

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.



INFORME DE TRABAJO FINAL

“Evaluación de enmiendas orgánicas sobre el suelo y en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)”

- Alumna: Sara Belén Ungaro Korn
- Legajo N° 27232/9
- Correo electrónico: sari.ungk@yahoo.com.ar

- 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 2017

ÍNDICE

	Contenido	Página
1	Resumen	3
2	Introducción	3
2.1	Planteamiento del Problema	4
2.2	Los sistemas productivos en el Cinturón Hortícola	4
2.3	El cultivo de Tomate	5
2.4	La estructura del suelo	6
2.5	La estabilidad estructural	7
2.6	La materia orgánica	7
2.7	El Nitrógeno	8
2.8	Abonos orgánicos en la fertilidad edáfica	9
2.9	La conductividad hidráulica	10
3	Importancia del Tema	10
4	Hipótesis	11
5	Objetivos	11
6	Materiales y Métodos	12
6.1	Lugar de realización	12
6.2	Suelo estudiado	12
6.3	Cultivo ensayado	13
6.4	Manejo del cultivo	13
6.5	Ensayo realizado	14
6.6	Cultivo	14
6.7	Material orgánico ensayado	14
6.8	Muestreo del suelo	16
6.9	Determinación en el suelo	16
6.10	Mediciones en el cultivo de tomate	18
6.11	Análisis Estadístico	19
7	Resultados y Discusión	19
7.1	Humedad del suelo	19
7.2	Nitrógeno del suelo	20
7.3	Materia orgánica del suelo	21
7.4	Estabilidad estructural del suelo	23
7.5	Conductividad hidráulica del suelo	24
7.6	Rendimiento de tomate	26
7.7	Calidad de la producción de tomate	26
7.8	Desarrollo de las plantas de tomate	29
8	Conclusiones	33
9	Bibliografía	34
10	Anexo	38

1. RESUMEN

Los sistemas productivos intensivos conforme se realizan en el denominado Cinturón Hortícola Metropolitano, donde se emplaza el presente estudio, tienen a la *degradación edáfica* como uno de los factores de mayor responsabilidad en la pérdida de sustentabilidad social, económica, productiva y ambiental. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo y en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero tipo capilla perteneciente a la Estación Experimental Gorina, localidad: Joaquín Gorina, Partido de La Plata. Bs. As. Argentina. El diseño experimental fue bloques al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos: Testigo (T), suelo sin enmiendas orgánicas; T2, estiércol de cama de pollo sin compostar en dosis aproximada equivalente a 30-40 tn.ha⁻¹ uso frecuente en la región de estudio; T3, compost de cama de pollo en dosis equivalente a T2 y T4, compost en doble dosis del T3. Las enmiendas fueron agregadas 8/2015. Se estudió el suelo en dos profundidades, superficial (0-10 cm) y subsuperficial (10-20 cm), toma de muestras 3/2016. Se analizaron del suelo: Humedad gravimétrica, Nitrógeno total, Materia orgánica, Estabilidad Estructural y Conductividad Hidráulica. En planta las variables de crecimiento: altura de planta, largo y ancho de primera hoja desarrollada, diámetro del tallo y número de racimos florales. Se midió el rendimiento del cultivo separando por calidad y peso de fruto. Los resultados se analizaron estadísticamente por ANOVA y mediante el Test de Tukey. El Tratamiento con compost en doble dosis fue significativamente mayor que el Testigo en el contenido de Nt y Materia orgánica, en el estrato superficial. Asimismo, el T4 presentó mayor estabilidad estructural y conductividad hidráulica subsuperficialmente. No se observaron diferencias en el rendimiento ni en las variables de crecimiento del tomate, aunque en casi todas las variables de desarrollo presentaron como tendencia T<T1<T2<T3<T4. La cama de pollo fresca no mejoró la estabilidad estructural ni la conductividad hidráulica ni condujo a mejoras en el rendimiento del tomate.

Palabras clave: *Lycopersicum esculentum* Mill. – cultivos protegidos - enmiendas orgánicas – compost – estiércol - degradación del suelo

2. INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema_.

El suelo cumple diversas funciones productivas, hidrológicas, ecológicas y socioeconómicas. Es un medio complejo formado por una matriz sólida y porosa, donde la atmósfera y la solución edáfica, interactúan con la actividad biológica.

El suelo es frecuentemente degradado en su estructura por actividades antrópicas, disminuyendo su calidad, salud y aptitud de uso en términos productivos y ambientales.

Así, las acciones que se realizan en el suelo pueden ejercer cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, resultando en problemas medioambientales que si bien se originan en el suelo cobran visibilidad en otros medios, tales como el agua (FAO, 2016).

Si bien, todos los sistemas productivos tienden a generar algún tipo de degradación, en sistemas intensivos se agudizan marcadamente llegando hasta su inhabilitación productiva e incluso pueden generarse contaminaciones del ambiente con consecuencias directas en la salud humana. Se afirma entonces que del cuidado del suelo depende el resto de los elementos que integran el paisaje incluyéndose en éste al ambiente y al hombre.

En el concepto de *degradación edáfica* se incluye a toda modificación que conduce a su deterioro, de modo que disminuye la capacidad actual y potencial del mismo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios (FAO UNESCO, 2004), o que modifica el mejor uso posible dada su condición natural.

2.2 Sistemas productivos en el Cinturón Hortícola Metropolitano_.

Específicamente, en los sistemas productivos intensivos conforme se realizan en el denominado Cinturón Hortícola Metropolitano (CHM), donde se emplaza el presente estudio, tienen a la *degradación edáfica* como uno de los factores de mayor responsabilidad en la pérdida de sustentabilidad social, económica, productiva y ambiental. La producción hortícola se realiza con un manejo intensivo de alta aplicación de insumos, que favorece la ocurrencia de los procesos degradativos de salinización-alcalinización-desequilibrios nutritivos, y asociado a esto, la aparición de plagas, enfermedades, y contaminaciones del suelo, de las fuentes de agua y de los productos de cosecha. Sin embargo, la magnitud y dirección de los procesos que ocurran se hallan también definidos por el tipo de suelo y calidad del agua (González y Amma, 1976; Mendía, 1981; Alconada y Huergo, 1998; Alconada *et al.*, 1999; Alconada *et al.*, 2000; Poncetta *et al.*, 2006; Alconada *et al.*, 2011). Asimismo, en la región del Cinturón Hortícola Metropolitano se requiere, a fin de controlar la

incidencia de plagas y enfermedades, desinfectar los suelos con diversos procedimientos que agudizan aspectos de contaminación, biodiversidad, y llevan hasta al abandono del sitio productivo (Alconada, 2004).

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 que podría definirse 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). 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. Se plantea entonces, la necesidad de mejorar los sistemas de producción hortícola, considerándose de particular importancia el manejo de abonos orgánicos como estos inciden en la física del suelo y productos de cosecha.

2.3 El cultivo de Tomate_.

En Argentina, si bien es cultivado en todos los cinturones verdes, existen zonas especializadas. Para consumo en fresco, las zonas más importantes son el NOA (Salta, Jujuy, Santiago del Estero y Tucumán), el NEA (Corrientes), Buenos Aires (La Plata, Berazategui, Florencio Varela y Mar del Plata), Alto Valle de Río Negro y Cuyo (Mendoza y San Juan). En Argentina se producen unas 900.000 tn al año, siendo la demanda anual de aproximadamente 540.000 tn, y se estima que el consumo es, en promedio, de unos 14,5 kg de tomate por habitante por año (INTA, 2015). En el Cinturón Hortícola Bonaerense se cultivan más de 5000 ha, de las cuales unas 2000 ha se realiza la producción a campo y en las 3000 ha restantes la producción se lleva a cabo en invernáculos. (SENASA, 2015).

Del Pino (2016), citando diversas fuentes, indica que el tomate es el 2^a cultivo hortícola más importante, luego de la papa, en consumo, superficie en producción, desarrollo de tecnología e investigación. Y junto con la papa es el cultivo hortícola más difundido en el mundo. Se consume en fresco, industrializado y en seco. Se caracteriza por tener alto contenido de vitamina C, potasio, fibra, y beta-caroteno, precursores de la vitamina A, y ser fuente de licopeno. Esta composición le otorga propiedades alimenticias y medicinales, contribuyendo en la prevención de enfermedades, propiedades digestivas, antisépticas y

antiescorbútcas. Existe una gran cantidad de tipos, variedades e híbridos en la actualidad, y año a año cambian, ya que el mejoramiento es constante

Por lo expuesto, adquiere particular importancia procurar practicas de manejo que sean inocuas, y que coadyuven o preserven las propiedades que naturalmente presenta el fruto de tomate.

2.4 La Estructura del Suelo_.

La estructura es la forma en que se ordenan y agregan las partículas primarias del suelo (arena, arcilla, y limo), con la materia orgánica, posibilitando la formación de una fase porosa. Esta fase porosa es ocupada por el aire y la solución edáfica. Sin embargo, esta organización elemental en agregados del suelo deben presentarse en todo el perfil edáfico de modo tal que garanticen condiciones de adecuada permeabilidad.

En la Figura 1 se presenta un esquema general de organización del suelo respecto a las fases sólida, líquida y gaseosa que resultan de dicha organización.

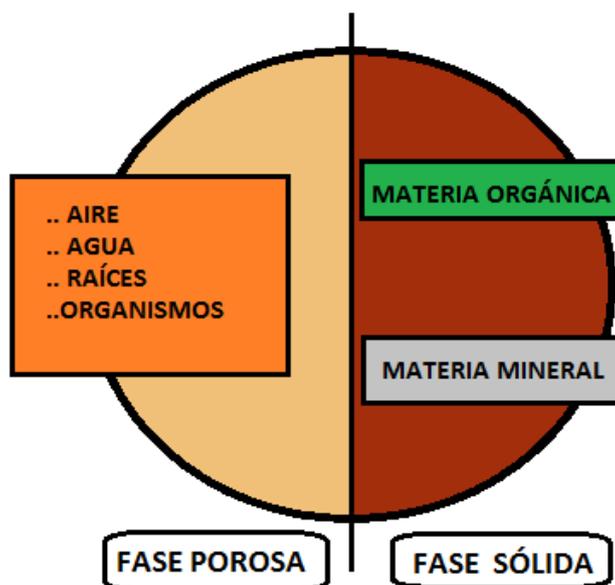


Figura 1. Gráfico de las fases componentes del suelo. Adaptada de la Guía de Edafología. UNLP.

La degradación de la estructura puede ocasionarse por compactación, pérdida de materia orgánica, asociada generalmente al riego y al laboreo, y conduce a una disminución de la permeabilidad del suelo favoreciendo el encharcamiento. Cabe destacar que los suelos en estudio, Hapludert típico presentan en su condición natural restricciones en su permeabilidad y drenaje (Hurtado *et al*; 2006).

2.5 La estabilidad estructural_.

La estructura afecta las propiedades mecánicas del suelo, influyendo en fenómenos como la germinación, el crecimiento radicular, infiltración, disponibilidad de agua, movimiento gaseoso en el suelo, elección del sistema de labranza, susceptibilidad a la erosión, etc. (Guía de la Cátedra de Edafología. Tema: Estabilidad Estructural. UNLP).

Diversos autores han puesto de manifiesto una pérdida de estabilidad estructural del suelo por efecto del cultivo (Barral *et al*, 2001), que frecuentemente lleva paralelamente una disminución de los contenidos de materia orgánica del suelo –MOS- (Calvo *et al*, 1992; Domínguez *et al*, 2002). También esta degradación de la estructura puede ser debida a causas directas, tales como la fragmentación mecánica de los agregados por efecto del laboreo y la compactación por el tránsito de vehículos.

La relación entre estructura, MOS y actividad biológica del suelo es compleja y tiene repercusiones sobre los ciclos de los principales elementos, particularmente del carbono, sobre el papel del suelo como fuente o sumidero de CO₂. Los organismos y sus productos orgánicos contribuyen al desarrollo de la estructura, que a su vez ejerce control sobre la dinámica de la MOS. (Guía de la Cátedra de Edafología. Tema: Estabilidad Estructural. UNLP).

2.6 La materia orgánica en la fertilidad de los suelos_.

El efecto de la materia orgánica en los suelos y en los cultivos han sido abordados desde diferentes perspectivas (Kononova, 1961; Labrador Moreno, 1996; Porta *et al.*, 1994), siendo en general los efectos principales los que a continuación se indican:

Forma estructura; disminuye la compactación por menor densidad aparente y mayor porosidad; modifica la plasticidad del suelo dependiendo de su textura; aporta elementos químicos por mineralización; agente reductor en los procesos de óxido-reducción; regula la reacción del suelo (poder buffer); favorece la acidificación; participa en las reacciones de intercambio; por ser un coloide que contribuye mediante cargas de tipo variables en la Capacidad de intercambio catiónico (CIC); y formación de complejos que modifican la solubilidad de micronutrientes.

Sin embargo, lo mencionado está particularmente referido al **humus** del suelo, siendo los materiales orgánicos estrictamente *formadores de humus* los de origen vegetal, mientras que los de origen animal aportan principalmente nutrientes y microorganismos (Domínguez Vivancos, 1989). Sin embargo, dependiendo del origen del material orgánico, pueden aportar elementos minerales en excesos, tóxicos, contaminantes, y/o aportar sales. Esto es

lo que generalmente sucede en los estiércoles animales que no han tenido una adecuada estabilización y/o se desconoce su origen (Malavolta, 1987, 1994; Labrador Moreno, 1996).

En síntesis, los materiales orgánicos, humificados o en diferente grado de mineralización participan en forma diversa en todos los procesos vinculados a la fertilidad edáfica, desde un punto de vista físico, físico-químico, químico, y biológico.

2.7 El Nitrógeno_.

El N se encuentra en la materia orgánica edáfica, representando en general el 98% del N total del suelo. Consecuentemente, asociado a la pérdida de materia orgánica pueden producirse disminuciones en el contenido de N orgánico. Si bien, en estos sistemas intensivos la nutrición nitrogenada es provista con el fertirriego, la movilidad del nitrógeno, y las características vérticas de los suelos (*Hapludert típico*) coadyuvan en la pérdida por lixiviación, favorecida por los flujos diferenciales que se generan por las grietas características de estos suelos. Adicionalmente, dadas las condiciones anaeróbicas que temporalmente se producen, asociadas al encharcamiento mencionado, pueden producirse pérdidas por desnitrificación o que se acumulen concentraciones de NH_4^+ (tóxico en elevadas concentraciones) al no poder proseguir el proceso aeróbico de nitrificación. (Guía de la Cátedra de Edafología. Tema: Nitrógeno).

En la Figura 2 se presenta un esquema general del ciclo del N. En esta figura se destaca la necesidad de condiciones aeróbicas para que el proceso de fijación de N atmosférico, mineralización de la materia orgánica, amonificación, y nitrificación sea efectuado adecuadamente de modo de garantizar la cantidad de NO_3 necesario para las plantas, forma en que es principalmente absorbido (Pellegrini *et al.* 2014).

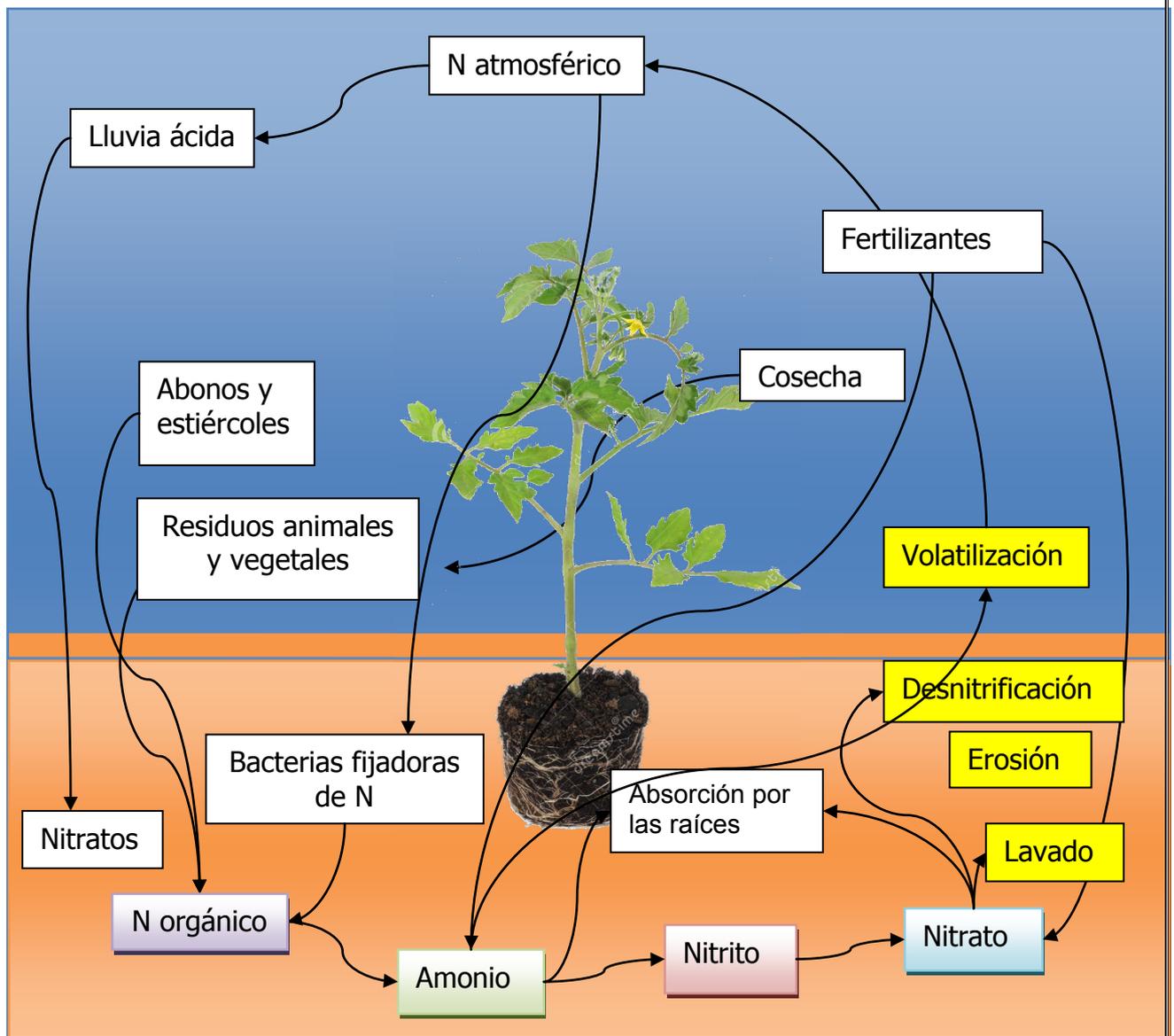


Figura 2. Ciclo del Nitrógeno en el suelo.

2.8 Abonos orgánicos en la fertilidad edáfica_.

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). 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.

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 (Lavado, Álvarez, Alconada, inédito).

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 conocer 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).

2.9 La conductividad hidráulica_.

Esta propiedad mide la percolación del agua del suelo en condición saturada. La conductividad hidráulica es medida en unidades de longitud por tiempo. Su intervalo de variación para el suelo es muy amplio. Se extiende desde un valor insignificante de 7-10 cm/s para el caso de arcillas, hasta un máximo de 100 cm/s para el caso de algunas gravas. Sin embargo, el suelo está constituido por diferentes proporciones de las fracciones granulométricas y estas proporciones definen las clases texturales. En el presente estudio, las prácticas que se ensayan no modifican la condición textural. Sin embargo podría incidir por el aporte diferencial de abonos orgánicos, en cantidad y calidad, pudiendo a su vez incidir en los cationes que dichos materiales contienen en forma positiva o negativa. La conductividad hidráulica, es un valor de referencia para establecer la permeabilidad del material medido y consecuentemente permite inferir diferencias en el grado de permeabilidad de un suelo. Agregar cita

3. IMPORTANCIA DEL TEMA

A fin de producir alimentos de calidad, libres de contaminantes, y con las cualidades organolépticas y nutritivas requeridas para la salud humana, se debe evaluar todo el proceso productivo que lleva a su obtención.

Consecuentemente, es dable considerar que los aportes de elementos contaminantes o en exceso, a través de las enmiendas orgánicas sin adecuado control, tanto en cantidad como en calidad puede ser al menos una de las causas probables de los excesos nutritivos, contaminaciones y/o salinizaciones-alcalinizaciones reconocidas en la región. Las propuestas de manejo deben surgir de una adecuada valoración de las causas que originan los problemas medidos, y si, efectivamente, las alternativas tendientes a revertirlos y/o evitarlos son científicamente correctas, económicamente viables, socialmente equitativas, políticamente legítimas, y ambientalmente sustentables.

El uso responsable de los insumos para un ambiente dado, es la metodología adecuada para lograr un manejo racional de los esquemas productivos. Las prácticas de manejo conocidas y difundidas en otras partes del mundo, pueden utilizarse para el desarrollo productivo de otro sitio si es que se conocen las premisas bajo las cuales fueron elaboradas, ajustándolas a las condiciones de paisaje de dicho sitio. No es adecuado efectuar trasposos tecnológicos sin una experimentación previa en la cual se consideren todas las variables económicas, productivas, ambientales y sociales que caracterizan cada país y región en particular.

4. HIPÓTESIS

- La cama de pollo fresca sin compostar que se utiliza 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.

- La cama de pollo compostada según dosis aplicadas disminuye los efectos negativos de los materiales frescos, debido a un cambio en su composición.

5. OBJETIVOS

Objetivo general_.

- Evaluar el efecto que produce la aplicación de cama de pollo fresca y compostada en las propiedades físicas del suelo *Hapludert* típico degradado, y en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en producción intensiva bajo cubierta plástica.

Objetivos específicos_.

- Evaluar propiedades físicas edáficas vinculadas a la permeabilidad y la estabilidad del suelo.
- Evaluar cómo se vincula la física del suelo con la materia orgánica edáfica.
- Evaluar los efectos sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de tomate.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Lugar de realización_.

El ensayo se llevó a cabo en la Chacra Experimental de Gorina, (Figuras 3 y 4) la cual es dependiente del Ministerio de Asuntos Agrarios, y está ubicada en la localidad de Gorina, partido de La Plata. Allí las tareas de campo fueron realizadas por el personal de dicha institución, y el ensayo fue financiado conjuntamente con fondos provenientes del INTA, (el proyecto posee 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.



Figuras 3 y 4. Estación Experimental de Gorina, administración e invernáculos.

6.2 Suelo estudiado_.

Hapludert típico (Serie Gorina) (Hurtado *et al.*, 2006),

En el partido de La Plata la Serie Gorina (*Hapludertes típicos*, fina, montmorillonítica, térmica)- 40 % Superficie: 296 hectáreas (0,33 %). Se encuentra en áreas cóncavas situadas entre los interfluvios convexos o al pie de las correspondientes pendientes. La

distribución de los suelos es similar a las series Estancia Chica y Seguí, aunque tienen mayores restricciones en el drenaje, por lo cual se la ha diferenciado como una fase imperfectamente drenada. La mayor acumulación de agua que experimentan estos suelos reducen en parte su aptitud para el uso agropecuario, asignándose a la unidad la subclase Illws, (Instituto de Geomorfología y Suelos, 2006).

6.3 Cultivo ensayado_.

Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Se realizó conforme a las prácticas de manejo frecuentes en la región, en relación a la conducción, raleos, ataduras, etc., En la figura 5 se observa una vista del invernáculo con las plantas tutoradas. Dichas tareas son efectuadas por el personal de campo del MAA, Chacra Experimental Gorina (Encargado Jorge Luna). La densidad de plantación fue de 2,2-3 plantas/m². Los plantines fueron sembrados en almácigo y luego trasplantados al invernáculo.



Figura 5. Vista interior del invernáculo con el cultivo de tomate en la etapa reproductiva.

6.4 Manejo del cultivo_.

Se llevó adelante la producción de forma intensiva, bajo cobertura plástica, (Figuras 6, 7, y 8) en un invernáculo tipo capilla con riego por goteo (superficie del invernáculo 240 m²: 40 m de largo y 6 m de ancho). El riego fue por goteo (20 cm entre goteros) con mangueras de riego dispuestas por cada lomo, obteniéndose una lámina de riego promedio de 100-200cc por día cada gotero. En ningún caso se aplicó fertilización de síntesis.



Figuras 6, 7 y 8. Vista del cultivo tutorado en tres estadios diferentes.

6.5 Ensayo_.

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⁻³ y 74% materia orgánica*), dosis aproximada equivalente a 30-40 tn.ha⁻¹, que representa en volumen 100 m³.ha⁻¹.

Tratamiento 3: (T3) cama de pollo compostada (*densidad 0,35 tn.m⁻³ 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 junio de 2015.

Diseño experimental: en bloques al azar con cuatro repeticiones, total 16 parcelas de 5,2m² (dos bordos por parcela, cada bordo 0,52m*5m= 2,6 m²), superficie total de invernáculo de 250m².

6.6 Cultivo_.

El cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*, var. Elpida) se trasplanto el 15 de octubre de 2015, a continuación de un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa, var Lores*), (Tesina alumnos Luz Falcón y Luciano Calandrelli).

6.7 Material orgánico ensayado_.

Determinación	Unidades	Cama de Pollo Fresca	Cama de Pollo Estabilizada
pH pasta		8,88	6,74
C.E.	(dS/m)	23,6	14,9
M.O.	[%]	72	38
Nt	[%]	2,1	1,9
P bk	[ppm]	142	181
RAS		54,8	11,8
Na soluble	[meq/l]	106,7	64,3
Ca +Mg sol	[meq/l]	7,6	59,0
Co	(mg/L)	< 0,5	< 0,5
Ni	(mg/L)	< 0,5	< 0,5
Pb	(mg/L)	0,60 ± 0,15	0,50 ± 0,03
Cd	(mg/L)	< 0,5	< 0,5
Zn	(mg/L)	22,65 ± 0,01	5,86 ± 0,00
Fe	(mg/L)	21,02 ± 0,20	49.11 ± 0,51
Cu	(mg/L)	1,48 ± 0,003	1.92 ± 0,02
Mn	(mg/L)	38,81 ± 0,80	113,68 ± 1,87

Tabla 3. Caracterización de la cama de pollo fresca y estabilizada.

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, como consecuencia de un proceso de transformación aerobia controlada de los materiales orgánicos contenidos en los residuos por medio de la actividad de los microorganismos, tal como se aprecia en la figura 9, donde se ven las entradas y salidas, ocurridas durante el proceso de compostaje. Este proceso transcurre en un tiempo de aproximadamente 1 año, a la intemperie, en pilas de 1 m de altura. En la tabla 3 se presenta un esquema general de los procesos de entradas y salidas que se producen en el material orgánico durante el proceso de compostaje. La características generales de los materiales utilizados se detallan en la tabla 3 donde se analizaron: pH en pasta por potenciometría (PROMAR 1991); conductividad eléctrica, medida en el extracto de saturación, determinación por conductimetría (Lavado, 1995); Materia orgánica: MO (%) = por ignición (PROMAR 1991); Nitrógeno total, digestión húmeda, evaluación por método Microkjeldahl (PROMAR 1991); Fósforo, método Bray Kurtz N° 1(IRAM-SAGyP, 2010);

RAS. Relación de absorción de sodio; Na soluble determinado por fotometría de llama (Black, 1965); Ca y Mg determinado por complejometría con EDTA (SAMLA, 2004) y micronutrientes extraídos con EDTA y analizados por absorción atómica (Ratto 1997))

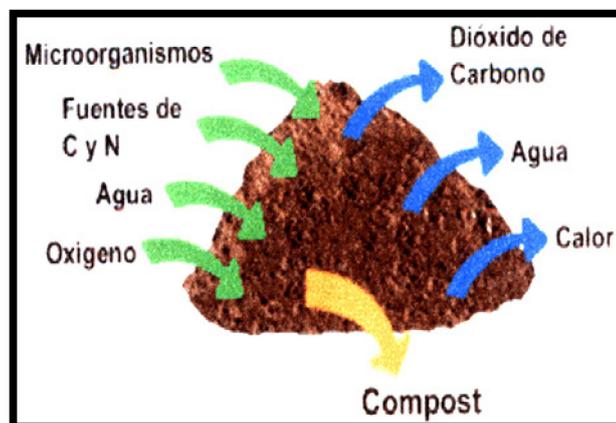


Figura 9. Entradas y salidas del proceso de Compostaje (extraída de Granja Ecológica.)

6.8 Muestreo de suelo_.

Se realizó un muestreo de suelo previo al cultivo, en el mes de agosto de 2015, (luego del cultivo de lechuga que fue tema de Trabajo Final de Luz Falcón y Luciano Calandrelli), y al final de la cosecha de tomate, 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.

6.9 Determinaciones en el suelo_.

- ✓ **% DE HUMEDAD:** se determinó 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, para todos los tratamientos.

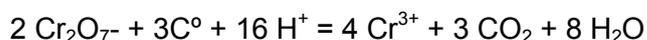
Propiedades Químicas:

- ✓ **NITRÓGENO TOTAL:** evaluación por método Microkjeldahl (PROMAR 1991). Para cuantificar el nitrógeno en muestras de suelo se utilizan actualmente el método desarrollado originalmente por Kjeldahl en el año 1881, el cual se basa en la digestión de la muestra para convertir las distintas formas de nitrógeno a amonio (se coloca muestra de suelo con H₂SO₄ concentrado más un catalizador) y la posterior determinación del NH₃ liberado en la destilación del digesto tratado con álcali fuerte.

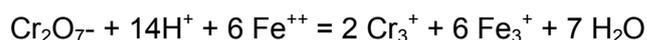
✓ **MATERIA ORGÁNICA:** Determinación de Carbono Oxidable según la Norma IRAM-SAGyP 29571-2, 2010.

✓ El método se basa en el procedimiento propuesto por Walkley y Black (1934).

El carbono es oxidado con una mezcla de $K_2Cr_2O_7$ y H_2SO_4 concentrado:



El exceso de dicromato se titula con un reductor ferroso:



Este método no oxida completamente a la materia orgánica. Para la determinación micro se considera una oxidación del 82%. El contenido de materia orgánica (MO) se puede estimar utilizando el factor convencional de 1,724 (factor de Van Bemmelen) multiplicado por el valor obtenido de carbono orgánico.

Propiedades Físicas:

✓ **ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:** (Le Bissonais, Y. 1996).

El método de Le Bissonais (1996) 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). La fracción >50 μm resultante de cada pretratamiento, se seca en estufa y se tamiza en una columna de tamices de diferentes diámetros con el fin de lograr la distribución de agregados por tamaños >2.000 μm , 2.000-1.000 μm , 1.000-500 μm , 500-200 μm , 200-100 μm y 100-50 μm . (PROMAR, 2001)

✓ **CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA:** con muestras alteradas.

Determinación en el laboratorio con muestras secas, molidas y tamizadas por 2 mm (Warren Forsythe, 1980).

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.

La conductividad hidráulica tiene las dimensiones de velocidad. Las formas más usadas para expresarlas según Forsythe son: cm/seg, cm/hora ó metros/1 día. Este método se basa en la Ley de Darcy. Según Forsythe la conductividad hidráulica, cuando se ha determinado por medio del permeámetro de carga constante, se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$K = \frac{O \cdot L}{A \cdot T \cdot t \cdot H}$$

K = Conductividad hidráulica para el agua en el laboratorio.

O = Volumen del fluido. A = Área de la sección transversal de la muestra.

T = Tiempo empleado para recolectar

O. L = Longitud de la muestra.

t.H = Diferencia de cabeza hidráulica a través de la muestra.

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).

6.10 Mediciones en el cultivo de tomate_.

Se midieron parámetros fenológicos y de crecimiento de las plantas de tomate en 2 etapas del cultivo, vegetativa y reproductiva:

- ✓ altura de planta,
- ✓ calibre del tallo,
- ✓ largo y ancho de las hojas.
- ✓ número de racimos y frutos por planta

Para realizar dichas determinaciones de los parámetros se utilizaron cintas métricas para apreciar la altura de las plantas, en el caso de la medición del diámetro del tallo se llevó a cabo mediante la utilización de un calibre pequeño, y se efectuaron las mediciones en la zona del cuello de la planta. El largo y el ancho de las hojas se midió con una cinta métrica, y se evaluaron las primeras hojas totalmente desarrolladas, en dos estadios diferentes: vegetativo y al inicio del reproductivo. Además durante el desarrollo del estado reproductivo se realizaron conteos del número de racimos y de frutos por planta.

Se efectuó la evaluación sobre 6 plantas de cada repetición correspondiente a los tratamientos y al testigo. Al finalizar el periodo productivo se tomaron medidas de:

- ✓ rendimiento,
- ✓ calidad de frutos (tamaño y peso del fruto).

Asimismo se clasificaron los frutos en cada cosecha semanal, (en total 13 cosechas) organizándolos según la calibración comercial, de acuerdo al tamaño, peso, y calidad de los frutos.

Se utilizó el método que tiene 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.

6.11 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.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Humedad del Suelo_.

En la Figura 7.1 se presenta la humedad del suelo actual (fecha en que se efectuó el muestreo final). No se observan diferencias significativas entre los tratamientos, considerando las muestras obtenidas de 0 a 20 cm de profundidad. Se observa que el material compostado preserva el suelo con mayor humedad, pero, sin embargo éste no llega a evidenciar diferencias significativas entre los tratamientos.

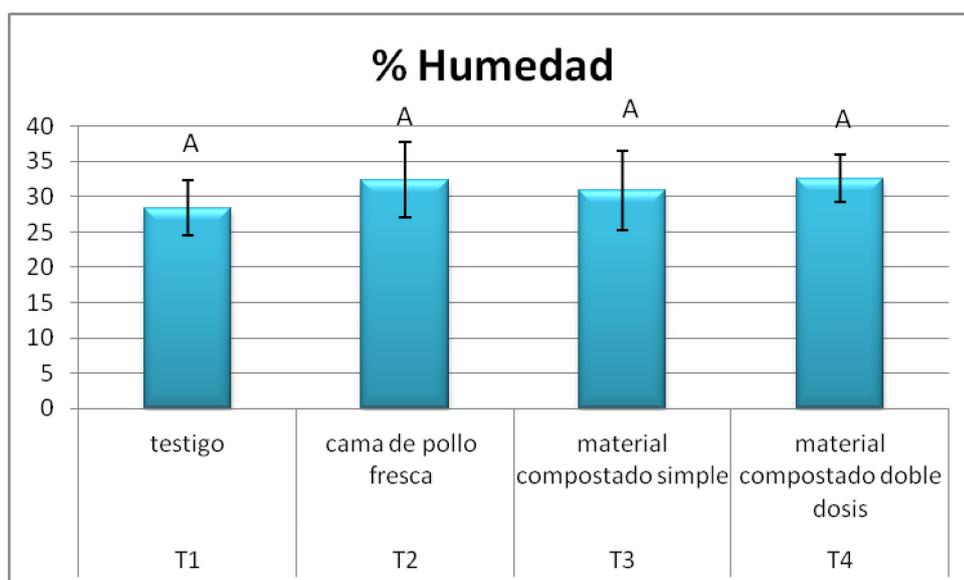


Fig.7.1 Humedad del suelo para los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$). Los datos corresponden a la media y las barras de error al desvío estándar ($n=5$).

7.2 Nitrógeno Total_.

Nitrógeno Superficial

En la figura 7.2.1, se presenta el contenido de Nt en superficie en los tratamientos y el testigo, en todos los casos está bien provisto. Se evidencia un mayor contenido de Nt en el tratamiento T4 (doble dosis del material compostado de cama de pollo), respecto al testigo. El testigo presentó el menor contenido de Nt. En los T2 y T3 (cama de pollo fresca, y cama de pollo estabilizada en dosis simple, respectivamente) no difieren significativamente con el T1 y el T4. Sin embargo, el único tratamiento que sí presenta una diferencia significativa con el Testigo es el Tratamiento 4.

Consecuentemente se aprecia que el material compostado contribuye a aumentar el nivel de N en superficie aplicado en doble dosis a la que se utiliza frecuentemente en la zona.

Estos resultados son parcialmente coincidentes con lo obtenido por Bongiovanni Ferreyra (2005) quien plantea que la gallinaza en estado fresco no tiene una buena calidad como abono, destacando respecto al N que este se volatiliza. Por el contrario, estos autores indican que en material compostado el N no se volatiliza, mejorando la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas.

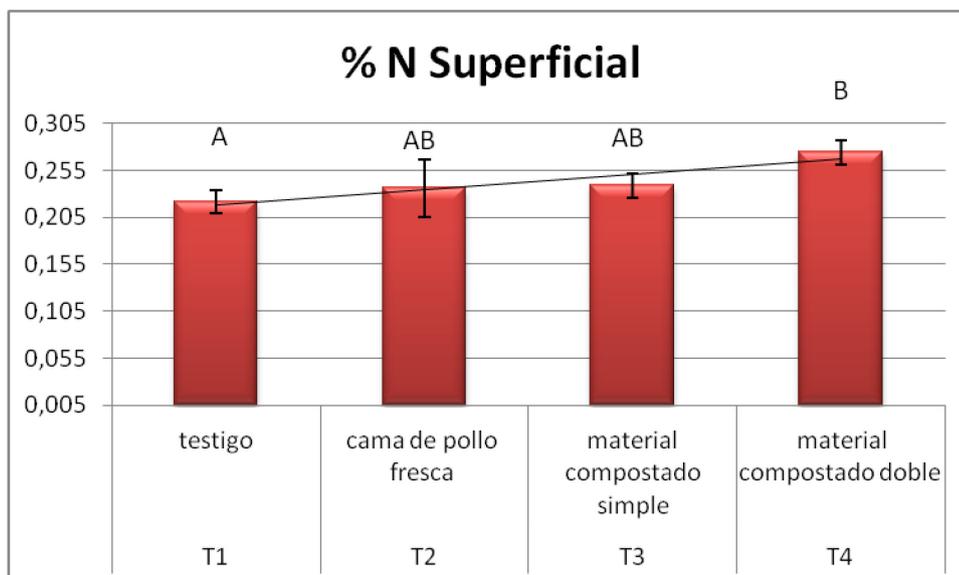


Fig.7.2.1 Nitrógeno total (%) del suelo para los diferentes tratamientos, del estrato superficial (de 0 a 10 cm). Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

Nitrógeno Subsuperficial

En el horizonte subsuperficial no se observan diferencias significativas en ningún caso.

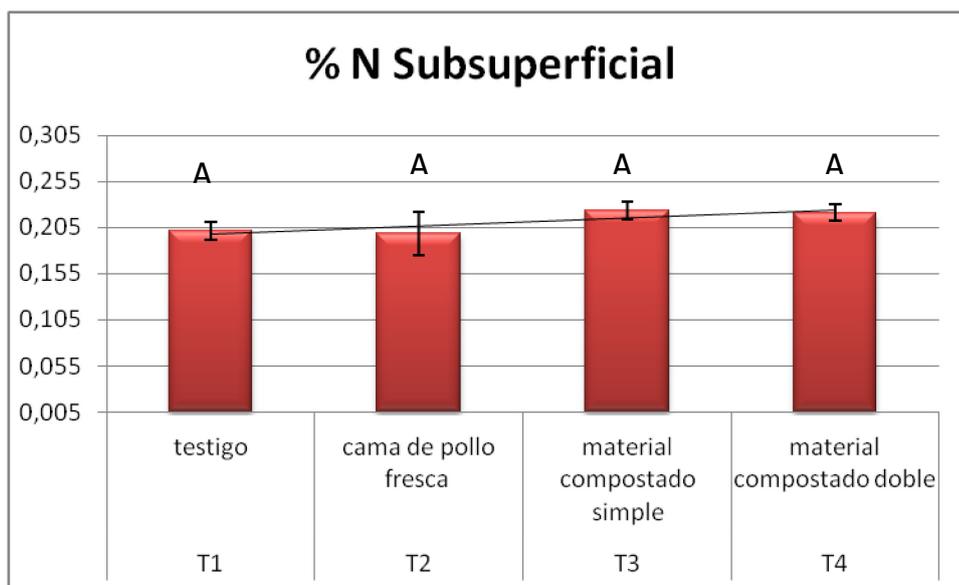


Fig.7.2.2 Nitrógeno total (%) del suelo para los diferentes tratamientos solo en el estrato subsuperficial (de 10 a 20 cm). Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

7.3 Materia Orgánica del suelo_.

MO Superficial

En la Figura 7.3.1 se aprecia que el contenido de MO superficial fue mayor en el tratamiento 4, que se diferencia del testigo y también de los tratamientos T2 y T3. En todos los tratamientos el suelo estaba muy bien provisto

Sánchez Navarro *et al.* (2009) también encuentran que mediante el agregado de enmiendas orgánicas en un suelo con cultivo de tomate, condujo a un aumento de Nt y de MO, en suelos del noreste de la provincia de Granada, España.

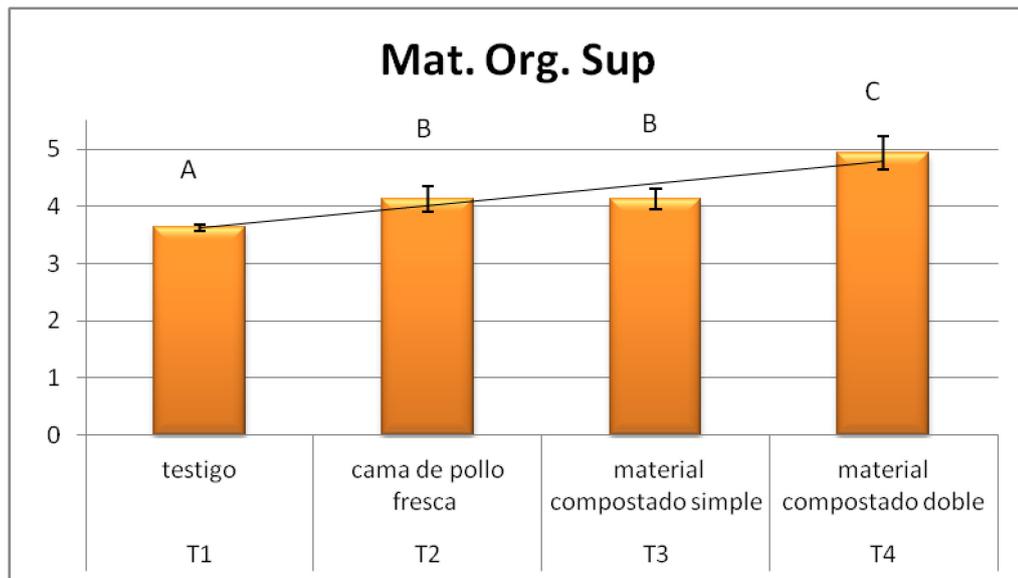


Fig.7.3.1. Materia Orgánica (%) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato superficial (de 0 a 10 cm) Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

MO Subsuperficial

Subsuperficialmente, si bien las diferencias entre los tratamientos T3 y T2, con el testigo disminuyen, la tendencia presenta correspondencia con lo observado en superficie. Así, es sólo el T4 que se diferencia significativamente del testigo.

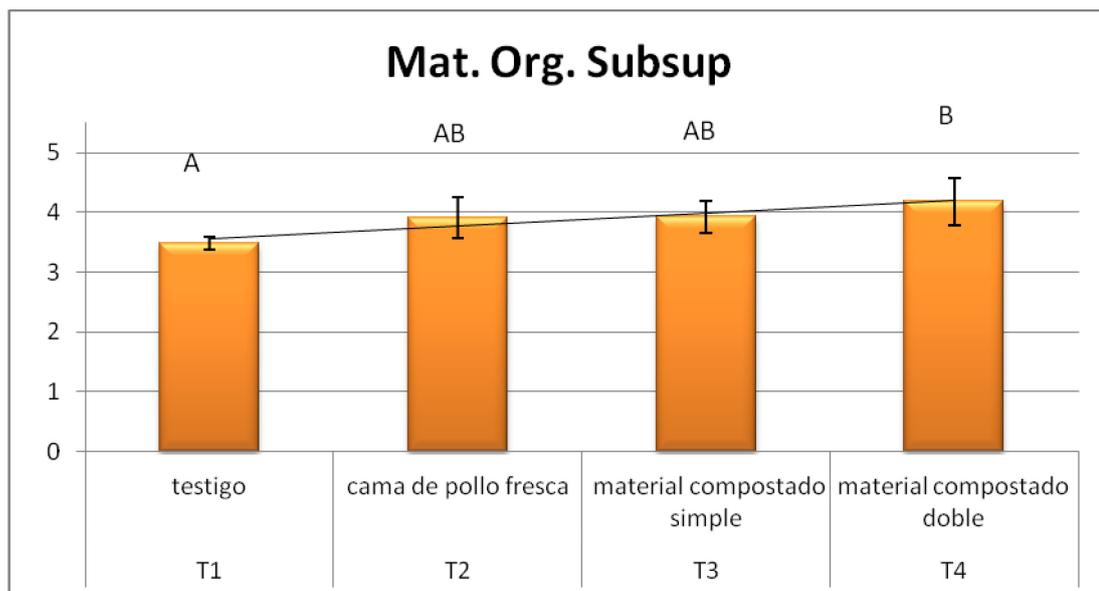


Fig.7.3.2. Materia Orgánica (%) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato subsuperficial (de 10 a 20 cm) Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

7.4 Estabilidad Estructural_.

E.E. Superficial

La estabilidad estructural en superficie del suelo, no ha presentado un valor sustancialmente más alto en ninguno de los tratamientos, ya que no se observan diferencias significativas entre los mismos, aunque sí se aprecia una tendencia favorable para los suelos con paliación de enmienda.

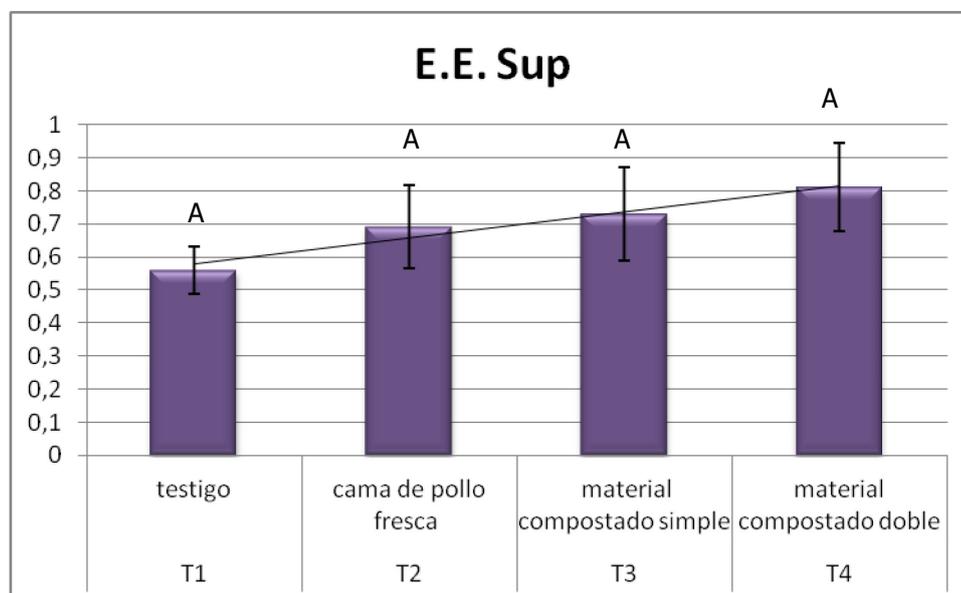


Fig.7.4.1. Estabilidad Estructural del suelo para los diferentes tratamientos del estrato superficial (de 0 a 10 cm) Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

E.E. Subsuperficial

La aplicación de una enmienda orgánica contribuye a mejorar la condición del suelo, particularmente la estabilidad estructural. En este caso se puede apreciar el resultado obtenido por el agregado y la incorporación de la cama de pollo fresca (T2), compostada (T3) y compostada en doble dosis (T4). Los tratamientos con cama de pollo evidencian un resultado mayor que el testigo, pero no demuestran ninguna diferencia estadística entre ellos.

El T4, dosis doble del material compostado, presenta un valor de estabilidad estructural significativamente diferente del testigo. Lo aquí obtenido se corresponde con encontrado por Rotondo *et al.* (2009) con enmiendas de criaderos de pollo pero con dosis menores (20 tn/ha).

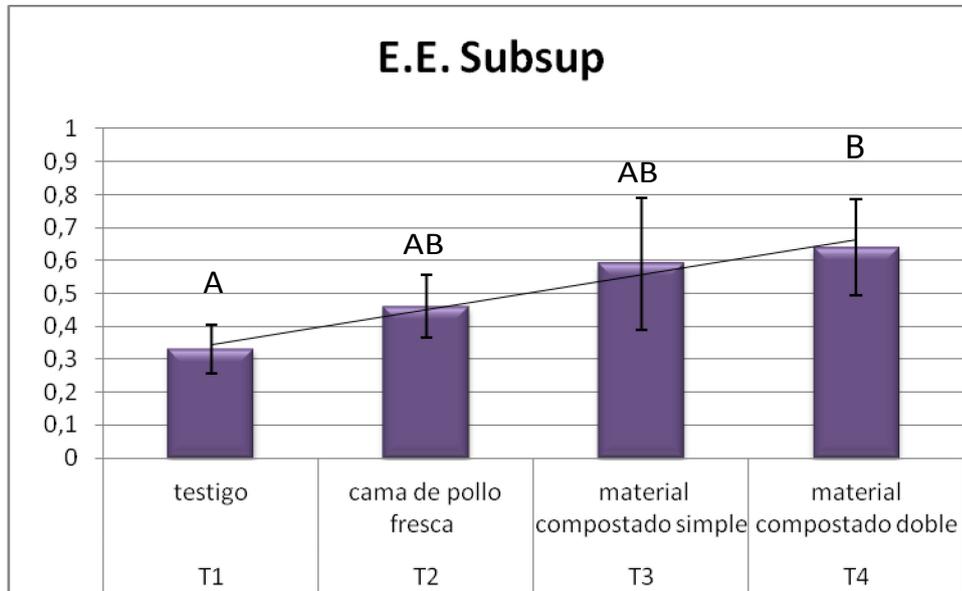


Fig.7.4.2 Estabilidad Estructural del suelo para los diferentes tratamientos del estrato subsuperficial (de 10 a 20 cm). Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

7.5 Conductividad Hidráulica_.

Conductividad Hidráulica Superficial

En el sector superficial se halló una diferencia significativa entre el T3 y el T4, mientras que el T1 y el T2 comparten los valores. Los datos obtenidos se corresponden con los de Trinidad Santos (1999), quien halló en suelos de México que varias condiciones físicas mejoraban con la aplicación de las enmiendas orgánicas, entre ellas, la conductividad hidráulica. Sin embargo, observó que al aplicar una dosis de 67 tn/ha no alcanzó la respuesta deseada, que sí se logró con una dosis de 134 tn/ha, dosis muy superiores a la usadas en este trabajo.

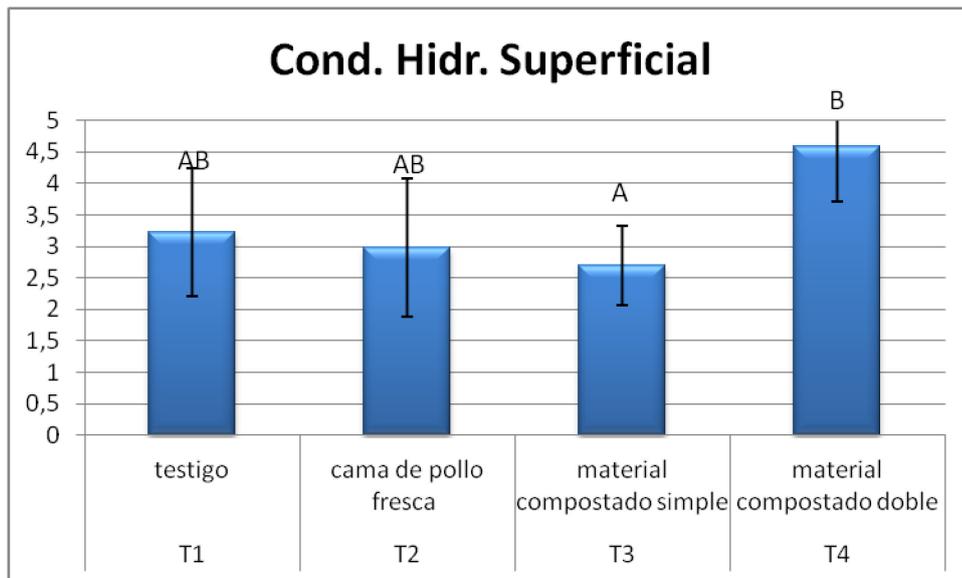


Fig.7.5.1. Conductividad Hidráulica (cm/h) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato superficial (de 0 a 10 cm). Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

Conductividad Hidráulica Subsuperficial

En la Figura 7.5.2 Se presenta la CH subsuperficial. Se aprecia que no hubo diferencias significativas en ningún caso.

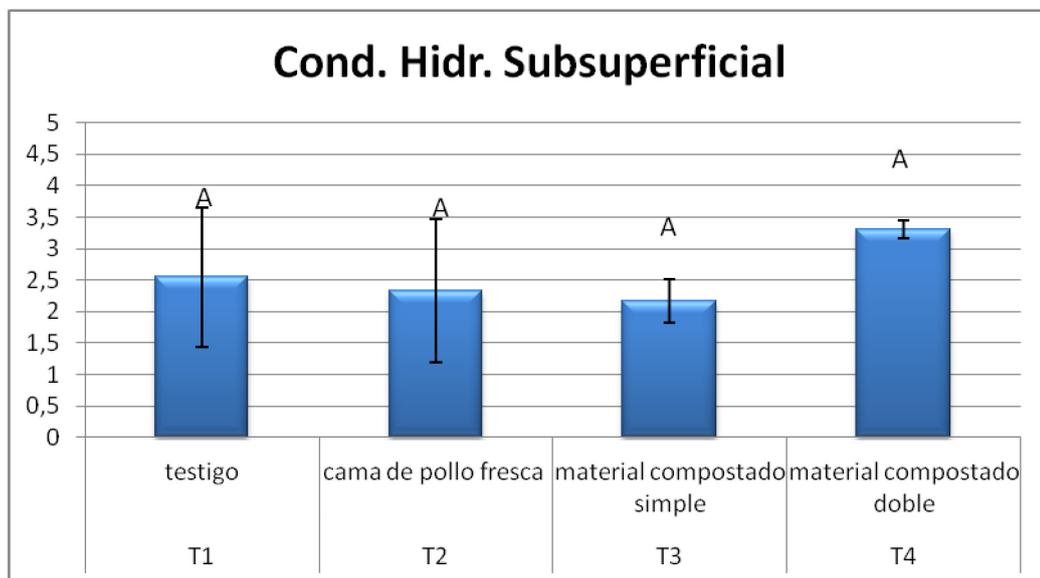


Fig.7.5.2. Conductividad Hidráulica (cm/h) del suelo para los diferentes tratamientos del estrato subsuperficial (de 10 a 20 cm). Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

7.6 Rendimiento del tomate.-

En la Figura 7.6.1 se presenta el rendimiento total, (obtenido en las 12 cosechas realizadas desde enero a marzo). En los rendimientos totales, si bien las diferencias no resultan estadísticamente significativas, hubo un incremento en los valores totales en los tratamientos respecto al testigo, y entre tratamientos. Así se destaca que el Tratamiento 4 presentó un rendimiento de 7,35 tn/ha, mientras que el Testigo 6,53 tn/ha.

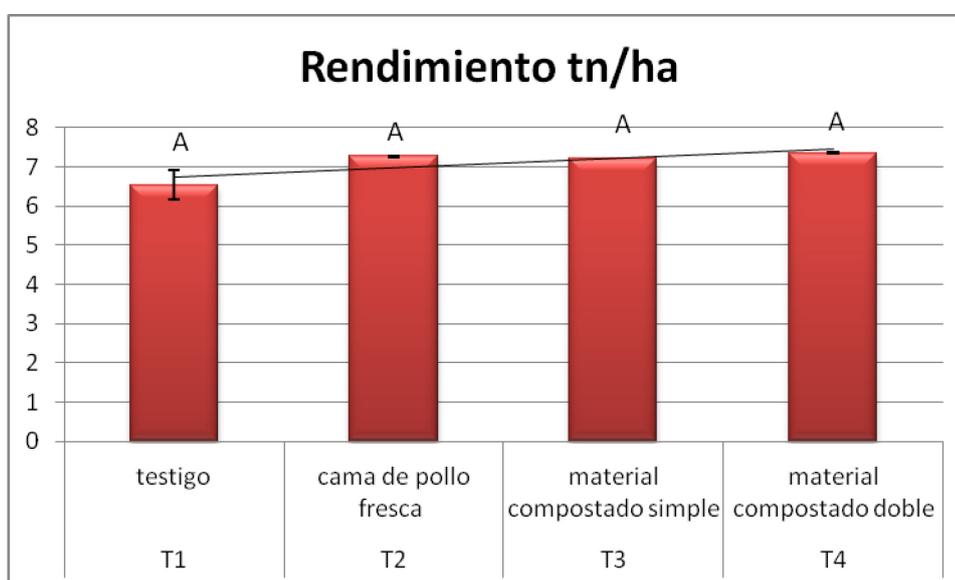


Fig.7.6.1. Rendimiento de tomate total ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) de los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

7.7 Calidad de la producción del tomate_.

Respecto a la distribución por tamaños se aprecia que en ninguna de las calidades hubo diferencias significativas (Figuras 7.7.1 a 7.7.4). Aunque se observa un incremento en las toneladas de tomate por ha en el T4 con respecto al testigo y al T2.

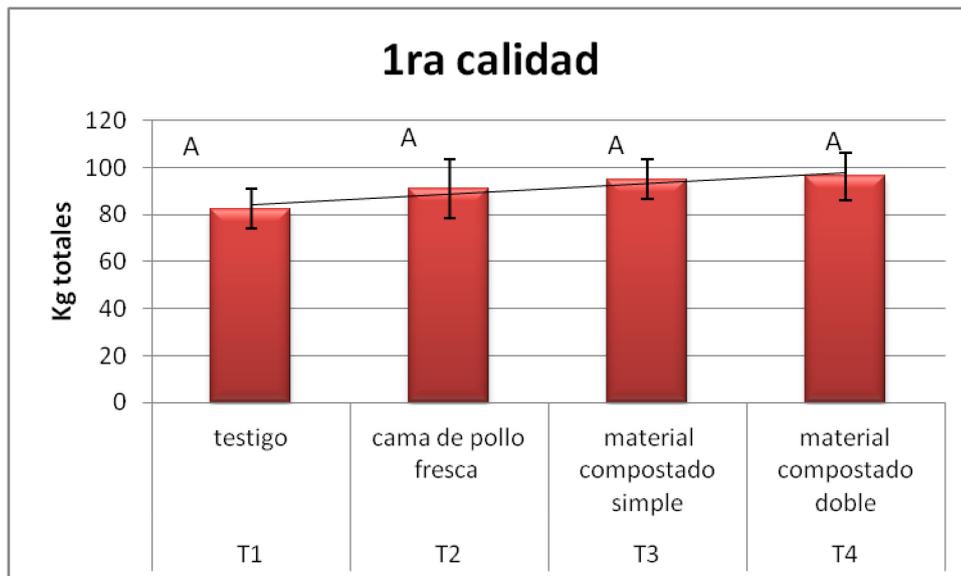


Fig.7.7.1. Tomate de primera categoría para los diferentes tratamientos (kg.ha⁻¹). Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

2da Calidad

En este caso el tratamiento que produjo la mayor cantidad de frutos de segunda categoría fue el T2, seguido por el T4, el T3 y por último por el testigo.

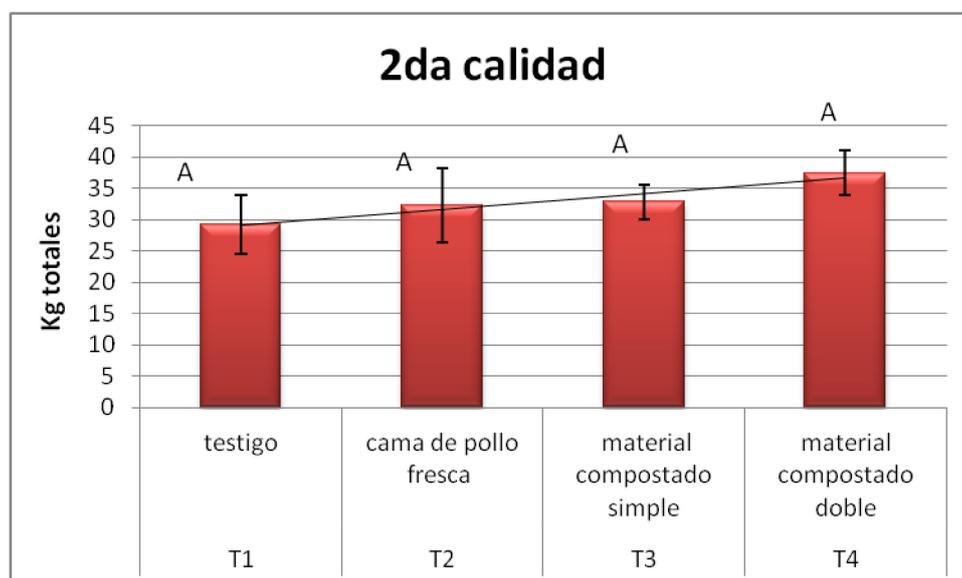


Fig.7.7.2. Kg totales de tomate de segunda categoría para los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

3ra Calidad

En la figura 7.7.3 se observa que los frutos más pequeños y de menor calidad pertenecieron al T2, con menor cantidad de tomates de 3ra aparecen los tratamientos: T3, testigo y el T4 como el que menos frutos chicos produjo.

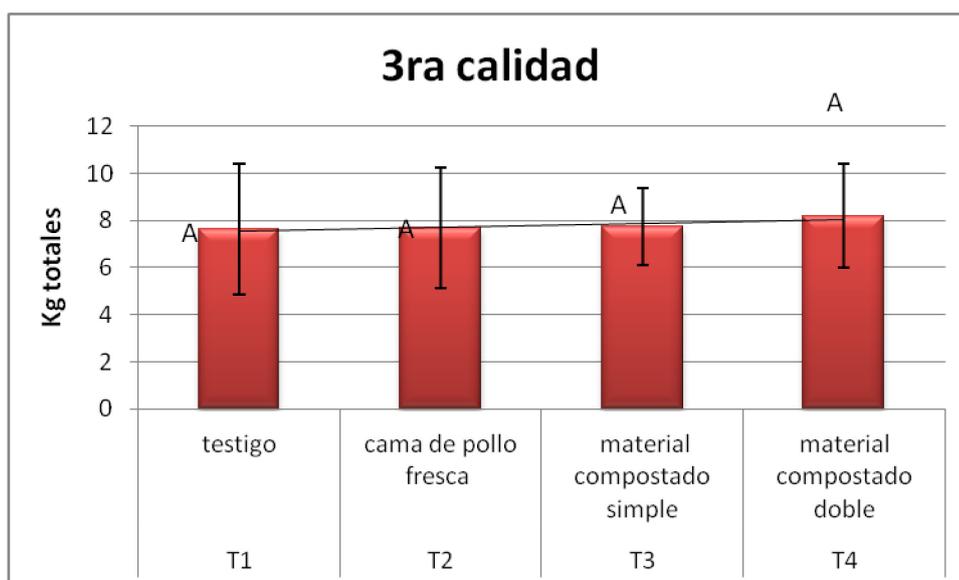


Fig.7.7.3. Kg totales de tomate de tercera categoría para los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

Blossom end rot.

Con respecto al Blossom end Rot, el T4 evidencia haber producido una mayor cantidad de frutos con esta deficiencia, juntamente con el testigo. Mientras que los T2 y T3 produjeron una cantidad menor de los mismos.

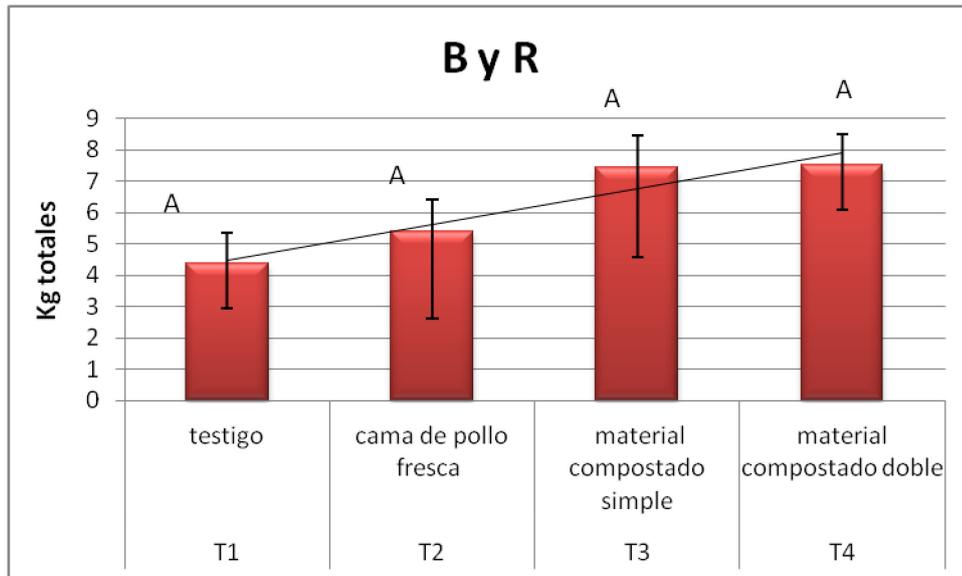
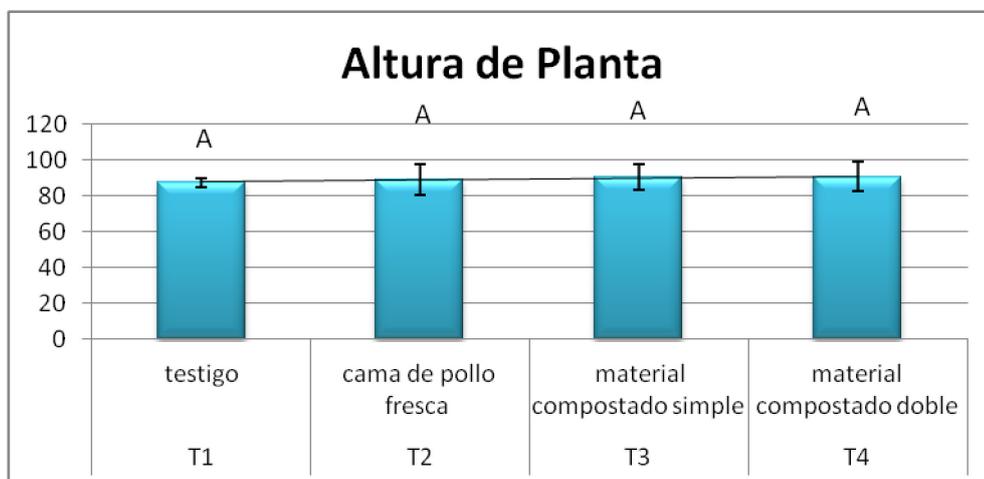


Fig.7.7.4. Kg totales de tomate clasificados dentro de la categoría de Blossom-end rot para los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

7.8 Desarrollo de las plantas de tomate_.

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 tendencia creciente desde el Testigo hasta el T4 en todos los parámetros evaluados (Figuras 7.8.1 a 7.8.4) con excepción de el número de racimos (Figura 7.8.5). 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.



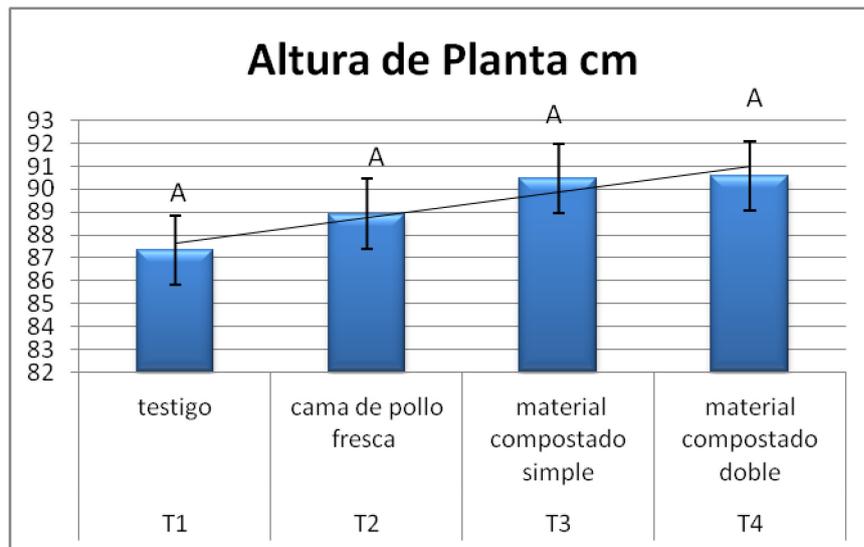


Fig.7.8.1 *Altura (cm) de las plantas de los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).*

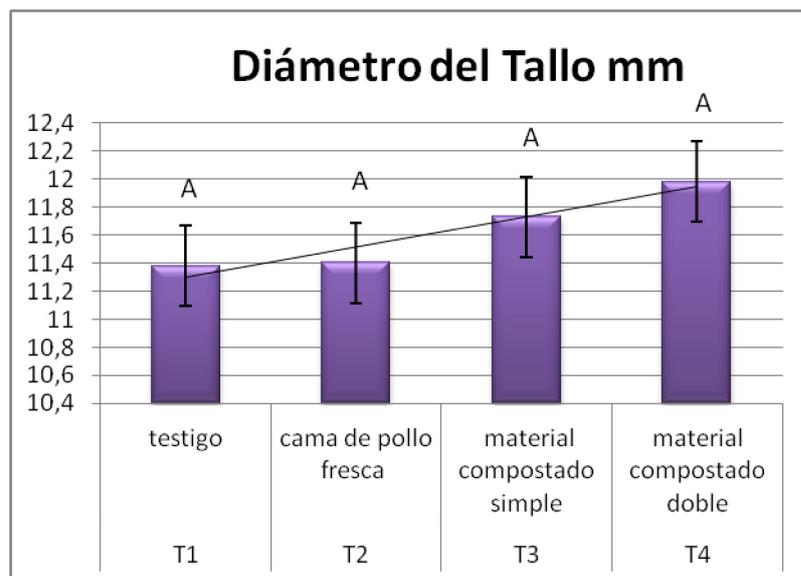


Fig.7.8.2. *Diámetro (mm) de las plantas de los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).*

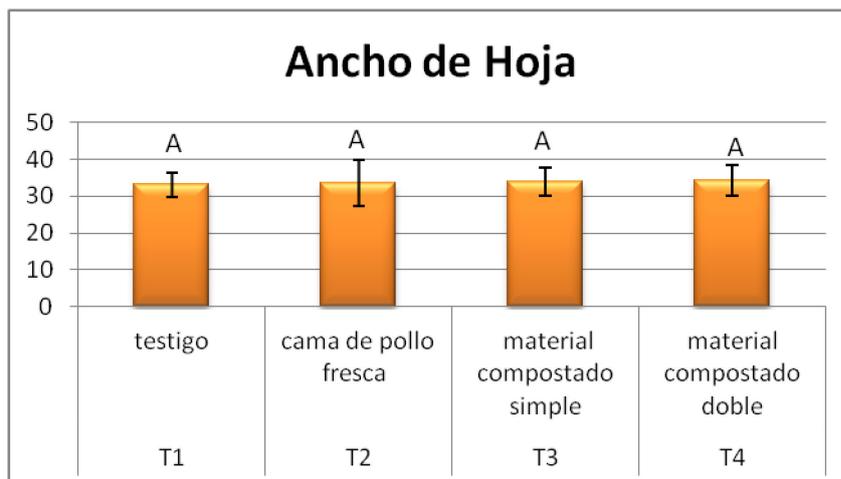


Fig.7.8.3 Ancho (cm) de las plantas de los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

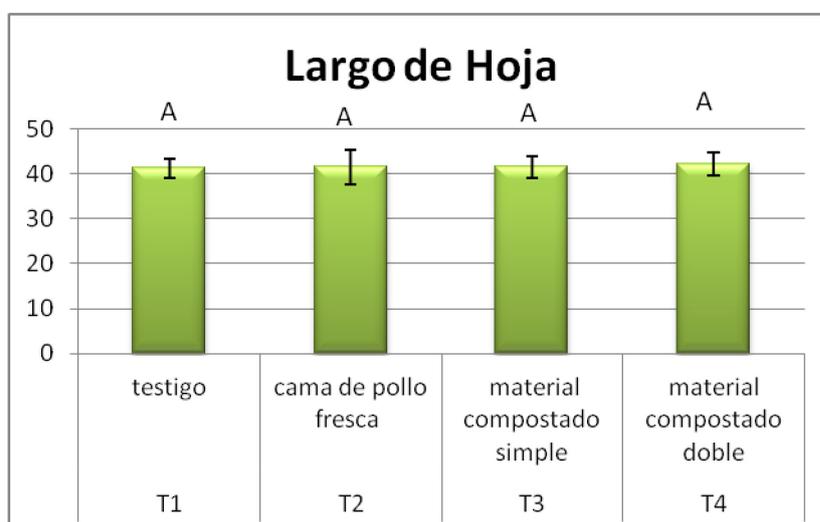


Fig.7.8.4. Largo de hoja de las plantas de los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

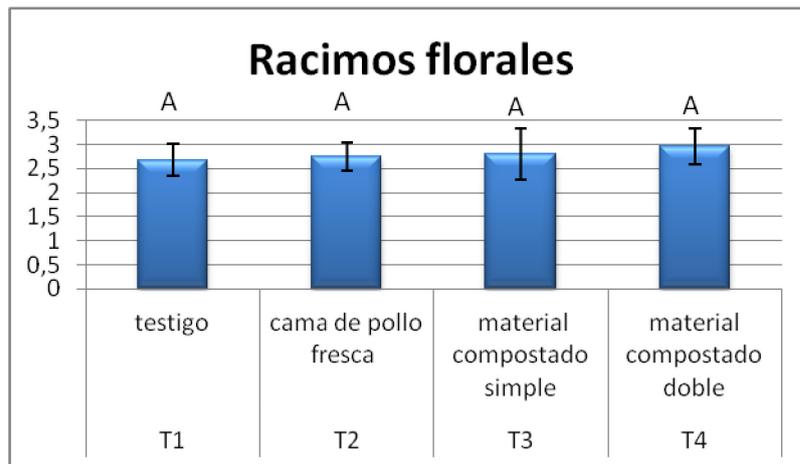


Fig.7.8.5. Racimos florales de las plantas de los diferentes tratamientos. Diferentes letras indican diferencias significativas entre tratamientos, evaluado mediante el test de Tukey ($p < 0,05$).

Entiendo la idea de mostrar los resultados siguiendo la línea de tendencia, pero en algunos graficos queda confuso, buscar la manera de unificarlos y que la información sea clara.

Respecto de las barras de desvíos, son iguales para todos los tratamientos de todos los parámetros analizados?

8. CONCLUSIONES

La cama de pollo fresca, sin compostar, en dosis de 30-40 tn.ha⁻¹, valores comunes en la región hortícolas platense, no mejora la estabilidad estructural ni la conductividad hidráulica del suelo; ni tampoco conduce a mejoras en el rendimiento del tomate. Esto posiblemente sea debido a la calidad del material agregado que no favorece la formación de humus, pudiendo tener además su aplicación un riesgo ambiental.

La cama de pollo compostada con dosis doble al material fresco condujo a mejoras en las condiciones físicas edáficas al incrementar la estabilidad estructural y conductividad hidráulica. Esto se corresponde con incrementos significativos en el contenido de Nt y materia orgánica. Estos cambios se ven principalmente en el estrato superficial.

La práctica de utilización de compostaje de residuos orgánicos resulta promisorio a fin de mejorar aspectos físicos de suelos degradados por producciones intensivas hortícolas. Asimismo, se posibilita un destino controlado a residuos de origen animal disponible en grandes cantidades en la región del presente estudio.

Si bien, no se observaron diferencias en rendimientos y variables del cultivo de tomate, es factible prever que las mejoras observadas en el suelo con el uso de compost a largo plazo posibilitarían un menor uso de agroquímicos. Estos aspectos, así como la factibilidad de reemplazar la fertilización de síntesis por materiales orgánicos compostados debería ser establecida en futuros estudios.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alconada, M. y L. Huergo. 1998. Degradación de suelos con cultivos protegidos: Tomate. Influencia de la calidad de agua de riego. I Reunión de Producción Vegetal, NOA, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina
- Alconada, M.; L. Giuffre, L. Huergo y C. Pascale. 1999. Suelos Hiperfertilizados con Fósforo: Cultivo de Tomate en Invernáculos. Actas XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucon, Chile.
- 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. 2004. Desinfección del suelo con vapor. Efectos sobre la nutrición de los cultivos. Ediciones, INTA. 123p.
- Alconada, M.; Cuellas, M.; Poncetta, P.; Barragán, S.; Inda, E. y Mitidieri 2011. Fertirrigación en cultivo de tomate protegido: I- Nutrición nitrogenada. Efectos en el suelo y en la producción. A. <http://www.horticulturaar.com.ar/buscador.php>
- 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.
- Barral, M.T.; Buján, E.; Devesa, R.; Iglesias, M.L. y Velasco-Molina, M. 2001. Comparación de la Estabilidad Estructural de suelo de Prado y Cultivo. Dpto. Edafología y Química Agrícola. Fac.Farmacia, USC. 15782 Santiago de Compostela, España
- 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.
- Black, C.A. 1965 (Ed.). Methods of soil analysis Part 2 pag. 1003 - 1009
- Bongiovanni Ferreyra, M. G., L. Orden, J. Pérez Pizarro.2005. Enmiendas Orgánicas en la producción bajo cubierta. EEA Hilario Ascasubi.INTA.
- Carrizo, M.E., Alesso, C., Do Nascimento Guedes, J. Imhoff,S. 2012. Ciencia del Suelo. Bs. As.
- Calvo, R.; Macías, F. y Riveiro, C. 1992. Aptitud agronómica de los suelos de la provincia de La Coruña. Ed. Dip. Prov. A Coruña.
- Del Pino, M. 2016. Guía del cultivo de Tomate. Cátedra de Horticultura. UNLP.
- Dewis, J., Freitas, F., 1970. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. ONU.
- Domínguez, M.; Barral, M.T.; Arias, M. y Díaz-Fierros, F. 2002. Biological soil degradation due to the decrease in the use of organic fertilizers in Galicia (NW of Spain). Proc. III Int. Cong. Man and Soil at the Third Millenium. (Rubio, J.L.; Morgan, R.; Asins, S. y Andreu, V., Eds.)
- Domínguez Vivancos, A. 1989. Tratado de Fertilización. Ed. Mundi Prensa. 601 p.
- FAO. UNESCO. 2004, Organización para la Agricultura y la Alimentación. Organización de las naciones para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- FAO, 2016. Ecología y enseñanza rural. El Suelo. <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm> (consultada 10/2017)
- 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> (consultada 10/2017)
- González, J. y A. Amma. 1976. Manejo de suelos para producción de hortalizas. E.E.A.INTA San Pedro. Tirada interna hortícola N°10 y 11.
- Guía de la Cátedra de Edafología. Tema: Estabilidad Estructural. 2017 UNLP.
- Guía de la Cátedra de Edafología. Tema: Nitrógeno. Pellegrini A. 2017 UNLP.
- 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).
- 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

- Instituto de Geomorfología y Suelos. Aportes al ordenamiento Territorial, 2006. Centro de Investigaciones de Suelos y Aguas de Uso Agropecuario (CISAUA).
- Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología. J.M. Albareda, 1981. Anales de Edafología y Agrobiología. Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal.
- 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 Bray Kurtz 1 modificado (Extracción con solución de fluoruro de amonio – ácido clorhídrico). Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- 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. (consultada 10/2017)
- Kononova, M. M. 1961. Soil organic matter. Its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Pergamon, New York, 450 p.
- Labrador Moreno, J. 1996. La Materia orgánica en los Agrosistemas. Ed. Mundi Prensas. 174 p.
- Lavado Raúl S., 1995. Determinación del contenido de sales solubles. SAMLA Sistema de Apoyo Metodológico de Laboratorios de Suelos y Aguas.
- 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. Lopez Bustamante, 2015. Abonos orgánicos y su efecto en el cultivo de tomate. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Malavolta, E. 1987. Manual de Calagem e Adubação das principais culturas. Ed. Agronômica Ceres, San Paulo. 496 p.
- Malavolta, E. 1994. Fertilizantes e seu impacto ambiental. Micronutrientes e Metais Pesados, mitos, mistificação e fatos. Ed. Produquímica Indústria e Comércio Ltda. 153 p.
- Mendía, J.M. 1981. Manejo de suelos en vidrieras. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos de La Plata.
- Pellegrini et al., 2014. Procesos Evolutivos de Residuos Orgánicos para la Producción de Lombricompostos. Curso de Edafología de la F.Cs. Agr. y Fs.
- 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 Prensas. 807 p.
- PROMAR 1991. Programa de Métodos Analíticos de Referencia. pH, Carbono, Materia orgánica, Nitrógeno total, Fósforo extraíble. Ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Comité de Química. Argentina
- Ratto Silvia, 1997. MICRONUTRIENTES SAMLA Sistema de Apoyo Metodológico de Laboratorios de Suelos y Aguas
- 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 SENASA, 2015. <http://www.senasa.gob.ar/senasa-comunica/noticias/pampero-tv-produccion-de-tomate> (consultada 10/2017)
- Sánchez Navarro, A., P. Marín Sanleandro y M^a. J. Delgado Iniesta. 2009. Cambios en las propiedades físico-químicas del suelo por adición de enmiendas orgánicas en cultivo de tomate. Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Químicas. Campus de Espinardo, 30100 Murcia
- 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.

- Trinidad Santos, A. 1999. El uso de abonos orgánicos. Serie Cuadernos de Edafología 10. Centro de Edafología, Posgraduados. Chapingo, México.
- 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 Congreso brasileiro de olericultura. Fortaleza. ABH. Horticultura Brasileira, V23 (2): 488.
- 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.

ANEXO I

La Necrosis Apical del Tomate

La necrosis apical del tomate es una enfermedad fisiológica que causa graves pérdidas en este cultivo. Se conoce también con los nombres de «Podredumbre apical», «Plancha», «Planchat», «Ahongado». En la literatura técnica de lengua inglesa se conoce como «Blossom-end rot».

SINTOMAS EN LOS FRUTOS

El primer síntoma para un diagnóstico precoz es el «amarilleamiento» zonal del tomate, seguido de un ligero aplastamiento del fruto. La típica mancha necrótica se presenta normalmente visible en la zona apical y aunque es poco frecuente, pueden encontrarse tomates con zonas afectadas de podredumbre en el interior del fruto y sin signos externos visibles.

Este accidente fisiológico también puede afectar al pimiento. El síntoma externo en tomate (y pimiento) se presenta y evoluciona así: al principio la zona apical se torna blanquecina, se deshidrata y se hunde; el color se vuelve marrón claro que va oscureciéndose y, finalmente, la zona se necrosa y se endurece. Internamente la primera fase es de ahuecamiento, seguida de hundimiento y necrosis.

EL CALCIO EN LA PLANTA

El calcio se encuentra en la planta en forma iónica, como parte de una sal disuelta, orgánicamente incluido en los pectatos o cristalizado e incluido como maclas de oxalato. Sus principales papeles son los de actuar indirectamente como regulador de la hidratación de la planta, (también están relacionados con esta función el potasio, magnesio, sodio, cloro, zinc y cobre) y como activador de enzimas.

Presenta antagonismos con el potasio y el magnesio y su movilidad es muy pobre.

Los síntomas externos de carencia de calcio son: hojas superiores con manchas amarillas entre los nervios, parecidas a las producidas por clorosis férrica, pero más vivas y excesiva ramificación. El calcio es el nutriente que mayor dificultad tiene en trasladarse desde otras partes de la planta hacia el fruto. Los tratamientos con calcio por vía foliar serán poco útiles.

A continuación se resumen brevemente las conclusiones a que se ha llegado en numerosas investigaciones sobre el problema de la necrosis apical.

- Los altos niveles de nutrición potásica agravan el problema de la «necrosis apical» en el tomate.

- El aumento de la concentración de potasio en una solución nutritiva aumenta el número de tomates afectados.

- Un exceso de aporte de amoníaco dificulta el transporte de calcio, al igual que la alta concentración de sales y el suelo seco.

- El incremento en el aporte de fósforo parece reducir el problema.

- Con bajas concentraciones de sales el problema se presenta en menor frecuencia, pero al aumentar las concentraciones la incidencia aumenta hasta llegar a un 80 por 100 de fruta atacada.

- La «necrosis» está relacionada con bajos niveles de calcio.

- Cuando el nivel de calcio en la fruta es inferior al 0,20 por 100 (CaO) la incidencia de necrosis en el tomate es alta, influyendo poco la mayor o menor sequía.

- La «necrosis apical» se presenta en el tomate cuando la relación potasio/calcio es alta.

CAUSAS DE LA ENFERMEDAD

La «necrosis apical» está caracterizada por una destrucción de la estructura de los tejidos debido a la falta de calcio; los tejidos se vuelven tiernos debido a una deficiente cementación de las paredes celulares.

Cuando se produce un desequilibrio entre la transpiración y la absorción, la planta toma el agua del fruto; su zona apical es la que más sufre y se deshidrata.

En resumen: Hay una destrucción de la estructura celular por falta de calcio y una deshidratación del extremo apical por desequilibrio hídrico.

Este es el mecanismo normal de producción de la «necrosis apical». Es decir, cuando confluyen ambos factores de influencia directa.

La importancia del calcio

Evidentemente la «necrosis apical» puede darse en terrenos calizos, cuando el cultivo está sometido a duras condiciones de sequía, pues aunque la estructura celular resistirá, puede producirse la deshidratación del extremo apical; esto, sin embargo, no es frecuente.

En el extremo opuesto, cuando el tomate se cultiva en un suelo pobre en calcio, al menor descuido en el riego (sobre todo, si los demás factores indirectos son agravantes), se presenta la «necrosis apical».

Otras observaciones

En el riego por goteo será más fácil mantener una humedad adecuada, pero como el desarrollo radicular es menor, la posibilidad de que se presente una carencia de calcio será mayor.

FUENTE: Manuel Muriel Baile 1983. Num 6.. Necrosis apical del tomate. Hojas divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. L.S.B.N.: 84-341-0329-X - Depósito legal: M. 20.453 (32.000 ejemplares) Ncografis, S. L. - Santiago Estévez, - Madrid