



## FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Tesina presentada para obtener el grado académico de  
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE

“EFECTO DE DOS ABONOS ORGÁNICOS SOBRE PROPIEDADES  
FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y RENDIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca  
sativa L. var. crispa var. Brisa*), EN UN HAPLUSTOL ÉNTICO, SANTA ROSA, LA  
PAMPA”.

Marianela Judit COLLAZO

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2012

## **PREFACIO**

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Huerta de la Facultad de Agronomía y en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional de La Pampa. Las actividades se realizaron durante el período comprendido entre Diciembre de 2011 y Noviembre de 2012, bajo la dirección de la Dra. Andrea Bartel y bajo la codirección de la MSc. Valeria Belmonte.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de La Pampa y particularmente a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por darme la posibilidad de formarme como profesional y sobre todo como persona.

A la Facultad de Agronomía por facilitarme las instalaciones para el desarrollo del ensayo.

A mi Directora, Dra. Andrea Bartel por transmitirme sus conocimientos y por dejar de ser por momentos mi profesora, para ser una compañera trabajando a mi lado. Gracias por tu buena predisposición y apoyo, y por hacer de los días de trabajo momentos tan agradables. Me enseñaste muchísimo. Muchas Gracias!!

A mi Co-Directora, MSC. Valeria Belmonte por su gran colaboración y su ayuda para que este trabajo saliera de manera correcta.

Al Jurado, Ingenieros Teresa Sánchez y Oscar Siliquini por sus aportes y sugerencias que ayudaron a mejorar el trabajo.

A los Ing. Agr. Pablo Olivieri y Oscar Siliquini, por su colaboración en el manejo del cultivo.

A Abel Parodi, por su buena onda y ayuda en las tareas de laboratorio.

A mis amigos y compañeros que me llevo de esta vida universitaria. Muchas gracias por los momentos compartidos y por enseñarme tanto. Los quiero mucho!

A mi Familia. Gracias por su apoyo y amor. Son mi sostén, mi luz, mi ejemplo. Este logro es mío, pero en gran parte de ustedes. Espero poder devolverles de esta forma todo el esfuerzo y sacrificio que realizaron para que este sueño, mío y de ustedes, se

cumpla. Los amo con todo mi corazón. Y a Guille por su ayuda, por ser un gran compañero y por saber contenerme en este momento tan especial.

A Dios y a María.

22 Noviembre 2012

Collazo, Marianela Judit

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

## **RESUMEN**

Actualmente existe una tendencia marcada hacia la búsqueda de alternativas de producción más sostenibles en el tiempo, entre ellas el uso de abonos orgánicos que permite mejorar y mantener la fertilidad física, química y biológica, y la productividad del suelo.

A fin de comprobar el efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos sobre propiedades físicas y químicas y sobre el rendimiento de lechuga del tipo crespita (*Lactuca sativa L. var. crispata var. Brisa*), se realizó un ensayo bajo cubierta en macrotúnel con riego por goteo durante un ciclo de cultivo invernal en la Huerta de la Facultad de Agronomía de la UNLPam. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 tratamientos: T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ , cada uno con cinco repeticiones. Se evaluaron las siguientes variables luego de un ciclo invernal de lechuga: humedad a capacidad de campo y en punto de marchitez permanente, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno de nitratos, fósforo disponible y rendimiento de lechuga.

Los resultados indican que el agregado de abonos orgánicos en dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  no produjo a corto plazo diferencias significativas en las propiedades físicas y químicas del suelo analizadas, excepto en el contenido de nitrógeno disponible, ni en el rendimiento de lechuga. Tampoco hubo diferencias entre tratamientos abonados. Esto se asociaría al corto período de evaluación y a las buenas condiciones físico-químicas del suelo de las que partió el ensayo.

*Palabras clave: abonos orgánicos, lechuga, propiedades edáficas, Santa Rosa La Pampa.*

## **ABSTRACT**

*Nowadays there is a strong trend towards the search of more sustainable ways of production. Among them, there is the use of organic fertilizers, which allow the maintenance and improvement of the physical, chemical and biological fertility of soils along with their productivity.*

*In order to test the effect of the application of two different organic fertilizers on the physical and chemical properties of the soil and on the yield on crisp lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa* var. *Brisa*) crop, an assay was performed in a macrotunnel provided with irrigation by drip during one winter crop cycle in the orchard from the Facultad de Agronomía de la UNLPam, Santa Rosa, La Pampa. A completely randomized design was used with 3 treatments: T1: control without fertilizer; T2: fertilized with cow manure, on a 3 kg m<sup>-2</sup> dose; and T3: fertilized with compost, on a 3 kg m<sup>-2</sup> dose; everyone of them with 5 repetitions. The following variables were analysed after harvesting the lettuce: field capacity, wilting point, water available, bulk density, pH, electric conductivity, organic matter content, nitrates nitrogen, available phosphorus and yield of lettuce.*

*The results indicate that in Haplustoles énticos, the incorporation of organic fertilizers did not produce any significant differences on the physical and chemical properties of the soil, except on the nitrogen content, nor on the lettuce yield, when applied on a 3 kg m<sup>-2</sup> dose. There was no difference between the fertilized soils either. This might be associated with the short period of evaluation and the good physical and chemical properties of the soil prior to the assay.*

*Key words: organic fertilizers, lettuce, soil properties, Santa Rosa, La Pampa*

# **INDICE**

## **Contenidos**

AGRADECIMIENTOS .....	I
INTRODUCCION .....	1
Objetivo e Hipótesis .....	6
Alcance del presente estudio: .....	6
MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
Ubicación del área de estudio.....	7
Descripción del área de estudio:.....	8
Características climáticas: .....	8
Características geomorfológicas:.....	8
Características de los suelos: .....	9
Características del ensayo y Diseño del muestreo: .....	10
Preparación y características de los abonos:.....	11
Características del agua de riego: .....	13
Preparación del terreno y transplante de lechuga: .....	13
Cosecha y Determinación de rendimiento de lechuga: .....	14
Muestreo de suelo y Determinaciones de laboratorio: .....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
Análisis físicos .....	16
Densidad aparente: .....	16
Constantes hídricas de capacidad de campo y punto de marchitez permanente: ..	17
Análisis químicos.....	20
Materia orgánica: .....	20
Fósforo disponible y Nitrógeno de nitratos: .....	22
pH actual e hidrolítico: .....	26
Conductividad eléctrica: .....	29
Rendimiento de lechuga .....	30
CONCLUSIONES .....	33
LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA.....	35
BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	36
OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	40

ANEXOS .....	41
Anexo N° 1: Análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos .....	41
Anexo N° 2: Análisis estadístico .....	51

## Tablas

Tabla 1: Características físico-químicas del suelo de 0 a 20 cm antes del inicio el ensayo. ....	9
Tabla 2: Composición química de las enmiendas utilizadas.....	13
Tabla 3: Valores medios de densidad aparente (DA) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar. ....	16
Tabla 4: Valores medios de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar. ....	18
Tabla 5: Valores medios de materia orgánica (M.O) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar. ....	21
Tabla 6: Requerimientos nutricionales del cultivo de lechuga por tonelada cosechada. ....	23
Tabla 7: Valores medios de fósforo disponible (P) y de nitrógeno de nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar. ....	24
Tabla 8: Valores medios de conductividad eléctrica (CE) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.....	30

## Gráficos

Gráfico 1: Valores medios de Agua útil (%) para cada tratamiento. ....	19
Gráfico 2: Valores medios de pH actual y pH hidrolítico para cada tratamiento. ....	28
Gráfico 3: Valores medios de Rendimiento (kg m <sup>-2</sup> ) para cada tratamiento. ....	32

## Figuras

Figura 1: Ubicación del área de estudio. Fuente: Google Earth. ....	7
Figura 2: Climodiagrama de Santa Rosa, La Pampa. Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación, 2007.....	8

Figura 3: Plano del diseño del ensayo.....	11
--	----

## **Fotos**

Foto 1: Foto del macro-túnel donde se realizó la experiencia con el cultivo de lechuga.....	10
---	----

Foto 2: Foto de las pilas de Compost y Estiércol para el proceso de maduración y fermentación.....	12
--	----



## **INTRODUCCION**

A lo largo de los años, el desarrollo de la agricultura se ha regido por una producción cada vez más intensa, contribuyendo al uso “indiscriminado” de fertilizantes y otros productos químicos, y de prácticas culturales que han propiciado la erosión, la pérdida de fertilidad y la contaminación del suelo, en menoscabo de la calidad de alimentos y de la calidad ambiental (Hernández Rodríguez *et al.*, 2010).

Se considera que la Agricultura Moderna comenzó a principios del siglo XIX, con el desarrollo de los fertilizantes químicos debido a Justus von Liebig. Este químico alemán constató que la aplicación al suelo de ciertos elementos, presentes en alta proporción en las plantas, incrementaba notablemente el rendimiento de las cosechas (Schnitman y Lernoud, 1992).

Al principio, el uso de estos elementos químicos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio) en un suelo aún manejado con métodos tradicionales, ayudó a aumentar este rendimiento, pero la agricultura tardó muy poco en volverse dependiente de estas sustancias y la vieja cultura respetuosa de los ciclos naturales comenzó a desaparecer para dar paso a una nueva tendencia, dominante aún hoy, que busca los máximos beneficios económicos pero deja de lado la salud del suelo y de las plantas que éste sustenta (Schnitman y Lernoud, 1992). Además, el uso inadecuado de fertilizantes químicos o el abuso de ellos, sin tomar en cuenta la falta de nutrientes que limitan la productividad de los cultivos conduce al surgimiento de problemas del medio ecológico y al deterioro de otros recursos naturales (Cervantes Flores, 2004).

El uso intensivo del suelo durante años ha generado importantes problemas de contaminación y degradación; cuyo resultado trae como consecuencia una alteración en el sistema productivo (Legaz y Primo Millo, 1992). Una característica importante de los suelos en los que se desarrolla este tipo de producciones es la pérdida progresiva de la materia orgánica (M.O), principal factor de disminución de la productividad (Julca *et al.*, 2006). Surge entonces la agricultura orgánica como alternativa para lograr la sustentabilidad, buscando minimizar el impacto sobre el ambiente sin disminuir los rendimientos (Gonella *et al.*, 1999). Este sistema de producción está basado en el estudio cuidadoso de la naturaleza y pone énfasis en el empleo de suficiente materia orgánica que contribuye entre otras cosas a mantener la estructura grumosa y suelta, conservando la humedad y favoreciendo el desarrollo de la fauna del suelo (Schnitman y Lernoud, 1992).

En el año 2000 en un documento de la FAO se definió a la agricultura orgánica como uno de los numerosos métodos de producción inocuos para el medio ambiente. Los sistemas de agricultura orgánica se basan en normas de producción concretas y precisas que tienen por objeto conseguir agroecosistemas que sean social y ecológicamente sostenibles, reduciendo al mínimo el uso de insumos externos, evitando el empleo de fertilizantes y plaguicidas sintéticos (FAO, 2000).

Los abonos o enmiendas orgánicas se han usado desde tiempos remotos y se ha demostrado su influencia sobre la fertilidad de los suelos, aunque su composición química, aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero Lima *et al.*, 2000).

Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de cosecha, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos. Por sus propias características en la composición química, estos abonos son formadores de humus y enriquecen el suelo con este componente, modificando algunas de sus propiedades físicas y químicas y desde luego la población microbiana, haciéndolo más propicio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos (Hernández Rodríguez *et al.*, 2010).

Entre las características físicas del suelo que se ven influidas favorablemente por la incorporación de estos abonos, se pueden mencionar: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de los agregados.

Las características químicas del suelo también varían, entre ellas el contenido de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno total, capacidad de intercambio catiónico (CIC), las cuales se incrementan en el suelo abonado. Además, debido a que los abonos orgánicos contienen grandes cantidades de compuestos de fácil descomposición, su adición al suelo resulta en un incremento de la actividad biológica. Mejoran la aireación y oxigenación del suelo, produciendo mayor actividad radicular y de los microorganismos (Cervantes Flores, 2004).

Otra de las ventajas de la fertilización orgánica es la menor pérdida potencial de nutrientes y la posibilidad de realizar una única fertilización durante el ciclo de cultivo. Por otro lado, es posible obtener rendimientos equivalentes o incluso superiores en producción orgánica respecto a los obtenidos con un manejo convencional del suelo; debido a las mejoras edáficas anteriormente mencionadas (Bulluck III *et al.*, 2002).

Numerosos trabajos relacionados a la temática muestran efectos beneficiosos en los suelos y en los rendimientos del cultivo a partir de la utilización de abonos orgánicos.

Vega Ronquillo *et al.* (2009) utilizando diferentes abonos orgánicos en suelos de Cuba cultivados con ají chay, encontraron importantes incrementos en los tenores de fósforo del suelo al final de la cosecha, mayores valores de rendimiento y mejoras en el peso de los frutos.

Al aplicar abonos orgánicos y fertilizante químico en suelos arenosos y arcillosos de México, Dimas López *et al.* (2001) hallaron para ambos suelos un incremento aproximado del 10 % en el contenido de humedad útil y un mejoramiento en el rendimiento de grano de maíz en suelos abonados respecto a suelos con fertilización química. De esta forma, sugieren a los abonos orgánicos como alternativa para la sustitución o reducción de la fertilización inorgánica.

Vázquez Nicolás *et al.* (2009) realizaron estudios comparativos sobre los efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas y un fertilizante químico en la producción de “Pasto Taiwán” en un Andosol húmico de México. Los autores concluyeron que las enmiendas orgánicas favorecieron una mayor producción del mismo e incrementaron el contenido de materia orgánica y nitrógeno en el suelo y sostienen que la sustitución de fertilizantes químicos por abonos orgánicos es posible ya que se plantean como una práctica agronómica y económicamente viable, permitiendo una producción sustentable.

En un Ultisol degradado de Venezuela, Jiménez *et al.* (2004), aplicando diferentes dosis de estiércol bovino, comprobaron que el agua útil no se vio afectada por la enmienda, en cambio, la estructura mejoró notablemente en los tratamientos estercolados y tanto el pH como el carbono orgánico aumentaron significativamente al año de iniciado el experimento.

Seguel *et al.* (2003), realizaron un estudio en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y obtuvieron que las aplicaciones de abonos orgánicos en grandes volúmenes provocaron en el corto plazo una disminución de la densidad aparente; como consecuencia, aumentó la porosidad total, debido especialmente al aumento de los macroporos. La densidad real y el agua aprovechable no presentaron diferencias respecto al tratamiento sin abonar y hubo un incremento de la estabilidad de agregados en el corto plazo, aunque con aplicaciones sucesivas el efecto no mostró diferencias. A similares resultados arribaron Fernández *et al.* (1998)

en un estudio realizado en Resistencia, Chaco, en el que se demostró que el uso de abonos orgánicos aumentó significativamente el carbono orgánico y el nitrógeno total y disminuyó la densidad aparente en los primeros 10 cm del suelo. También en nuestro país, en la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), en la localidad de Zavalla, Santa Fe, Rotondo *et al.* (2009) al trabajar con abonos orgánicos y fertilizantes químicos en la producción de lechuga y brócoli, demostraron que las enmiendas orgánicas mejoraron significativamente las condiciones del suelo en cuanto a contenido de carbono orgánico, estabilidad estructural y conductividad hidráulica. En cambio, con la fertilización química, sólo se incrementó el rendimiento de los dos cultivos.

Comese *et al.* (2009) realizaron un ensayo en la Huerta Orgánica Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires sobre un Argiudol típico, cultivado con acelga. Los resultados indicaron que como consecuencia de la aplicación de distintos abonos orgánicos, aumentaron en el suelo el carbono orgánico particulado, la CIC, el fósforo extractable, la conductividad eléctrica (CE) y la producción de acelga.

Ciapparelli *et al.* (2011), trabajaron esta temática en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y sostienen que el uso de estiércol como enmienda permite asignar un destino final a los residuos con un fin productivo, permitiendo obtener un rendimiento similar a la fertilización convencional, con una eficiencia de uso de nitrógeno semejante. En cuanto a las propiedades del suelo, encontraron un aumento sucesivo en la CE ante agregados crecientes de estiércol, por lo que plantean que esta situación debe ser monitoreada a fin de no provocar efectos negativos.

En La Pampa el uso de abonos orgánicos se restringe en mayor medida a la producción hortícola, debido a la posibilidad de manejo de la superficie utilizada con respecto a la producción extensiva. La producción hortícola en la provincia está basada principalmente en cultivos de hoja, encontrándose que del total de la superficie cultivada, el 9,3 % se realiza en invernaderos. Una de las hortalizas de hoja más cultivadas por su rentabilidad bajo cubierta es la lechuga, aumentando de esta manera su calidad comercial, ya que se obtienen plantas sanas, limpias, tiernas y grandes y se permite una continuidad de producción durante todo el año, no sólo por el mayor rendimiento sino también por el acortamiento de su ciclo productivo. Conocer la calidad del agua a utilizar, de manera de mantener y preservar la calidad del suelo sin afectar la producción, es fundamental para realizar cultivos bajo cubierta.

El cultivo de lechuga requiere de suelos ligeros, con buen contenido de materia orgánica y capacidad de retención de agua. Asimismo con un buen drenaje y adecuada estructura, de modo de permitir el óptimo desarrollo de su sistema radicular. El pH ideal se encuentra en el rango de 6,6 a 7,8, si se cultivase en suelos más ácidos, debería encalarse para obtener altos rendimientos (Balcaza, 2000). La lechuga es uno de los cultivos más sensible al exceso de sales, produciendo una disminución en los rendimientos. Sainato *et al.* (2006) sostienen que cuando la CE del agua de riego es de  $0,9 \text{ dS m}^{-1}$  y la CE del suelo en saturación es de  $2,7 \text{ dS m}^{-1}$  se obtienen rendimientos óptimos. En cambio, cuando los respectivos parámetros ascienden a 2,1 y  $6,3 \text{ dS m}^{-1}$  su rendimiento decae un 25 %, mientras que con conductividades de 3,4 y  $7,2 \text{ dS m}^{-1}$  se produce una reducción de la productividad de un 100 %. En general, la conductividad eléctrica del agua de riego para lechuga debería mantenerse en valores menores a  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  ya que con una CE de  $0,9 \text{ dS m}^{-1}$  el rendimiento potencial del cultivo es del 100 % y del 90 % para CE de  $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ .

Existen varios trabajos realizados en la provincia que hacen referencia a la producción de lechuga bajo cubierta, como los realizados por Baudino *et al.* (2007) Sánchez (2010), Belcher y Ponce (2011), Rosane (2011) y Sánchez *et al.* (2012), entre otros. En general estos trabajos se enfocaron fundamentalmente en la evaluación de la calidad y rendimiento del cultivo de lechuga, por lo que han sido tomados como referencia en distintas oportunidades del desarrollo de este estudio.

Por último, es necesario destacar que en nuestra provincia si bien el uso de abonos es una práctica cada vez más común en los emprendimientos hortícolas, la incorporación de los mismos se realiza de acuerdo al propio criterio de los productores, quienes tienden, en general, a agregar en exceso sin tener en cuenta la necesidad del cultivo ni el efecto del remanente acumulado en el tiempo sobre las propiedades edáficas, debido a la falta de trabajos que informen con mayor certeza su impacto. En este sentido, se considera de suma importancia la contribución realizada mediante este trabajo y su continuación a lo largo del tiempo.

### **Objetivo e Hipótesis**

En base a lo expuesto anteriormente, se plantea en este trabajo evaluar el efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos sobre propiedades físicas y químicas del suelo y sobre el rendimiento de lechuga en Haplustoles énticos, pertenecientes a la unidad geomorfológica de las planicies con tosca, Santa Rosa, La Pampa, bajo la hipótesis de que la aplicación de abonos orgánicos resultará en una mejora en las variables físicas y químicas del suelo evaluadas, incrementando los contenidos de materia orgánica, nitrógeno de nitratos, fósforo disponible y agua útil, respecto al suelo sin abonar. Estas mejoras edáficas se verán reflejadas en un aumento de los rendimientos del cultivo. Además, se evaluará el impacto de los abonos en la conductividad eléctrica y pH del suelo.

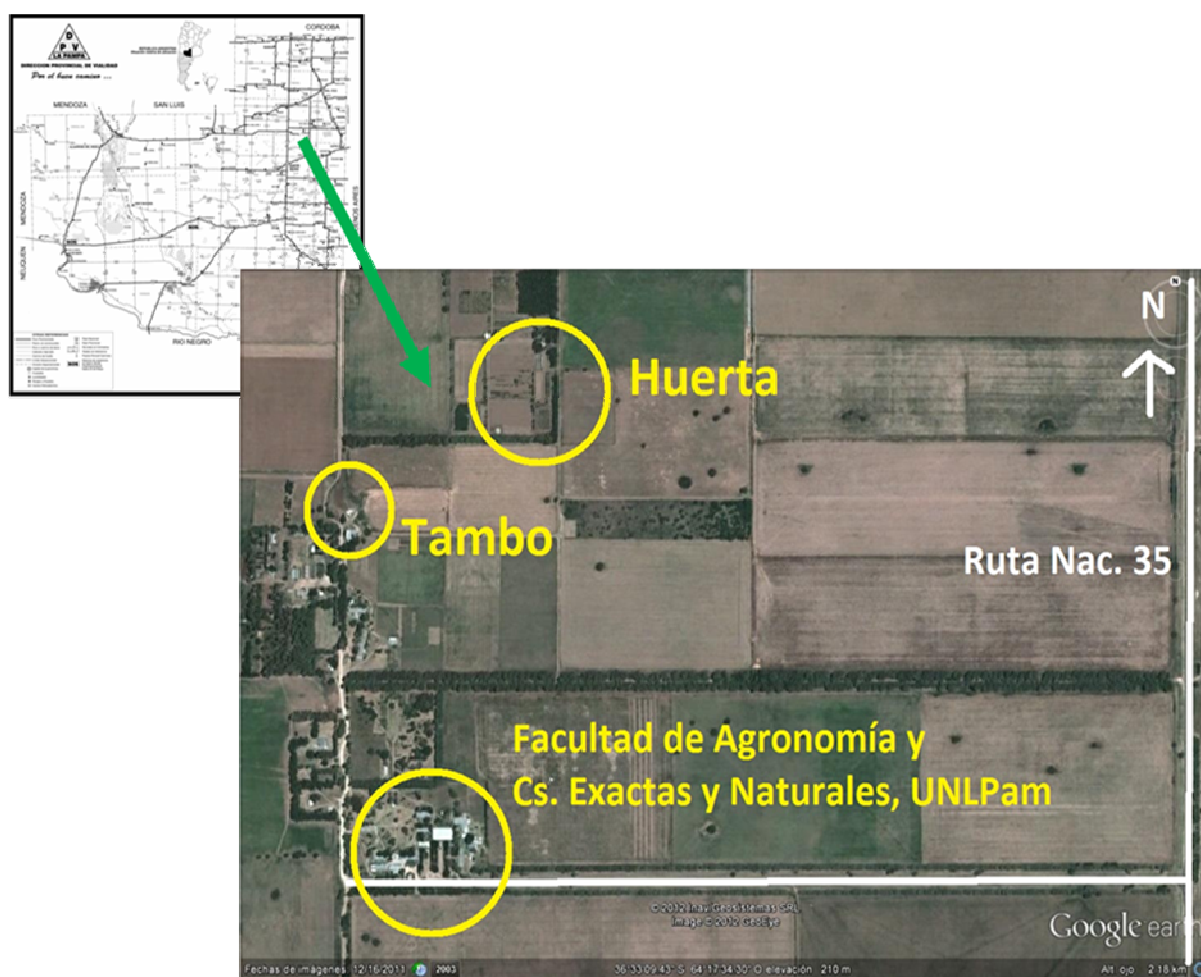
### **Alcance del presente estudio:**

A partir de los resultados obtenidos, se espera contribuir a mejorar el conocimiento de los beneficios aportados por la aplicación de enmiendas orgánicas en suelos de nuestra provincia, teniendo en cuenta la escasez de este tipo de estudios en el área. Además, considerando que en el área de estudio existen emprendimientos hortícolas y chacras familiares, que demandarían la utilización de abonos y que por otro lado, hay una importante generación de residuos orgánicos tanto domiciliarios como derivados de la actividad ganadera que no son aprovechados, se espera que los resultados de este estudio contribuyan a la incorporación de los mismos como una alternativa de uso con fines productivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Huerta de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. Ésta se encuentra ubicada sobre la Ruta Nacional N° 35, en el km 334, a 10 km al norte de la Ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia de La Pampa. De acuerdo con el Inventario de los Recursos Naturales de la Provincia de la Pampa (Cano *et al.*, 1980), el Departamento Capital, junto con los departamentos Realicó, Trenel y parte de Conhelo, pertenece a la Región Fisiográfica Oriental, Subregión de las planicies con tosca. En particular, el área de estudio se enmarca en la Unidad Cartográfica de la planicie con tosca de Castex y Winifreda (Figura 1).



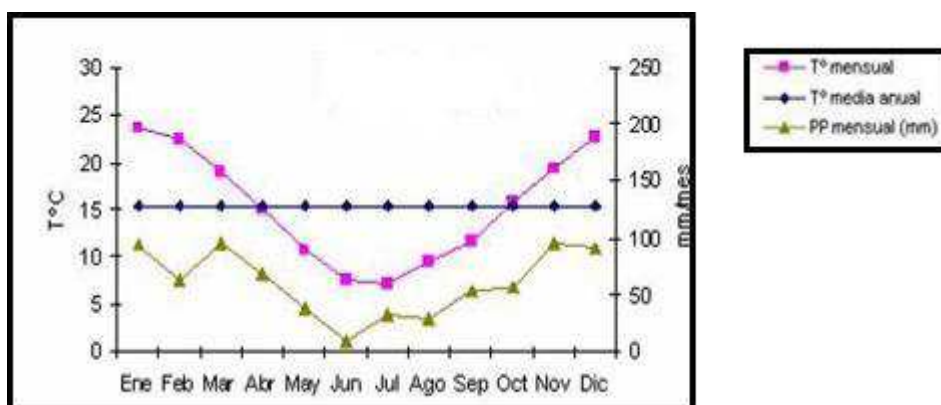
**Figura 1:** Ubicación del área de estudio. **Fuente:** Google Earth.

### Descripción del área de estudio:

#### Características climáticas:

El clima es templado y semiárido, con precipitaciones estacionales y grandes amplitudes térmicas a lo largo del año (Figura 2). La temperatura media anual varía de 16 a 15° C de norte a sur, siendo enero el mes más cálido con una temperatura media entre 23 y 25° C, y julio el mes más riguroso con una temperatura media entre 7° y 9° C. La época de heladas se extiende de abril a noviembre.

Las mayores precipitaciones se producen de octubre a marzo siendo la precipitación media anual de 600 mm, existiendo un importante déficit hídrico en al menos 6 a 7 meses al año. Los vientos predominantes son del noreste y suroeste, siendo los primeros cálidos y húmedos, y los últimos fríos y secos. Suelen formarse tormentas eléctricas en los meses de verano y ocasionalmente los vientos pueden alcanzar ráfagas de 100 km/h (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación, 2007).



**Figura 2:** Climodiagrama de Santa Rosa, La Pampa. **Fuente:** Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación, 2007.

#### Características geomorfológicas:

Los suelos estudiados en este trabajo se enmarcan en la unidad geomorfológica de la planicie con tosca de Castex y Winifreda (Cano *et al.*, 1980). El paisaje característico corresponde al de una llanura bien drenada, ondulada con suaves pendientes SWNE, producida por deflación (acción eólica) y antigua acción fluvial. Se caracteriza por la presencia de una costra calcárea, sobre la que con posterioridad se depositó por acción eólica un delgado manto arenoso. El microrelieve está compuesto por pequeñas lomas y depresiones.

En cuanto a la litología se trata de un sedimento arenoso cuyo espesor oscila entre



0,40 m y 2 m. Es frecuente encontrar enterrada una delgada capa de ceniza volcánica de 0,05 a 0,15 m de espesor.

En la zona no se observan vías de drenaje de importancia. Existen algunas áreas bajas, cóncavas, que funcionan de reservorios circunstanciales (Martínez *et al.*, 1972).

### **Características de los suelos:**

El relieve del área se caracteriza por ser una planicie subnormal con muy bajo gradiente. Se encuentran dispersas en todo el área pequeñas depresiones y lagunas salinizadas. El manto de tosca se encuentra cubierto por sedimentos de origen eólico y textura franco arenosa, de profundidad variable entre 30 y 120 cm. En algunos casos la tosca incluso puede aflorar. El suelo dominante en casi un 80 % es un Haplustol éntico, familia franco gruesa mixta, térmica con una secuencia de horizontes típica A, AC, Ck, 2Ckm. En el relevamiento de suelos del Departamento Capital realizado por Martínez *et al.* (1972) se informa que la cantidad de materia orgánica en el horizonte superior oscila, en promedio, entre 1.5 % y 2 %, siendo el contenido máximo registrado de 4.81 % y el contenido promedio de nitrógeno de 0.10 %. El fósforo está estrechamente relacionado con la materia orgánica por lo que se deduce que su origen es orgánico. El área está ocupada por suelos cuyo pH es ligeramente ácido. El carbonato de calcio no aparece en superficie, sino a mayor profundidad en el horizonte Ck, diseminado en la masa. El contenido de sales solubles es bajo y no representa ninguna limitación para el normal desarrollo de las especies vegetales.

En cuanto al uso actual de la tierra, las mismas se destinan a la explotación agropecuaria con predominio de la agricultura.

Antes de comenzar con el ensayo se tomó una muestra compuesta de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm para realizar la caracterización inicial del mismo. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Características físico-químicas del suelo de 0 a 20 cm antes del inicio el ensayo.

CC (%)	PMP (%)	AU (%)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	pH actual	pH hidrolítico	M.O (%)	CE (dS/m)	P (ppm)
13,16	8,46	4,70	1,06	7,19	7,65	2,85	2,6	274,46

CC: capacidad de campo; PMP: punto de marchitez permanente; AU: agua útil; DA: densidad aparente; M.O: materia orgánica; CE: conductividad eléctrica; P: fósforo disponible.

### **Características del ensayo y Diseño del muestreo:**

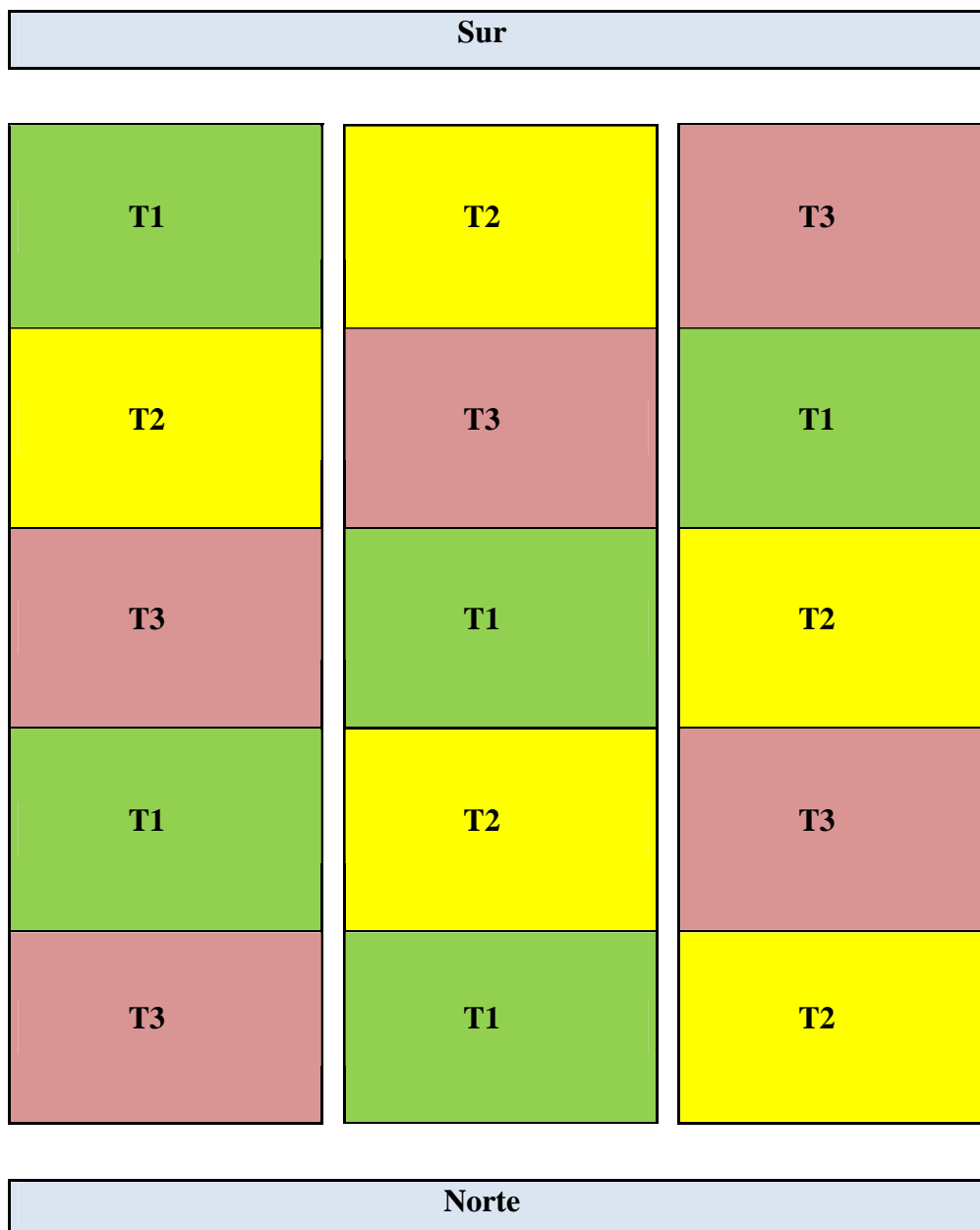
El ensayo se llevó a cabo en un macro-túnel dentro de las instalaciones de la Huerta de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. En el túnel se distribuyeron tres platabandas de 1 m de ancho por 25 m de largo, ubicadas en dirección Norte-Sur, en las que se transplantó un cultivo de Lechuga del tipo crespa (*Lactuca sativa* L. var. *crispa* var. *Brisa*) como se observa en la Foto 1. Las medidas del ensayo fueron las siguientes:

- Ancho del macro-túnel: 4 m.
- Largo del macro-túnel: 25 m.
- Separación de 0,25 m entre platabandas y entre platabandas y laterales del macro- túnel.



**Foto 1:** Foto del macro-túnel donde se realizó la experiencia con el cultivo de lechuga.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con 3 tratamientos; T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ ; cada uno con 5 repeticiones distribuidas como se muestra en la Figura 3. Cada parcela constó de 5 m de largo por 1 m de ancho.



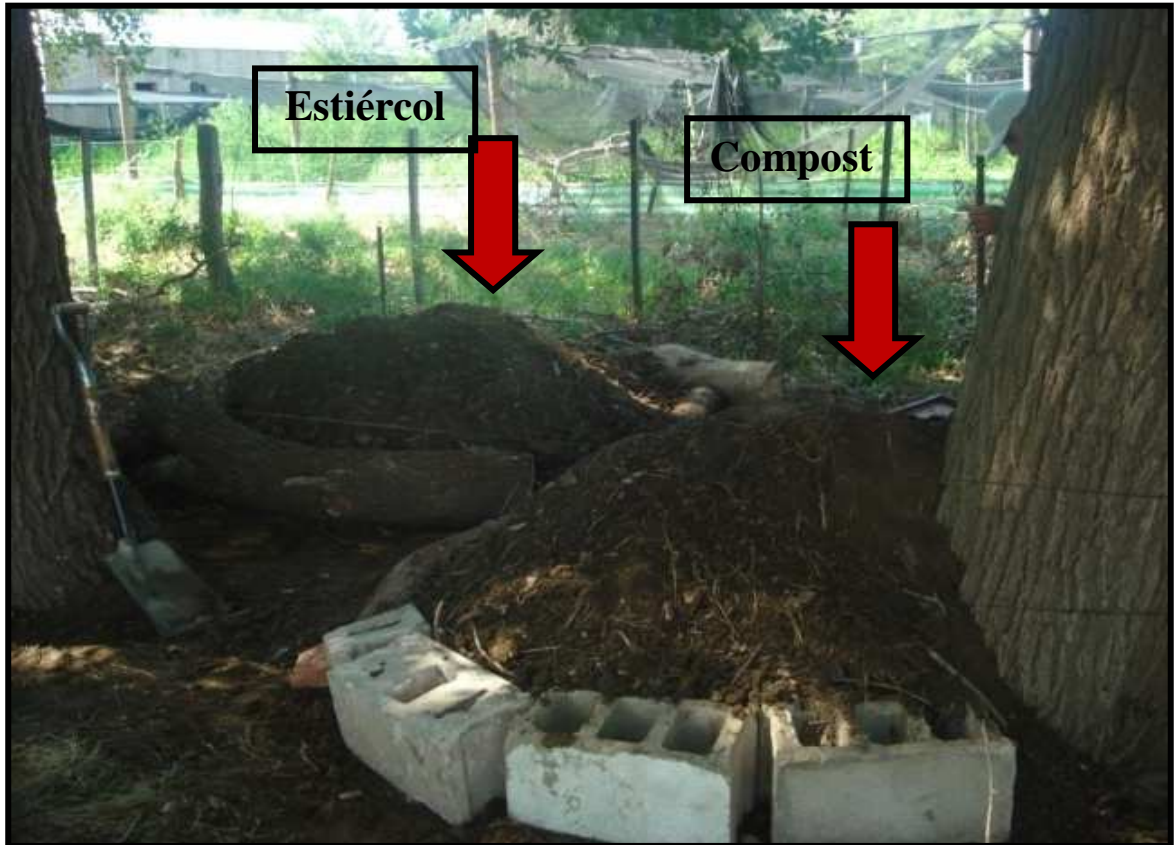
**Figura 3:** Plano del diseño del ensayo.

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ .

**Preparación y características de los abonos:**

El compost utilizado estuvo conformado por mezcla de desechos orgánicos y estiércol de vaca en partes iguales. Los desechos orgánicos se recolectaron principalmente en el comedor universitario de la ciudad de Santa Rosa y se trasladaron al campo de la Facultad de Agronomía donde se llevó a cabo el proceso de compostaje. El estiércol de vaca fue extraído del tambo que se encuentra en dicho establecimiento

(Figura 1). Ambos abonos fueron dispuestos en pilas en Diciembre de 2011 para llevar a cabo los procesos de fermentación y maduración durante tres meses para su posterior utilización, para ello fueron volteadas en dos ocasiones, fines de Enero y principios de Marzo de 2012 (Foto 2). En el mes de Abril, fueron embolsados y días más tarde transportados a la Huerta donde se desarrolló el ensayo.



**Foto 2:** Foto de las pilas de Compost y Estiércol para el proceso de maduración y fermentación.

Una vez maduros, se tomó una muestra representativa de cada uno de aproximadamente 4 kg. La muestra fue secada al aire; luego, se la cuarteó para obtener una submuestra menor que posteriormente fue mortereada y tamizada por tamiz de 60 mesh. En los Laboratorios de Química y de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNLPam se determinó Nitrógeno orgánico, Carbono orgánico y pH, utilizando las técnicas de Kjeldalh, Walkley y Black y método potenciométrico, respectivamente. Estos análisis permitieron realizar la caracterización de ambos abonos que se observa en la Tabla 2:

**Tabla 2:** Composición química de las enmiendas utilizadas.

<b>Parámetros</b> <b>Enmienda</b>	<b>pH</b>	<b>C<sub>orgánico</sub> (%)</b>	<b>N<sub>orgánico</sub> (%)</b>	<b>Relación</b> <b>C/N</b>	<b>M.O (%)</b>
<b>Compost</b>	7.75	4.64	0.388	11.96	7.98
<b>Estiércol</b>	8.5	4.45	0.408	10.90	7.65

### **Características del agua de riego:**

El agua utilizada para el riego disponible en la huerta, es agua subterránea. Para caracterizar la calidad de agua para riego se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Conductividad Eléctrica (CE) 25 °C: 2.37 dS m<sup>-1</sup>
- ✓ pH: 8.10
- ✓ Relación de adsorción de sodio (RAS): 11.8
- ✓ carbonato de sodio residual (CSR): 3.4 meq dm<sup>-3</sup>

Datos tomados de Belcher y Ponce, 2011.

Según el diagrama de clasificación de aguas para riego (Riverside), el agua utilizada se clasifica como: C<sub>4</sub> S<sub>3</sub>. Siendo C<sub>4</sub>: “No apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede utilizarse ocasionalmente. Se deben seleccionar cultivos tolerantes a sales”. S<sub>3</sub>: “Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que estos requerirán prácticas especiales de manejo como buen drenaje y adiciones de materia orgánica”. Con respecto al CSR se considera que las aguas que superan los 2.5 meq.dm<sup>-3</sup>, no son buenas para riego (Sainato *et al.*, 2006).

### **Preparación del terreno y transplante de lechuga:**

Para llevar a cabo el acondicionamiento y limpieza del terreno se utilizaron azadas y horquillas, con el fin de eliminar la vegetación que se encontraba dentro y en los alrededores del macro-túnel. A continuación se prepararon tres platabandas con una separación de 0,25 m entre las mismas y laterales del macro- túnel. Luego se procedió a la

demarcación de las parcelas, siendo estas de 5 m de largo por 1 m de ancho. Los tratamientos fueron distribuidos al azar dentro de las platabandas. Para ello se esparcieron los abonos sobre las parcelas correspondientes y luego se los incorporó al suelo mediante el uso de un rototiller. Por último, se colocaron dos cintas de riego por platabanda separadas entre sí 0,50 m y se diferenciaron los tratamientos colocando estacas que indicaban el inicio y la finalización de cada uno de ellos.

Concluidas las tareas previas sobre el terreno, se llevó a cabo el transplante de lechuga el 6 de Junio de 2012. Se utilizó un plantador manual para la realización de orificios en el suelo, en los que fueron colocados los plantines con pan de tierra a tres bolillos, a 0,25 m entre sí, y a 0,10 m a los costados de las cintas de riego, separados de éstas a 0,50 m, quedando finalmente 4 líneas de lechuga por parcela (Foto 1).

Durante todo el ciclo, el cultivo se mantuvo libre de malezas mediante desmalezado en forma manual. En cuanto al riego, fue realizado mediante sistema de goteo y suministrado dos veces por semana para cubrir los requerimientos del cultivo. La cosecha de lechuga se llevó a cabo el 7 de septiembre de 2012.

#### **Cosecha y Determinación de rendimiento de lechuga:**

A la madurez comercial se cosecharon 10 plantas de cada parcela de las dos hileras centrales, a las que se les determinó peso fresco para obtener el dato de rendimiento expresado en  $\text{kg m}^{-2}$ .

#### **Muestreo de suelo y Determinaciones de laboratorio:**

Inmediatamente después de cosechada la lechuga, se tomaron muestras de suelo de cada parcela a una profundidad de 0 a 20 cm. Las mismas, previamente secadas al aire y tamizadas por malla de 2 mm, se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa.

A continuación se describen las determinaciones fisicoquímicas realizadas y las técnicas empleadas (Schlichting *et al.*, 1995):

##### **1. Densidad aparente (DA):** por el método de los cilindros.

La utilización de cilindros de acero permite extraer muestras sin disturbar y de volumen conocido, por lo que la densidad aparente puede ser calculada en base a la relación peso seco de la muestra sobre volumen del cilindro. Extraída la muestra de suelo,

se colocan los cilindros en estufa a 105-110° C hasta peso constante.

**2. Constantes hídricas:** el contenido de humedad a capacidad de campo (CC) fue estimado a partir de la técnica de humedad equivalente, mientras que el contenido de humedad en punto de marchitez permanente (PMP) a partir del volumen de sedimentación. El contenido de agua útil (AU) se calculó haciendo la diferencia entre los valores de las variables mencionadas anteriormente.

**3. Materia orgánica total:** por el método de Walkley y Black.

Este método no oxida completamente a la materia orgánica sino a la fracción más lábil y en consecuencia debe utilizarse un factor de corrección de 1,3 basado en una oxidación promedio del 77 %.

**4. Fósforo disponible:** por el método de Bray y Kurtz N° 1.

Este método mide una parte del fósforo total presente en el suelo, correspondiente a la fracción más activa y de significación más inmediata para el crecimiento de las plantas.

**5. Nitrógeno de nitratos:** por el método colorimétrico del ácido cromotrópico.

**6. pH:** por el método potenciométrico.

Se determinó pH actual (1:2.5) e hidrolítico (1:10).

**7. Conductividad eléctrica:** en pasta saturada mediante conductímetro.

Los datos obtenidos para cada variable se analizaron por medio del análisis de la varianza, y se utilizó la prueba (LSD-FISHER) para comparar las medias de los tratamientos. Los análisis estadísticos se realizaron por medio del programa InfoStat versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis físicos**

#### **Densidad aparente:**

La densidad aparente (DA) puede definirse como el peso de una unidad de volumen de suelo que incluye su espacio poroso. Expresa el contenido total de poros en un suelo y es muy importante para el manejo del mismo, ya que refleja compactación y facilidad de circulación de agua y aire. En los suelos no cultivados varía entre 1 y 1,6 g/cm<sup>3</sup>; esta variación, en su mayor parte, se debe a la diferencia en el volumen total de poros que varía con la textura, estado de agregación, materia orgánica y manejo del suelo (Conti, 2000). El espacio poroso total se incrementa a medida que la textura es más fina, resultando en una disminución de la DA. Una gran proporción de limo, que no promueve la agregación, provoca un aumento de la densidad aparente al taponar los poros generados entre las partículas de arena; en cambio, un incremento en las proporciones de arcilla y materia orgánica aumentan el volumen de pequeños poros y promueve la formación de estructura provocando una disminución de la DA.

La DA promedio para cada tratamiento bajo estudio se presenta en la Tabla 3. En todos los casos analizados, los valores medios de DA fueron muy bajos, inferiores a 1,04 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 3:** Valores medios de densidad aparente (DA) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>T1</b>	1,02 <i>a</i> (0,07)
<b>T2</b>	1,04 <i>a</i> (0,05)
<b>T3</b>	1,02 <i>a</i> (0,08)

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

En los valores muestrales del tratamiento abonado con estiércol la densidad aparente aumentó ligeramente (2 %) con respecto al tratamiento testigo, mientras que en



T3 no varió, aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los valores promedios de la variable en estudio ( $p > 0,05$ ). Por otro lado, los valores de densidad aparente en T2 mostraron un rango menor que los otros dos tratamientos (máximo:  $1,12 \text{ g/cm}^3$  y mínimo:  $0,98 \text{ g/cm}^3$ ), seguido por T3 ( $1,12 \text{ g/cm}^3$ - $0,95 \text{ g/cm}^3$ ) y, finalmente, T1 con valores entre  $1,1 \text{ g/cm}^3$ - $0,91 \text{ g/cm}^3$  (Anexo 1, Tabla A 1). Este comportamiento evidenciaría una preferencia de T2 a estabilizar la DA.

Estos resultados fueron similares a los encontrados en el trabajo realizado por Comese *et al.* (2009), donde la densidad aparente en suelos con aporte de abonos orgánicos no demostró diferencias significativas con el tratamiento testigo pasando de valores de  $0,92 \text{ g/cm}^3$  a  $0,85$ - $0,91 \text{ g/cm}^3$ .

Sin embargo, Fernández *et al.* (1998) encontraron una disminución de la densidad aparente de valores de  $1,46 \%$  en el tratamiento testigo a  $1,30$ - $1,37 \%$  en tratamientos con distintos abonos orgánicos luego de 5 años, aunque los valores se mantuvieron sin diferencias estadísticas entre tratamientos abonados. A resultados similares llegaron Jiménez *et al.* (2004) dado que al evaluar después de un año el efecto de la aplicación de dos dosis de estiércol bovino, encontraron una disminución de la densidad aparente del testigo de  $1,54 \text{ Mg/m}^3$  a  $1,45$  y  $1,44 \text{ Mg/m}^3$  en los abonados.

Los resultados de DA que se presentan en este estudio, permiten apreciar que la incorporación de abonos orgánicos no influiría en la disminución de la misma en el corto plazo, cuando el suelo posee al inicio valores bajos de densidad aparente.

### **Constantes hídricas de capacidad de campo y punto de marchitez permanente:**

La humedad equivalente o capacidad de campo (CC) constituye el contenido de humedad de un suelo después que ha perdido el agua gravitacional. La fuerza de retención del agua variará para cada suelo, pero se admite generalmente una fuerza de succión de  $1/3$  de atmósfera.

En cambio, el punto de marchitez (PMP) constituye el contenido de humedad de un suelo en el que el agua está retenida con una fuerza de succión mayor a la que la mayoría de las plantas pueden absorberla. Conti (2000) refiere el concepto de PMP, al contenido de agua del suelo en el vegetal no alcanza a absorberla por la imposibilidad de vencer la fuerza con que está retenida. Se estima que cuando dicha energía (succión)

llega a 15 atmósferas, en los poros de hasta 0.2 micrones, las especies comúnmente cultivadas no pueden absorber agua.

Entre los valores considerados se encuentra lo que se conoce como “agua útil” (AU), es decir, el agua aprovechable por las plantas.

Como se observa en la Tabla 4, en general los valores de humedad equivalente (CC) para T2 y T3 disminuyeron ligeramente comparados con el tratamiento testigo (1 % y 2,6 %, respectivamente); mientras que por el contrario, los de punto de marchitez permanente aumentaron (9 % y 16 %).

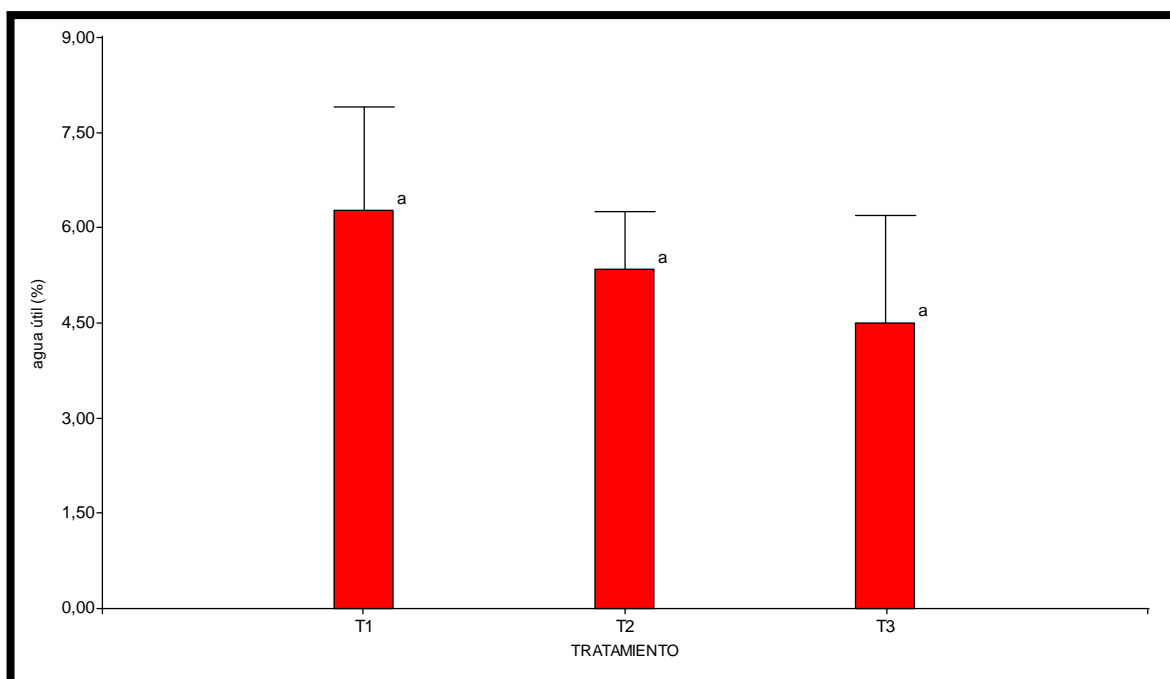
**Tabla 4:** Valores medios de capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

TRATAMIENTO	CC (%)	PMP (%)
T1	15,02 <i>a</i> (3,35)	8,74 <i>a</i> (1,88)
T2	14,87 <i>a</i> (2,22)	9,53 <i>a</i> (1,65)
T3	14,62 <i>a</i> (2,41)	10,12 <i>a</i> (1,75)

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

El Gráfico 1 muestra que en los tratamientos abonados el AU resultó menor en relación al valor obtenido en el tratamiento testigo, siendo de 5,35 % y 4,50 % para T2 y T3 respectivamente, mientras que el testigo fue de 6,27 %. Estas diferencias muestrales no pudieron ser encontradas con significancia estadística (p>0,05).

Estos resultados coinciden con los hallados por Seguel *et al.* (2003), quienes al incorporar bioabono y estiércol bovino en distintas proporciones con el suelo no encontraron diferencias estadísticamente significativas, después de un año, en el tratamiento abonado con estiércol en una relación 1:1, aunque informan una disminución del AU en comparación con el tratamiento testigo sin abonar.



**Gráfico 1:** Valores medios de Agua útil (%) para cada tratamiento.

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

Por otro lado, después de un año de abonado el suelo, Jiménez *et al.* (2004) encontraron que los valores de agua útil tendieron a ser mayores en aquellos tratamientos que recibieron estiércol, obteniendo valores promedios de 64,45 % para tratamiento sin abonar, 64,60 % para abonado con 60 Mg/ha y 66,70 % con 120 Mg/ha, aunque el análisis de varianza demostró que esta variable no fue significativamente afectada por la aplicación de la enmienda orgánica. Al mismo resultado arribaron Dimas López *et al.* (2001), al observar que después de la aplicación de abonos orgánicos al suelo, los valores de CC, PMP y AU fueron 10 % mayores, respecto del testigo.

En el presente estudio los valores de agua útil resultaron en todos los casos muy bajos, por lo que, teniendo en cuenta que la textura del suelo es franco-arenosa, resulta evidente que el control de esta variable está dado por la textura y no por el contenido de materia orgánica. Este mismo resultado se verificó en suelos de 25 de Mayo, La Pampa, con cultivo de alfalfa bajo riego (Aumassanne, 2010).

Además, se puede destacar que al observar los desvíos estándar de CC, PMP y AU para cada tratamiento, se apreció que los tratamientos abonados presentaron valores

menores respecto al testigo, en particular T2. Esto daría la pauta de que los abonos tienden a estabilizar el contenido de humedad en el suelo.

### **Análisis químicos**

#### **Materia orgánica:**

La materia orgánica (M.O) es uno de los constituyentes más importantes de los suelos. Su identificación y cuantificación permite clasificarlos y evaluar su fertilidad. El contenido de materia orgánica de un suelo es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre su calidad y productividad. Es el resultado de la interacción de los factores edafogénicos en un determinado tiempo. Intervienen el material parental, el clima, el relieve, el bioma y factores antrópicos como el manejo y uso del suelo.

La M.O contiene casi todo el nitrógeno del suelo (aproximadamente 98 %) estando la cantidad de nitrógeno muy correlacionada con la del carbono. La M.O representa una pequeña fracción de la masa de la mayor parte de los suelos, en general entre 1 y 6 % del horizonte A, y decrece en profundidad. Sin embargo, se la considera un factor muy importante ya que tiene una gran capacidad de retención de agua facilitando el asentamiento de la vegetación, disminuye la densidad aparente del suelo debido a que posee menor densidad ( $1,1-1,5 \text{ g/cm}^3$ ) que la fracción inorgánica ( $2,65 \text{ g/cm}^3$ ) y, además, genera porosidad en el suelo. Por otro lado, también influye en el pH, debido a que produce compuestos orgánicos que tienden a acidificar el suelo, aporta nutrientes a través de la mineralización y es fuente de energía para los procesos microbianos (Conti, 2000).

Los resultados de M.O se presentan en la Tabla 5. Los contenidos medios fueron elevados en todos los casos, teniendo en cuenta que el valor promedio de M.O en estos suelos es de 1,5-2 % (Martínez *et al.*, 1972). Esta diferencia, podría atribuirse al uso previo del suelo. Se puede apreciar que el contenido de materia orgánica en los tratamientos estercolado (T2) y compostado (T3) resultó menor (3,27 % y 3,55 %, respectivamente) en comparación con el tratamiento testigo (3,7 %); sin embargo, estas diferencias no fueron significativas estadísticamente ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 5:** Valores medios de materia orgánica (M.O) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

TRATAMIENTO	M.O (%)
T1	3,70 <i>a</i> (0,74)
T2	3,27 <i>a</i> (0,33)
T3	3,55 <i>a</i> (1,07)

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

Al respecto, Comese *et al.* (2009) al evaluar el efecto de la aplicación de distintos tipos y cantidades de enmiendas orgánicas en la producción de acelga y su impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo, encontraron que en los tratamientos abonados el contenido de materia fue ligeramente menor respecto al testigo sin abonar registrando valores de 41,1 g/kg en el testigo y entre 40,1-42,3 g/kg en los abonados, sin detectar diferencias significativas entre ellos. Del mismo modo, Vázquez Nicolás *et al.* (2009) determinaron el efecto de enmiendas orgánicas y de fertilizante químico en la producción de Pasto Taiwán y obtuvieron que el porcentaje de materia orgánica fue similar en el suelo en todos los tratamientos, variando de 2,70 % antes de la aplicación de la enmienda orgánica a valores entre 2,72-3,72 % tres meses después del aporte de los distintos abonos. Luego de seis meses de incorporados los abonos orgánicos se detectó un decremento de materia orgánica en comparación con los del tercer mes, observando valores entre 2,22-3,32 %. En ambos casos, las diferencias no resultaron significativas estadísticamente. Al igual que los resultados obtenidos por estos autores, Vega Ronquillo *et al.* (2009) tampoco encontraron diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre tratamientos abonados donde los valores variaron entre 3-3,5 % y el testigo de 3,2 %.

En cambio, Fernández *et al.* (1998), después de 5 años del agregado anual de abonos orgánicos a un suelo Udipsamment con 0,36 % de carbono orgánico inicial, encontraron que este contenido se duplicó en los tratamientos abonados respecto al tratamiento testigo, siendo estas diferencias estadísticamente significativas.

Como bien se conoce, los procesos de descomposición de la M.O son llevados a cabo por microorganismos edáficos. Estudios de Lal (1998) y Arshad y Martín (2002), citados en Aruani *et al.* (2008), indicaron que los parámetros biológicos son más sensibles al agregado de abonos orgánicos que el contenido de materia orgánica de un suelo, ya que este varía más lentamente y solo es posible detectar cambios a largo plazo.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que en este trabajo se partió de un suelo con condiciones iniciales de materia orgánica y nutrientes muy buenas, por lo que es esperable no encontrar diferencias en el corto plazo.

Además, cabe resaltar que en el tratamiento estercolado el desvío estándar resultó menor que en el resto de los tratamientos, es decir, que los valores de materia orgánica obtenidos en T2 fueron más uniformes que en el resto de los tratamientos.

### **Fósforo disponible y Nitrógeno de nitratos:**

El fósforo es un macronutriente fundamental para la nutrición de los cultivos y se caracteriza por ser poco móvil, de baja solubilidad, y baja concentración en la solución del suelo. Es un nutriente finito sólo aportado por el suelo, no es reciclado por la lluvia, ni por agentes atmosféricos. El fósforo que absorben las plantas es el que se encuentra en la solución del suelo en forma de fosfatos mono y diácidos cuya concentración varía con el pH del mismo. La principal forma en que el fósforo llega a las raíces de las plantas es por difusión (Conti, 2000).

El nitrógeno es la unidad clave de la molécula de proteína sobre la cual se basa la vida, siendo así un componente esencial del protoplasma de plantas, animales y microorganismos. La principal fuente de nitrógeno para el suelo es la atmósfera, donde este gas es predominante (79,08 % en volumen). La mayor parte del nitrógeno del suelo se halla formando compuestos orgánicos, quedando disponibles para las plantas a través del proceso de mineralización en el cual participan activamente los microorganismos. Las reservas de nitrógeno están constituidas por la materia orgánica de descomposición rápida en medios biológicamente activos y por los compuestos húmicos de mineralización más lenta. Sólo una pequeña fracción se encuentra bajo formas inorgánicas aprovechables por las plantas como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), adquiriendo mayor importancia los nitratos (Conti, 2000).

La disponibilidad de nutrientes de los abonos es usualmente baja y variable si se la compara con fertilizantes minerales. A diferencia de estos últimos, los orgánicos

requieren mineralización previa, la cual puede durar desde semanas hasta meses, sin que ésta sea total ni el único proceso que los afecta. La mineralización está controlada en parte por varios factores como la riqueza microbiana, humedad, temperatura, textura y mineralogía del suelo, así como por la calidad de los abonos incorporados, cantidad agregada y forma de aplicación. Cuando los nutrientes quedan finalmente mineralizados, pueden ser inmovilizados por los microorganismos, complejados dentro de estructuras húmicas o bien adsorbidos por los coloides y, dependiendo de las situaciones imperantes, algunas formas podrían ser lixiviadas (Castro *et al.*, 2009).

En un cultivo de ciclo corto, como la lechuga, se debe disponer de una enmienda bien descompuesta, si es posible aplicada en el cultivo precedente. En la Tabla 6 se muestra la extracción de nutrientes de un cultivo de lechuga bajo invernadero por tonelada cosechada.

**Tabla 6:** Requerimientos nutricionales del cultivo de lechuga por tonelada cosechada.

Nutriente Cultivo	N (kg/t)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/t)	K <sub>2</sub> O (kg/t)
	Lechuga	2,3-5,3	0,6-1,2

**Fuente:** Grasso *et al.* (2006).

El nitrógeno es el nutriente con mayor impacto sobre el rendimiento y calidad de los cultivos hortícolas. Su contenido es muy variable en los suelos debido a su gran movilidad, y dependiente de varios factores como temperatura, humedad del suelo, estado vegetativo del cultivo y manejo del suelo entre otros.

En la Tabla 7 se muestran los contenidos medios de P y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A partir de los datos obtenidos se observa que los valores de fósforo disponible en el suelo fueron en todos los tratamientos muy elevados, mayores a 255 ppm, es decir, el suelo no contaba con deficiencia de este nutriente al iniciarse el ensayo.

Luego de la cosecha de lechuga se comprobó que la concentración de fósforo disponible fue menor en los tratamientos abonados (273,06 ppm en T2 y 276,71 en T3) en relación al testigo (308,12 ppm), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (p>0,05).

A diferencia de los resultados hallados en este trabajo, Fernández *et al.* (1998) luego de 5 años de campaña, encontraron un aumento significativo en la concentración de fósforo al comparar los valores del tratamiento testigo con los abonados con estiércol de caballo, lombriabono y estiércol de vaca, en los cuales los valores fueron de 25 ppm, 30 ppm, 44 ppm y 59 ppm, respectivamente. De la misma forma, en tratamientos con aporte de diferentes abonos orgánicos y en distintas dosis, Comese *et al.* (2009) encontraron que en todos ellos hubo un aumento en la concentración de fósforo extractable mostrando valores entre 67,42-79,49 mg/kg en comparación con el tratamiento testigo donde la concentración fue de 60,77 mg/kg. A similares resultados arribaron Dimas López *et al.* (2001) donde al comparar el efecto de cuatro abonos en la concentración de fósforo con respecto a un testigo con fertilización inorgánica, encontraron que en tratamientos abonados el aumento fue significativo manifestando valores de 15-20,4 mg/kg, mientras que en el testigo fue de 1,5-4 mg/kg.

Los resultados en la concentración de P en este trabajo pueden ser explicados teniendo en cuenta que a diferencia de los bajos contenidos de P inicial del suelo (tratamientos testigos) que se evalúan en los trabajos anteriormente citados, en este estudio, como se mencionó anteriormente, se parte de un suelo con elevados contenidos de P. Probablemente, estos elevados valores al inicio del ensayo y el corto período de evaluación, podrían enmascarar el efecto de los abonos en el incremento de fósforo esperado, posterior a la incorporación de los mismos.

**Tabla 7:** Valores medios de fósforo disponible (P) y de nitrógeno de nitratos (N-NO<sub>3</sub>) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

TRATAMIENTO	P (ppm)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)
T1	308,12 <i>a</i> (59,68)	45,76 <i>a</i> (14,75)
T2	273,06 <i>a</i> (69,03)	24,65 <i>b</i> (12,72)
T3	276,71 <i>a</i> (100,35)	7,08 <i>c</i> (4,78)

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).



Con respecto al  $\text{N-NO}_3^-$ , la Tabla 7 muestra, además, que la concentración de nitrógeno de nitratos fue menor en los tratamientos abonados en relación al tratamiento testigo, especialmente en T3 donde se registró un descenso del 80 % respecto a T1. Estadísticamente se comprobó que existió un efecto de los tratamientos sobre los valores medios de nitratos, es decir, entre los tratamientos abonados y el testigo sin abonar, y en los tratamientos abonados entre sí ( $p < 0,05$ ).

En varios estudios se pueden observar resultados opuestos a los obtenidos en el presente trabajo. En este sentido, se puede mencionar a Dimas López *et al.* (2001) que al aplicar abonos orgánicos y fertilizante químico en suelos arenosos y arcillosos de México, hallaron un aumento significativo del contenido de nitratos del suelo en tratamientos abonados orgánicamente pasando de valores de 4-7 mg/kg en el testigo, a 19-29 mg/kg en aquellos que tuvieron aporte de abonos. Ciapparelli *et al.* (2011) también encontraron un aumento en la concentración de nitratos al comparar suelos sin fertilización (39 kg/ha) y aquellos fertilizados químicamente (164 kg/ha), o abonados con estiércol en dosis de 30 t/ha (206 kg/ha) y 50 t/ha (317 kg/ha).

Al respecto, Comese *et al.* (2009) sostienen que uno de los riesgos que se corre al adicionar enmiendas es el de provocar una inmovilización temporal del N dependiendo del contenido orgánico, limitándose así la disponibilidad de este nutriente para el cultivo y restringiendo el potencial crecimiento inicial. Por ello es necesario utilizar enmiendas con una adecuada relación C/N. Como se observó en la Tabla 2, la relación C/N de los dos abonos utilizados en este trabajo, resultó menor a 12, lo cual indica un óptimo estado de maduración y por lo tanto no induciría a pensar en un proceso de inmovilización de N disponible para las plantas. Sin embargo, las tasas de liberación de nutrientes de los compost pueden variar ampliamente, por lo que es necesario tener más certeza acerca de este proceso en diferentes abonos a fin de determinar su aporte a corto y largo plazo (Soto y Muñoz, 2002).

Los procesos de mineralización y descomposición del N de abonos orgánicos son lentos, esto permite que los nitratos sean mejor aprovechados en las distintas etapas fenológicas. Aruani *et al.* (2008) observaron aumentos en la concentración de nitratos en la solución del suelo durante las primeras etapas vegetativas de la lechuga cuando no se producen pérdidas altas por lixiviación y las cantidades de N consumidas son mínimas (etapa desde la germinación de la planta hasta la aparición de las primeras hojas). En la segunda fase que va desde la aparición de las primeras hojas hasta final del

ciclo, es donde el cultivo absorbe el 50 % de los nutrientes y tiene lugar la mayor producción de materia seca.

Aruani *et al.* (2008) y Frioni (2006), explican el descenso de nitratos en tratamientos con agregado de estiércol de pollo y sostiene que se debe a que el nitrógeno agregado es consumido en las etapas fenológicas de mayor producción del cultivo y parte se pierde por lixiviación o es inmovilizado por la biota del suelo.

Si bien la relación C/N de los abonos apunta a una buena disponibilidad de nitratos, posiblemente el menor contenido de nitratos en los tratamientos abonados obtenidos en este trabajo se deba a una tasa de mineralización diferenciada de los mismos, causadas por un tamaño de partícula heterogéneo de los abonos al inicio del experimento (Soria, 2003). Considerando que al momento de la aplicación de los mismos, en el estiércol se observaban agregados más grandes comparativamente con el compost, se supone que este último sería más fácilmente atacado por los microorganismos en comparación a T2, es decir, que el aporte de nitratos por mineralización sería mayor en T3 que en T2. Por otro lado, es esperable que las cantidades de nitrógeno mineralizadas en los suelos con abonos sean mayores que en el suelo sin abonar (Soria, 2003), por lo que se plantea la hipótesis de que los nitratos presentes en los suelos abonados podrían haber disminuido respecto al testigo por la pérdida causada por lixiviación debido a la más alta disponibilidad del ión en esos tratamientos, particularmente en T3, y a su elevada movilidad.

#### **pH actual e hidrolítico:**

El pH del suelo se refiere a la actividad del ión hidrógeno ( $H^+$ ) presente en la solución del suelo. Determina la acidez o alcalinidad del mismo, o más precisamente de la solución del suelo, y depende del contenido de bases intercambiables, además de ser indicador de las mismas. El pH del suelo tiene influencia sobre el crecimiento vegetal, porque afecta el metabolismo radicular a valores muy extremos, pero su principal efecto es a través de la disponibilidad de los nutrientes minerales y sobre la cantidad y la actividad de los microorganismos presentes en el suelo.

La estructura del suelo también está relacionada con el valor de pH y el catión dominante. A pH muy ácidos hay una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable. Entre pH neutro y 8,5, domina el calcio, el cual tiende a flocular los

coloides. A pH más alcalino ( $> 8,5$ ), la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones desde el punto de vista físico.

El pH óptimo del suelo depende de su textura. En general, en suelos arenosos el pH es relativamente bajo (5,3- 6,2) y aumenta con mayores contenidos de arcilla (6,3- 7,5). A través de su evolución los suelos tienden a acidificarse.

Los valores medios de pH actual e hidrolítico registrados en este trabajo son presentados en el Gráfico 2. En el tratamiento compostado se encontró el menor valor de pH actual (7,7) resultando ligeramente alcalino, mientras que en el tratamiento, estercolado se observó un valor de pH muy similar respecto al testigo, resultando ambos moderadamente alcalinos (8,2 y 8,1, respectivamente). Las diferencias observadas entre los tratamientos no fueron significativas estadísticamente ( $p > 0,05$ ). Teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo de lechuga, los pH actuales aquí registrados son ligeramente superiores a los óptimos indicados por Balcaza (2000).

En cuanto al pH hidrolítico, en todos los tratamientos se encontraron valores más elevados con respecto al pH actual, aunque con diferencias menores a la unidad. Estos valores fueron de 8,5, 8,6 y 8,3 para T1, T2 y T3, respectivamente.

A su vez, se puede destacar que el tratamiento T2, presentó el menor desvío estándar comparado con el resto de los tratamientos, esto evidenciaría que la aplicación de estiércol vacuno estabilizaría, además de las variables anteriormente mencionadas, el pH.

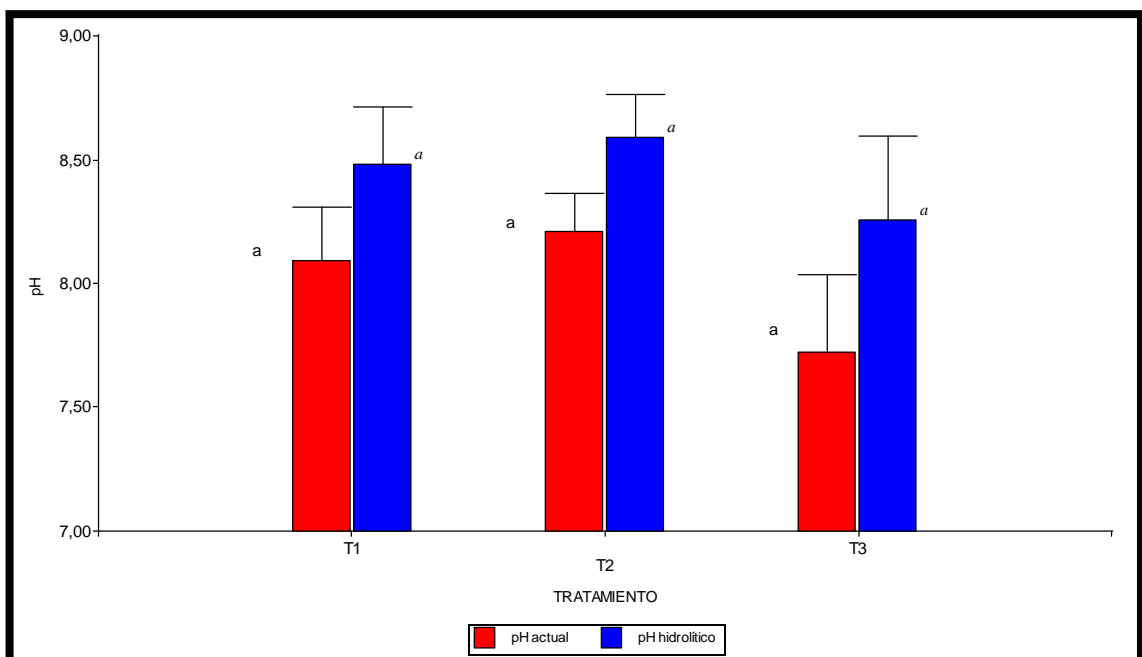
Con respecto al cambio en el pH que evidencian los tratamientos abonados respecto al suelo sin abonar, se pueden mencionar los estudios de Jiménez *et al.* (2004), quienes al trabajar con distintas dosis de estiércol bovino reportaron que el pH se incrementó significativamente de un valor de 5,65 para el tratamiento con dosis de 0 Mg/ha, a 6,01 para aquel con dosis de estiércol de 60 Mg/ha y a 6,38 para la dosis de 120 Mg/ha. Los autores sostienen que este aumento de pH se encuentra asociado al contenido de bases intercambiables como Ca y Mg y al efecto taponador de la M.O que actúa como regulador de la acidez neutralizando iones hidrógenos.

Ciapparelli *et al.* (2011) también encontraron un leve aumento en el pH, aunque sin diferencias significativas en tratamientos sin fertilizar (5,51) comparativamente con aquellos fertilizados químicamente (5,33) y con los abonados con dos dosis de estiércol (5,61 y 5,76). Del mismo modo, Comese *et al.* (2009) obtuvieron valores de pH en tratamientos con aplicación de abonos orgánicos de 6,97-7,02, que no evidenciaron

diferencia significativa con el testigo (6,97). Resultados similares alcanzaron Dimas López *et al.* (2001), donde para el tratamiento testigo los valores de pH fueron de 8,2-8,4 y para los tratamientos abonados de 8,05-8,50.

En cambio, Fernández *et al.* (1998) al trabajar con estiércol de caballo, lombricompost y estiércol de vaca obtuvieron resultados de pH significativamente menores que el tratamiento testigo, siendo en éste de 6,97 y en los abonados de 6,09, 6,21 y 6,30, respectivamente.

La ligera disminución relativa del pH en T3 respecto a T1, que se observó en este trabajo podría estar relacionada al menor valor de pH del compost agregado (7,75) en comparación con el pH del estiércol incorporado (8,5). Estos resultados coinciden con lo obtenido por Rosane (2011) quien encontró que el pH prácticamente no se modificó tras aplicar estiércol de gallina con un pH medio de 7,5, aunque informa una ligera disminución de pH de 7,95 en el testigo sin abonar a 7,8 en el tratamiento con estiércol.



**Gráfico 2:** Valores medios de pH actual y pH hidrolítico para cada tratamiento.

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

### **Conductividad eléctrica:**

En ambientes bajo riego, con problemas de drenaje, es común la formación de suelos salinos por el uso de aguas con altos niveles salinos y capas freáticas poco profundas.

Para identificar suelos salinos, el porcentaje de sales en suelo seco no es útil dada la variabilidad del contenido de agua a capacidad de campo en suelos con distintas texturas. Por ello se utiliza como medida la conductividad eléctrica (CE) de un extracto de pasta saturada, ya que mide la salinidad de una muestra en condiciones de saturación de agua (Porta Casanellas *et al.*, 1999).

Sosa (2005) sostiene que, el estercolado en dosis elevadas es capaz de incrementar la salinidad edáfica, elevar el pH y aumentar la concentración en el suelo de nitrato, amonio y otros iones tóxicos. Los dos primeros efectos se relacionan con las características propias de los estiércoles. En general, los excrementos animales son alcalinos, fundamentalmente por liberar nitrógeno en forma de urea, que se descompone formando amoníaco.

La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos que evidencian una ligera disminución de los valores medios de la CE en T2 ( $2,76 \text{ dS m}^{-1}$ ) con respecto a T1 ( $3,02 \text{ dS m}^{-1}$ ); en cambio, en T3 se registró un aumento del 21 % respecto al testigo, aunque las diferencias encontradas no fueron significativas estadísticamente en ningún caso ( $p > 0,05$ ). Teniendo en cuenta que el valor límite para considerar a un suelo como salino es de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , se comprobó que todos los tratamientos estuvieron por debajo de este valor. Por otro lado, según Sainato *et al.* (2006) la CE del suelo en saturación debería ser de  $2,7 \text{ dS m}^{-1}$  para obtener rendimientos óptimos de lechuga, por lo que en todos los tratamientos los valores de conductividad eléctrica del suelo estuvieron por encima del valor adecuado, sin embargo, como se observará más adelante, el rendimiento del cultivo no se vio afectado por esta variable.

Al igual que con la mayoría de las variables hasta aquí analizadas, se destaca que el tratamiento estercolado arrojó el menor desvío en los valores promedios de CE (Tabla 8), sugiriendo una tendencia a estabilizar también esta variable.

Los resultados de este estudio son congruentes con los de Dimas López *et al.* (2001), quienes hallaron que la CE en el tratamiento testigo con fertilización inorgánica no difirió significativamente de los tratamientos que tuvieron incorporación de abonos orgánicos, siendo de  $1,75 \text{ dS m}^{-1}$  en el testigo y de  $1,9-2,2 \text{ dS m}^{-1}$  en el resto de los

tratamientos. Comese *et al.* (2009), tampoco encontraron diferencias significativas en la CE entre suelos abonados con lombricompost (0,86 dS m<sup>-1</sup>) y lombricompost combinado con harina de hueso (0,87 dS m<sup>-1</sup>), ni respecto el testigo (0,79 dS m<sup>-1</sup>).

Por otro lado, Ciapparelli *et al.* (2011) hallaron que la CE se incrementó significativamente respecto al testigo desde valores de 0,14 dS m<sup>-1</sup> en el tratamiento sin fertilizar a valores de 0,23 y 0,32 dS m<sup>-1</sup>, ante agregados de dosis de 30 t/ha y 50 t/ha de estiércol vacuno. Sin embargo, al comparar los resultados de los autores con los datos de CE en T2 de este trabajo, se observa que los mismos no concuerdan a pesar de utilizar dosis y tipo de abonos equivalentes (3 kg m<sup>-2</sup> de estiércol vacuno). Estas diferencias podrían atribuirse a los diferentes valores de CE inicial de los suelos abonados, la cual fue muy baja en el estudio de Ciapparelli *et al.* (2011). En cambio, este comportamiento parece sugerirse en T3, es decir, con el agregado de compost.

Por otro lado, Rosane (2011), partiendo de suelos con conductividades eléctricas similares a las de este estudio, observó que el agregado de estiércol de gallina a razón de 2-3 kg m<sup>-2</sup> en suelos de la localidad de Toay, habría provocado un descenso los valores de CE (2,93 dS m<sup>-1</sup>), respecto al testigo (3,70 dS m<sup>-1</sup>). Sin embargo, la autora halló que al incorporar posteriormente 2-3 kg m<sup>-2</sup> de estiércol de oveja, la CE fue mayor en el tratamiento abonado (10,96 dS m<sup>-1</sup>) en relación al testigo (6,26 dS m<sup>-1</sup>).

**Tabla 8:** Valores medios de conductividad eléctrica (CE) para cada tratamiento. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

TRATAMIENTO	CE (dS m <sup>-1</sup> )
T1	3,02 <i>a</i> (0,89)
T2	2,76 <i>a</i> (0,77)
T3	3,66 <i>a</i> (1,91)

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

### **Rendimiento de lechuga**

Los rendimientos medios de lechuga obtenidos fueron similares independientemente del tratamiento analizado, y no mostraron diferencias estadísticamente significativas (p>0,05). Los mismos variaron, en un ciclo desde transplante de 93 días,

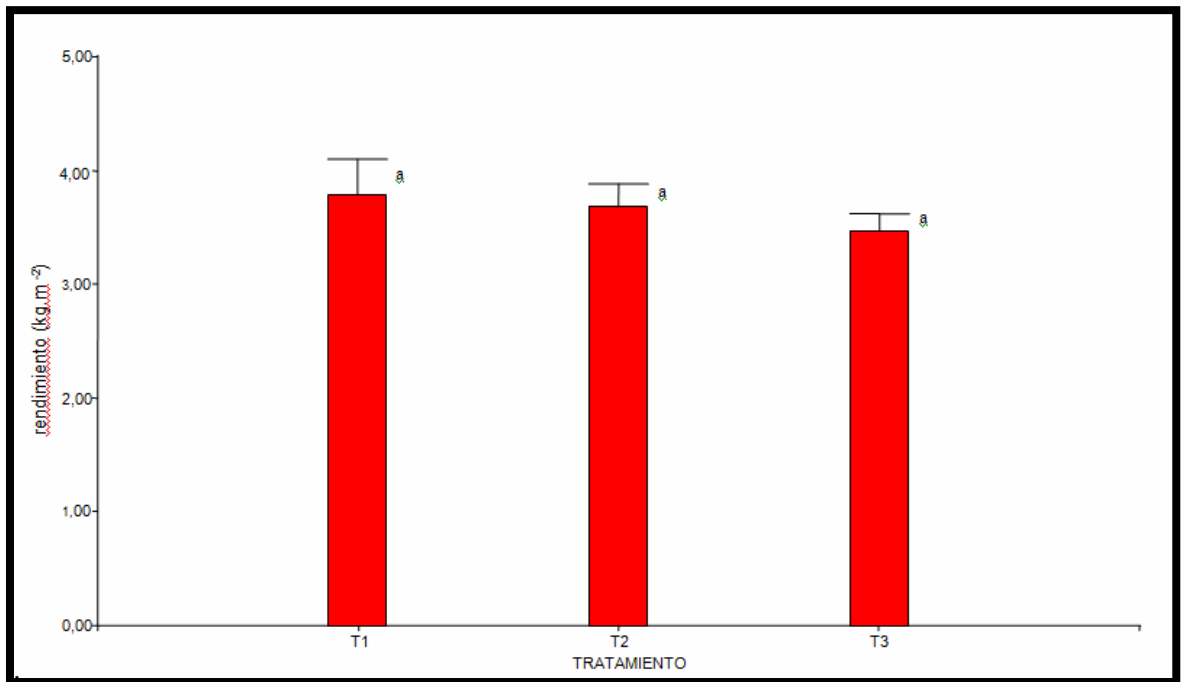
entre 3,5 y 3,8 kg m<sup>-2</sup>, con valores medios de rendimiento ligeramente menores en los tratamientos abonados respecto al tratamiento testigo (Gráfico 3). Estos rendimientos resultaron similares a los obtenidos en emprendimientos productivos de la zona.

Además, al observar el desvío estándar de los valores medios de rendimientos, se destaca que los tratamientos abonados mostraron rendimientos más estables, comparativamente al testigo. Entre tratamientos abonados, si bien T3 mostró un desvío del rendimiento ligeramente inferior a T2, es en este último, donde se encontraron los valores más altos de peso fresco por planta, tanto mínimos como máximos, 184 gr y 370 gr, respectivamente (Anexo 1).

Estos resultados son similares a los encontrados por Rosane (2011), quien al agregar de 2-3 kg m<sup>-2</sup> de estiércol de gallina obtuvo un rendimiento de lechuga de 4,04 kg m<sup>-2</sup> y de 4 kg m<sup>-2</sup> en el testigo sin abonar. Posteriormente, al incorporar la misma dosis de compost de oveja, el rendimiento en el tratamiento abonado fue de 3,89 kg m<sup>-2</sup> y de 4,07 kg m<sup>-2</sup> en el testigo, sin diferencias significativas entre los tratamientos.

Por otro lado, en ensayos con otros cultivos, Dimas López *et al.* (2001) tampoco encontraron diferencias en el rendimiento entre tratamientos, al evaluar el efecto de composta, gallinaza, estiércol vacuno y estiércol caprino en el rendimiento de maíz en relación a un suelo con fertilización inorgánica, observando además un menor rendimiento relativo en los tratamientos abonados. Mientras que Ciapparelli *et al.* (2011) al comparar el rendimiento de trigo obtenido con y sin fertilización química y aquel obtenido con la aplicación de dos dosis distintas de estiércol, indicaron que los mayores rendimientos se dieron en tratamientos estercolados, encontrando diferencias significativas entre el tratamiento con mayor dosis de estiércol y el testigo sin fertilizar, sugiriendo que este resultado se debe a la diferencia en la concentración de N aplicado entre uno y otro.

El hecho de encontrar similares valores de rendimiento en todos los tratamientos analizados en este trabajo se explicaría por la inexistencia de diferencias significativas en todas las variables edáficas evaluadas entre tratamientos, excepto en el contenido de nitrógeno. Cabe destacar que en las condiciones iniciales del ensayo, la mayoría de las variables edáficas (DA, M.O, pH, P y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fueron óptimas, las cuales garantizaron un adecuado rendimiento del cultivo. Además, a pesar de que los valores de pH y CE iniciales no fueron óptimos, los mismos no afectaron el rendimiento.



**Gráfico 3:** Valores medios de Rendimiento (kg m<sup>-2</sup>) para cada tratamiento.

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



## **CONCLUSIONES**

Entre los principales beneficios atribuidos al manejo orgánico del suelo de huerta se pueden mencionar aumentos en la capacidad de retención hídrica, permeabilidad y drenaje del agua, asociado a mejoras en la agregación del suelo; estabilización del pH y mayor capacidad de intercambio catiónico; incremento de la M.O, disminución de la densidad aparente con mejora en la estructura del suelo y disminución del riesgo de erosión. Una de las ventajas adicionales de la fertilización orgánica respecto a la inorgánica es la menor pérdida potencial de nutrientes y la posibilidad de realizar una única fertilización durante el ciclo de cultivo. Es por ello que es posible obtener rendimientos equivalentes o superiores en producción orgánica respecto a los obtenidos con manejo convencional del suelo.

A partir del estudio comparativo entre suelos con incorporación de dos abonos: compost y estiércol vacuno, y suelos sin abonar, clasificados como Haplustoles énticos de la unidad cartográfica de la planicie con tosca de Castex y Winifreda, se pudieron establecer los efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades edáficas y sobre el rendimiento de lechuga.

Los resultados de este estudio permitieron demostrar que el contenido de M.O no presentó diferencias significativas entre tratamientos abonados y el testigo, esta respuesta era esperable si se considera que las condiciones iniciales del suelo fueron muy buenas en cuanto a contenido de materia orgánica y concentración de nutrientes, debido al uso previo del túnel.

Al no encontrar diferencias entre tratamientos en el contenido de M.O, lo mismo ocurrió con las variables físicas de densidad aparente y agua útil, que son fuertemente influenciadas por el contenido de materia orgánica, entre otros factores.

La concentración de macronutrientes mostró, en el caso del fósforo, similares resultados a los obtenidos con la M.O, disminuyendo ligeramente en los tratamientos abonados sin presentar diferencias entre los tres tratamientos; mientras que la concentración de nitratos fue significativamente menor en los tratamientos abonados, sobre todo en el compostado, lo que podría deberse a la lixiviación de los nitratos en los tratamientos abonados, donde habría mayor concentración del nutriente disponible y por lo tanto, mayor probabilidad de que éste se lixivie.

En cuanto al pH, éste disminuyó ligeramente en el tratamiento con agregado de compost con respecto al testigo, mientras que el abonado con estiércol mantuvo un

valor de pH muy similar al testigo, resultando ambos moderadamente alcalinos. Estas diferencias observadas no fueron significativas estadísticamente.

La conductividad eléctrica, si bien al igual que la mayoría de las variables analizadas, no presentó diferencias significativas entre tratamientos, registró un aumento del 21 % en el tratamiento compostado con respecto al testigo, alcanzando valores de  $3,7 \text{ dS m}^{-1}$ , mientras que en el estercolado disminuyó levemente. De todas formas, este aumento en el tratamiento compostado no se vio reflejado en el rendimiento obtenido del cultivo. En este sentido, todos los tratamientos mostraron valores similares de rendimiento en un ciclo desde transplante de 93 días que oscilaron entre  $3,5$  y  $3,8 \text{ kg m}^{-2}$ , sin diferencias significativas entre ellos.

Como conclusión general, los resultados de este estudio permiten demostrar que en Haplustoles énticos con cultivos de lechuga bajo cubierta, regados con agua de mala calidad  $\text{C}_4 \text{ S}_3$ , el agregado de estiércol vacuno y compost en dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  no produjo a corto plazo diferencias significativas en las propiedades físicas y químicas del suelo analizadas, excepto en el contenido de nitrógeno disponible, ni en el rendimiento de lechuga. Por lo tanto, no se confirmó la hipótesis planteada que sostenía que la aplicación de abonos orgánicos resultaría en una mejora en las variables físicas y químicas del suelo evaluadas, incrementando los contenidos de materia orgánica, nitrógeno de nitratos, fósforo disponible y agua útil, respecto al suelo sin abonar y que estas mejoras se verían reflejadas en un aumento de los rendimientos del cultivo. Se cree que esto fue debido al corto período de evaluación y a las buenas condiciones edáficas que presentó el suelo del macro-túnel al inicio del ensayo, tales como elevados contenidos de materia orgánica (3,7 %), fósforo (308 ppm), nitratos (45,76 ppm), baja densidad aparente ( $1,02 \text{ g/cm}^3$ ) y pH moderadamente alcalino (8,1).

## **LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA**

En base a los resultados obtenidos en este estudio, de carácter preliminar, se recomienda continuar con las siguientes líneas de trabajo:

- ✓ Seguir monitoreando en el mediano y en lo posible, largo plazo, la respuesta de las propiedades de suelos abonados en condiciones de uso más intensivo, con sucesivos ciclos de cultivos, a fin de poder establecer una recomendación de mayor sustento dirigida a los productores hortícolas de la zona.
- ✓ Evaluar en el tiempo, cuántos ciclos de cultivo es capaz de sostener el suelo con estas condiciones iniciales sin disminuir el rendimiento del cultivo.
- ✓ Evaluar si existen diferencias en el efecto acumulado entre abonos orgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo.

## **BIBLIOGRAFÍA CITADA**

- Arshad, M. y Martín, S. (2002). Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 88, 153-160.
- Aruani, M. C.; Gili, P.; Fernández, L.; González Junyent, R.; Reeb, P. y Sánchez, E. (2008). Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en la Lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo, Neuquén-Argentina. *AGRO SUR* 36 (3), 147-157.
- Aumassanne, C. M. (2010). Incidencia de pasturas de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo riego gravitacional sobre propiedades de Entisoles pertenecientes a la unidad geomorfológica de terrazas bajas en Colonia Veinticinco de Mayo, La Pampa. Trabajo Final de Graduación para alcanzar el grado de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente. UNLPam. 49 pp.
- Balcaza, L. F. (2000). Importancia de la calidad de agua de riego en los cultivos bajo cubierta.  
[http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/hor/lb\\_001.htm](http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/hor/lb_001.htm), consultado el 3 de septiembre de 2012.
- Baudino, E. M.; de la Nava, H.; Salazar Sarachini, J.; Grégoire, H. y Siliquini, O. A. (2007). Relevamiento de plagas y enemigos naturales en el cultivo de lechuga. Provincia de La Pampa (Argentina). *Revista FCA, UNCuyo* 39 (1), 101-105.
- Belcher, B. J. y Ponce, J. P. (2011). Producción, contenido de nitratos y proteína bruta en plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) crespa y mantecosa, con dos dosis de fertilizante y cuatro épocas de cultivo. Trabajo Final de Graduación para alcanzar el grado de Ingeniero Agrónomo. UNLPam. 40 pp.
- Bulluck III, L. R.; Brosius, M.; Evanylo, G. K. y Ristaino, J. B. (2002). Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19, 147-160.
- Cano, E.; Casagrande, G.; Conti, H.; Salazar Lea Plaza, J.; Peña Zubiato, C.; Maldonado Pinedo, D.; Martínez, H.; Hevia, R.; Scoppa, C.; Fernández, B.; Montes, M.; Musto, J. y Pittaluga, A. (1980). Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. *Clima, Geomorfología, Suelo y Vegetación*.

- Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de La Pampa, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 493 pp.
- Castro, A.; Henríquez, C. y Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministros de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(1), 31- 43.
- Cervantes Flores, M. A. (2004). Abonos Orgánicos. Centro de Formación Profesional Agraria. E.F.A. CAMPOMAR. [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com), visitado el 10 de Octubre de 2011.
- Ciapparelli, I. C.; De Siervi, M.; Maisonnave, R.; Weigandt, C.; de Iorio, A. F. y García, A. R. (2011). Respuesta del cultivo de trigo al agregado de estiércol como medida de utilización de residuos de feedlot. Conferencia Geográfica Regional UGI 2011.
- Comese, R. V.; González, M. G. y Conti, M. E. (2009). Cambios en las propiedades de suelo de huerta y rendimiento de *beta vulgaris* var. *cicla* por el uso de enmiendas orgánicas. *Ciencia del Suelo* 27(2), 271-275.
- Conti, M. (2000). Principios de edafología. Con énfasis en suelos argentinos. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 430 pp.
- Dimas López, J.; Díaz, E. A.; Martínez, R. E. y Valdez Cepeda, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19, 293-299.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. (2011). InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- FAO (2000). Inocuidad y calidad de los alimentos orgánicos en relación con la agricultura orgánica. 22ª Conferencia Regional De La FAO Para Europa. Oporto. Portugal. 24-28 de julio. <http://www.fao.org/docrep/meeting/X4983s.htm>, consultado el 7 agosto de 2012.
- Fernández, N. N.; Quant Bermúdez, F. J. y de Caram, G. A. (1998). El uso de tres abonos orgánicos sobre ciertas propiedades del suelo en producción hortícola. *Agrotecnia* 4, 2-11.
- Frioni, L. (2006). Microbiología: básica, ambiental y agrícola. Departamento de Publicaciones de la Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 407 pp.

- Gonella, C. A.; Hernández, R. A.; Pérez, L. A. y Homse, A. C. (1999). Producción ecológica: naturalmente de calidad. INTA. EEA General Villegas. 48 pp.
- Grasso, R.; Muguero, A.; Ferrato, J.; Mondino, M. C. y Longo, A. (2006). Manual de Producciones Hortícolas. Publicación del CERET La Pampa y Ministerio de la producción de la Provincia de La Pampa. 49 pp.
- Hernández Rodríguez, O. A.; Ojeda Barrios, D. L.; López Díaz, J. C. y Arras Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *El científico frente a la sociedad* 4 (1), 1-6.
- Jiménez, L.; Noguera, N. y Larreal, M. (2004). Cambios en la productividad de un Ultisol degradado mediante la aplicación de estiércol bovino. *Revista de la Facultad de Agronomía* 21 (3), 246-259. Universidad de Zulia, Venezuela.
- Julca, O. A.; Meneses, F. L.; Blas, S. R. y Bello, A. S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA* 24 (1), 49-61.
- Lal, R. (1998). Land use and soil management effects on soil organic carbon dynamics on Alfisols in Western Nigeria. 109-126 pp. In: Lal, R.; Kimble, J. M.; Follet, R. F. y Stewart, B. A. (eds.). *Soil processes and carbon cycle*. Boca Raton, CRC Press. 109-126 pp.
- Legaz, F. y Primo Millo, E. (1992). Influencia de la fertilización nitrogenada en la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas. *Levante Agrícola* 317-318, 4-15.
- Martínez, H. M.; Sighel, R. R. y Calamari, N. (1972). Contribución al conocimiento de los suelos del departamento capital, Provincia de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa. 51 pp.
- Porta Casanellas, J.; López Acevedo Reguerín, M. y Roquero De Laburu, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi. España. 848 pp.
- Romero Lima, M. del R.; Trinidad Santos, A.; García Espinosa, R. y Ferrera Cerrato, R. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34 (3), 261-269.
- Rosane, G. A. (2011). Aplicación de enmiendas en suelos salinizados y alcalinizados por efecto del riego con agua subterránea, en relación al rendimiento de lechuga bajo invernadero. Trabajo Final de Graduación para alcanzar el grado de Ingeniero Agrónomo. UNLPam. 25 pp.

- Rotondo, R.; Firpo, I.; Ferreras, L.; Toresani, S.; Fernandez, E. y Gómez, E. (2009). Uso de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado en sistemas de cultivos hortícolas. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/27/8AM27.htm>, visitado el 4 Octubre 2011.
- Sainato, C. M.; Galindo, G. y Heredia, O. (2006). Agua subterránea. Exploración y utilización agropecuaria. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. 115 pp.
- Sánchez, T. M. (2010). Evaluación de la calidad de lechuga (*Lactuca sativa L.*) respecto a su contenido de nitratos y materia seca. Revista de la Facultad de Agronomía, UNLPam 21, 31-38.
- Sánchez, T. M.; Siliquini, O. A.; Gili, A. A.; Baudino, E. M. y Morazzo, G. C. (2012). Contenido de nitratos y proteína en lechuga crespa y amaranto hortícola producidos con enmienda y urea. Revista Chapingo, Serie Horticultura 18 (2), 217-226.
- Schlichting, E.; Blume, H. y Stahr, K. (1995). Bodenkundliches Praktikum Pareys Studentexte 81. Blackwell Wissenschafts-Verlag. Berlin. 295 pp.
- Schnitman, G. y Lernoud, P. (1992). Agricultura orgánica. Experiencias de cultivo ecológico en la Argentina. Buenos Aires: Planeta Argentina. 336 pp.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación (SAyDS). (2007). Primer inventario nacional de bosques nativos: informe regional espinal, segunda parte. Primera edición: Buenos Aires, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación. 154 pp.
- Seguel, O.; García de Cortázar, V. y Casanova, M. (2003). Variación en el tiempo de las propiedades físicas de un suelo con adición de enmiendas orgánicas. Agricultura Técnica 63 (3), 287-297.
- Soria, C. R. (2003). Determinación del potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en Earth. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera Agrónoma con el grado de Licenciatura. Universidad Earth, Guácimo, Costa Rica. 41pp.
- Sosa, O. (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. Agromensajes. Facultad de Ciencias Agrarias, UNC 16, 1-5.
- Soto, G. y Muñoz, C. (2002). Consideraciones teóricas y prácticas del compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 65, 123-129.

- Vázquez Nicolás, J. N.; Solano Vergara, J. J.; Vázquez Rosales, R.; Aguirre Flores, V.; Bahena Galindo, M. E.; Oliver Guadarrama, R.; Granjeno Colín, A. E.; Orihuela Trujillo, A. y Flores Pérez, F. I. (2009). Efecto de enmiendas orgánicas y fertilizante químico en la producción de pasto taiwán *Pennisetum purpureum* Schaum. Investigación Agropecuaria 6 (2), 205-218.
- Vega Ronquillo, E.; Rodríguez Guzmán, R. y Serrano González, N. (2009). Sustratos orgánicos usados para la producción de ají chay (*Capsicum annuum* L.) en un huerto orgánico intensivo del trópico. UDO Agrícola 9 (3), 522-529.

### **OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- Brechelt, A. (2004). Manejo ecológico del suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. Red de acción de Plaguicidas y sus alternativas para América Latina. 28 pp. [http://www.rap-al.org/articulos\\_files/Manejo\\_Ecologico\\_del\\_Suelo.pdf](http://www.rap-al.org/articulos_files/Manejo_Ecologico_del_Suelo.pdf), visitado el 7 de octubre de 2011.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2004). Abonos orgánicos. Pro Huerta, General Pico, La Pampa. <http://www.inta.gob.ar/extension/prohuerta/info/carpetas/abonoorganico/Abonos%20Organicos%20-%20La%20Pampa%20-%20Gral%20Pico.pdf>, visitado el 20 de octubre de 2011.
- Sasal, C.; Andriulo, A.; Ulle, J.; Abrego, F. y Bueno, M. (2000). Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas en sistemas de producción hortícola del centro norte de la Región Semiárida Pampeana Húmeda. INTA EEA Pergamino. Ciencia del suelo 18 (20), 95-104.



## ANEXOS

### Anexo N° 1: Análisis de las propiedades físico-químicas de los suelos

**Tabla A 1:** Densidad aparente (gramos.cm<sup>-3</sup>) para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	DA
T1	0.99
T1	1.07
T1	1.10
T1	0.91
T1	1.01
T2	1.06
T2	1.03
T2	1.12
T2	0.98
T2	1.01
T3	0.98
T3	0.98
T3	1.09
T3	1.12
T3	0.95

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>.

**Tabla A 2:** Capacidad de campo (%), Punto de marchitez permanente (%) y Agua útil (%) para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	CC	PMP	AU
T1	10.21	8.459	1.751
T1	12.87	8.1026	4.767
T1	16.49	10.241	6.249
T1	17.84	6.083	11.757
T1	17.68	10.835	6.845
T2	12.62	9.053	3.567
T2	12.32	7.865	4.455
T2	16.93	8.459	8.471
T2	16.45	10.241	6.209

**Tabla A 2:** Continuación

<b>T2</b>	16.05	12.023	4.027
<b>T3</b>	14.14	10.835	3.305
<b>T3</b>	10.67	12.023	-1.353
<b>T3</b>	15.79	7.271	8.519
<b>T3</b>	15.66	10.241	5.419
<b>T3</b>	16.85	10.241	6.609

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ .

**Tabla A 3:** Materia orgánica (%) para cada tratamiento.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>M.O</b>
<b>T1</b>	4.49
<b>T1</b>	3.05
<b>T1</b>	3.42
<b>T1</b>	4.49
<b>T1</b>	3.02
<b>T2</b>	3.72
<b>T2</b>	3.15
<b>T2</b>	2.92
<b>T2</b>	3.49
<b>T2</b>	3.05
<b>T3</b>	3.15
<b>T3</b>	3.89
<b>T3</b>	1.98
<b>T3</b>	4.86
<b>T3</b>	3.86

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ .

**Tabla A 4:** Fósforo disponible (ppm) para cada tratamiento.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>P</b>
<b>T1</b>	226.054
<b>T1</b>	291.665
<b>T1</b>	362.655
<b>T1</b>	289.514

T1	370.722
T2	205.080
T2	294.892
T2	204.004
T2	366.420
T2	294.892
T3	378.789
T3	222.827
T3	231.432
T3	279.296
T3	163.669

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ .

**Tabla A 5:** Nitrógeno de Nitratos (ppm) para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	N
T1	32.909
T1	34.619
T1	SIN DATOS
T1	51.597
T1	63.911
T2	16.409
T2	20.867
T2	34.778
T2	10.421
T2	40.758
T3	12.936
T3	2.960
T3	9.002
T3	3.405
T3	SIN DATOS

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ .

**Tabla A 6:** pH actual e hidrolítico para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	pH actual	pH hidrolítico
T1	7.26	7.60

T1	8.26	8.71
T1	8.45	8.88
T1	8.30	8.64
T1	8.20	8.59
T2	8.20	8.63
T2	8.50	8.94
T2	8.01	8.37
T2	7.74	8.04
T2	8.59	8.97
T3	7.95	8.58
T3	7.14	7.66
T3	8.38	9.06
T3	6.83	7.28
T3	8.32	8.71

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ .

**Tabla A 7:** Conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	CE
T1	3.40
T1	1.89
T1	3.78
T1	2.23
T1	3.78
T2	2.45
T2	3.00
T2	1.78
T2	2.67
T2	3.89
T3	5.90
T3	2.50
T3	1.90
T3	2.45
T3	5.56

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$  y T3: abonado con compost, dosis de  $3 \text{ kg m}^{-2}$ .

**Tabla A 8:** Pesos frescos de lechuga (gr) para el tratamiento testigo sin abonar (T1), sus repeticiones y valores medios. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>PESO FRESCO</b>	<b>PROMEDIO</b>
T1	200	198 <i>(62.33)</i>
T1	240	
T1	200	
T1	180	
T1	240	
T1	190	
T1	320	
T1	170	
T1	160	
T1	80	
T1	220	266 <i>(63.63)</i>
T1	240	
T1	330	
T1	360	
T1	230	
T1	190	
T1	200	
T1	360	
T1	280	
T1	250	
T1	410	330 <i>(88.94)</i>
T1	280	
T1	300	
T1	250	
T1	280	
T1	330	
T1	270	
T1	250	
T1	520	
T1	410	
T1	370	278 <i>(72.08)</i>
T1	360	
T1	320	
T1	290	

T1	230	
T1	280	
T1	260	
T1	220	
T1	320	
T1	130	
T1	240	
T1	210	
T1	200	
T1	220	229
T1	290	(34.14)
T1	170	
T1	250	
T1	260	
T1	210	
T1	240	

**Tabla A 9:** Pesos frescos de lechuga (gr) para el tratamiento abonado con 3 kg m<sup>-2</sup> de estiércol vacuno (T2), sus repeticiones y valores medios. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

TRATAMIENTO	PESO FRESCO	PROMEDIO
T2	230	248 <i>(41.85)</i>
T2	210	
T2	220	
T2	230	
T2	300	
T2	260	
T2	240	
T2	210	
T2	240	
T2	340	
T2	260	232 <i>(47.09)</i>
T2	250	
T2	200	
T2	230	
T2	330	
T2	210	
T2	260	
T2	190	
T2	230	
T2	160	
T2	200	286 <i>(58.54)</i>
T2	290	
T2	390	
T2	220	
T2	290	
T2	360	
T2	270	
T2	260	
T2	320	
T2	260	
T2	380	284 <i>(101.13)</i>
T2	240	
T2	300	
T2	200	

T2	500	
T2	340	
T2	180	
T2	290	
T2	190	
T2	220	
T2	210	
T2	240	
T2	200	
T2	170	223
T2	290	(31.99)
T2	220	
T2	220	
T2	250	
T2	210	
T2	220	



**Tabla A 10:** Pesos frescos de lechuga (gr) para el tratamiento abonado con 3 kg m<sup>-2</sup> de compost (T3), sus repeticiones y valores medios. Entre paréntesis y en cursiva desvío estándar.

TRATAMIENTO	PESO FRESCO	PROMEDIO
T3	250	216 <i>(47.66)</i>
T3	250	
T3	240	
T3	300	
T3	140	
T3	220	
T3	220	
T3	180	
T3	200	
T3	160	
T3	230	272 <i>(51.60)</i>
T3	220	
T3	330	
T3	240	
T3	300	
T3	350	
T3	330	
T3	210	
T3	270	
T3	240	
T3	200	233 <i>(71.19)</i>
T3	230	
T3	200	
T3	390	
T3	320	
T3	260	
T3	190	
T3	190	
T3	170	
T3	180	
T3	250	251 <i>(61.36)</i>
T3	210	
T3	370	
T3	300	

T3	210	
T3	320	
T3	230	
T3	180	
T3	250	
T3	190	
T3	200	
T3	260	
T3	210	
T3	250	
T3	160	
T3	150	
T3	250	
T3	260	
T3	250	
T3	280	
		227 (44.73)

**Tabla A 11:** Rendimiento de lechuga (kg.m<sup>-2</sup>) para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO
T1	2,87
T1	3,86
T1	4,79
T1	4,03
T1	3,32
T2	3,60
T2	3,36
T2	4,15
T2	4,12
T2	3,23
T3	3,13
T3	3,94
T3	3,38
T3	3,64
T3	3,29

T1: testigo sin abonar; T2: abonado con estiércol vacuno, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup> y T3: abonado con compost, dosis de 3 kg m<sup>-2</sup>.

## **Anexo N° 2: Análisis estadístico**

### **Densidad aparente**

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DA	15	0.03	0.00	6.67

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.5E-03	2	7.5E-04	0.16	0.8545
TRATAMIENTO	1.5E-03	2	7.5E-04	0.16	0.8545
Error	0.06	12	4.7E-03		
Total	0.06	14			

### **Capacidad de campo**

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CC	15	4.5E-03	0.00	18.24

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.40	2	0.20	0.03	0.9730
TRATAMIENTO	0.40	2	0.20	0.03	0.9730
Error	87.90	12	7.33		
Total	88.30	14			

### **Punto de marchitez permanente**

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PMP	15	0.11	0.00	18.64

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.78	2	2.39	0.77	0.4855
TRATAMIENTO	4.78	2	2.39	0.77	0.4855
Error	37.33	12	3.11		
Total	42.11	14			

### **Agua útil**

#### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AGUAUTIL	15	0.06	0.00	60.39

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.86	2	3.93	0.37	0.6965
TRATAMIENTO	7.86	2	3.93	0.37	0.6965
Error	126.42	12	10.54		
Total	134.28	14			

## Materia orgánica

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
%M.O	15	0.06	0.00	22.11

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.47	2	0.24	0.39	0.6825
TRATAMIENTO	0.47	2	0.24	0.39	0.6825
Error	7.20	12	0.60		
Total	7.67	14			

## Fósforo disponible

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P	15	0.05	0.00	27.38

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3715.52	2	1857.76	0.30	0.7441
TRATAMIENTO	3715.52	2	1857.76	0.30	0.7441
Error	73588.23	12	6132.35		
Total	77303.75	14			

## Nitrógeno de nitratos

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N	13	0.69	0.62	45.45

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3002.44	2	1501.22	10.97	0.0030
TRATAMIENTO	3002.44	2	1501.22	10.97	0.0030
Error	1368.00	10	136.80		
Total	4370.44	12			

### Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=17.75491

Error: 136.8000 gl: 10

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T3	7.08	4	5.85	A
T2	24.65	5	5.23	B
T1	45.76	4	5.85	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ )

## pH actual

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pHactual	15	0.16	0.02	6.62

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.64	2	0.32	1.14	0.3522
TRATAMIENTO	0.64	2	0.32	1.14	0.3522
Error	3.37	12	0.28		
Total	4.01	14			

## **pH hidrolítico**

### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pHhidrolítico	15	0.07	0.00	6.76

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.29	2	0.14	0.44	0.6532
TRATAMIENTO	0.29	2	0.14	0.44	0.6532
Error	3.91	12	0.33		
Total	4.20	14			

## **Conductividad eléctrica**

### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CE	15	0.13	0.00	42.10

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.75	2	1.37	0.91	0.4289
TRATAMIENTO	2.75	2	1.37	0.91	0.4289
Error	18.14	12	1.51		
Total	20.88	14			

## **Rendimiento de lechuga**

### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
rendimiento	15	0.07	0.00	14.29

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.24	2	0.12	0.44	0.6563
TRATAMIENTO	0.24	2	0.12	0.44	0.6563
Error	3.26	12	0.27		
Total	3.50	14			