



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

**INFORME DE TRABAJO FINAL**

**Evaluación de enmiendas orgánicas en un suelo *Hapludert* típico, con cultivo de tomate protegido (*Lycopersicon esculentum* Mill)**

**Alumna** Aguirre Laura Estefanía

**Legajo N°** 25554/7

**DNI** 31248094

**Correo electrónico:** lauagui1984@hotmail.com

**Teléfono:** 0221-155905773

**Fecha de entrega:** Agosto 2020

**Directora** Dra. Margarita M. Alconada.

**Co-Directora** Ing. Agr. Andrea Pellegrini.

***Departamento de Ambiente y Recursos Naturales.***

***Curso de Edafología. FCA y F. UNLP***

***Año 2020***

## INDICE

<b>1. RESUMEN</b> .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
2.1 Problemática en la producción hortícola .....	2
2.2 Degradaciones en el Cinturón Hortícola del Gran La Plata (Buenos Aires, Argentina) y prácticas asociadas .....	2
2.3 Características naturales de la región.....	3
2.4 El cultivo de Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) .....	4
2.5 El Suelo .....	5
2.5.1 <i>La composición del suelo</i> .....	5
2.5.2 <i>Importancia de los parámetros físicos del suelo</i> .....	6
2.6 Características químicas del suelo .....	8
2.7 Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas.....	9
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	10
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	11
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	11
5.1 Lugar de estudio.....	11
5.2 Cultivo ensayado.....	12
5.3 Manejo del cultivo.....	13
5.4 Ensayo realizado.....	13
5.5 Suelo estudiado.....	14
5.6 Procedencia del material orgánico ensayado .....	14
5.7 Muestreo de suelo.....	15
5.8 Determinaciones en suelo.....	16
5.9 Determinaciones en cultivo .....	16
5.10 Análisis estadístico.....	17
<b>6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	17
6.1 Humedad del Suelo.....	17
6.2 Nitrógeno Total.....	18
6.3 Materia Orgánica .....	19
6.4 Estabilidad Estructural.....	21
6.5 Conductividad Hidráulica (CH).....	22
6.6 Rendimiento .....	245
6.7 Calidad de la Producción .....	¡Error! Marcador no definido.
6.8 Desarrollo de las Plantas .....	27
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	28

## 1. RESUMEN

La producción hortícola intensiva se realiza en los denominados Cinturones Hortícolas, los que se ubican alrededor de grandes ciudades a las cuales abastece de productos frescos. Sin embargo, presentan riesgos ambientales, muchos de ellos vinculados a la degradación edáfica. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cama de pollo fresca y compostada sobre las propiedades físicas de un suelo Hapludert típico degradado y sobre la calidad y rendimiento del cultivo de tomate protegido (*Lycopersicon esculentum* Mill). El ensayo se realizó en un invernáculo perteneciente a la EE Gorina del ex Ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia Bs As (actualmente, Ministerio de Agroindustria) que se incluye en el ámbito del denominado Cinturón Hortícola del Gran La Plata. Se analizaron cuatro tratamientos: Testigo (T1), suelo sin enmiendas orgánicas; T2, suelo con cama de pollo fresca, dosis de 30 t ha<sup>-1</sup>; T3, compost de cama de pollo en dosis equivalente a T2; y T4, compost en doble dosis del T3. El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 repeticiones. Se estudió el suelo en dos profundidades, superficial (0-10 cm) y subsuperficial (10-20 cm), toma de muestras 3/2016. En suelo se midió la Estabilidad Estructural, Conductividad Hidráulica, Humedad gravimétrica, Nitrógeno total y Materia orgánica. En el cultivo se analizaron variables de crecimiento: altura de planta, largo y ancho de primera hoja desarrollada, diámetro del tallo y número de racimos florales; y se midió el rendimiento del cultivo clasificándolo por calidad. Los resultados se analizaron estadísticamente por ANOVA y mediante el Test de Tukey. Si bien, hubo una tendencia favorable para los suelos con mayores dosis del material compostado las diferencias solo fueron significativas en algunas propiedades y sitios. El T4, con dosis doble del material compostado presentó significativamente mayor Estabilidad estructural subsuperficial que el testigo (T1), y mayor Conductividad Hidráulica en superficie con respecto a T3 (P 0,05). Esto se corresponde con un contenido significativamente mayor de Nt y Materia Orgánica, en la superficie del T4 respecto al Testigo. Las diferencias en suelo no se tradujeron en cambios en el cultivo ni en el rendimiento. Posiblemente un mayor número de años con uso de enmiendas compostadas pueda confirmar la tendencia favorable respecto al estiércol fresco. Estudios sobre la química y biología del suelo son también necesarios efectuar a fin de establecer la pertinencia y forma en que las enmiendas orgánicas deben ser utilizadas.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1 Problemática en la producción hortícola**

En las últimas décadas la sociedad en general, y especialmente la vinculada al sector productivo, ha observado y expresado su intranquilidad por los severos problemas ambientales que advierten, tales como la contaminación del agua, el aire, la *degradación edáfica*, la pérdida de biodiversidad, entre otros, que se producen por el uso intensivo de sistemas productivos. Ante esta situación, varias disciplinas han incorporado el estudio de los riesgos, la vulnerabilidad y la fragilidad de los ecosistemas, haciendo hincapié en los procesos que origina la actividad antrópica. En este contexto, la necesidad de información edáfica se ha tornado cada vez más importante en términos de la sustentabilidad del manejo de tierras, la salud del ecosistema y de los ciclos biogeoquímicos (Cotler et al., 2002). En el concepto de *degradación edáfica* se incluye a toda modificación que conduce a la pérdida de su condición original, de modo que disminuye la capacidad para producir, cuantitativa y cualitativamente bienes y servicios o que modifica el mejor uso posible (FAO UNESCO, 2004).

La producción hortícola bajo cubierta en los manejos tradicionales, requiere un uso intensivo de insumos y prácticas. Así, se realiza fertirriego, se aplican gran cantidad de agroquímicos, y se efectúa un laboreo intensivo del suelo para implantar cultivos en forma continua, y en general, sin adecuadas rotaciones. Los costos son elevados, y el manejo implementado conduce a la pérdida de la calidad de sitio hasta incluso su abandono. Las degradaciones observadas son químicas, físico-químicas, físicas y biológicas. Se destacan la *sodicidad*, *salinidad*, *pérdida de materia orgánica y fertilidad física*. Los problemas descriptos inciden negativamente sobre el crecimiento de la mayoría de los cultivos, con pérdida de rendimiento, calidad de producto, y contaminación del ambiente en general (suelo, agua, planta) (Alconada Magliano., et al., 2018, Cuellas, 2019).

### **2.2 Degradaciones en el Cinturón Hortícola del Gran La Plata y prácticas asociadas**

La región del Gran La Plata, es una de las zonas de mayor importancia a nivel nacional en la producción hortícola y florícola en invernadero, según el Censo provincial hortiflorícola (CHFBSAS, 2005), existían en la región 1.047

explotaciones (hortícolas y florícolas) en 2.879,9 ha; de las cuales 1.887,9 ha eran a campo y 992 ha bajo cubierta. En un análisis más reciente, realizado por medio de la utilización de imágenes satelitales, el aumento de superficie con invernáculos es significativo, la superficie estimada de invernáculos fue de aproximadamente 4000 ha (German et al., 2018)

Si bien la cercanía a las grandes ciudades constituye una ventaja competitiva para esta región, la forma de producción intensiva con elevada aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas, uso de plaguicidas sin control, entre otras prácticas, para satisfacer la demanda creciente de la sociedad (tanto en calidad como en cantidad), genera diversas problemáticas en el sistema productivo que se vinculan principalmente a los procesos tecnológicos, y que con el tiempo provocan la degradación de los recursos naturales (Polack, 2013).

Como consecuencia de las degradaciones ocurridas, se reducen los rendimientos. Se intenta revertir dicha disminución con mayor uso de fertilizantes inorgánicos, y un manejo de abonos de origen orgánico sin un estricto control en relación a dosis, objetivo y los efectos que efectivamente tienen en el ambiente en general, en el suelo y en la producción en particular (Alconada et al., 2000; Giuffré et al., 2004; Alconada et al., 2011; Alconada et al., 2018; Alconada, 2019; Cuellas, 2019).

Así, en la región productiva del Gran La Plata es frecuente aplicar cama de pollo en dosis próximas a  $40 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  (base fresca) indicándose que la finalidad es mejorar el drenaje del suelo ya que la nutrición química se aporta a través del fertirriego. Consecuentemente, no se considera el aporte de nutrientes provenientes de las enmiendas y se prevé que su uso mejorará propiedades vinculadas a la permeabilidad del suelo.

Por lo expuesto, resulta necesario efectuar una revisión y análisis de las prácticas de manejo usadas habitualmente por los productores hortícolas de la zona, a fin de conocer su potencial impacto sobre la calidad del suelo, el cultivo y el ambiente.

### **2.3 Características naturales de la región**

Los suelos del Gran La Plata en donde se desarrolla esta actividad se los clasifica como *Hapludert típico* y *Argiudol vértico*. Presentan naturalmente elevada fertilidad química, alto nivel de materia orgánica, están libres de sales y sodio ( $\text{CE} < 1 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ,  $\text{pH}: 5,5$  y  $\text{RAS} < 1$ ), como única limitante química tienen bajo

contenido de fósforo. Sin embargo, la propiedad que condiciona el manejo es la permeabilidad moderadamente baja, debido a que poseen un elevado contenido de arcillas desde superficie (entre 32-40%) que se incrementa subsuperficialmente (50–60%), prevaleciendo la illita, y en segundo término la montmorillonita (Hurtado et al., 2006).

Estas limitantes naturales, sumadas al riego con agua de baja calidad (bicarbonatada sódica) (Alconada y Zembo, 2000), y al manejo productivo que se implementa (exceso de fertilización, de enmiendas orgánicas e inorgánicas), pueden provocar degradaciones físicas, físico-químicas, y biológicas, afectando también el crecimiento de los cultivos (Poncetta et al., 2006).

## **2.4 El cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)**

En la actualidad el cultivo de tomate ha adquirido importancia económica en todo el mundo (FAO 2016). En Argentina se producen unas 900.000 tn al año, siendo la demanda anual de aproximadamente 540.000 tn .año<sup>-1</sup>, y se estima que el consumo es, en promedio, de unos 14,5 kg de tomate por habitante por año (INTA, 2015).

En Argentina se diferencia la producción de tomate en función de las condiciones agroecológicas. Si bien el cultivo se desarrolló en casi todo el país (con la excepción de la provincia de Santa Cruz), existe una fuerte concentración regional de la actividad, dado que un 87,7% de la superficie nacional se concentra entre las Provincias de Corrientes y Buenos Aires. La zona de Cuyo (Mendoza y San Juan) se destaca por las producciones al aire libre, particularmente de tomate perita, cuyo destino final es la industria. Históricamente las provincias del norte (Salta, Jujuy, Corrientes) son proveedores de tomate en invierno (INDEC, 2011). La expansión del cultivo bajo cubierta, incluye como oferente en invierno a la provincia de Buenos Aires (La Plata, Berazategui, Florencio Varela y Mar del Plata).

Su consumo se realiza en fresco, industrializado y en seco. Por el alto contenido en vitaminas y minerales, y su atractivo sabor, es muy usado en la cocina, pero también se le atribuyen propiedades medicinales como digestivo, desinfectante y antiescorbútico. Contiene vitamina C, potasio, fibra, y beta-caroteno (precursor de la vitamina A), y constituye una importante fuente de licopeno, que cumple un relevante rol como alimento funcional en la prevención de enfermedades (Curso de Horticultura, Guía didáctica: Cultivo y manejo del cultivo de tomate, 2017).

Por lo expuesto es imprescindible evaluar todo el proceso productivo que lleva a su obtención, a fin de producir alimentos de calidad, libres de contaminantes, y con las cualidades organolépticas y nutritivas requeridas para la salud humana.

## 2.5 El Suelo

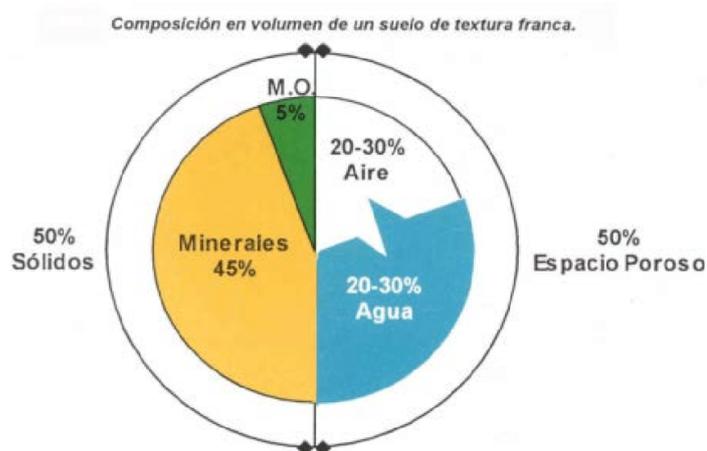
En este punto se analizan algunos aspectos conceptuales vinculados a la edafología y nutrición de los cultivos que permiten dar el marco de referencia para el posterior análisis en el presente estudio.

### 2.5.1 La composición del suelo

Puede definirse al suelo por sus funciones como un “cuerpo natural tridimensional, integrante de un ecosistema con aplicaciones agronómicas, ecológicas, ambientales, en la arquitectura del paisaje (Porta et al., 1994).

La agregación del suelo es el proceso mediante el cual sus partículas primarias, arena, limo y arcilla, se unen formando unidades secundarias, agregados, debido a la acción de fuerzas naturales y a sustancias derivadas de exudados de las raíces y provenientes también de la actividad microbiana (Soil Science Society of America, 1997).

En la Figura 1 se presenta un esquema general de un suelo de textura franca con un contenido de materia orgánica, donde las relaciones suelo-aire-agua-planta, posibilitarían adecuadas condiciones de fertilidad física y química.



**Figura 1** Representación proporcional del espacio ocupado por los componentes del suelo (Extraída de publicación del INTA)

La estructura del suelo incide en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas, siendo en determinados casos, un factor limitante en la producción. Una estructura desfavorable puede acarrear problemas en el desarrollo de las plantas, tales como el exceso o deficiencia de agua, falta de aire, incidencia de enfermedades, baja actividad microbiana, impedimento para el desarrollo de las raíces, etc. Por el contrario, una estructura favorable permitirá que los factores de crecimiento actúen eficientemente y se obtengan, en consecuencia, los mayores rendimientos de las cosechas (Montenegro, 1991; Porta et al., 1994).

El manejo del suelo, considerado éste como la combinación de todas las tareas de labranza (o su ausencia), prácticas de cultivo, fertilización, encalado, y otros tratamientos conducidos sobre el suelo, o aplicados al mismo para la producción de vegetales y/o animales; tiene un impacto mayor sobre la estructura del suelo, a través de la fragmentación, compactación, mezcla y deterioro de los procesos que promueven la agregación. Los diferentes sistemas de manejo afectan de forma diferencial la estructura del suelo y las propiedades asociadas a la misma (Dörner y Horn, 2006).

### **2.5.2 Importancia de los parámetros físicos del suelo**

El proceso de producción agrícola es un sistema de múltiples variables en continua interacción espacial y temporal. En este sistema llamado continuo y abierto, las relaciones suelo-agua-planta-atmósfera son las que determinan el comportamiento de cada uno de ellos. La cantidad y tasa de absorción de agua y nutrientes por las plantas depende de la habilidad de las raíces para absorber la solución edáfica que está en contacto con ellas, como así también, de la habilidad que tiene el suelo de aportar a las raíces a una velocidad tal, que permita satisfacer los requerimientos de transpiración y crecimiento vegetal. Cualquier factor adverso que altere el crecimiento y actividad de las raíces, puede afectar parcial o severamente la actividad radical y por lo tanto, la capacidad de producción del cultivo.

**Estabilidad estructural\_.** La estabilidad de los agregados es un indicador de los procesos implicados en la degradación del suelo (Six et al., 2000) dado que incide sobre la infiltración, retención de agua, aireación, y resistencia a la penetración de las raíces. Los índices de estabilidad de agregados se correlacionan con las tasas

de erosión de suelos, de tal forma que la estabilidad influye en la erodabilidad de los suelos y en la distribución de agregados (Fox y Le Bissonnais, 1998).

Una estructura adecuada y una elevada estabilidad de los agregados es necesaria para mantener la productividad agrícola y reducir la contaminación ambiental derivada de la degradación del suelo por erosión. Dicha estructura y estabilidad, está influenciada por el tipo y contenido de arcilla, los iones asociados al complejo de intercambio, los óxidos de Fe y Al, el número de contactos entre partículas, la tensión de agua y los niveles de materia orgánica (Hartge, 2000), y su persistencia en el tiempo posee efectos ambientales en la conservación del suelo y el rendimiento de los cultivos (Olson et al., 1999).

Entre los factores que favorecen la estabilidad del suelo, se destaca la materia orgánica (MOS) siendo un factor estabilizador de la estructura del suelo, ya que ayuda a mantener las partículas minerales unidas frente a las fuerzas desestabilizadoras como el humedecimiento e impacto de las gotas de lluvia (Lado et al., 2004).

***Materia orgánica***\_. La materia orgánica ha sido considerada tradicionalmente uno de los factores principales de la fertilidad de los suelos. Es el reservorio de alrededor del 95% del nitrógeno edáfico e influye favorablemente sobre propiedades físicas como la estabilidad de la estructura, la erodabilidad y la densidad aparente. Se la considera también uno de los componentes principales de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Swift, Woomeer et al., 1991).

Como se deduce de lo anteriormente expuesto, interviene directamente en la estructura de los horizontes del suelo, formando parte de los complejos arcillo-húmicos del mismo, mejorando la capacidad de infiltración del agua en suelos arcillosos, y aumentando la capacidad de retención en los suelos arenosos, y en todos los casos, mejorando la disponibilidad de nutrientes, entre otras funciones. Cabe destacar que los suelos en estudio, Hapludert típico presentan en su condición natural restricciones en su permeabilidad y drenaje (Hurtado et al., 2006).

***Conductividad hidráulica***\_. Una de las propiedades más directamente relacionadas con la estructura y el movimiento de agua en el suelo es la conductividad hidráulica. Si esta resulta baja puede limitar el adecuado suministro de agua y aire a las raíces. Por ello, las propiedades físicas del suelo son de vital importancia para la producción agrícola y el uso sostenible del recurso suelo. Por

ello, este estudio se centrará en conocer el comportamiento y el valor de esta propiedad cuando se producen variaciones de dosis en las adiciones de enmiendas orgánicas al medio edáfico.

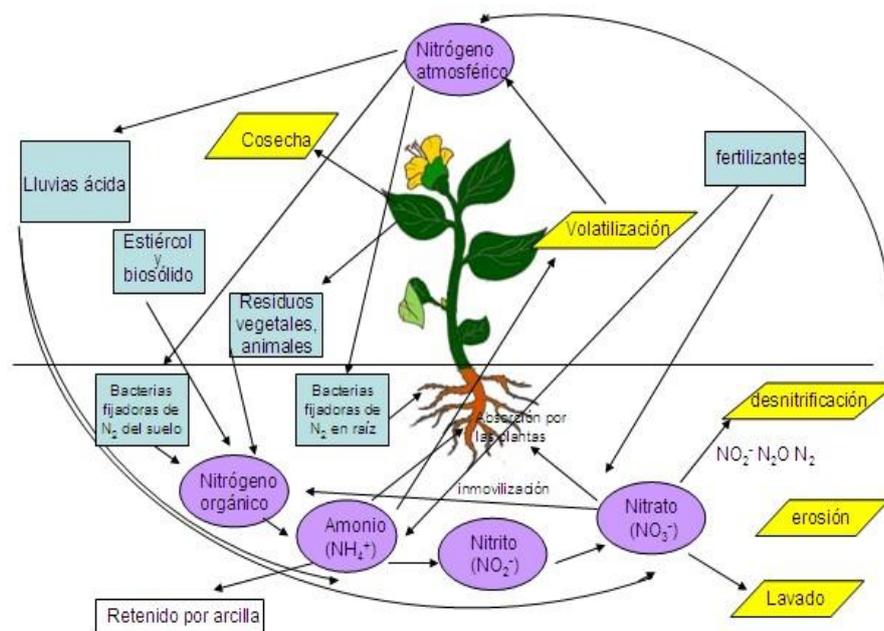
## **2.6 Características químicas del suelo**

Si bien existen al menos 16 elementos esenciales, son los elementos N, P, y K, los que se consumen en grandes cantidades por los cultivos y los nutrientes que en general, se incluyen en los planes de fertilización. En sistemas productivos intensivos, tal como los hortícolas del Gran La Plata, otros macro y micronutrientes son también agregados. La incorporación es a través de los fertilizantes y el proveniente de los abonos orgánicos, generándose situaciones de muy elevada concentración de dichos elementos, hasta de hiperfertilización (Giuffre et al., 2004) y contaminación del ambiente, en este sentido el nitrógeno adquiere particular importancia (Alconada Magliano, et al., 2018; Cuellas, 2019).

***Nitrógeno***\_. El nitrógeno es uno de los nutrientes más intensamente estudiado, no sólo por ser un elemento esencial y requerido por los cultivos en mucha mayor proporción que el resto de nutrientes, es un macronutriente, sino también, porque los excesos tienen un fuerte impacto en la salud humana y el ecosistema (Brady y Weil, 2008). Dado el elevado requerimiento de N que tienen los cultivos, es que su provisión adecuada tiene un gran impacto en el rendimiento y calidad de los cultivos hortícolas. Asimismo, es de destacar, que lo diferencia del resto de los otros nutrientes, su elevada movilidad y cambios a los cuales está sujeto en el suelo, que incluyen procesos de pérdida, ganancia y transformación (Alexander, 1994). En la región se destaca la contaminación del agua subterránea atribuida, específicamente en la zona hortícola, a la fertilización nitrogenada (Auge y Nagy, 1999).

El uso eficiente del N es factible si se parte de comprender el ciclo en el sistema suelo-planta y los factores que intervienen en cada uno de los procesos que participa. Desde ese conocimiento se pueden disminuir los flujos de nitrógeno que pueden originar riesgos ambientales y sobrecostos económicos, así como, optimizar la dosis de fertilización compatible con una buena producción. Esto implica también, un buen manejo de las fuentes orgánicas (estiércoles o restos de cosecha), para ajustar de forma más precisa los planes de fertilización.

Las principales formas minerales de nitrógeno en el suelo y los procesos en los que interactúan se presentan en la (Figura 2). El N como ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el suelo puede ser inmovilizado por los microorganismos del suelo, absorbido por algunas plantas, fijado en las interláminas de algunas arcillas, volatilizado en forma de amoníaco u oxidado a nitrato (nitrificación), dependiendo de las condiciones del medio y consecuentemente, los microorganismos que intervengan (Alexander, 1994; Mengel y Kirby, 2000). El nitrógeno en forma de ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) puede también ser inmovilizado por la biomasa microbiana del suelo, absorbido por la planta, lixiviado o volatilizado (desnitrificación en anaerobiosis). Pero el nitrógeno en el suelo se encuentra mayoritariamente integrando la materia orgánica, sujeta a procesos de transformación por parte de los microorganismos del suelo derivando en formas disponibles para la planta (mineralización) (Mengel y Kirby, 2000; Brady y Weil, 2008).



**Figura 2** Ciclo del nitrógeno (Extraída de Guía de Edafología, Aula Virtual, FCsAg y Fs. UNLP)

## 2.7 Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas

La utilización de los abonos orgánicos como enmienda en producciones intensivas bajo cubierta busca restituir la pérdida de estructura y permeabilidad del perfil edáfico que se produce a los pocos años de comenzar este sistema productivo (Alconada, 2004). Las enmiendas y abonos orgánicos tienen como objetivo,

mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, al mejorar la estructura, y consecuentemente mejorar las condiciones de circulación del agua, aire, la permeabilidad del suelo y el drenaje, aumentando la capacidad de retener agua útil para las plantas, disminuyendo la erosión, y siendo además, fuente de nutrientes. La materia orgánica tiene un efecto mejorador al contribuir a disminuir la dificultad de laboreo de los suelos arcillosos “pesados”, y aumentar la cohesión de los arenosos “livianos”. Si bien es indicada en diversos estudios la utilidad de incorporar estiércol equino, vacuno, gallina u otros, como fuente de materia orgánica, como mejorador de las propiedades físicas de suelos incluso arcillosos (Benedicto y Tovar, 1993; Hernández Rodríguez et al., 2010) muy posiblemente estas deban ser acompañadas de otras prácticas y/o aportes vegetales a fin de que efectivamente aumente el contenido de materia orgánica humificada. Asimismo, los aportes negativos de los estiércoles deben ser controlados (Labrador Moreno, 1996).

Específicamente en el Gran La Plata, los estiércoles que frecuentemente se utilizan son de *gallina, caballo y vacuno* en diferentes *camas* (paja, afrechos, afrechillos de arroz, girasol), aportando en todos los casos altos contenidos de sales, generando aumentos de pH e incluso dando elementos en exceso y/o contaminantes. Por ejemplo, en abonos de cama de caballo y cama de pollo utilizados en ensayos del Gran La Plata, se midió 3,8-5 dS/m de CE (salinidad), pH entre 7-8 y concentraciones elevadas de micronutrientes, B de 250-400 ppm, Zn 62-157 ppm y Cu de 11-247 ppm. Estos abonos de origen animal, son agregados en general en la región, sin composta, y en dosis fijas que se repiten anualmente (aproximadamente 40 tn.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>).

Por el contrario, tal como indican Sierra y Rojas (2002) y Ullé et al. (2005), el uso de enmiendas orgánicas controladas, abonos verdes o rotaciones resulta conveniente para el mantenimiento del nivel de C y N requerido en el suelo, principalmente en cultivos hortícolas que aportan bajos contenidos de dichos nutrientes. En todos los casos, se debe conocerse su naturaleza, características químicas, dosis de aplicación, y su efecto en el tiempo (Sasal et al., 2000, Barbazán et al., 2011; Gracia Fernández, 2012, Román et al., 2013).

### 3. HIPÓTESIS

- La cama de pollo, sin estabilizar, fresca, comúnmente utilizada en las producciones intensivas bajo coberturas plásticas en el Gran La Plata, no

mejora las características físicas del suelo debido al aporte insuficiente de materiales orgánicos formadores de humus.

- El material orgánico estabilizado o compostado, obtenido a partir de cama de pollo según dosis aplicadas presenta una composición que mejora aspectos de la física del suelo.
- El aporte de N que estos abonos aportan al suelo resultarían suficientes para el cultivo de tomate.

#### **4. OBJETIVOS**

##### ***Objetivo general***

- Evaluar el efecto que produce la aplicación de cama de pollo fresca y compostada sobre las propiedades físicas y contenido de nitrógeno del suelo *Hapludert típico* degradado y sobre el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) respecto a su calidad y rendimiento.

##### ***Objetivos específicos***

- Evaluar y analizar propiedades físicas edáficas vinculadas a la permeabilidad y la estabilidad del suelo.
- Evaluar contenido de materia orgánica y nitrógeno total de la cama de pollo fresca y estabilizada.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de tomate, *Lycopersicum esculentum* Mill, en función de las diferentes aplicaciones de enmienda.
- Evaluar los efectos sobre los parámetros fenológicos y de crecimiento del cultivo de tomate.

#### **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **5.1 Lugar de estudio**

El ensayo se llevó a cabo en la Chacra Experimental de Gorina-Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires, ubicado en la localidad de Gorina, partido de La Plata (Figura 3). Las tareas de campo fueron realizadas por el personal de dicha institución, en un invernáculo tipo capilla (Figura 4), habiendo sido financiado conjuntamente con fondos provenientes del INTA (proyecto Código de Planificación: PNHFA-1106082 y Código de Administración: 1106082) y

del Curso de Edafología, de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de La Plata. UNLP.



**Figura 3** Estación Experimental de Gorina



**Figura 4** Invernáculo tipo capilla

## 5.2 Cultivo ensayado

Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), variedad Elpida. Se realizó conforme a las prácticas de manejo frecuentes en la región, en relación a la conducción, raleos, ataduras, etc (Figura 5). Dichas tareas fueron efectuadas por el personal de campo del MAA, Chacra Experimental Gorina (Encargado Jorge Luna). La densidad de plantación fue de 2,2-3 plantas.m<sup>2</sup>. Los plantines fueron sembrados en almácigo y luego trasplantados al invernáculo el 15 de octubre de 2015, posterior a un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*, var Lores) (Tesina alumnos Luz Falcón y Luciano Calandrelli).



**Figura 5** Vista interior del invernáculo con el cultivo de tomate en la etapa reproductiva y con las plantas tutoradas

### 5.3 Manejo del cultivo

El cultivo se desarrolló bajo cobertura plástica, en un invernáculo tipo capilla (Figura 4) con riego por goteo (superficie del invernáculo 240 m<sup>2</sup>: 40 m de largo y 6 m de ancho) (Figuras 5 y 6). El riego por goteo (20 cm entre goteros) fue realizado mediante mangueras dispuestas en los lomo, obteniéndose una lámina de riego promedio de 100-200cc por día para cada gotero. En ningún caso se aplicó fertilizante inorgánico de modo de comparar sólo el efecto del material orgánico ensayado.



**Figuras 6** Mangueras de riego dispuestas en lomos

### 5.4 Ensayo realizado

Se compararon 4 tratamientos:

- Tratamiento 1: (T1), testigo sin aplicación de enmiendas.
  - Tratamiento 2: (T2) enmienda orgánica conforme se efectúa en la región: cama de pollo fresca (*densidad 0,30 tn.m<sup>-3</sup> y 74% materia orgánica*), dosis aproximada equivalente a 30-40 tn.ha<sup>-1</sup>, que representa en volumen 100 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.
  - Tratamiento 3: (T3) cama de pollo compostada (*densidad 0,35 tn.m<sup>-3</sup> y 55% materia orgánica*), dosis correspondiente al contenido de materia orgánica del T2.
  - Tratamiento 4: (T4) cama de pollo compostada, en doble dosis del tratamiento T3.
- Los abonos fueron agregados en agosto de 2015.

Diseño experimental: Bloques al azar con cuatro repeticiones, total 16 parcelas de 5,2m<sup>2</sup> (dos bordos por parcela, cada bordo 0,52m\*5m= 2,6 m<sup>2</sup>), superficie total de invernáculo de 240m<sup>2</sup>.

### 5.5 Suelo estudiado

*Hapludert típico* (Serie Gorina, Hurtado et al., 2006) en producción intensiva bajo cobertura plástica, invernáculo tipo capilla con riego por goteo.

La mayor acumulación de agua que experimentan estos suelos reduce su aptitud para el uso agropecuario, asignándose a la unidad la subclase Illws, (Hurtado et al., 2006). En la Figura 7 se presenta un detalle de la superficie del suelo *Hapludert típico* degradado, entre líneas de cultivo. Se aprecian grietas desde superficie con material que entra por dichas grietas, compactación superficial y pérdida de materia orgánica (colores claros) (Alconada et al., 2018).



**Figura 7** Vista de detalle del suelo *Hapludert típico* degradado

### 5.6 Procedencia del material orgánico ensayado

El material de los tratamientos fue aportado por el Ing. Agr. Luciano Juan, quien procesa en su establecimiento avícola el material de referencia. El material empleado se encuentra compostado a partir de un proceso de transformación aeróbica controlada de los materiales orgánicos contenidos en los residuos, por medio de la actividad de los microorganismos. Este proceso transcurre en un tiempo de aproximadamente 1 año, a la intemperie, en pilas de aproximadamente 1 m<sup>3</sup> siguiendo los criterios de Pellegrini y Lanfranco (2014).

Las características generales de los materiales utilizados se detallan en la siguiente Tabla (Tabla 1, extraída de Ungaro, 2017).

**Tabla 1.** Características de las enmiendas orgánicas ensayadas. Cama de pollo fresca (CPF); Cama de pollo estabilizada (CPE); pH en pasta y RAS relación de Adsorción Sodio; Conductibilidad eléctrica (CE)  $\text{dS.m}^{-1}$ ; Materia orgánica (MO) y Nitrógeno total (Nt) por ciento; Fosforo Bray y Kurtz (P) ppm; Sodio soluble (Na), Potasio soluble (K) y concentración de Calcio más Magnesio (Ca+Mg) en  $\text{meq.l}^{-1}$ ; Cobalto (Co), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Cobre (Cu) en  $\text{mg.l}^{-1}$

Determinación	Cama de Pollo Fresca (CPF)	Cama de Pollo Estabilizada (CPE)
pH pasta	8.88	6.74
C.E.	23,6	14,9
M.O	72	38
Nt	2,1	1,9
P bk	142	181
RAS	54,8	11,8
Na soluble	106,7	64,3
K soluble	77	---
Ca +Mg sol	7,6	59,0
Co	< 0.5	< 0.5
Ni	< 0.5	< 0.5
Pb	$0.60 \pm 0.15$	$0.50 \pm 0.03$
Cd	< 0.5	< 0.5
Zn	$22.65 \pm 0.01$	$5.86 \pm 0.00$
Fe	$21.02 \pm 0.20$	$49.11 \pm 0.51$
Cu	$1.48 \pm 0.003$	$1.92 \pm 0.02$
Mn	$38.81 \pm 0.80$	$113.68 \pm 1.87$

## 5.7 Muestreo de suelo

Muestreo de suelo: Se efectuó el primer muestreo en el mes de octubre de 2015, y al final del ciclo del cultivo (cosecha) en el mes de marzo del 2016. Las muestras de suelo fueron compuestas por 6 a 8 submuestras. Se muestreó superficialmente de 0-10 cm y subsuperficialmente de 10-20 cm de profundidad.

## 5.8 Determinaciones en suelo

- **% DE HUMEDAD:** se midió el contenido de humedad de las muestras de suelo, mediante el secado en estufa a 60° C, previo pesado y rotulado de cada una de las mismas. luego se pesaron nuevamente y se calculó el % de humedad.
- **NITRÓGENO TOTAL (NT):** *Método Microkjeldahl* (SAMPLA, 2004). Se analizó en el muestreo final (marzo 2016) en ambas profundidades.
- **MATERIA ORGÁNICA:** método de *Walkley y Black* (1934).  
Determinación de Carbono Oxidable según la Norma IRAM-SAGyP 29570-1 (2010). Se analizó en el muestreo final (marzo 2016) en ambas profundidades.
- **ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:** Se determinó por el método de Le Bissonais (1996).  
Procedimiento: Este método consiste en someter muestras de 10 g de agregados de 3-5 mm, a tres pretratamientos de laboratorio para el cálculo del diámetro medio ponderado de agregados estables (DMP) por: i) humectación rápida por inmersión en agua (DMPe), ii) disgregación mecánica por agitación después de la re-humectación en etanol (DMPd) y iii) humectación lenta con agua por capilaridad (DMPc).
- **CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (CH): CON MUESTRAS ALTERADAS.** Determinación en el laboratorio con muestras secas, molidas y tamizadas por 2 mm (Warren Forsythe, 1980). Procedimiento: Se utiliza el permeámetro de carga constante, que mide el volumen de agua que filtra en un determinado tiempo a través de una muestra sobre la cual se mantiene un nivel de agua constante.  
Los análisis de las muestras de suelo extraídas del invernáculo fueron realizados en el Laboratorio de Edafología, en la Cátedra del Curso de Edafología, Facultad de Cs Agrarias y Forestales (UNLP).

## 5.9 Determinaciones en cultivo

Las siguientes variables de crecimiento se determinaron en la etapa vegetativa (Antesis) y reproductiva (Floración) del cultivo de tomate, promedio de 4 repeticiones:

- *Calibre del tallo:* el diámetro del tallo se midió con un calibre, efectuándose las mediciones en la zona del cuello de la planta. Las mediciones se realizaron en la etapa vegetativa.

- *Altura de planta:* mediante cintas métricas. Las mediciones se realizaron en la etapa vegetativa.
- *Largo y ancho de las hojas:* con cinta métrica se midieron las primeras hojas totalmente desarrolladas, en el estadio vegetativo.
- *Número de racimos y frutos por planta:* se contaron durante el desarrollo del estado reproductivo.
- *Rendimiento final del tomate:* se efectuaron un total de 13 cosechas de manera manual.
- *Calidad de frutos (tamaño y peso del fruto):* se clasificaron los frutos en cada cosecha semanal, organizándolos según la calibración comercial, por tamaño, peso, y calidad de los frutos. Se tuvieron en cuenta las siguientes categorías:
  - ✓ Primera: frutos sanos de peso = a 200 g o mayor.
  - ✓ Segunda: frutos sanos de peso > a 100 g y < a 200 g.
  - ✓ Tercera: frutos sanos de peso > a 50 g y < a 100 g.
  - ✓ Descarte: frutos enfermos o de un peso < a 50 g.

### **5.10 Análisis estadístico**

Se utilizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) para un Prueba de F test unilateral (P 0,05-0,01) entre tratamientos y entre fechas de muestreo. La comparación de medias se efectuó por Tukey.

## **6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **6.1 Humedad del Suelo**

En la Tabla 2 se presentan los datos de humedad de fecha Marzo 2016 (correspondiente al muestreo final). No se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de enmiendas orgánicas ni respecto al testigo, en ninguna de las profundidades medidas. Sin embargo, puede indicarse una tendencia a un mayor contenido de humedad en los tratamientos con abonos, principalmente compostados.

Tratamiento	Tratamiento	% Humedad (0 a 10 cm)	% Humedad (10 a 20 cm)
T1	Testigo	22,5 a	29,39 a
T2	Cama de pollo fresca	29,3 a	30,84 a
T3	Material compostado simple dosis	26,3 a	32,38 a
T4	Material compostado doble dosis	32,3 a	32,52 a

**Tabla 2.** Humedad del suelo para los diferentes tratamientos

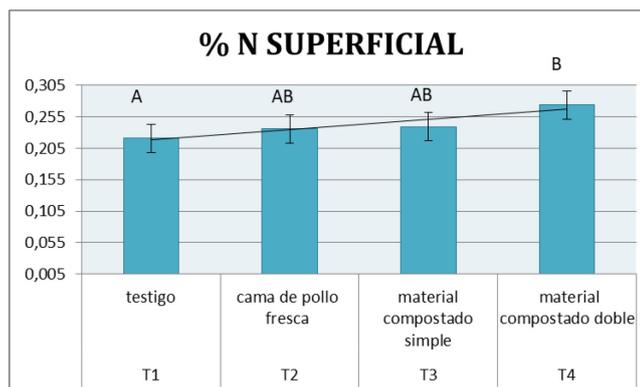
Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

## 6.2 Nitrógeno Total

### ***Nitrógeno Superficial***

En la **Figura 8** se presenta el contenido de Nt en superficie. En todos los casos el contenido de N resulta bien provisto. Sólo hubo diferencias significativas en el T4 respecto al testigo ( $p < 0,05$ ), el cual presentó el menor contenido de Nt. No hubo diferencias entre lo demás tratamientos. Se aprecia entonces, que si bien se produjo una tendencia a aumentar el contenido de N en el suelo con el agregado de abonos, aumenta de manera significativa solo cuando el agregado es muy elevado (T4). Se destaca que el contenido de Nt contenido en los abonos (Tabla 1), resultaría en una cantidad de N total muy elevada, superior al que requiere el cultivo. Consecuentemente, el hecho de que el Nt edáfico no aumentó de manera significativa entre tratamientos, habiendo sido el doble el aporte de Nt en el abono del tratamiento 4 (80 tn/ha con 1,9% de N, Tabla 1), y representando esta una cantidad de N muy por encima de las necesidades del cultivo para los rendimientos posibles, permite estimar que en este T 4 se produjo una importante pérdida de N, debido a la movilidad del mismo, y las características vérticas de los suelos (*Hapludert típico*) que coadyuvan en la pérdida por lixiviación por grietas, y/o desnitrificación con mayor contenidos de humedad.

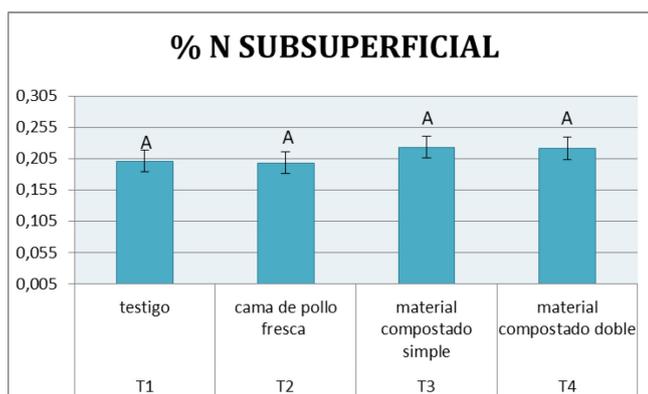
Cabe destacar, que en estos sistemas productivos, los niveles de  $\text{NO}_3^-$  suelen ser elevados por la incorporación de estiércoles de distinto origen (principalmente cama de estiércol de gallina) se realiza anualmente, aumentando la posibilidad de contaminación de las aguas subterráneas no sólo con  $\text{NO}_3^-$  (Auge y Nagy, 1999), sino también, una acumulación continua en el suelo de un variado número de nutrientes no esenciales, incluso tóxicos, y sales en general.



**Figura 8.** Nitrógeno total (%) del suelo para los diferentes tratamientos, del estrato superficial (de 0 a 10 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

### ***Nitrógeno Subsuperficial***

En el horizonte subsuperficial los contenidos de Nt resultan ligeramente inferiores que en superficie, y tienden a ser, aunque no significativamente, mayores en los tratamientos con abonos. Es de destacar que a esta profundidad el desarrollo de raíces es muy escaso, por lo cual las pérdidas de N pueden ser mayores.



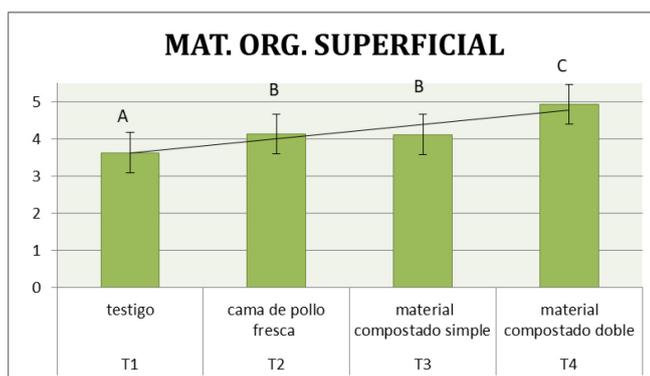
**Figura 9.** Nitrógeno total (%) del suelo para los diferentes tratamientos solo en el estrato subsuperficial (10 a 20 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

## **6.3 Materia Orgánica**

### ***Materia orgánica superficial***

En la Figura 10 se presentan los valores de Materia Orgánica (%) obtenidos en superficie sobre el muestreo final. En todos los casos los valores resultan elevados y significativamente mayores en los tratamientos respecto al testigo. Asimismo, el T4 se diferencia significativamente de los otros dos tratamientos.

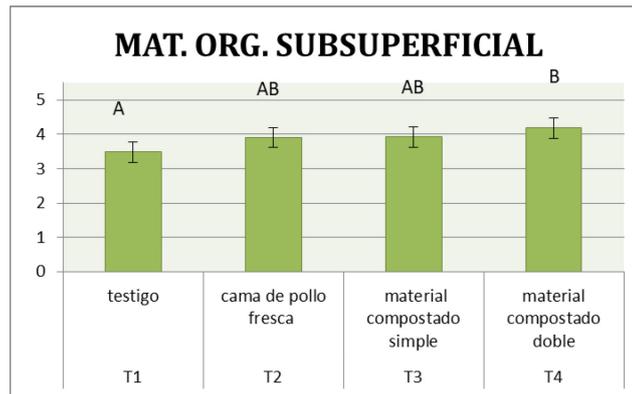
Los niveles de MO fueron similares a los encontrados en los suelos de la región en su condición natural (> 4%) (Hurtado et al., 2006), y resultan suficientemente elevados como para propiciar una adecuada estructuración. Sin embargo, se aprecia que en función del manejo (laboreo, manejo del agua) esto en general no se produce, tal como se aprecia en la (Figura 7). Esto es debido a las características texturales de estos suelos, con alto contenido de arcillas desde superficie, siendo esta en alta proporción de tipo expansiva, y así mismo, el suelo ensayado proviene de un continuo uso en horticultura bajo cubierta por lo que contenía elevada RAS (aproximadamente 8,5 en promedio). Asimismo, es de destacar, que si bien, el contenido de materia orgánica total es elevado, habría que establecer si efectivamente se produce una formación de humus, ya que si bien Gallardo Lancho (2018) indica algún posible origen animal, los materiales orgánicos formadores de humus son esencialmente de origen vegetal (Labrador Moreno, 1996), siendo el aporte proveniente de las camas “a priori” poco significativo.



**Figura 10.** Materia Orgánica (%) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato superficial (0 a 10 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

### ***Materia orgánica subsuperficial***

Subsuperficialmente, los contenidos de materia orgánica continúan siendo muy elevado, siendo ligeramente inferiores que en superficie. Hubo un aumento significativamente mayor en el T4 respecto al testigo, pero no entre tratamientos. Al igual que lo comentado en superficie, el mayor contenido de materia orgánica no puede indicarse que sea debido a la formación de humus. Adicionalmente, cabe indicar que a esta profundidad ya se encuentra el horizonte Bt, con un contenido mayor a 50% de arcillas y con una circulación de agua muy baja, siendo este horizonte el que conduce a acumulaciones de agua cuando el riego es aportado en exceso.

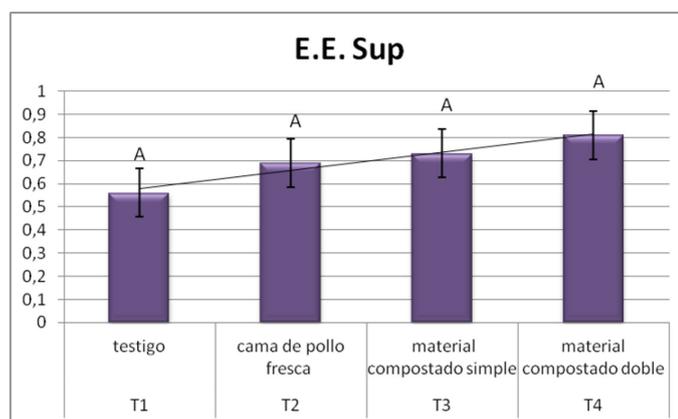


**Figura 11.** Materia Orgánica (%) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato subsuperficial (de 10 a 20 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

## 6.4 Estabilidad Estructural

### *E.E. Superficial*

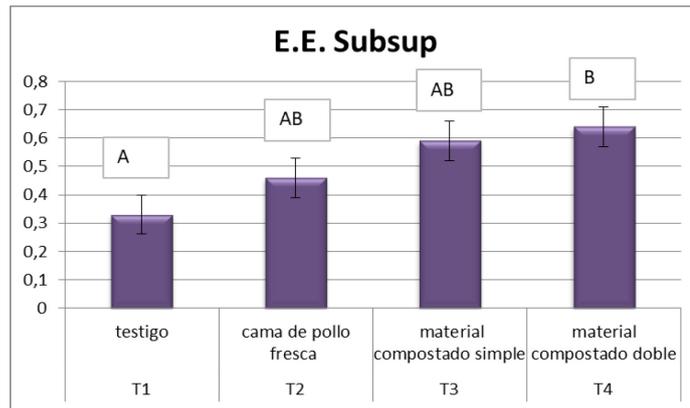
En la Figura 12 se presentan los resultados de estabilidad estructural. No hubo diferencias significativas entre tratamientos. Las diferencias observadas en materia orgánica, no condujeron a cambios en la EE, si bien hay una tendencia a mayores valores con el agregado de abono. Esto confirmaría que si bien aumenta el contenido total de materia orgánica no se produciría una formación de humus suficiente como para modificar comportamientos físicos del suelo.



**Figura 12.** Estabilidad Estructural medida en DMP (mm) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato superficial (0 a 10 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

### ***E.E. Subsuperficial***

En la Figura 13 se presentan los resultados en la EE subsuperficial de los tratamientos implementados. Sólo en el T4 la diferencia llega a ser estadísticamente significativa respecto al testigo. Rotondo et al. (2009) en un suelo *Argiudol vértico* en Zavalla, Santa Fe, encontraron diferencias significativas a favor del tratamiento respecto al testigo pero con dosis menores ( $20\text{tha}^{-1}$ ) de cama de pollo compostada.

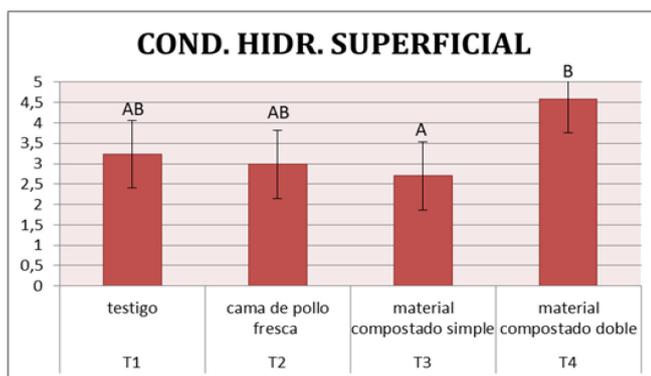


**Figura 13.** Estabilidad Estructural medida en DMP (mm) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato subsuperficial (de 10 a 20 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

## **6.5 Conductividad Hidráulica (CH)**

### ***Conductividad Hidráulica Superficial***

En la Figura 14 se presenta la CH obtenida en superficie (0-10 cm), se observa que hubo diferencias significativas sólo entre los tratamientos compostados (T4 vs T3). Así, la CH en el testigo no se diferencia estadísticamente con ninguno de los tratamientos. Consecuentemente, aún con menor materia orgánica, no hubo una menor conductividad hidráulica que los tratamientos, esto podría ser atribuido a un mayor contenido de sales.



**Figura 14.** Conductividad Hidráulica (cm/h) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato superficial (de 0 a 10 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

No obstante, ese mayor aumento de sales que “a priori” podría considerarse favorable porque genera una mejora en la floculación temporal del suelo, no resulta adecuado no por el suelo, porque no mejora la estructura, ni por la planta, generando además, ambientes bióticos desfavorables que favorecen el desarrollo de plagas. En relación al cultivo, la salinidad aumenta la presión osmótica en la solución edáfica, dificultando o reduciendo drásticamente la absorción de agua por las plantas (sequia fisiológica). En relación al suelo, no inciden directamente en forma desfavorable sobre las propiedades físicas de los suelos cuando dichas sales son a base de calcio (Porta et al., 1994). Sin embargo, en el sitio del presente estudio, las sales son esencialmente sódicas, y en general acompañado por Na intercambiable (Alconada et al., 2018). En el sitio del presente estudio, resulta difícil establecer el balance de sales que resulta y el efecto sobre la permeabilidad, que puede tener cambios temporales y de intensidad variable, dependiendo de las relaciones CE (salinidad)-RAS (sodicidad). Estos aspectos deben ser más detenidamente estudiados.

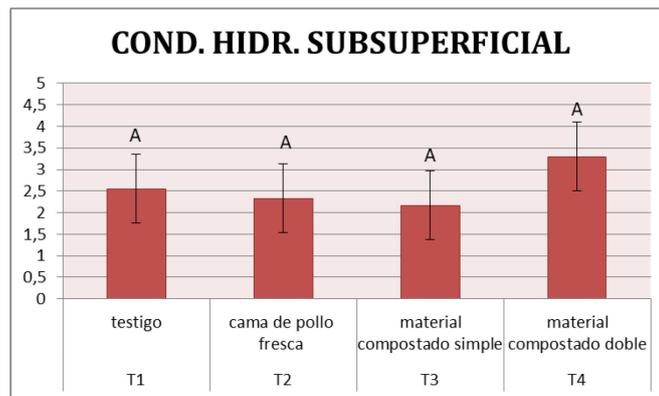
La salinidad (CE) edáfica en el presente ensayo fue estudiada por Vescovo (2019), quien encuentra los siguientes valores en el muestreo final: testigo  $5,3 \text{ dS.m}^{-1}$ , que resultó significativamente mayor respecto al T2 ( $2,6 \text{ dS.m}^{-1}$ ) y el T4 ( $3,6 \text{ dS.m}^{-1}$ ) En relación a la concentración de Ca+Mg, se produjo una disminución significativa en los tratamientos con abonos respecto al testigo, principalmente en T2. Sin embargo, si bien también disminuye en el contenido de Na significativamente, en todos los tratamientos el contenido de Na continua siendo elevado. Esto condujo a valores de RAS significativamente mayores en el T2 (13,1) y en el T4 (13,6). Consecuentemente, el T2 aunque presentó menor salinidad la alcalinidad fue mayor. En T3 la RAS resultó significativamente menor

(7,7) que en el testigo (11,8) y los restantes tratamientos. Se aprecia entonces, que el análisis de los cambios en una propiedad debido a una práctica en particular, requiere de una profundización de consideraciones, tal como las que aquí se comentan.

### **Conductividad Hidráulica Subsuperficial**

En la **Figura 15** se presenta la CH subsuperficial. Si bien hubo un aumento en el tratamiento 4, las diferencias no resultaron significativas. Los valores resultan bajos, y son inferiores a los obtenidos en superficie. Estos valores se corresponden con la elevada proporción de arcilla de estos suelos. En suelos con elevado contenido de arcillas expandibles, la porosidad efectiva será baja y en consecuencia el flujo del agua se verá disminuido (Castiglione y Morrás, 2007), y por consiguiente la porosidad efectiva será baja en superficie, pero casi nula en horizontes subsuperficiales (Wilson y Cerana 2004), y el valor de conductividad hidráulica cercano a cero (Fontanini et al., 2003).

No hubo diferencias significativas a esta profundidad en CE. La salinidad resulto baja y disminuye respecto al inicio del ensayo en todos los sitios, y se corresponde con un marcado aumento en el contenido de humedad hacia el final del ensayo.



**Figura 15.** Conductividad Hidráulica (cm/h) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato subsuperficial (de 10 a 20 cm) sobre el muestreo final. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

## **2.5 Rendimiento**

Los rendimientos de tomate obtenidos en este estudio, se presentan en la Tabla 3. Si bien hubo un incremento en los valores totales en los tratamientos respecto al testigo las diferencias no llegan a ser significativas. Al igual que en las variables medidas en el suelo, se aprecia que si bien existe una ligera mejora en los

tratamientos en algunas de dichas variables, no llegan a reflejarse en forma significativa en los rendimientos. La ausencia de diferencias significativas en los rendimientos puede ser atribuida a que se parte de una situación de elevada fertilidad, y se agregan materiales que aportan elementos en excesos y/o por encima de las necesidades de los cultivos (Tabla 1). La situación de hiperfertilización y degradación general del sitio puede ser la causa de esa ausencia de diferencias en el cultivo de tomate (Vescovo 2019).

Se requiere entonces, efectuar un balance de nutrientes en el sitio, entre lo que se aporta y lo que el cultivo es capaz de extraer. Igualmente, debe destacarse la tendencia a aumentar con el agregado de enmiendas orgánicas.

<b>Rendimiento total (Tn. ha<sup>-1</sup>)</b>			
<b>Tratamiento</b>			
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
94,63 a	108,1 a	107,51 a	108,29 a

**Tabla 3.** Rendimiento total de tomate (Tn. ha<sup>-1</sup>) para los diferentes tratamientos.

Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

## 6.7 Calidad de la Producción

Respecto a la distribución por tamaños, se corresponde con lo obtenido con los rendimientos totales, es decir se aprecia que en ninguna de las calidades hubo diferencias significativas. Se destaca en las tres calidades un ligero incremento en los tratamientos de material compostado con doble dosis.

En el tratamiento T2, como cama fresca tiende a dar mayor proporción de frutos de segunda, pero sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

<b>Calidad comercial de la producción total (Tn.Ha<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Tratamiento</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>1*ra Calidad</b>	65,34 a	71,87 a	75,24 a	76,23 a
<b>2*da Calidad</b>	23,16 a	29,7 a	25,54 a	25,93 a
<b>3*ra Calidad</b>	6,13 a	6,53 a	6,73 a	6,13 a
<b>Descarte</b>	5,74 a	4,35 a	3,36 a	5,94 a

**Tabla 4.** Rendimiento de tomate en las diferentes calidades (Tn. ha<sup>-1</sup>)

Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

Respecto a los frutos separados durante la cosecha (descarte) por presentar **Blossom end rot**, se obtuvo una tendencia a mayor ocurrencia en el T4 y en el testigo. (Cadahia, 2005), destaca que si bien los cultivos intensivos, principalmente los de fruto, presentan altos requerimientos nutricionales, a fin de compensar la alta producción de biomasa y obtener alta calidad de fruta, resulta necesaria una adecuación entre oferta y demanda. (Altieri and Nicholls, 2003) destacan que al no existir un balance nutricional adecuado a las necesidades del cultivo, dadas estas por las condiciones del cultivo, manejo de la fertilidad, y edáficas, se producen deficiencias inducidas, mayor incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos.

En este sentido, es de destacar en la región en estudio, la frecuente incidencia de Blossom end rot en el cultivo de tomate, aun estando los suelos muy bien provistos en calcio (Hurtado et al., 2006).

Si bien como se indicó, las diferencias no fueron significativas, en el testigo y el T4 el aporte de sales puede haber tenido una incidencia en la ocurrencia de Blossom. Así, Giardina et al. (2007) señalan que las condiciones de elevada salinidad agravan el problema de deficiencia de calcio, al disminuir su asimilación de calcio. En el presente estudio, las diferencias en salinidad, pueden ser explicadas por los materiales aportados (Tabla 1), y/o circulación de agua que resulta como consecuencia del balance entre el aporte de abonos y salinidad final del sitio ya nombrado anteriormente en conductividad hidráulica.

## **6.8 Desarrollo de las Plantas**

Respecto a los parámetros de crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate cultivadas si bien no hubo diferencias significativas en ningún caso. Se observa una marcada tendencia creciente desde el Testigo hasta el T4 en todos los parámetros evaluados (Tabla 5) con excepción del número de racimos. Esto se corresponde con lo comentado precedentemente respecto al rendimiento total, distribución por calibre de fruto e incidencia de Blossom end rot. Luna Murillo et al, (2015) hallaron similares resultados en cuanto a las variables de crecimiento en cultivo de tomate, var. Amalia, cultivado en Ecuador con abonos orgánicos, especialmente en la altura de las plantas.

<b>Etapa vegetativa (Antesis)</b>				
<b>Mediciones</b>	<b>Tratamiento</b>			
	T1	T2	T3	T4
<b><i>Altura de la planta (cm)</i></b>	87,33 a	88,92 a	90,46 a	90,58 a
<b><i>Diámetros del tallo (mm)</i></b>	11,38 a	11,3 a	11,73 a	11,98 a
<b><i>Ancho Hoja (cm)</i></b>	33,16 a	33,63 a	34 a	34,42 a
<b><i>Largo Hoja (cm)</i></b>	41,29 a	41,54 a	41,58 a	42,29 a
<b>Etapa reproductiva (Floración)</b>				
<b>Mediciones</b>	<b>Tratamiento</b>			
	T1	T2	T3	T4
<b><i>N* racimos florales</i></b>	2,67 a	2,75 a	2,79 a	2,96 a
<b><i>Nº Frutos Medios</i></b>	2,00 a	1,54 a	2,04 a	1,83 a
<b><i>Nº Frutos Chicos</i></b>	2,68 a	2,21 a	2,17 a	2,88 a

**Tabla 5.** Crecimiento y desarrollo de la planta de los diferentes tratamientos.

Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ )

## 8. CONCLUSIONES

Sólo se obtuvo con los tratamientos ensayados una tendencia a mejorar las condiciones físicas del suelo cuando el material orgánico es compostado, especialmente en doble dosis. Hubo una mejora en el contenido de Nt, materia orgánica y conductividad hidráulica en superficie (0-10 cm).

La cama de pollo fresca, sin compostar, en dosis de 30-40 tn.ha<sup>-1</sup>, no mejora la estabilidad estructural ni la conductividad hidráulica del suelo; ni tampoco conduce a mejoras en el contenido de materia orgánica y Nt, en ninguna de las dos profundidades analizadas.

Las ligeras mejoras observadas en el suelo no condujeron a mejoras significativas en los rendimientos ni en los parámetros de calidad analizados. Si bien hay una tendencia favorable con los materiales compostados, las dosis muy elevadas no se justifican dado que podrían constituirse en fuente de contaminación e hiperfertilización, con desbalances nutritivos asociados a esta.

En futuros estudios, deberían probarse y establecerse las dosis de abonos orgánicos que efectivamente podrían reemplazar los fertilizantes de síntesis, y que a su vez, no aporten sales, contaminantes, ni generen desequilibrios nutricionales.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alconada Magliano, M.M. (2019). Suelos afectados por sales en sistemas productivos protegidos, agua de riego y manejo productivo. Actas VI Congreso de la RAS (Red Argentina de la Salinidad) de la AACs. FAUBA: 140 a 145.
- Alconada Magliano, M.M.; M.Garbi y S.B. Martínez. (2018). Producción intensiva flori-hortícola sustentable en el Gran La Plata. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73390/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73390/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alconada, M. (2004). Desinfección del suelo con vapor. Efectos sobre la nutrición de los cultivos. Ediciones, INTA. 123p.
- Alconada, M.; L. Giuffre; L. Huergo y C. Pascale. (2000). Hiperfertilización con fósforo de suelos Vertisoles y Molisoles en cultivo de tomate protegido. En Avances en Ingeniería Agrícola 1998-2000. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. 343-347p.
- Alconada, M., y J. Zembo. (2000). Influencia cualitativa del riego con aguas subterráneas en suelos con producciones intensivas a campo y en invernáculo. En Actas 1er Joint World Congress on Groundwater. 31 de Julio-4 de Agosto. Northeastern Brazil Groundwater Project (PROASNE). Associação Brasileira de Aguas Subterrâneas (ABAS), Fortaleza, Brasil.
- Alexander M. (1994). Introducción a la Microbiología de Suelos. Editor S. A. México.

- Altieri, M., and C. Nicholls. (2003). Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil & Tillage Research* 72:203–211.
- Auge, M. y M. Nagy. (1999). Estado del agua subterránea respecto a la contaminación con agroquímicos en La Plata, Prov. de Buenos Aires. *Hidrología Subterránea. Serie Correlación Geológica*. V13: 203-211p.
- Barbazán, M, A del Pino, C Moltini, J Hernández y J. Rodríguez (2011). Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. *Agrociencia Uruguay* V 15 (1): 82-92.
- Benedicto, V. y J. Tovar S. (1993). Cambios de algunas condiciones del suelo por la incorporación de estiércol. *Actas XII Congreso Lat. de la Ciencia del Suelo*. Salamanca. Vol 1: 45-51.
- Brady, N. C., Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils*. Pearson International Edition. New Jersey. pp. 965.
- Castiglioni, M. y H. Morrás. (2007). Uso del análisis digital de imágenes para el estudio de la porosidad de la zona no saturada de Argiudoles de Argentina. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo* Vol. VIII. 6p
- Censo Provincial hortiflorícola de la provincia de Buenos Aires (CHFBSAS). (2005). [www.estadistica.laplata.gov.ar](http://www.estadistica.laplata.gov.ar)
- Cotler, H., E. Durán y C. Siebe (2002). Caracterización morfo-edafológica y calidad de sitio de un bosque tropical caducifolio. En: Noguera et al. (eds.) 2002: 17-79.
- Cuellas M.V. (2019). Problemáticas de los suelos en producciones bajo cubierta del periurbano AMBA. *Actas VI Congreso de la RAS (Red Argentina de la Sallinidad) de la AACS*. FAUBA: 121 a 126. <http://share.agro.uba.ar/d/XhzRkgJe2Sb>
- Curso de Horticultura, Guía didáctica: cultivo y manejo del cultivo de tomate. 2017. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Impreso por el Centro de Estudiantes de la FCAYF.
- Dörner J., R. Horn. (2006). Anisotropy of pore functions in structured Stagnic Luvisols in the Weichselian moraine region in N. Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169: 213-220
- FAO, (2016). *Ecología y enseñanza rural*. El Suelo. <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm>
- FAO. UNESCO. (2004), Organización para la Agricultura y la Alimentación. Organización de las naciones para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

- Fontanini, P.; J. Cerana y O. Duarte. (2003). Conductividad hidráulica saturada en suelos vertisoles y entisoles. *Revista Científica Agropecuaria* 7(1):75-79. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Fox, D. M. and Y. Le Bissonnais. (1998). A process-based analysis of the influence of aggregate stability on surface crusting, infiltration and interrill erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 717-724.
- Gallardo Lancho, JF. (2018). La materia orgánica del suelo. Residuos orgánicos, humus, compostaje y captura de carbono. Ed. Orientacion Grafica. 400 p.
- German, L.; Vitale, J.; Waldman, C.; Castañeda N. (2018). Estimación de superficie de invernáculos en el Partido de La Plata, mediante dos algoritmos de Inteligencia Artificial en la Plataforma Google Earth Engine. Instituto de Clima y Agua, CNIA. INTA Castelar, german.leonardo@inta.gob.ar
- Guía de la Cátedra de Edafología. Tema: Nitrógeno del suelo. Aula Virtual UNLP, <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/course/view.php?id=21>
- Giardina, E.; Ciarlo, E.; Ciampitti, I.; Clozza, M. (2007). "Calcio como elemento esencial en la biología del suelo: análisis del rendimiento en tomate platense (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. Platense)". Actas del 30º Congreso Argentino de Horticultura y 1º Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Giuffré, L.; M. Alconada; C. Pascale and S. Ratto. (2004). Environmental impact of phosphorus over fertilization in tomato greenhouse production. *Manual Aplicado de Horticultura*. V6 (1):58-61.
- Gracia Fernández, Juan José. (2012). Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen. Maestría Ingeniería ambiental, química y procesos biotecnológicos. Universidad Politécnica Cartagena. 108p. <http://repositorio.bib.upct.es:8080/jspui/bitstream/10317/3123/1/tfm213.pdf>
- Hartge, K. H. (2000). The effect of soil deformation on physical soil properties. A discourse on the common background. pp.32-43. In: Horn, R., J. J. H. van den Akker, and J. Arvidsson (eds.). *Subsoil compaction. Distribution, processes and consequences*. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany.
- Hernández Rodríguez, O.; D. Ojeda Barrios; J. López Díaz y A. Arras Vola. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia*. IV (1).
- Ho, L.C., and P. White. (2005). A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Annals of Botany* 95:571-581

- Hurtado, M.; Gimenez, J.E.; & Cabral, M.G. (2006). Análisis ambiental del partido de La Plata. Aportes al ordenamiento territorial. 1ra. Ed. Consejo Federal de Inversiones. 124p
- INDEC. Censo Poblacional, <http://www.censo2010.indec.gov.ar>. (2011)
- Instituto de Geomorfología y Suelos. Aportes al ordenamiento Territorial, (2006). Centro de Investigaciones de Suelos y Aguas de Uso Agropecuario (CISAUA).
- INTA, EEASE (2016). Conceptos básicos de las relaciones suelo, agua y plantas. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_conceptos\\_basicos\\_de\\_las\\_relaciones\\_agua\\_suelo\\_planta.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_conceptos_basicos_de_las_relaciones_agua_suelo_planta.pdf)
- INTA, EEA AMBA, (2015). Agricultura Urbana y Periurbana en el Área Metropolitana de Buenos Aires. [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-creacin\\_eea\\_amba.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-creacin_eea_amba.pdf).
- IRAM– SAGyPA 29578. (2009). Pretratamiento de muestras de suelo de uso agropecuario para análisis físicos y químicos con secado en estufa.
- IRAM-SAGyP 29570-1. (2010). Determinación de fósforo extraíble en suelos. Parte 1- Método de Bray Kurtz 1 Modificado (extracción solución de fluoruro de amonio – ácido clorhídrico).
- Labrador Moreno, J. (1996). La Materia orgánica en los Agrosistemas. Ed.Mundi Prensa. 174 p.
- Lado, M., A. Paz and M. Ben-Hur. (2004). Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation and soil loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 935–942.
- Le Bissonnais, Y. (1996). Aggregate stability and assessment of crustability and erodibility: 1. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 47, 425–437.
- Luna Murillo, R. A., J.J. Reyes Pérez, R. J. López Bustamante, 2015 Abonos orgánicos y su efecto en el cultivo de tomate. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Mengel K., Kirkby E.A. (2000). Principios de Nutrición Vegetal. Ed. Instituto Internacional de la Potasa, Basilea Suiza. 4ta Ed. 1ra Ed. en español, Traducción R.J. Melgar. 597 p <https://es.scribd.com/doc/276824282/Mengel-Principios-de-Nutricion-Vegetal>
- Montenegro, G.H. (1991). Interpretación de las propiedades Físicas del Suelo (Textura, Estructura, Densidad, Aireación, etc.) En: Seminario-Taller "Fundamentos para la interpretación de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas

- para riego". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá D.E. Colombia.
- Olson, K. R., D. L. Mokma, R. Lal, T.E. Schumacher, and M. J. Lindstrom. (1999). Erosion impacts on crop yield for selected soils of the north central United States. pp. 259
- Pellegrini, A, J.Lanfranco (2014). Capacitación para el reciclado de residuos orgánicos. Fuente de sustratos, abonos y acondicionadores de suelos degradados. Tirada reducida. Facultad CsAg y Fs, UNLP. 78p.
- Polack, L.A. (2013). Tecnología apropiada para la sustentabilidad de sistemas hortiflorícolas con énfasis en cultivos protegidos. (PNHFA 1106082). PTR 2013-2019. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, Argentina.
- Poncetta, P.; M. Alconada y R. Lavado. (2006). Producción de tomate protegido en suelos decapitados con diferentes planes de fertirrigación. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta. Nro. 481.
- Porta, J., M. López Acevedo, y C. Roquero. (1994). Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi Prensa. 807 p.
- Román, P.; M.M. Martínez, y A. Pantoja. (2013). FAO, Manual de compostaje del agricultor. <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- Rotondo, R.; I.T. Firpo; L. Ferreras; S. Toresani; S. Fernández y E. Gómez. (2009). Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y productividad en cultivos hortícolas Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.
- SAMLA. (2004). Recopilación de técnicas de laboratorio. Formato CD-ROM. ISBN 987-9184-40-8
- Sasal, C.; A. Andriulo; J. Ullé; F. Abrego y Bueno. (2000). Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas en sistemas de producción hortícola del centro norte de la Región Pampeana. Ciencia del Suelo 18 (2): 95-104.
- Sierra, C. y C. Rojas. (2002). La materia orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los cultivos. INIA.
- Six, J., E. T. Elliot, and K. Paustian. (2000). Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 1042-1049.
- Soil Science Society of America. (1997). Glossary of Soil Science Terms 1996. Soil Science Society of America. Madison WI. 138 p

- Swift MJ, Woomer P. (1991). Organic matter and the sustainability of agricultural systems: definition and measurement. En: Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Ed. Mulongoy K, Merckx R. John Wiley & sons, New York, pág. 3-
- Ungaro, 2017. "Evaluación de enmiendas orgánicas sobre el suelo y en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)". Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 38 pp.
- Ullé, J.; F. Fernández y A. Rendina. (2005). Fertilización orgánica con vermicompost en suelos bajo cultivo de lechuga en el norte de la Región Pampeana. 45 Congressos brasileiro de olericultura. Fortaleza. ABH. Horticultura Brasileira, V23 (2): 488.
- Vescovo, (2019). "Efectos del agregado de enmiendas orgánicas en el suelo y en el rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) bajo cubierta". Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 28 pp.
- Walkley, A.J. and Black, I.A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Sci. 37, 29-38.
- Warren Forsythe. (1980). Manual de laboratorio, Física de suelos, Instituto Interamericano de ciencias agrícolas. San José, Costa Rica. Capítulo 13.
- Wilson, M y J. Cerana. (2004). Mediciones físicas en suelos con características vérticas. Revista Científica Agropecuaria 8(1):11-22. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER.