% de aumento de rendimiento de T3 con respecto a T0 ($1,08 \text{ kg.m}^{-2}$ versus $1,11 \text{ kg.m}^{-2}$), [Figura 5](#). El rendimiento de un cultivo está estrechamente ligado a la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a cosecha, por lo que un incremento en biomasa, estimada tanto en peso fresco como en seco, produce un aumento proporcional del mismo ([Peil et al., 2005](#)). Como referencia de los valores de producción, y de acuerdo al censo 2012 ([Grasso et al., 2013](#)), los productores del Cinturón Hortícola de Rosario obtendrían rendimientos promedio de $0,80 \text{ kg.m}^{-2}$. El RPF del tratamiento sin incorporación de CCP (T0) fue superior a este valor, como promedio de los tres ciclos de cultivo ($1,35 \text{ kg.m}^{-2} \pm 0,24$), pero estuvo por debajo de los reportados por [Grasso et al. \(2018\)](#), quienes determinaron rendimientos a campo de $1,57 \text{ kg.m}^{-2}$ en un estudio realizado en el mismo sitio experimental, lo que indica que las condiciones para el crecimiento de lechuga en el sistema podrían ser limitantes. Los rendimientos de lechuga con la dosis máxima de CCP (T3) superaron, en el primer y segundo ciclo ($1,84 \text{ kg.m}^{-2}$ y $2,09 \text{ kg.m}^{-2}$), los hallados por los autores mencionados bajo sistemas de producción semiforzados con media sombra y manta flotante ($1,63 \text{ kg.m}^{-2}$ y $1,63 \text{ kg.m}^{-2}$ respectivamente), y se aproximaron a los hallados en sistemas forzados en

invernadero ($2,30 \text{ kg.m}^{-2}$). Esto evidencia, que la incorporación de CCP en altas dosis, podría generar condiciones a campo muy adecuadas para el crecimiento de lechuga, equiparando a los sistemas donde el ambiente de producción es controlado. El incremento de rendimiento en fresco también fue observado por Comese *et al.* (2009) en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), y por Rotondo *et al.* (2009) y Paterlini *et al.* (2019) en el cultivo de lechuga crespita, al incorporar al suelo compost orgánicos de distintos orígenes. Estos autores, relacionan el aumento del peso fresco de las hortalizas nombradas anteriormente, al incremento de los valores de micro y macronutrientes como así también al aporte de materia orgánica generados por la adición de compost al suelo. El efecto del agregado de compost sobre las propiedades de suelo y variables productivas puede modificarse a lo largo del tiempo. Marchesini *et al.* (1988) reportaron aumentos significativos de rendimiento en girasol (*Helianthus annuus* L.) al utilizar dosis crecientes ($10, 20$ y 30 t.ha^{-1}) de compost orgánico respecto a un testigo sin aplicación. Observaron que el efecto sobre el rendimiento fue disminuyendo con el tiempo, atribuyéndolo a la progresiva reducción de los componentes involucrados en la fertilidad del suelo. Debido a que las enmiendas orgánicas producen una liberación lenta de sus nutrientes es difícil identificar el momento en que éstos estarán disponibles para el cultivo (Saavedra *et al.*, 2017).



Medias con letras distintas en cada ciclo son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las barras indican el DE. T0: sin aplicación de compost, T1: 6 kg.m^{-2} , T2: 9 kg.m^{-2} y T3: 12 kg.m^{-2}

Figura 5. Rendimiento expresado en peso fresco para los tratamientos evaluados en los tres ciclos de cultivo de lechuga

El análisis de regresión realizado entre la variable rendimiento y dosis de CCP, indica que en los ciclos uno y dos se produjo un aumento de 33 y 50 g.m^{-2} por cada kilo de compost incorporado al suelo. El grado de ajuste lineal (R^2) fue de $0,28$ y $0,40$ respectivamente. Las pendientes de las regresiones lineales resultaron estadísticamente significativas ($p < 0,02$) para ambos ciclos. En el ciclo tres no hubo respuesta en el rendimiento ante la incorporación de diferentes dosis de compost por lo que no se analizó la relación entre variables. La respuesta lineal podría significar que con dosis mayores a las utilizadas en este trabajo se podría alcanzar el rendimiento máximo de producción de lechuga bajo el sistema de producción hortícola a campo. Una relación similar fue hallada por Vidigal *et al.* (2010) evaluando la productividad del cultivo de cebolla (*Allium*

cepa) frente a dosis crecientes de compost de desechos sólidos de cerdos, pudiendo establecer un techo de producción bajo las condiciones del experimento. Un aspecto que define la producción de biomasa en los cultivos es la condición ambiental, influenciada por factores como la temperatura, precipitaciones, humedad relativa y radiación solar entre otras, que dependen de la estacionalidad del año. Se puede observar que los RPF de lechuga en todos los tratamientos en el segundo ciclo fueron superiores a los alcanzados en los ciclos 1 y 3. Esto podría deberse a que en primavera ocurrieron condiciones de temperaturas y radiación favorables para la especie estudiada. El desarrollo del cultivo en períodos de alta energía solar produce una elevada intercepción de la misma, lo que se encuentra correlacionada con la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) permitiendo que se produzcan mayores rendimientos potenciales ([Gardner et al., 1985](#); [De Grazia et al., 2001](#)). En relación a las condiciones de temperatura, la suma térmica acumulada fue de 718, 854 y 974 °C en un período de 75, 49 y 58 días desde el trasplante a la cosecha (sin considerar ambos días en el cálculo) para los ciclos 1, 2 y 3 respectivamente. Comparando el primer ciclo (condiciones otoño-invernales) con el segundo, se puede observar que en este último se acumuló mayor cantidad de °C días en menor tiempo debido a la ocurrencia de temperaturas medias más elevadas. Esta mayor acumulación de temperatura efectiva en menor tiempo, también fue observada por [Salusso et al. \(2017\)](#), al recrear condiciones de mayor temperatura protegiendo a un cultivo de lechuga mantecosa con manta térmica. Los autores reportaron una acumulación 23% superior en comparación con el testigo sin protección. La aceleración del ciclo biológico se traduce en mayor precocidad a cosecha, lo que posiblemente genera mayor tasa de crecimiento del cultivo. En el tercer ciclo, desarrollado durante el otoño, se observó una reducción no tan marcada del período productivo, siendo de 17 días con respecto al primero, lo que puede atribuirse a que en las etapas iniciales de cultivo sucedieron condiciones favorables para el crecimiento de la lechuga, pero en las etapas finales donde se produce la mayor producción de biomasa, se produjeron condiciones de menor radiación y temperatura, propias de la estación otoñal que alargaron su ciclo. Los menores RPF en el tercer ciclo de producción, y la falta de diferencia entre tratamientos podrían deberse a la ocurrencia de condiciones ambientales desfavorables desarrolladas durante el período de máximo crecimiento de las lechugas. Específicamente, hubo un período de 12 días consecutivos con abundantes precipitaciones, acumulando 127 milímetros. En situaciones de anegamiento, la disminución de oxígeno en la rizósfera, dificulta el proceso respiratorio de las plantas, se favorecen los procesos de reducción de sales manifestándose síntomas de carencias de nutrientes esenciales y la formación de etileno y compuestos fenólicos que pueden actuar como depresores del crecimiento. Asimismo se inhibe la síntesis y translocación de hormonas (como citoquininas y giberelinas) pudiendo inducir a la senescencia de las hojas y la proliferación de enfermedades tanto bacterianas como criptogámicas ([Maroto, 2000](#)). Estos procesos pudieron ocurrir durante el tercer ciclo y ser influyentes en la disminución del rendimiento con respecto a los otros dos ciclos. Otra causa que podría explicar estos resultados, es la posible pérdida del efecto del compost a través del tiempo.

Número de hojas por planta

En el primer ciclo de cultivo no se hallaron diferencias estadísticas para la variable número de hojas por planta; sin embargo sí fueron observadas ($p < 0,05$) en el segundo y tercer ciclo. En el ciclo 2 el número de hojas por planta fue mayor en los tratamientos que recibieron las dosis más elevadas de CCP (T2 y T3) con respecto al testigo sin aplicación de compost (T0) y a la dosis menor (T1). En el tercer ciclo se observó una marcada diferencia entre el número de hojas del testigo sin aplicación de CCP (T0) y la dosis intermedia (T2), [Tabla 4](#).

Tabla 4. Número de hojas por planta observado durante los tres ciclos de cultivo para cada tratamiento

Tratamiento	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
T0	14,8 ± 2,10 a	22,2 ± 3,4 a	18,1 ± 3,5 a
T1	15,4 ± 1,75 a	22,8 ± 3,2 a	16,6 ± 3,2 ab
T2	15,6 ± 1,89 a	25,4 ± 2,5 b	15,9 ± 3,5 b
T3	15,6 ± 2,33 a	24,8 ± 2,4 b	17,6 ± 3,9 ab

Medias ± DE con letras distintas en cada ciclo son significativamente diferentes ($p < 0,05$). T0: sin aplicación de compost, T1: 6 kg.m⁻², T2: 9 kg.m⁻² y T3: 12 kg.m⁻²

El número de hojas por planta, es una variable frecuentemente utilizada para evaluar el desarrollo vegetativo de plantas de lechuga (Fernandez *et al.*, 2006). Paterlini *et al.* (2019) observaron un aumento del NH de 16 a 21 para tratamientos sin y con aplicación al suelo de compost de cama de pollo. Kortei y Quansah (2016) hallaron aumentos significativos en el número de hojas y área foliar del cultivo de lechuga en macetas con mezclas de 75% de suelo y 25% de compost orgánico, comparados con mezclas de suelo y fertilizantes inorgánicos, y el testigo sin aplicación. Los investigadores sugieren que el compost es una fuente de nutrientes para satisfacer la mayor demanda del cultivo y lograr mayor producción de hojas. El suministro subóptimo de nutrientes a las plantas, podría afectar negativamente a la tasa de crecimiento de las hojas por inhibición de la tasa de producción y expansión de hojas nuevas (Neumann, 1997 cito en Carranza *et al.*, 2009). El mayor número de hojas observado en el ciclo 2 (primaveral), con respecto a los ciclos 1 y 3 (otoño-invernal y otoñal respectivamente), puede atribuirse al aumento de las temperaturas y de los niveles de radiación solar que ocurrieron durante ese ciclo, lo que podría haber favorecido la tasa de aparición de hojas en el cultivo de lechuga.

Área foliar

En el primer ciclo de cultivo de lechuga, se hallaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) para la variable área foliar diferenciándose los tratamientos con aplicación de CCP (T1, T2 y T3) del tratamiento sin aplicación (T0). Se observó un aumento de 18% en el área foliar de las hojas provenientes de T3 con respecto a T0. En el segundo ciclo, se observaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$), diferenciándose los tratamientos T2 y T3 de T0, observándose un aumento de 16% en el AF de las hojas provenientes de T3 con respecto a T0. En el tercer ciclo no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5. Área foliar (cm²) observada durante los tres ciclos de cultivo para cada tratamiento.

Tratamiento	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
T0	139 ± 31 b	141 ± 24 b	150 ± 30 a
T1	157 ± 28 a	154 ± 28 ab	146 ± 24 a
T2	161 ± 30 a	165 ± 27 a	143 ± 39 a
T3	164 ± 32 a	163 ± 26 a	150 ± 38 a

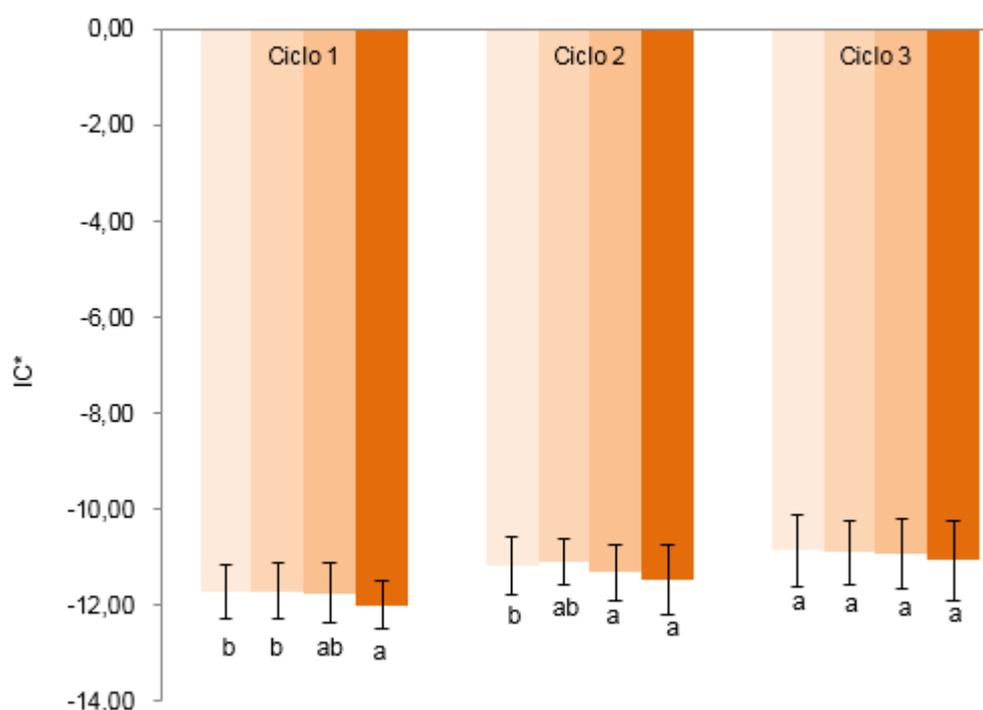
Medias ± DE con letras distintas en cada ciclo son significativamente diferentes ($p < 0,05$). T0: sin aplicación de compost, T1: 6 kg.m⁻², T2: 9 kg.m⁻² y T3: 12 kg.m⁻²

El área foliar es una variable que se tiene en cuenta en la mayoría de los estudios fisiológicos y agronómicos, debido a que se relaciona directamente, con la eficiencia fotosintética (Blanco *et al.*, 2005, cito en Goñi *et al.*, 2013). El aumento del área foliar podría ser explicado por las mejores condiciones nutricionales generadas por el CCP (De Grazia *et al.*, 2001). A la vez, la energía solar absorbida (radiación) y la eficiencia de utilización de esa energía son factores de

gran importancia que afectan a la biomasa total producida por el cultivo. A medida que el AF aumenta, la radiación interceptada por las hojas se incrementa, resultando en una mayor acumulación neta de dióxido de carbono durante el ciclo del cultivo y un aumento de la biomasa total a cosecha ([Gardner et al., 1985](#)). Por lo discutido anteriormente, es de esperar que un aumento en el número de hojas por planta y del área foliar de las mismas, produzca un incremento en el rendimiento del cultivo de lechuga.

Índice de color

Los valores de IC* obtenidos para los cuatro tratamientos se encontraron en el rango de -20 a -2, abarcando colores que van del verde profundo (menor valor) al verde amarillento (mayor valor). En el primer ciclo de cultivo se hallaron diferencias estadísticas, donde T3 presentó el menor valor de IC* diferenciándose claramente de T0 y T1, mientras que para T2 se hallaron valores intermedios. A la vez se observaron diferencias significativas en el segundo ciclo, siguiendo con una tendencia similar al primero, donde los valores de IC* difieren entre T3 y T0. No se observaron diferencias entre tratamientos en el tercer ciclo. En todos los casos, el tratamiento con incorporación de la mayor dosis de CCP (T3) presentó el menor valor absoluto de IC*, lo que corresponde un color verde más oscuro ([Figura 6](#)).



Medias con letras distintas en cada ciclo son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las barras indican el DE. T0: sin aplicación de compost, T1: 6 kg.m^{-2} , T2: 9 kg.m^{-2} y T3: 12 kg.m^{-2}

Figura 6. Índice de color (IC*) observado para los tratamientos evaluados en los tres ciclos

El IC* observado en las hojas de lechuga, fue afectado por la incorporación de CCP al suelo donde fueron cultivadas. Los sistemas de producción, basados en distintos manejos agronómicos, pueden afectar la composición y calidad de las hortalizas cosechadas ([Chiesa, 2010](#); [Ferratto et al., 2010](#); [Agüero, 2011](#); [Crisosto y Mitchell, 2011](#); [Grasso et al., 2018](#)). La calidad de los productos ofrecidos a los consumidores es de gran importancia. Entre los parámetros de calidad externa, el color es particularmente importante, debido a que es la primera característica que los consumidores registran para la aceptación de una hortaliza ([Allende et al., 2004](#)). En lechugas, el color verde, es el principal atributo de calidad al momento de ser elegidas por el consumidor

(León *et al.*, 2007; Rico *et al.*, 2007). Goñi *et al.* (2013), encontraron que lechugas producidas bajo invernadero eran de color más uniforme y con un tono verde más fuerte que las producidas a campo abierto, debido, posiblemente, a que la producción bajo forzado optimiza las condiciones productivas para las hortalizas. La mayor intensidad en la coloración, se debe principalmente al elevado contenido de pigmentos de clorofila presentes en las hojas, utilizados por la planta para captar la luz solar (Agüero, 2011); León *et al.* (2007) hallaron un buen ajuste en una regresión lineal (R^2 : 0,85) entre el contenido de clorofila foliar en lechuga mantecosa y los colores que van del verde al amarillo. Mejores condiciones productivas podrían favorecer dicho contenido. En este estudio, es posible que la incorporación de altas dosis de CCP, produzcan condiciones más adecuadas para el desarrollo de la lechuga favoreciendo la producción de clorofila.

Materia seca aérea y radical

En el primer y tercer ciclo no se hallaron diferencias estadísticas en el porcentaje de MS aérea y radical en las plantas de lechuga (Tablas 6 y 7). En el segundo ciclo se encontraron diferencias ($p < 0,05$) para ambas variables entre el tratamiento sin incorporación de CPP (T0) y los que recibieron mayores dosis (T2 y T3), hallando para T1 valores intermedios. Para MS radical las diferencias fueron marcadas entre T0 y T3, hallando para T1 y T2 valores intermedios. Esto podría deberse a mejores condiciones productivas.

Tabla 6. Materia seca aérea (%) observada durante los tres ciclos de cultivo para cada tratamiento.

Tratamiento	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
T0	8,82 ± 1,10 a	7,30 ± 0,55 a	4,77 ± 0,97 a
T1	8,14 ± 1,10 a	7,09 ± 0,92 ab	4,33 ± 0,95 a
T2	8,09 ± 1,09 a	6,83 ± 0,47 b	4,23 ± 0,79 a
T3	8,07 ± 1,30 a	6,78 ± 0,69 b	4,69 ± 0,99 a

Medias ± DE con letras distintas en cada ciclo son significativamente diferentes ($p < 0,05$). T0: sin aplicación de compost, T1: 6 kg.m⁻², T2: 9 kg.m⁻² y T3: 12 kg.m⁻²

Tabla 7. Materia seca radical (%)

Tratamiento	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
T0	12,04 ± 1,25 a	13,57 ± 2,32 a	6,66 ± 1,61 a
T1	12,11 ± 2,34 a	12,87 ± 1,85 ab	7,08 ± 3,21 a
T2	11,53 ± 1,96 a	12,73 ± 2,14 ab	6,97 ± 1,93 a
T3	11,59 ± 2,25 a	11,61 ± 2,23 b	6,81 ± 2,51 a

Medias con letras distintas en cada ciclo son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Las barras indican el DE. T0: sin aplicación de compost, T1: 6 kg.m⁻², T2: 9 kg.m⁻² y T3: 12 kg.m⁻²

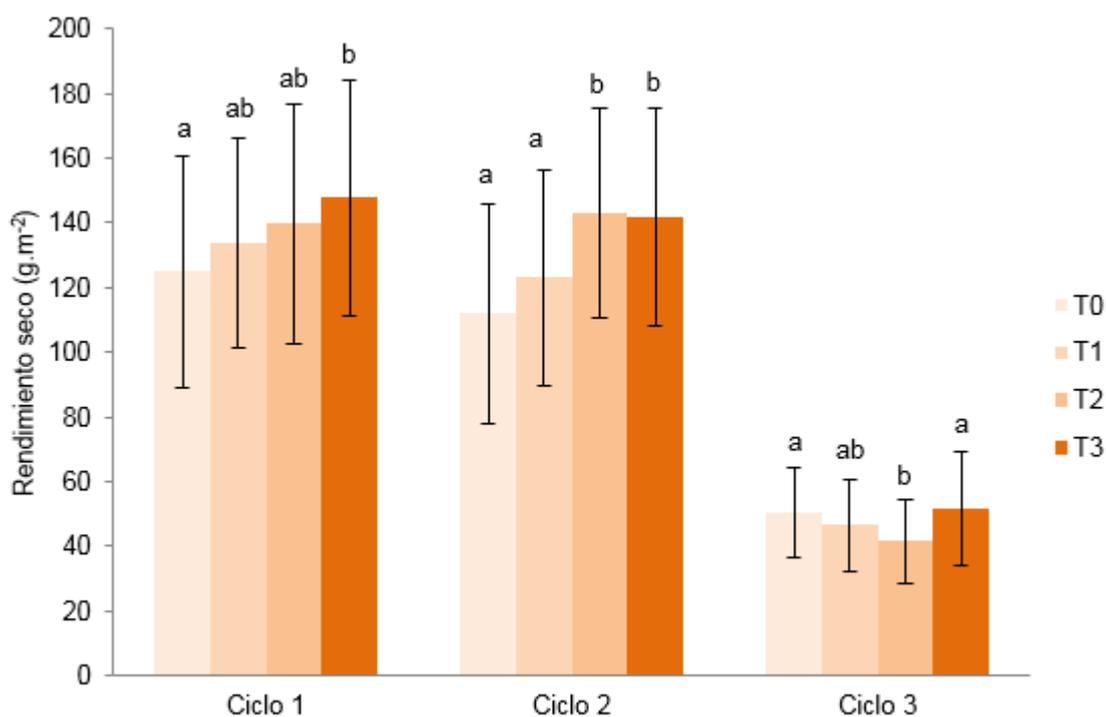


Figura 7. Rendimiento expresado en peso seco observado para los tratamientos evaluados en los tres ciclos de cultivo

El rendimiento es el resultado de la acumulación de materia seca en el tiempo, donde la producción final de biomasa depende de la eficiencia con que el cultivo haya interceptado y utilizado la radiación solar durante el ciclo productivo. El suministro de nutrientes por parte del CCP puede haber incrementado la TCC como así también la eficiencia fotosintética ([Gardner et al., 1985](#)). Esto permitiría alcanzar mayor acumulación de materia seca aérea a pesar de que el contenido hídrico de los tejidos del cultivo haya sido levemente superior. El RPS de un cultivo es indicador de la capacidad que tiene una hortaliza para transformar los fotoasimilados en estructuras vegetales ([Barrientos Llanos et al., 2015](#)). Si bien la lechuga se comercializa de acuerdo a su peso fresco, estos hallazgos en el rendimiento de MS relacionados con la incorporación de CCP, podrían ser de utilidad para otras hortalizas de hojas que tengan como destino final a la industria para deshidratado, como por ejemplo el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.), acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) y perejil (*Petroselinum crispum*).

Conclusiones

La aplicación de 9 y 12 kg.m⁻² de compost de cama profunda porcina, permite aumentar el rendimiento en fresco, el rendimiento en peso seco, el área foliar y generar un color verde más oscuro del cultivo durante dos ciclos consecutivos, es decir que la respuesta se observa en el corto plazo. El efecto del compost sobre el número de hojas por planta y el porcentaje de materia seca aérea y radical, se observó sólo en el segundo ciclo, denotando el efecto de la oferta ambiental en cuanto a radiación y temperaturas, en ese período. Finalmente, los hallazgos respecto a la mejora de variables productivas y de calidad, demuestran que es posible aprovechar y optimizar el uso de residuos porcinos en empresas productoras de lechuga, con posibilidad de acceder a mercados que den valor a la reutilización de desechos orgánicos.

Referencias

- AGÜERO, M. V. (2011). Modelado de la evolución de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la precosecha hasta el consumidor. Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata.
- ALBIACH, R.; CANET, R.; POMARES, F.; INGELMO, F. (2001). Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendment to a horticultural soil. *Biores Technol.* 76, p.125-129.
- ALLENDE, A.; AGUAYO, E.; ARTÉS, F. (2004). Microbial and sensory quality of comercial fresh processed red lettuce throughout the production Caín and shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, v. 91, p.109-117.
- BALCAZA L. (2010). Utilización de compost en la conservación de suelos cultivados bajo cubierta en el Cinturón Hortícola Platense. *Boletín Hortícola Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. La Plata, Pcia. Bs. As. ARInstituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Vol. 15, N° 45 p. 16-19.*
- BARRIENTOS LLANOS, H.; DEL CASTILLO GUTIÉRREZ, C. R.; GARCÍA CÁRDENAS, M. (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2 (1), p. 76-86.
- BLANCO F.F. y FOLEGATTI M.V. (2005). Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Scientia Agricola* 62: p. 305-309.
- BONGIOVANNI FERREYRA, M.G.; ORDEN L.; PEREZ PIZARRO J. (2015). Informe Enmiendas orgánicas en la producción hortícola bajo cubierta. www.inta.gov.ar/documentos/enmiendas-organicos-en-la-produccion-horticola-bajo-cubierta.
- CARDOSO, A.I.I.; FERREIRA, K.P.; VIEIRA JÚNIOR, R.M.; ALCARDE, C. (2011). Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade das sementes de alface. *Horticultura Brasileira*, 29: p. 594-599. <http://www.scielo.br/pdf/hb/v29n4/a25v29n4.pdf>
- CARRANZA, C.; LANCHERO, O.; MIRANDA, D.; CHAVES, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Batavia cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agron. colomb.* [online], vol.27, n.1, p.41-48. ISSN 0120-9965.
- CHIESA, A. (2010). Factores precosecha y poscosecha que inciden en la calidad de lechuga. *Horticultura Argentina*, 29 (68), p. 28-32.
- CLOZZA, M.N.; DE LOS RÍOS, A.M.; AMATO, A.V.; LEIVA, D.R.; GARRIDO, G.R.; FERRÓN, T. (2014). Caracterización del compostaje de residuos vegetales y su efecto sobre la acumulación de nitratos y metales pesados en especies hortícolas. San Justo: Universidad Nacional de La Matanza. <http://repositorio.cyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/301>
- COMESE, R.; GONZÁLEZ M.G.; CONTI, M.E. (2009). Cambios en las propiedades de suelo de huerta y rendimiento de *Beta vulgaris* var. Cicla (L.) por el uso de enmiendas orgánicas. *Rev. Ciencia del Suelo* 27 (2): p. 271-275. Versión impresa ISSN 1850-2067.
- COURTNEY, R.G. y MULLEN, G.J. (2008). Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Biores. Technol.* 99: 2913-2918.
- CRISOSTO, C. H. y MITCHELL, J. P. (2011). Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Tercera edición. Universidad de California, USA*, p. 57-64.
- DAPOIGNY, L.; FLEURY, A.; ROBIN, P. (1997). Relation entre la vitesse relative de croissance et la teneur en azote chez la laitue (*Lactuca sativa* L) Effets du rayonnement et de la température. *Agronomie*, 17(1), 35-41.
- DE GRAZIA, J.; TITTONELL, P.; 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.). *Cátedra de Horticultura y Floricultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Argentina Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 16 (3).*
- DI RIENZO, J.A.; BALZARINI, M.; GONZALEZ, L.; CASANOVES, F.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. (2016). *Infostat Professional*.
- FERNÁNDEZ, K. y MURILLO, E. (2006). Evaluación de la calidad nutricional y desarrollo vegetativo de zanahoria (*Daucus carota* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con técnicas de agricultura limpia en la

región de chapeton-municipio de ibagué. Revista de Investigaciones U.G.C. // Año 2 Edición No. 2, p. 144.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5523104>

FERRATTO, J.; MONDINO, M.; GRASSO, R.; ORTIZ MACKINSON, M; LONGO, A.; CARRANCIO, L.; FIRPO, I.; ROTONDO, R.; ZEMBO, J.; CASTRO, G.; GARCÍA, M; RODRÍGUEZ FAZZONE, M.; IRIBARREN, J. (2010). Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. Setiembre 2010. ISBN 978-92-5-306573-8. 535 pp.

GARDNER, F. P.; BRENT PEARCE, R.; MITCHEL, R. L. (1985). Fijación de Carbono por los cultivos. Recuperado de
http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/ecofisiologia/FIJACION_DE_CARBONO_POR_LOS_CULTIVOS.pdf

GIACOMINI, S. J. y AITA, C. (2008). Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. Revista Brasileira de Ciencia do solo, 32(1), 195-205.

GOÑI, M.; MOREIRA, M.; AGÜERO M.; PONCE, A.; ROURA, S. (2010). Ring Characterization Of Quality Indices In Butter head Lettuce Cultivated Under Mulch And bare Soil Journal Of Food Quality. DOI: [10.1111/J.1745-4557.2010.00327.X](https://doi.org/10.1111/J.1745-4557.2010.00327.X)

GOÑI, M.; MOREIRA, M.; AGÜERO M.; ROURA, S. (2013). Impact of Production System on Quality Indices Distribution in Butterhead Lettuce: A Comparative Study among Open Field and Greenhouse. J Nutr Food Sci 3: 241. DOI: [10.4172/2155-9600.1000241](https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000241)

GRASSO, R.; MONDINO, M.C.; ORTIZ MACKINSON, M.; VITA LARRIEU, E.; LONGO, A.; FERRATTO, J. (2013). Censo 2012 del Cinturón Hortícola de Rosario. Ajuste del diagnóstico agronómico de necesidades y estrategias de intervención del Proyecto Hortícola de Rosario, 2013/2018. Publicación Miscelánea N° 50.- Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros-Centro Regional Santa Fe. ISSN 0326-256. pp. 31.

GRASSO, R.; ORTIZ MACKINSON, M.; ROTONDO, R.; CALANI, P.; MONDINO, M.; BALABAN, D.; VITA LERRIEU, E.; MONTIAN, G. (2018). Efecto de los sistemas de producción sobre el rendimiento y calidad de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en cultivo otoñal. Ciencia y Tecnología, Divulgación de la Producción Científica y Tecnológica de la UNR. XII Jornada 2017. UNR Editora 2018. p: 387-393. ISBN: 978-987-702-304-6.

IOCOLI, G. y GÓMEZ, M. (2015). Utilización de digerido anaeróbico de purín de cerdo: actividad biológica del suelo y desarrollo vegetal. Utilization of anaerobic digestate of pig slurry: soil biological activity of soil and plant production. Ciencia del Suelo. 33, p. 1-9. ISSN 1850-2067. www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672015000100001&script=sci.

KORTEI, N.K. y QUANSAH, C. (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: p. 163-167. <http://pscipub.com/Journals/Data/JList/Scientia%20Agriciculturae/2016/Volume%2013/Issue%203/8.pdf>

KUNZ, A; MIELE, M.; STEINMETZ, R. (2009). Advanced swine manure treatment and utilization Brazil. Bioresour Technol 100: p. 5485-5489.

LEÓN A.; FREZZA, D.; CHIESA, A. (2007). Evolución del color en lechuga (*Lactuca sativa* L.) mantecosa mínimamente procesada: efecto del troceado y la inmersión del cloruro de calcio. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones. <https://es.scribd.com/document/245766202/69212-pdf>

LEÓN, A. P., VIÑA, S. Z., FREZZA, D., CHAVES, A., CHIESA, A. (2007). Estimation of Chlorophyll Contents by Correlations between SPAD-502 Meter and Chroma Meter in Butterhead Lettuce. Communications in soil science and plant analysis, 38 (19-20),2877-2885

LÓPEZ, E. (2013). Efecto de la aplicación de diferentes tipos de fertilizantes orgánicos en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa*, L.). FCA-UNA. <https://es.slideshare.net/evelioramirez7186/diferentes-fuentes-de-fertilizantes-organicos-en-el-cultivo-de-lechuga-evaluadas-a-los-40-dias>

MALATAY, J.A.L. (2012). Estudio de tres niveles de compost en el cultivo de la lechuga variedad repollo (*Lactuca sativa* L.), en suelos andisoles. Tesis de grado. dspace.unl.edu.ec/bitstream/123456789/5499/.../Malatay%20Lucero%20José.pdf

MAROTO BORREGO, J.V.; GÓMEZ, A.; BAIXAULI SORIA, C. (2000). La Lechuga y La Escarola. Ediciones Mundi-Prensa. 242 pp.

MARCHESINI, A.; ALLIEVI, L.; COMOTTI, E.; FERRARI, A. (1988). Long-term effects of quality-compost treatment on soil. Plant and Soil, 106 (2), p. 253-261.



- MAZZARINO, MJ; SATTI, P; ROSELLI, L. (2012). Indicadores de estabilidad, madurez y calidad de compost. El Compostaje en la Argentina. Experiencias en producción, calidad y uso. Editorial UNRN-Orientación Gráfica Editora. p. 13-28.
- MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA DE LA NACIÓN. (2017). Caracterización nacional sector porcino. Área de Porcinos-Dirección Nacional de Producción Ganadera-Subsecretaría de Ganadería. https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/porcinos/estadistica/archivos/000008_Caracterizaci%C3%B3n%20Nacional%20Porcina.pdf
- NEUMANN, P. (1997). Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell Environ.* 20, 1193-1198. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-3040.1997.d01-139.x>
- ORTIZ MACKINSON, M.; GRASSO, R.; ROTONDO, R.; CALANI, P.; MONDINO, M.; BALABAN, D.; VITA LARRIEU, E.; MONTIAN, G.; BARBONA, I. (2017). Efecto de distintos sistemas de producción y formas de sujeción sobre las pérdidas poscosecha de rúcula. *Horticultura Argentina* 36 (91): Sep. - Dic. 110-121, 2017. ISSN de la edición on line 1851-9342.
- PATERLINI, H.; GONÁLEZ, M.V.; PICONE, L. I. (2019). Producción de lechuga en un suelo con aplicación de compost de cama de pollo. *Ciencia del Suelo*, 37 (1).
- PEGORARO, V.; BONETTO, M.; MOYANO, S.; AIMETTA, B.; BAIGORRIA, T.; BOCCOLINI, M.; CAZORLA, C.; RIZZO, P. (2015). Evaluación de la estabilidad durante el compostaje de cama profunda porcina. Información de actualización técnica. EEA Marcos Juárez, (35).
- PEGORARO, V. R.; BOCCOLINI, M. F.; BAIGORRIA, T.; RIZZO, P. F.; LORENZON, C. A.; CAZORLA, C. R. (2019). Aplicación de compost de cama profunda porcina: calidad de suelo y producción de soja (*Glycine max* L.). Ediciones INTA.
- PEIL, R. M. y GÁLVEZ, J. L. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. bras. Agrociência*, vol.11, n. 1, p. 05-11.
- REARTE, D.H. (2010). Producción Mundial de Carne Bovina, Porcina y Aviar. AEGA (Área Estratégica de Gestión Ambiental) y EEA BALCARCE. Cito en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-documento_base_del_programa_nacional_carnes.pdf
- RICO, D.; MARTIN DIANA, A. B.; BARAT, J. M.; BARRY RYAN, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18 (7), p. 373-386.
- RODRÍGUEZ, G.R.; MOYSEENKO, J.B.; ROBBINS, M.D.; MOREJÓN, N.H.; FRANCIS, D.M.; VAN DER KNAAP, E. (2010). Tomato Analyzer: a useful software application to collect accurate and detailed morphological and colorimetric data from two-dimensional objects. *Journal of Visualized Experiments* (37). DOI 10.3791/1856.
- ROMANIUK, R.; GIUFFRÉ, L.; ROMERO, R. (2010). Efecto del agregado de vermicompost sobre propiedades física, químicas y biológicas de un Hapludol típico de la Pampa Deprimida. *Rev. de la Facultad de Agronomía U.B.A* 30 (1-2): p. 85-93.
- ROTONDO, R.; FIRPO, I.T.; FERRERAS, L.; TORESANI, S.; FERNÁNDEZ, S.; GÓMEZ, E. (2009). Efecto de aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y productividad en cultivos hortícolas. *Horticultura Argentina* 28(66): may.-ago. 2009. p. 18-25.
- SALUSSO, F. A.; PLEVICH, J. O.; DELGADO, A. R. S.; RAMOS, D. F.; GROSSO, L. E. (2017). Efectos del uso de manta térmica sobre variables ambientales y rendimiento de un cultivo de lechuga. *Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng*, 25(1), 74-82. <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i1.692>.
- SÁNCHEZ, T.M.; SILIQUINI, O.A.; GILÍ, A.; BAUDINO, E.M.; MORAZZO, G.C. (2012). Contenido de nitratos y proteína en lechuga cressa y amaranto hortícola producidos con enmienda y urea. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18 (2), p. 217-226. <https://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.02.027>
- SAAVEDRA, G.; CORRADINI, F.; ANTÚNEZ, A. (2017). Manual de producción de lechuga. Boletín INIA N°374. Biblioteca digital CEDOC-CIREN. Instituto de investigación Agropecuaria, Chile.
- SENASA (2011). Resolución 264, Anexo 01-2011. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Disponible en: <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-264-2011-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>
- SKEJICH, P.; SPINOLLO, L.; SOMENZINI, D.; CARATAN, P.; DERMA, S.; ABDUL AHAD, J.; MIJOEVICH, F.; DICHIO, L.; CAMPAGNA, D.; SILVA, P. (2015). Análisis preliminar de los parámetros productivos en



cerdos alojados en sistemas al aire libre y en “cama profunda”. IX Jornada de Ciencia y Tecnología. Rosario, 11 de noviembre de 2015. Organizado por Secretaría de Ciencia y Tecnología. Foro Permanente de Discusión de Ciencia y Tecnología.

TREVOR, V.S. y CANTWELL, M. (2011). Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Disponible en <http://www.postharvest.technology.ucdavis/>

TURAZI, C.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A. D.; BORGIO, L. A. (2006). Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. Horticultura Brasileira, 24(1), 65-70.

VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; DOS SANTOS, M. R. (2010). Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. Horticultura Brasileira, 28 (2), p. 168-173.

VIGNONI, L.; CÉSARI, R.; FORTE, M.; MIRÁBILE, M. (2006). Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. URL http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000600011&lng=es&nrm=iso

WESTLAND, S.; GRAHAM, C.; ADDISON, S.; SHARROTT, P.; RIGG, B. (2001). Effect of sleeve color and background color on change in color assessments. Coloration Technology 117 (3), p. 123-126.

ZIMERMAN, M.; BOTTEGAL, D.; GARRAPPA, G.; MARTINEZ, G. (2016). Producción de cerdos en sistema de cama profunda. Memorias XIII Congreso Nacional de Producción Porcina. XIX Jornadas de Actualización Porcina Porcina. VIII Congreso de Producción Porcina del Mercosur 2016, p. 13-184. Universidad Nacional de Río Cuarto. ISBN 978-987-688-177-7 Primera Edición: Agosto de 2016. <https://www.unrc.edu.ar/unrc/editorial>

ORTIZ MACKINSON, M., BONEL, B., ROTONDO, R., GRASSO, R., BALABAN, D. M., y VITA LARRIEU, E. Utilización de compost de cama profunda porcina como abono orgánico en un sistema productivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a campo. Revista Ciencias Agronómicas, (40), e023. <https://doi.org/10.35305/agro40.e023>

Copyright (c) 2022 Ortiz Mackinson, M., Bonel, B., Rotondo, R., Grasso, R., Balaban, D. M., y Vita Larrieu, E.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).