

Evaluación de la fitotoxicidad de distintas concentraciones de té de vermicompost elaborado en base a residuos vegetales en un ámbito urbano.

*Trabajo final presentado para optar al título de Especialista en:
Fertilidad de Suelos y Fertilización*

Eduardo Javier Boquete

Ingeniero Agrónomo – Universidad de Buenos Aires - 2002

Lugar de trabajo: FACULTAD DE AGRONOMÍA - UBA



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires

TUTORA

Marta Susana Zubillaga

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

Magister Scientiae (Universidad de Buenos Aires)

Doctora en Toxicología (Universidad de Buenos Aires)

Doctora en Ciencias y Tecnología del Ambiente (Universidad da Coruña)

JURADO DEL TRABAJO FINAL

Tutora

Marta Susana Zubillaga.

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires).

Magister Scientiae (Universidad de Buenos Aires).

Doctora en Toxicología (Universidad de Buenos Aires).

Doctora en Ciencias y Tecnología del Ambiente (Universidad da Coruña).

Jurado

Nombre/s y Apellido: Mariel Silvina Mitidieri.

Título de grado: Ingeniera Agrónoma (Universidad Nacional de Rosario).

Título de posgrado: Doctora en Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Córdoba).

Jurado

Nombre/s y Apellido: Mónica B. Tysko.

Título de grado: Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires).

Título de posgrado: Especialista en Fertilidad de Suelos y Fertilización (Universidad de Buenos Aires).

Fecha de defensa del Trabajo Final: 12 de julio de 2021.

DEDICATORIA

La presentación del Trabajo Final representó para mí un enorme desafío en muchos aspectos. Sin embargo, el contexto de pandemia del COVID-19 que estamos transitando, me permitió reflexionar desde otra perspectiva todo lo que acontece en nuestra Sociedad: aprendimos a ser más conscientes de lo verdaderamente importante y prioritario. Quiero dedicar este, mi esfuerzo - aunque significativo para mí, poco trascendente para la realidad que nos toca vivir - a las y los Profesionales de la Salud de Argentina por dar su vida por Nosotros y Nosotras, y a Todas y Todos, las y los Docentes, que junto a quienes atienden nuestra salud, ponen en práctica diariamente y enaltecen el significado de la palabra “Vocación”. ¡Gracias!

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Marta Zubillaga.

A mi Familia.

A las y los Docentes de la FAUBA.

A mis Compañeros y Compañeras de la cursada.

Al Equipo Administrativo y de Mantenimiento de la EPG.

A LDC ARGENTINA S.A.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN	6
Objetivo	14
MATERIALES Y METODOS	14
Parte 1. Revisión bibliográfica	14
Parte 2. Experimental.....	15
Vermicompost	15
Tés de compost.....	17
Ensayo ecotoxicológico – Test de germinación	18
Determinaciones analíticas y análisis estadístico.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Parte 1. Revisión bibliográfica	20
Parte 2. Experimental.....	25
Germinación de semillas y elongación radicular	25
Índice de Germinación (IG)	27
CONCLUSIONES	29
CONSIDERACIONES FINALES	30
BIBLIOGRAFÍA	31

RESUMEN

Los téis de compost son extractos acuosos que se obtienen a partir de una mezcla de compost y agua en una proporción determinada, y son una alternativa al empleo de los composts sólidos en la agricultura urbana y periurbana. Hay evidencia sólida de su uso como fuente de nutrientes, promotores del crecimiento y control de enfermedades. La elaboración y producto final depende de muchos factores y es necesario evaluar la fitotoxicidad de los téis de compost antes de ser aplicados a un cultivo vegetal. En el presente trabajo, se evaluó la toxicidad del té de compost elaborado a partir de vermicompost en base a residuos orgánicos de un consumo familiar en un ambiente urbano, mediante un test de germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*). Los tratamientos consistieron en dos téis de compost en relación compost:agua 1:10 (volumen/volumen): uno aireado (ACT) durante 24 h y el otro no aireado (NCT) durante 10 días, aplicados a distintas concentraciones: control ó 0% té de compost, 25 % té de compost, 50%, 75% y 100% ó sin diluir. Los extractos conformados por ACT presentaron bajos índices de germinación, siendo la concentración de 50% de té de compost la menos crítica. Los extractos conformados por NCT iguales o superiores a 50% no presentaron fitotoxicidad. Esto demuestra que antes de utilizar los extractos derivados de compost deben caracterizarse no solo su calidad para aportar nutrientes sino también otras propiedades como ser su ecotoxicidad y ajustar la dosis o manejo en función de ella.

INTRODUCCIÓN

La agricultura urbana y periurbana hace referencia a la producción y autoconsumo de alimentos (cultivo y cría) dentro o en la periferia de ciudades y su crecimiento se vio impulsado por el acelerado proceso de urbanización de las últimas décadas. La literatura esclarece sobre las motivaciones para cultivar huertos urbanos y enfatiza que esta actividad a menudo está relacionada con la seguridad alimentaria y la necesidad de acceder a alimentos inocuos, y se utiliza como un mecanismo de supervivencia para obtener acceso a productos alimenticios y/o retribución económica debido al aumento de los ingresos (Battersby, 2013; Hamilton *et al.*, 2014; Kurfürst, 2019; Poulsen *et al.*, 2015; Riley *et al.*, 2018; Zezza y Tasciotti, 2010). Otros estudios sobre agricultura urbana sugieren que la salud y el disfrute pueden ser motivaciones tan importantes como los ingresos y, en ocasiones, ser más importantes que éstos últimos (Horowitz y Liu, 2017; Kurfürst, 2019).

La agricultura de escala urbana se basa en sistemas de cultivo intensivo que se realizan mediante el uso consistente de productos sintéticos, lo cual entra en creciente conflicto con las necesidades del consumidor de reducir los insumos químicos en la agricultura y asegurar la sustentabilidad ambiental de las cadenas de suministro de hortalizas (De Corato, 2020). Además, la intensificación agrícola para la producción de alimentos ha provocado graves pérdidas de biodiversidad, contaminación ambiental y degradación del suelo, amenazando el bienestar de la humanidad (Gomiero, 2016; Lanz *et al.*, 2018; Evans *et al.*, 2019). La creciente preocupación del público por la salud humana debido a los efectos indeseables de los químicos sintéticos peligrosos y el uso masivo de fertilizantes minerales ha animado a los agricultores a buscar alternativas más seguras y ecológicas (De Corato, 2020).

La agricultura sostenible, que implica mantener la producción de cultivos con menos insumos mientras se protegen los recursos naturales y el ambiente, está recibiendo cada vez más atención como mecanismo para lograr el desarrollo sostenible global (Brooker *et al.*, 2016; Flora, 2018). Los suelos son fundamentales para la producción agrícola y suministran servicios de valor significativo para los seres humanos, como el secuestro de carbono, la regulación del ciclo del agua y los nutrientes, la eliminación de desechos y el mantenimiento de la biodiversidad (Adhikari y Hartemink, 2016; Greiner *et al.*, 2017). Por lo tanto, el avance hacia una agricultura sostenible requiere del manejo apropiado y conservación del recurso suelo.

El proceso de urbanización planteado al inicio también trajo como problemática la generación de grandes volúmenes de desechos, y su inadecuada gestión plantea un grave riesgo para los ecosistemas y la salud humana (Zubillaga, 2013). Un aspecto a contemplar para enmarcar la problemática son los Objetivos de Desarrollo Sostenible - en adelante: ODS - (ONU, 2015), de los cuales 6 están relacionados con la gestión de residuos sólidos: *Educación de calidad* (ODS 4), en el sentido de igualdad de acceso a la educación técnica, profesional y terciaria con enfoque en economía circular, pensamiento sistémico, diseño para circularidad, emprendimiento e innovación; *Trabajo decente y crecimiento económico* (ODS 8); *Industria, innovación e infraestructura* (ODS 9); *Ciudades y comunidades sostenibles* (ODS 11); *Consumo y producción sostenibles* (ODS 12) y *Alianzas para lograr los objetivos* (ODS 17). Existe vinculación entre los ODS con las estrategias de la economía circular (Luttenberger, 2020). La economía circular (EC), implica la prevención, reutilización y reciclaje de residuos, o los niveles superiores de la jerarquía de residuos, y contribuyen directamente a la producción limpia debido a la menor cantidad de residuos generados y descartados tanto de la fabricación como del procesamiento de materias primas (Mayer *et al.*, 2019).

En línea con los ODS, y enmarcados en los principios de la economía circular, el compostaje doméstico y comunitario se posiciona como un medio estratégico para la autogestión de los residuos orgánicos generados en los hogares, convirtiéndose en una herramienta para el desarrollo urbano sostenible (Karkanias *et al.*, 2016). Esto ha logrado un impacto positivo en promover la participación de la ciudadanía en la gestión de residuos aumentando, también, la conciencia ambiental (Vázquez y Soto, 2017).

El compostaje es un proceso que consiste en la transformación de materiales orgánicos en un producto estabilizado por la acción de microorganismos aeróbicos denominado compost, y es una alternativa para el tratamiento de los residuos orgánicos antes de su disposición en el suelo (Mazzarino, 2014).

La idoneidad del compostaje doméstico ha sido demostrada desde el punto de vista técnico y ambiental (Storino *et al.*, 2016, Colón *et al.*, 2010). Los estudios que analizan los sistemas de gestión de residuos más respetuosos con el ambiente han incluido el compostaje doméstico en las tecnologías con menor impacto ambiental (Edwards *et al.*, 2018) ya que reduce el costo total de transporte, reduce las emisiones gaseosas - al desviar la fracción orgánica de los desechos generales - y minimiza el riesgo de contaminación, y favorece el ahorro monetario debido a la sustitución del uso fertilizantes y turba por compost. Generalmente, el compost obtenido a partir de desechos orgánicos seleccionados en origen se considera compost de alta calidad, particularmente por su bajo contenido de metales pesados (Huerta-Pujol *et al.*, 2011). Técnicamente, el compostaje doméstico produce un compost estable y maduro en comparación con el compost de las instalaciones industriales (Barrena *et al.*, 2014). El uso del compost como enmienda orgánica, en reemplazo de los fertilizantes químicos, son una alternativa segura para la producción agrícola en las ciudades (FAO, 2007; De Corato, 2020).

Existen diversas enmiendas orgánicas a base de compost, entre ellas se encuentran el vermicompost y sus téis ([Stewart-Wade, 2020](#)).

El vermicompost es el producto del proceso - *vermicompostaje* - por el cual las lombrices y microorganismos convierten residuos orgánicos en un material rico en sustancias húmicas. Las lombrices consumen los residuos, reducen su tamaño y, desde el tracto intestinal, aportan enzimas y microorganismos que favorecen la descomposición del material. Finalmente, los microorganismos completan el proceso de descomposición hasta su estabilización y formación del compost ([Akinnuoye-Adelabu et al., 2019](#)). En cambio, los composts termofílicos son el resultado directo de la acción de diferentes comunidades de microorganismos en condiciones aeróbicas y el proceso de compostaje tiene dos fases: una primer fase de descomposición, compuesta por tres estadios (mesofílico, termofílico y de enfriamiento), en el cual ocurre la transformación de materiales orgánicos complejos a sustancias simples; una segunda fase de humificación o maduración en la cual se produce una reorganización de la materia orgánica en moléculas más estables ([Azim et al., 2017](#)). Según [Dominguez y Edwards \(2011\)](#), mediante el vermicompostaje, la degradación y descomposición de los materiales orgánicos se producen de forma más rápida, logrando un producto más estable, con mejor estructura, mayor población microbiana y mayor contenido de nutrientes que en el compostaje termofílico. Sin embargo, el compostaje termofílico es más adecuado para el tratamiento inmediato de grandes volúmenes de residuos orgánicos y reducir los problemas de contaminación debido a la tecnificación de los procesos; mientras que el vermicompostaje está asociado a escalas pequeñas, como sería el caso de los compost domésticos.

Los téis de compost, es decir los extractos o macerados de compost en agua, son una variante respecto al empleo del material sólido compostado y la evidencia científica

demostró las ventajas de su uso para la supresión de enfermedades en los cultivos tanto de la superficie foliar, como de los suelos y sustratos en los cuales se cultivan. Asimismo, los téis de compost son una fuente de nutrientes, se utilizan como fertilizantes, y mejoran la condición de fertilidad del suelo como consecuencia de la actividad biológica (Ingham, 2005). Se establece así, una herramienta más para su uso en los ámbitos urbanos y periurbanos, ya no solamente como fuente de nutrientes, sino con el beneficio adicional del control de patógenos vegetales.

El té de compost es una técnica que se utilizó en Europa por cientos de años siendo relativamente nueva en América (Hargreaves *et al.*, 2009). Se conoce que la aplicación de formas líquidas de compost, al suelo o pulverizados foliares, como fertilizantes o para prevenir enfermedades, fue una práctica habitual a principios del siglo XX (Scheuerell y Mahaffee, 2002). Sin embargo, se le atribuye al investigador alemán H. Weltzien, ser el pionero en la investigación experimental de estas técnicas, iniciando su actividad en la década de 1960 y publicando por primera vez sus resultados en idioma inglés hacia finales de los '80s (Brinton *et al.*, 2004). En la década del '90, en Estados Unidos, los productores de agricultura orgánica experimentaron y expandieron el uso de los téis de compost basados en los buenos resultados en el control de enfermedades e integración en los programas de fertilización e inoculación microbiológica de los cultivos, sin estar apoyados en evidencia científica y favorecidos por la falta de controles en su uso (Scheuerell y Mahaffee, 2002). Tal fue el impacto que, ante el incremento en el uso de los extractos de compost por parte de los productores, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) a través del Área que se dedica a esta temática (National Organic Standart Board, NOSB), designó un panel de 13 científicos (Compost Tea Task Board) entre los años 2003 y 2004 para establecer criterios y recomendaciones para el uso de este tipo de producto (<https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/organic/nosb>). Mucha de la

bibliografía que se cita como base de los trabajos de investigación hasta la actualidad, proviene del momento comprendido entre fines de los '90s y principios de la década del 2000.

Un té de compost es la maceración en agua y, según el caso, la fermentación/oxidación específica del extracto resultante de un compost de propiedades y estado de madurez conocidos durante cierto período de tiempo. En términos generales, el procedimiento requiere un contenedor, el compost, agua, período de maceración/incubación, y filtración. Se entiende por “extracto acuoso de compost” al resultado de la maceración y obtención de los componentes solubles del compost tratado y, por lo tanto, sus propiedades son muy dependientes del compost de origen. Mientras que los “tés de compost” suponen una fermentación y, en ocasiones, adiciones específicas de sustratos, que determinan que el extracto contenga una mayor concentración de nutrientes solubles y otros compuestos orgánicos luego del proceso de fermentación/oxidación respecto al compost de origen (De Corato, 2020). Sin embargo, el término “*té de compost*” persiste debido a su difusión dada por los usuarios y engloba a estos productos. Por ejemplo, Ingham (2005) enumera, relacionados a los tés de compost, los siguientes elaborados: tés aireados (Aerated Compost Teas o ACT); tés no aireados (Not-Aerated Compost Teas o NCT); tés anaeróbicos (Anaerobic Teas); tés de estiércol (Manure Teas); extractos de compost (Compost Extracts); percolados de compost (Compost Leachates); tés de plantas (Plant or Fermented Teas) y caldos bacterianos (Bacterial Soups).

En términos generales, las características y propiedades de los tés de compost dependen de los siguientes factores: tipo y tamaño del contenedor; compost de origen; fuente de agua; enmiendas y nutrientes agregados; contenido de oxígeno; tiempo de incubación; relación compost:agua y temperatura. Mientras que la eficacia de su uso

depende de aspectos relacionados a la práctica en sí misma, por ejemplo: método de filtración; diluciones; coadyuvantes; momento y forma de aplicación (Scheuerell y Mahaffee, 2002).

Los dos métodos más utilizados en la extracción son los tés no aireados (NCT) y tés aireados (ACT). Los NCTs no son sometidos prácticamente a ningún disturbio o a mínimas agitaciones durante el proceso de elaboración; mientras que los ACTs son activamente aireados durante toda la fase de extracción. El método aireado supone una reducción en los tiempos de elaboración, mientras que los no-aireados tienen un menor costo de producción y uso de energía. La crítica que se hace a los NCT es que las condiciones en la cual se produce la fermentación podrían favorecer el desarrollo de patógenos humanos (Scheuerell y Mahaffee, 2002). Sin embargo, no hay acuerdo entre diversos estudios respecto a las diferencias entre NCT y ACT en cuanto a la población de patógenos, dado que la aireación es menos significativa para este problema que la calidad del compost de origen y la higiene del proceso de elaboración (Stewart-Wade, 2020).

Los tés de compost contienen nutrientes solubles, diversos microorganismos, ácidos húmicos y sustancias reguladoras del crecimiento vegetal que favorecen la producción agrícola y la supresión de algunas enfermedades cuando se utilizan aplicados al suelo o directamente pulverizados sobre los cultivos y son muy útiles en sistema de producción orgánicos y sustentables (Scheuerell y Mahaffee, 2002; Ingham, 2005; Carballo *et al.*, 2009; De Corato, 2020).

El uso de los tés de compost trae implícitos riesgos como la presencia de patógenos humanos y la fitotoxicidad para vegetales. La población de patógenos humanos, particularmente coliformes, depende de los materiales de origen y del proceso de compostaje, así como también de su manipulación posterior. Se requiere del diagnóstico en laboratorio para determinar la presencia de estos microorganismos y,

además, respetar un período de carencia desde su aplicación hasta el consumo del vegetal cultivado (Ingham, 2005; Edwards *et al.*, 2011). Mientras que la calidad del compost, dada por los materiales de origen, proceso de elaboración y estado de madurez, determina el riesgo de fitotoxicidad y es un criterio muy importante para evaluar el uso con fines agrícolas (Carballo *et al.*, 2009).

La fitotoxicidad se describe como el efecto perjudicial sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas que es producido por sustancias presentes en el medio cuando son absorbidas y/o acumuladas en los tejidos vegetales. Los efectos fitotóxicos resultantes del uso de residuos orgánicos y sus elaborados pueden deberse a diversos factores, pero se destacan entre ellos: la presencia de metales pesados, amonio, acumulación excesiva de sales, ácidos orgánicos de bajo peso molecular u otros compuestos fitotóxicos de alta persistencia como, por ejemplo, moléculas de herbicidas (Aslam y VanderGheynst, 2008; Carballo *et al.*, 2009). Mientras que la fitotoxicidad por metales pesados y contenido de sales está asociada a la fuente del residuo orgánico, la presencia de amonio y de ácidos orgánicos de bajo peso molecular, dependen tanto de las características del material de origen, como del proceso de elaboración (p.e.: condiciones aeróbicas) del producto que finalmente se aplicará al cultivo (Tiquia y Tam, 1998; Aslam y VanderGheynst, 2008; Azim *et al.*, 2017).

La fitotoxicidad de un té de compost estará asociada, entonces, al compost de origen y, además, a las condiciones de la extracción, como aireación, relación compost:agua y temperatura (Carballo *et al.*, 2009). Uno de los métodos más difundido para evaluar la fitotoxicidad de compost es mediante un índice que se calcula en base al porcentaje de germinación y la longitud de raíces de semillas puestas a germinar en condiciones controladas (Branzini y Zubillaga, 2010).

Objetivo

Considerando los datos brindados en la literatura científica y la importancia ecológica y económica del uso de compost y sus derivados, se realizó una investigación para de establecer las características fitotóxicas de estos productos. Esta investigación ayudará a identificar el método más adecuado de transformación del compost de residuos como enmienda del suelo o fertilizante. Además, ayudaría a mejorar nuestra comprensión de los riesgos de su uso y a establecer principios de pautas de manejo de estos bioproductos.

En consecuencia, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la fitotoxicidad de distintas concentraciones de té de compost aireados (ACT) y no aireados (NCT) elaborados a partir de vermicompost de residuos vegetales provenientes de un consumo familiar en un ámbito urbano. De forma complementaria, se pretende observar el posicionamiento de las investigaciones sobre té de compost en la bibliografía científica.

MATERIALES Y METODOS

Parte 1. Revisión bibliográfica

El estudio de bibliografía sobre té de compost se realizó en el sitio especializado ScienceDirect ([sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)) teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- período de consulta: años 2000 a 2020;
- términos de la búsqueda: “compost tea”, “compost extract”, “extract of compost”;
- elemento de la búsqueda: títulos, resúmenes, palabras claves;
- tipo de publicación: artículos de investigación.

Parte 2. Experimental

Vermicompost

El proceso de vermicompostaje se inició en marzo de 2020, en una zona correspondiente al sur del Área Metropolitana de Buenos Aires, sobre la base de restos orgánicos y un núcleo de lombrices de hábitos epigeos (nivel de población y especie de lombriz no determinados). La disposición fue en pila y se utilizaron restos vegetales domésticos de verduras, hortalizas, frutas, cáscaras de huevo, follaje y cortes de césped. Durante los primeros 60 días, la pila se rotó dos veces por semana, de forma manual, para la homogeneización y aireación del material. La carga de material fresco en la pila fue semanal, conjuntamente a un riego moderado. Se utilizó el follaje de árboles de alineación urbana - principalmente de tilo (*Tilia viridis subesp. x moltkei*) - como cobertura de la pila hasta mayo. A partir de allí, se continuó incorporando sólo los restos domiciliarios. En julio, se homogeneizó el material y se reordenó en una pila rectangular, con medidas aproximadas de 50 cm de base y 40 cm de altura (Imagen A). Los restos domiciliarios se fueron incorporando en uno de los extremos de la pila para promover el avance frontal de las lombrices y, de esta manera, dejar el compost maduro en el extremo opuesto. En septiembre, se tomó la muestra del extremo más maduro de la mezcla y – previa homogeneización y selección por el método de cuarteo - se tamizó con malla de 2 mm (Imagen B y C). La muestra se mantuvo refrigerada hasta el momento de la elaboración de los téis de compost.



IMAGEN A: Etapas de la elaboración del vermicompost desde marzo del 2020 hasta la formación de la pila rectangular

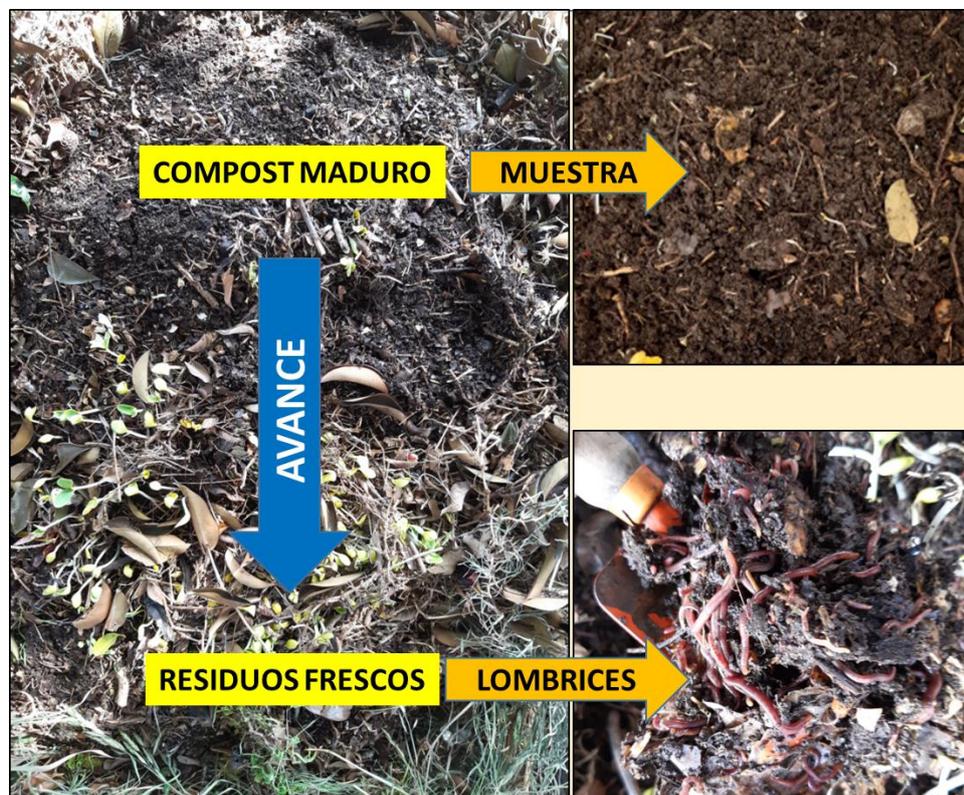


IMAGEN B: Vista superior de la pila de vermicompost al momento de obtener la muestra para la elaboración de los téis de compost. Se señala en la imagen el sector de compost maduro del cual se obtuvo la muestra, el sentido de avance con la incorporación de nuevos residuos y la presencia de las lombrices.



IMAGEN C: Secuencia del tamizado de la muestra de vermicompost maduro, con una malla de 2 mm. La última imagen muestra la presencia de cocoons (ootecas de lombrices) como signo de una colonia activa.

Tés de compost

Para la elaboración de los té de compost, se utilizó agua corriente declorinada durante 10 horas mediante el uso de una bomba de aire de acuario RS-290 (RS Electrical ®), con un caudal máximo de 1,2 l/min. Para la obtención del Té de Compost No Aireado (NCT), en un frasco de vidrio previamente esterilizado, se colocaron 50 ml de compost húmedo y agua declorinada en relación volumétrica de 1 a 10 (1:10 v/v compost:agua). De esta manera, se mantuvo a temperatura ambiente durante 10 días y cada 12 hs se sometió a un burbujeo de 10 minutos con la bomba de aire de acuario RS-290 (RS Electrical ®), caudal máximo de 1,2 l/min. Para la obtención del Té de Compost Aireado (ACT) se procedió, el día previo a la finalización del proceso del NCT, a colocar 50 ml de compost húmedo en un frasco de vidrio previamente esterilizado una mezcla 1:10 v/v compost:agua, la cual se mantuvo bajo burbujeo continuo con la misma bomba de acuario durante 24 h (Imagen D). Finalizados ambos procesos de elaboración, y previo pasaje de

los extractos por filtro de tela, se realizaron las diluciones, utilizando agua desmineralizada comercial (Match1®), estableciendo así, los siguientes tratamientos: 25% (relación 1:3 v/v té de compost:agua); 50% (1:1); 75 % (3:1); 100 % té de compost (sin dilución en agua).



IMAGEN D: A la izquierda, té de compost aireado (ACT) con burbujeo constante durante 24 h. A la derecha, té de compost no aireado (NCT), luego de 9 días de fermentación.

Ensayo ecotoxicológico – Test de germinación

Se utilizó el test de germinación de [Zucconi et al. \(1981\)](#) modificado, en semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de uso comercial. Previo a la siembra, las semillas se trataron con hipoclorito de sodio comercial 55 g Cl/l (agua lavandina concentrada), en una solución 1:4 (hipoclorito de sodio: agua corriente) por 1 minuto; luego, se mantuvieron por 5 minutos en agua declorinada – sobrante de la utilizada para la preparación del ACT, para que, finalmente se realice un triple enjuague con agua desmineralizada comercial. Las semillas se dejaron secar antes de la siembra. Se colocaron 40 semillas de lechuga por placa de Petri de 8 cm de diámetro, sobre papel de filtro. Se aplicaron 5 ml de cada concentración de té de compost y para el tratamiento control se utilizó agua desmineralizada comercial (Match1®). Para cada tratamiento se

realizaron 3 repeticiones. Se conservaron las placas de Petri a temperatura ambiente y en total oscuridad durante 7 días.

Al séptimo día, se contabilizó para cada placa de Petri, la cantidad de semillas germinadas, utilizando como criterio la presencia de una radícula igual o superior a los 2 mm. Además, se midió la longitud de raíces de cada semilla germinada mediante un calibre graduado (Imagen E).

A partir de los datos obtenidos, se promediaron los valores de las tres repeticiones y se calcularon el porcentaje de germinación (%G), el porcentaje de longitud radicular (%LR) y el índice de germinación (IG) según las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ec.1} \quad \%G = \frac{G \text{ tratamiento}}{G \text{ control}} \times 100$$

Donde:

G tratamiento: es el número de semillas germinadas en el extracto de compost,

G control: es el número de semillas germinadas en el tratamiento control.

$$\text{Ec.2} \quad \%LR = \frac{LR \text{ tratamiento}}{LR \text{ control}} \times 100$$

Donde:

LR tratamiento: es la media de longitud radicular en el extracto de compost,

LR control: es la media de longitud radicular en el tratamiento control.

$$\text{Ec.3} \quad \text{IG (\%)} = (G \times LR) \times 100$$



IMAGEN E: Luego de 7 días de incubación, se recuentan en cada placa de Petri las semillas germinadas y se mide la longitud de las raíces.

Determinaciones analíticas y análisis estadístico

Se realizaron determinaciones de pH en las diluciones obtenidas de los extractos de té. Para ello se utilizó un equipo Hanna HI 8424.

Los resultados se sometieron a un análisis estadístico descriptivo. También se realizaron análisis de correlaciones lineales simples entre las variables analizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parte 1. Revisión bibliográfica

En la Figura 1 se observa la evolución anual y acumulada de los tres términos propuestos. El resultado de la consulta al sitio fue de 128 artículos a lo largo del período consultado. Hasta el año 2006, el número de artículos no superaba el total de 3 publicaciones anuales. A partir del 2007 se supera esa cantidad de resultados, pero sin una tendencia clara hasta el 2020: se produce un primer pico de publicaciones en el 2008 con un total de 11 – valor que se reitera en 2018 -, que luego fue superado en 2012 con 13 publicaciones, siendo el máximo de la serie histórica.

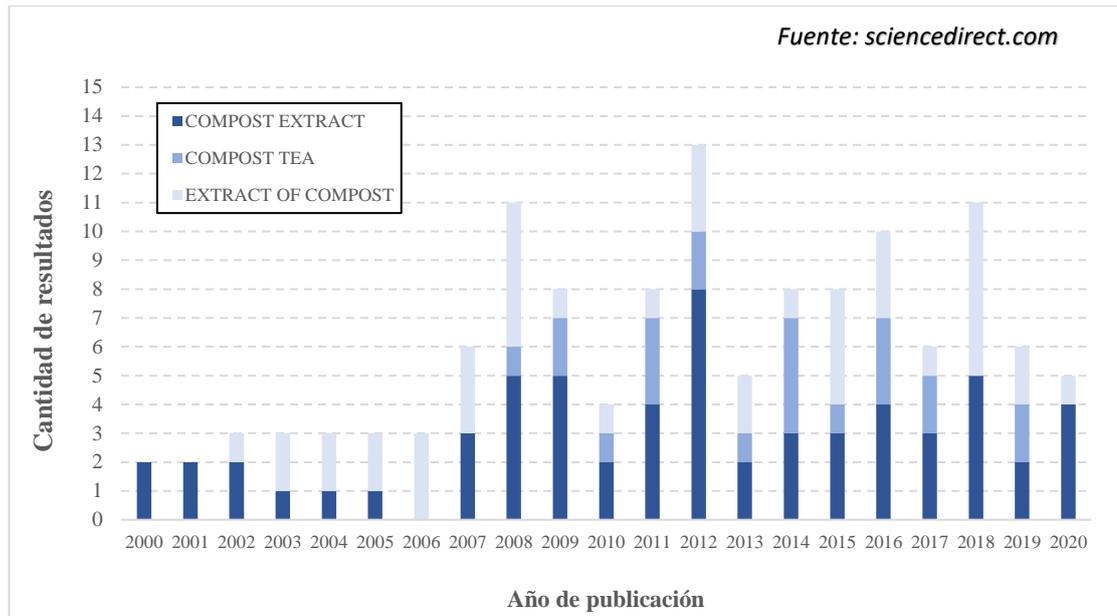


Figura 1: Resultado de la búsqueda de artículos en el sitio ScienceDirect, en el período 2000-2020, en cuyos títulos, resúmenes o palabras claves incluyeran los términos “compost tea”, “compost extract” y “extract of compost”.

El Trabajo Final trata sobre la evaluación de la fitotoxicidad de un té de compost elaborado en base a residuos vegetales producidos por el consumo doméstico, para su aplicación en agricultura urbana. En base a la revisión de los resultados de la búsqueda, no se encontró ningún artículo con coincida en su abordaje con el tema propuesto en el presente estudio. Tampoco se encontraron trabajos locales o en la Región que aborden la investigación sobre los tés de compost. En cuanto a la fitotoxicidad, se hace mención directa o indirecta en 11 resúmenes de artículos, lo cual no implica que luego, en el desarrollo de cada publicación, se evalúe este parámetro. No se hace referencia directa a la agricultura urbana y/o periurbana en los títulos, resúmenes y palabras claves en los resultados de la consulta. En cuanto al tipo de residuo utilizado para los tés y extractos de compost, en general no es una información que se precise en títulos, resúmenes y palabras claves según la búsqueda, aunque se hace mención de ello en 21 publicaciones; referido a lo estrictamente urbano, los residuos que más se mencionan son los desechos cloacales y los residuos sólidos urbanos.

Por lo tanto, dado que en la búsqueda bibliográfica en un sitio de referencia para el sector académico, como lo es ScienceDirect (sciencedirect.com), no se hallaron publicaciones que reúnan estrictamente las características del Trabajo Final, el mismo sería novedoso en cuanto a la temática de estudio tratada, principalmente en el enfoque urbano y familiar del uso del té de compost.

Por último, en la Figura 2, se propone una clasificación por tema de los 128 resultados, teniendo en cuenta las siguientes categorías:

- Investigación: artículos que estudian las características de los compost y té de compost y los factores que los afectan, el uso de técnicas de laboratorio para la determinación de esas características u otros usos en los cuales se puedan emplear los compost.
- Terapéutica vegetal: artículos que investigan sobre la aplicación de los compost y té de compost en la prevención y control de enfermedades en vegetales, incluido un trabajo de investigación que evalúa el control de malezas.
- Promoción de crecimiento: categoría que hace referencia a las publicaciones que utilizan los compost y té de compost como fuente de nutrientes y promotores del crecimiento y producción vegetal. La categoría incluye los artículos que estudian los efectos auxínicos de los ácidos húmicos, así como también, aquellas publicaciones que estudian el efecto de los compost y sus derivados en el balance de carbono en el suelo.
- Biorremediación: categoría que incluye a los artículos que utilizan compost y té de compost para evaluar su efecto en el tratamiento de problemas de acumulación de metales pesados y otros contaminantes.
- Biología del suelo: publicaciones que estudian la variación en la microbiología del suelo al utilizar compost y té de compost.

Dadas las características intrínsecas de los compost y tés de compost, se da una superposición de estas categorías en los resultados obtenidos, siendo la más frecuente el uso como promotores de crecimiento y el de terapéutica vegetal. Se observó un único caso de una publicación que evalúa las características de los extractos de compost como fuente de nutrientes y para biorremediación.

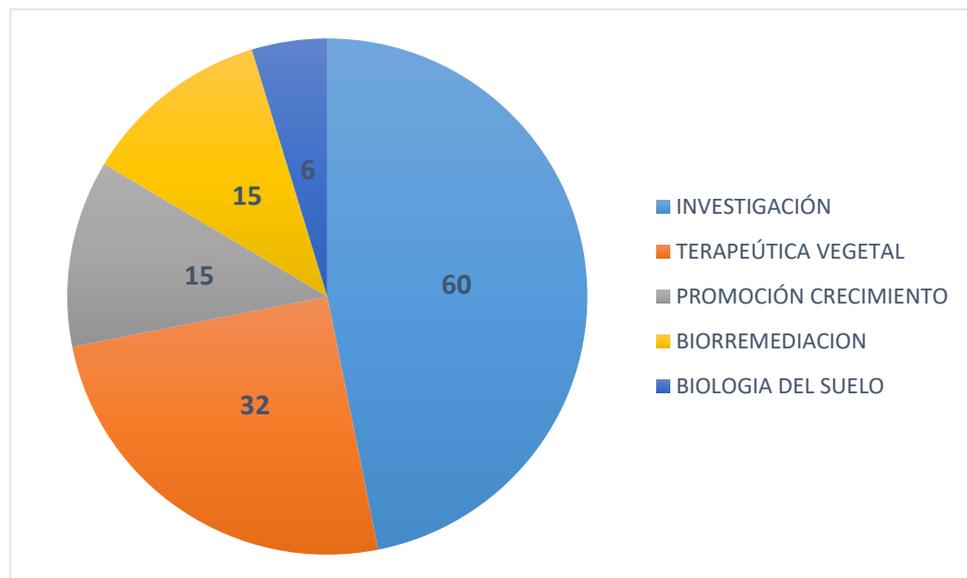


Figura 2: Clasificación de los artículos de la búsqueda según finalidad del estudio. Datos expresados en cantidad de publicaciones. Total de resultados: 128.

El 47% de los resultados de la búsqueda están representados en la categoría llamada “Investigación” (cantidad de trabajos ó $n = 60$). Mientras que 37 % ($n = 47$) de los artículos hacen referencia a la aplicación de los compost y tés de compost para un uso específico sobre los vegetales como son los aspectos terapéuticos (prevención y control de enfermedades) y promoción del crecimiento y producción (fuentes de nutrientes, biofertilizantes, reguladores de crecimiento). Cuando se realiza la apertura de las categorías según término de búsqueda (Tabla 1) se observa que para los tés de compost (“compost tea”, estrictamente), se aplican descripciones más específicas a los usos como la terapéutica vegetal y el uso como fertilizante y biología del suelo. Es decir,

corresponden a artículos que estudian el efecto específico de esta técnica en la producción vegetal. En cambio, las publicaciones que se refieren a los extractos de compost tienen una mayor participación en la categoría de la investigación de los compost y téis de compost. En tal sentido, se refleja lo explicado por [Scheuerell y Mahaffee \(2002\)](#), cuando indican que:

“...El término “compost extract” representa un desafío particular debido al uso difundido del mismo en estudios de las propiedades químicas de los compost (...), en estudios que examinan la inhibición in vitro de patógenos del suelo por materiales orgánicos (...); y la inmovilización in vitro de nematodos por los compuestos tóxicos de los extractos provenientes del compostaje de residuos municipales (...). Estos estudios utilizan “extractos” para indicar la obtención de muestras al aplicar presión, destilación, evaporación o por ser tratada con un solvente (...). El término “compost extract” debería ser reservado para describir los productos de la filtración del compost al ser mezclado con algún solvente, pero no fermentado, y que se utiliza con fines analíticos o para trabajos de experimentación. (...)”

En síntesis, la categoría “INVESTIGACIÓN” aquí propuesta, presenta cierta coherencia con lo propuesto por estos autores y es una buena descripción de los artículos que fueron ingresados en ese conjunto como resultado de la búsqueda en ScienceDirect.

Tabla 1: Cantidad de artículos que ingresan en cada una de las categorías propuestas, para cada tipo de término utilizado para realizar la búsqueda en ScienceDirect.

CATEGORÍA	COMPOST EXTRACT	COMPOST TEA	EXTRACT OF COMPOST
INVESTIGACIÓN	32	3	25
TERAPEÚTICA VEGETAL	17	10	5
PROMOCIÓN CRECIMIENTO	6	4	5
BIORREMEDIACION	6		9
BIOLOGIA DEL SUELO	1	5	
TOTAL	62	22	44

Las publicaciones más recientes, algunas de las cuales forman parte del marco conceptual para el presente Trabajo Final, resignifican el uso de los reciclados y enmiendas de origen orgánico, entre los cuales incluyen a los té de composts, teniendo en cuenta el enfoque de economía circular (De Corato, 2020).

En el caso particular de los té de compost, debido a la variabilidad inherente de los mismos, los trabajos publicados estudian el uso de estos productos en diseños y sistemas de producción específicos, evaluando, principalmente, la acción terapéutica vegetal y buscando evidencias sobre los modos de acción mediante técnicas avanzadas de laboratorio (De Corato *et al.*, 2018; Stewart-Wade, 2020).

Parte 2. Experimental

Germinación de semillas y elongación radicular

En la Tabla 2, se muestran los datos de porcentaje de germinación, longitud radicular e IG para las distintas concentraciones de ACT y NCT.

Tabla 2: Porcentaje de germinación respecto del testigo (%G), porcentaje de la longitud radicular respecto del testigo (%LR) e índice de germinación (IG) de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) embebidas en Té de Compost Aireado (ACT) y Té de Compost no Aireado (NCT) a distintas concentraciones (25%, 50%, 75% y sin dilución ó 100%). Los datos se obtienen del promedio de 3 repeticiones por tratamiento.

TRATAMIENTO	%G	%LR	IG
ACT 25%	22,2	96,7	21,5
ACT 50%	77,8	71,4	55,6
ACT 75%	22,2	110,1	24,5
ACT 100%	11,1	67,2	7,5
NCT 25%	57,1	70,8	40,5
NCT 50%	85,7	95,5	81,9
NCT 75%	142,9	87,5	125,0
NCT 100%	128,6	100,1	128,7

Los %G fueron diferentes entre los tés estudiados, y estuvieron comprendidos en un rango entre 11,1 y 142,9%. Según [Zucconi et al. \(1981\)](#) el rango de 80-85 %G indicaría la desaparición de fitotoxicidad del compost. En este estudio, dicho rango se logró únicamente con los tratamientos NCT a concentraciones mayores a 25% (Tabla 2).

Los tratamientos con NCT con concentraciones mayores al 50% presentaron mayores %G que los ACT en todas sus diluciones. Para el ACT, el rango estuvo entre 11,1 y 77,8% y la dilución al 50% fue la de mayor %G. En cambio, para NCT, los %G aumentaron con el incremento de la concentración, hasta 75%, luego de la cual tiende a disminuir, siendo el rango entre 57,1 y 142,9%. [Akinuoye-Adelabu et al. \(2019\)](#) demostraron que los tés de vermicompost de estiércol aumentaron el porcentaje de germinación en semillas de arveja (*Pisum sativum* L.) tratadas con un ACT. En otra experiencia, [Esteban et al. \(2017\)](#) evaluaron el porcentaje de germinación de semillas de *Corchorus olitorius* L. – una especie con fines textiles – para distintas concentraciones de tés de vermicompost no aireados, con agregado de melazas, fermentados durante 3 días. En ese trabajo, los valores de germinación disminuyeron con el aumento en la concentración de los tés de compost. Es decir, los tés de vermicompost podrían tener un efecto promotor de la germinación, pero dependería del sistema evaluado (especie vegetal, fuente del compost, factores de elaboración del té, etc.).

En general, se considera que la inhibición de la elongación de raíces es un parámetro más sensible como indicador de toxicidad que la germinación de las semillas ([Zubillaga et al., 2006](#)). En este caso, este parámetro presenta menor discriminación que el anterior, con un rango entre 67,2-110,1% y 70,8-100,1% para ACT y NCT respectivamente. En el caso de ACT, los mayores valores de %LR se obtuvieron con la concentración de 75% y para NCT el menor %LR fue con la concentración de 25%. [Esteban et al. \(2017\)](#) midieron menores longitudes de raíces a mayor concentración de

tés de compost, por lo que la respuesta de la longitud de raíces dependería del diseño del sistema para evaluar los tés de compost y la variación de los factores que determinan sus características. Asimismo, concentraciones diferentes de tés de vermicompost inducirían respuestas metabólicas, absorción de nutrientes y propiedades fisiológicas distintas en las semillas tratadas (Akinnuoye-Adelabu *et al.*, 2019).

Índice de Germinación (IG)

El Índice de Germinación se calculó a partir de los valores ya conocidos de %G y %LR, y tuvo un rango entre 7,5 y 128,7%. En ACT, el rango fue entre 7,5 y 55,6, siendo mayor para la concentración de 50%. En el caso de NCT, el rango fue entre 40,5 y 128,7 y el IG aumentó a medida que se incrementó la concentración.

Diversos autores sostienen que el índice de germinación es un indicador más completo para describir el potencial fitotóxico de un sustrato, ya que integra el porcentaje de germinación relativo y el crecimiento relativo de raíces (Zucconi *et al.*, 1981; Tiquia, 2000; Emino y Warman, 2004; Varnero *et al.*, 2006). En tal sentido, un criterio de clasificación de fitotoxicidad basado en aquellos extractos que muestran un $IG \geq 80\%$, indicaría que los mismos están libres de sustancias fitotóxicas, o los tendrían en muy baja concentración (Zucconi *et al.*, 1985). Lo contrario ocurriría con valores menores o iguales a 50%; es decir, con presencia significativa de sustancias fitotóxicas.

Según los resultados obtenidos (Tabla 2), los ACT poseen toxicidad, excepto para una concentración intermedia (ACT 50%), mientras que los tés no aireados (NCT) pueden clasificarse como tóxicos para baja concentración (NCT 25%) y con ausencia de fitotoxicidad a concentraciones mayores a 50%. Las diluciones de 50%, 75 % y 100% (té sin diluir) de NCT, teniendo en cuenta estos criterios, podrían utilizarse sin esperar efectos

negativos en las plantas. Asimismo, según [Zucconi et al. \(1981\)](#), los índices superiores a 101% implican efectos que estimulan el crecimiento vegetal, ya sea por presencia de nutrientes o por fito-reguladores, lo cual aplicaría a los tratamientos NCT 75% y NCT sin diluir (NCT 100%). El tratamiento NCT 25% presentó un IG dentro del rango de fitotoxicidad, lo cual podría explicarse, no tanto como la presencia de sustancias tóxicas sino a la menor acción promotora del crecimiento radicular en las plántulas de lechuga, que sí se observó en concentraciones del NCT $\geq 50\%$.

Estos datos difieren, en parte, con los obtenidos por [Carballo et al. \(2009\)](#), los cuales evidencian que todas las concentraciones (similares a las aplicadas en el presente trabajo), presentaron fitotoxicidad, y a mayor concentración del té, mayores fueron los efectos tóxicos y que, además, los tratamientos con NCT tuvieron resultados más adversos que los obtenidos para ACT. Para estos autores, los NCT fueron más tóxicos debido a su mayor concentración de sales y ácidos orgánicos producidos por microorganismos respecto a los ACT. De esta manera, en este trabajo de investigación recomiendan el uso de té de compost elaborados en condiciones aeróbicas y a temperatura ambiente, provenientes de composts maduros. Sin embargo, cabe considerar que [Carballo et al. \(2009\)](#) utilizaron un ACT aireado por 48 h en base a un compost termofílico, a diferencia del ACT de 24 h elaborado en un vermicompost en el presente trabajo. [Edwards et al. \(2011\)](#), demostraron que los ACT de vermicompost tenían mayor conductividad eléctrica, asociada a la presencia de sales, que los NCT a la misma dilución y mayores que los ACT provenientes de composts termofílicos y, este aporte, podría explicar en parte, las diferencias de lo aquí expuesto.

Otra experiencia con test de germinación y té de composts es la presentada por [Milinković et al. \(2019\)](#), quienes utilizaron ACT, elaborado a partir de una relación 1:3 compost:agua (v/v) durante 10 días. Los resultados obtenidos, determinaron que las

distintas concentraciones de ACTs (25%; 50%, 75% y sin diluir) no fueron fitotóxicas según los criterios de IG propuestos por [Zuconi et al. \(1981\)](#), incluso, las tres primeras diluciones tendrían efectos promotores del crecimiento según dicha escala.

Los resultados del ajuste entre IG y pH se presentan en la Figura 3. En todos los casos, los extractos tuvieron valores de pH en el rango de los establecidos habitualmente para los composts (pH 6-9) ([Cayuela et al., 2008](#)). Se observó para los NCT que el IG se ajustó de forma positiva y potencial al pH con un $R^2 = 0.98$, mientras que, el ajuste fue muy bajo para ACT.

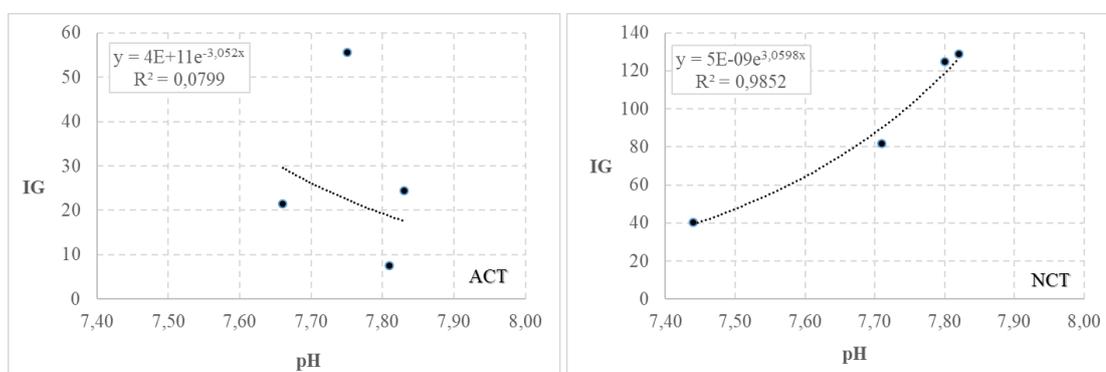


Figura 3: Relación entre el pH de las diluciones de Té de Compost Aireado (ACT)(izq.) y Té de Compost no Aireado (NCT) (der.) y los Índices de Germinación en porcentaje (IG). En cada gráfico se presenta en recuadro la ecuación de ajuste y el R^2 correspondiente.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los datos del presente trabajo, el proceso de elaboración del té de compost influye en la toxicidad de este. El té elaborado con aireación resultó en una elevada toxicidad y no sería adecuado para su uso directo en producción vegetal. El pH no fue la causa de la toxicidad del ACT, esto indicaría la presencia de otras sustancias fitotóxicas no determinadas en la presente investigación. En cambio, para el té de compost no aireado (NCT), no se evidenciaron efectos fitotóxicos en concentraciones iguales o mayores al 50%.

CONSIDERACIONES FINALES

Es muy difícil hacer recomendaciones generales respecto a los téis de compost debido a la variabilidad inherente a su preparación y eficacia de uso como fuente de nutrientes, promotor de crecimiento vegetal, control y supresión de enfermedades e incremento de la actividad biológica del suelo. Entre las recomendaciones, la comparación de los resultados obtenidos para téis aireados (ACT) y no aireados (NCT) es un aspecto de divergencia en la bibliografía consultada (Scheuerell y Mahaffee, 2002; Ingham, 2005; Carballo *et al.*, 2009; Stewart-Wade, 2020). Sin embargo, la elección de un método u otro de elaboración debería estar fundamentado en los resultados obtenidos a partir de experimentos bien diseñados y el análisis económico correspondiente a la preparación de ACT, que requiere insumos que en los NCTs no son necesarios.

Los téis de compost deberían ser una herramienta más dentro de un plan integrado de nutrición y protección de los cultivos. El desarrollo de esta herramienta debería ser apoyado y promovido por todos los sectores interesados (productores, investigadores, organismos públicos y privados). El uso de los téis de compost, en cualquier entorno, pero aún más en un ámbito urbano y familiar, debería partir del asesoramiento y monitoreo en base al conocimiento y experiencia de un profesional o personal idóneo.

Finalmente, el concepto que mejor se adapta al uso de los téis de compost es el de “*tailored-made*” o “hecho a medida” para cada situación productiva, tal cual proponen algunos autores (De Corato *et al.*, 2018; De Corato, 2020; Stewart-Wade, 2020). Según este criterio, la preparación de un té de compost, desde la elección de las fuentes orgánicas para la elaboración del compost hasta su aplicación, estará determinada por un procedimiento y formulación basada en investigación y experiencia, de acuerdo con un objetivo específico.

BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, K., Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services - a global review. *Geoderma*, 262, 101–111. doi: 10.1016/j.geoderma.2015.08.009.
- Akinuoye-Adelabu, D. B., Steenhuisen, S., y Bredenhand, E. (2019). Improving pea quality with vermicompost tea and aqueous biochar: prospects for sustainable farming in Southern Africa. *South African Journal of Botany*, 123, 278–285.
- Aslam, D. N., VanderGheynst, J. S. (2008). Predicting Phytotoxicity of Compost-Amended Soil from Compost Stability Measurements. *Environmental Engineering Science*, 25 (1), 72-81.
- Azim, K, Souidi, B., Boukhari, C. Perissol, C., Roussos, S., Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8, 141–158.
- Barrena, R., Font, X., Gabarrell, X., Sánchez, A. (2014). Home composting versus industrial composting: Influence of composting system on compost quality with focus on compost stability. *Waste Management*, 34, 1109–1116. doi: 10.1016/j.wasman.2014.02.008.
- Battersby, J. (2013). Hungry cities: A critical review of urban food security research in Sub-Saharan African Cities. *Geography Compass*, 7 (7), 452–463. doi: 10.1111/gec3.12053.
- Branzini, A., y Zubillaga, M. S. (2010). Assessing phytotoxicity of heavy metals in remediated soils. *International Journal of Phytoremediation*, 12 (4), 335-342. doi: 10.1080/15226510902968126.
- Brinton, W., Storms, P., Evans, E., y Hill, J. (2004). Compost teas: microbial hygiene and quality in relation to method of preparation. *Journal of Biodynamics*, 2, 36-45.

- Brooker, R. W., Karley, A. J., Newton, A. C., Pakeman, R. J., Schöb, C. (2016). Facilitation and sustainable agriculture: a mechanistic approach to reconciling crop production and conservation. *Functional Ecology*, 30, 98–107. doi: 10.1111/1365-2435.12496.
- Carballo T., Gil, M. V., Calvo, L. F., y Morán, A. (2009). The influence of aeration system, temperature and compost origin on the phytotoxicity of compost tea. *Compost Science & Utilization*, 17 (2), 127-139.
- Cayuela, M. L., Mondini, C., Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A. (2008). Chemical properties and hydrolytic enzyme activities for the characterization of two-phase olive mill wastes composting. *Bioresource Technology*, 99 (10), 4255-4262. doi:10.1016/j.biortech.2007.08.057.
- Colón, J., Martínez-Blanco, J., Gabarrell, X., Artola, A., Sánchez, A., Rieradevall, J., Font, X. (2010). Environmental assessment of home composting. *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 893–904. doi: 10.1016/j.resconrec.2010.01.008.
- De Corato, U. (2020). Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. *Science of the Total Environment*, 738. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139840.
- De Corato, U., Salimbeni, R., De Pretis, A., Patruno, N., Avella, L., Lacolla, G., y Cucci, G. (2018). Microbiota from ‘next-generation green compost’ improves suppressiveness of composted Municipal-Solid-Waste to soil-borne plant pathogens. *Biological Control*, 124, 1–17.

- Dominguez J. y Edwards, C. A. (2011). Chapter 2: Relationships between Composting and Vermicomposting. En C. E. Edwards, N. Q. Arancon, y R. Sherman (Ed.), *Vermiculture technology. earthworms organic wastes and environmental management* (pp. 11-25). Boca Raton, EEUU: CRC Press.
- Edwards, C. A., Vasko-Bennett, M. A., y Arancon, N. (2011). Chapter 15: The use and effects of aqueous extracts from vermicomposts or teas on plant growth and yields. En C. E. Edwards, N. Q. Arancon, y R. Sherman (Ed.), *Vermiculture technology. earthworms organic wastes and environmental management* (pp. 235-248). Boca Raton, EEUU: CRC Press.
- Edwards, J., Othman, M., Crossin, E., Burn, S. (2018). Life cycle assessment to compare the environmental impact of seven contemporary food waste management systems. *Bioresource Technology*, 248, 156–173. doi: 10.1016/j.biortech.2017.06.070.
- Emino, E. R. y Warman, P. R. (2004). Biological assay for compost quality. *Compost Science & Utilization*, 12 (4), 342-348. doi: 10.1080/1065657X.2004.10702203.
- Esteban J. A. C., Taga-an, I. C., Ocoy, B. P., y Marlon, J. M. (2017). Vermicompost tea: effects on germination of saluyot (*Corchorus olitorius*). *International Journal of Education and Research*, 5 (9), 53-60.
- Evans, A. E., Mateo-Sagasta, J., Qadir, M., Boelee, E., Ippolito, A. (2019). Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research needs. *Current Opinion in Environmental. Sustainability*, 36, 20–27. doi: 10.1016/j.cosust.2018.10.003.
- Flora, C. B. (2018). Building sustainable agriculture: a new application of farming systems research and extension. En Olson R. (Ed.), *Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy* (pp. 37-49). New York, EEUU: Routledge. doi: 10.1201/9780203750582.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2007). *The urban producer's resource book. A practical guide for working with low income urban and peri-urban producers organizations*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a1177e/a1177e00.htm>.
- Gomiero, T. (2016). Soil degradation, land scarcity and food security: reviewing a complex challenge. *Sustainability*, 8, 281. doi: 10.3390/su8030281.
- Greiner, L., Keller, A., Grêt-Regamey, A., Papritz, A. (2017). Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*, 69, 224–237. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.06.025.
- Hamilton, A. J., Burry, K., Mok, H. F., Barker, S. F., Grove, J. R., Williamson, V. G. (2014). Give peas a chance? Urban agriculture in developing countries. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (1), 45–73. doi: 10.1007/s13593-013-0155-8.
- Hargreaves, J. C., Adl, M. S., y Warman, P. R. (2009). The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Science & Utilization*, 17 (2), 85-94.
- Horowitz, S., y Liu, J. (2017). Urban agriculture and the reassembly of the city: Lessons from Wuhan, China. En: A. WinklerPrins (Ed.), *Global Urban Agriculture* (pp 207–219). Boston, EEUU: CABI. doi: 10.1079/9781780647326.0207.
- Huerta-Pujol, O., Gallart, M., Soliva, M., Martínez-Farré, F. X., López, M. (2011). Effect of collection system on mineral content of biowaste. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 1095–1099. doi: 10.1016/j.resconrec.2011.06.008.
- Ingham, E. R. (2005). *The compost tea-brewing manual. Fifth Edition*. Oregon, EEUU: Soil Foodweb Inc.

- Karkanias, C., Perkoulidis, G., Moussiopoulos, N. (2016). Sustainable management of household biodegradable waste: lessons from home composting programmes. *Waste Biomass Valorization*, 7, 659–665. doi: 10.1007/s12649-016-9517-1.
- Kurfürst, S. (2019). Urban gardening and rural-urban supply chains: Reassessing images of the urban and the rural in Northern Vietnam. En: Ehlert, J., Faltmann, N.K. (Eds.), *Food Anxiety in Globalising Vietnam* (pp. 205–232). Palgrave Macmillan, Singapore. doi: 10.1007/978-981-13-0743-0_7.
- Lanz, B., Dietz, S., Swanson, T. (2018). The expansion of modern agriculture and global biodiversity decline: an integrated assessment. *Ecological Economics*, 144, 260–277. doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.07.018.
- Luttenberger, L. R. (2020). Waste management challenges in transition to circular economy – Case of Croatia. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120495. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120495.
- Mayer, A., Haas, W., Wiedenhofer, D., Krausmann, F., Nuss, P., Blengini, G. A. (2019). Measuring progress towards a circular economy: a monitoring framework for economy-wide material loop closing in the EU28. *Journal of Industry Ecology*, 23 (1), 62-76. doi: 10.1111/jiec.12809.
- Mazzarino, M. J. (2014). Capítulo 32: Fuentes Alternativas de Fertilizantes. En H. E. Echeverría y F. O. García (Eds.), *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos* (pp. 827-838). Buenos Aires, Argentina; Ediciones INTA.
- Milinković M, Lalević B, Jovičić-Petrović J, Golubović-Curguz V, Kljujev I, Raičević V. (2019). Biopotential of compost and compost products derived from horticultural waste – effect on plant growth and plant pathogen's suppression. *Process Safety and Environmental Protection*, 121, 299-306. doi: 10.1016/j.psep.2018.09.024.

- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.
- Poulsen, M. N., McNab, P. R., Clayton, M. L., Neff, R. A. (2015). A systematic review of urban agriculture and food security impacts in low-income countries. *Food Policy*, 55, 131–146. doi: 10.1016/j.foodpol.2015.07.002.
- Riley, L, Chilanga, E, Zuze, L, y Joynt, A. (2018). Food Security in Africa's Secondary Cities: No. 1 Mzuzu, Malawi. *African Food Security Urban Network. Urban Food Security Series (27)*. Recuperado de <https://scholars.wlu.ca/afsun>.
- Scheuerell, S., y Mahaffee, W. (2002). Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization*, 10 (4), 313-338.
- Stewart-Wade, S. M. (2020). Efficacy of organic amendments used in containerized plant production: Part 1 – Compost-based amendments. *Scientia Horticulturae*, 266. doi: 10.1016/j.scienta.2019.108856.
- Storino, F., Arizmendiarieta, J. S., Irigoyen, I., Muro, J., Aparicio-Tejo, P. M. (2016). Meat waste as feedstock for home composting: Effects on the process and quality of compost. *Waste Management*, 56, 53–62. doi: 10.1016/j.wasman.2016.07.004.
- Tiquia, S. M. (2000). Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig-on-litter system. En: P.R. Warman y B.R. Taylor (Ed.). *Proceedings of the International Composting Symposium (ICS '99)* (pp 625-647). Halifax/Dartmouth Nova Scotia, Canada: CBA Press.
- Tiquia, S.M., y Tam N.F.Y. (1998). Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust liter and pig sludge. *Bioresource Technology*, 65, 43-49.

- Varnero, M. T., Orellana, R., Rojas, C., Santibañes, C. (2006). Evaluación de especies sensibles a metabolitos fitotóxicos mediante bioensayos de germinación. En: Juan F. Gallardo Lancho (Ed.). *El Medioambiente en Iberoamérica: Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI Tomo III* (pp. 363-369). Badajoz, España: Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental.
- Vázquez, M.A., Soto, M. (2017). The efficiency of home composting programmes and compost quality. *Waste Management*, 64, 39–50. doi: 10.1016/j.wasman.2017.03.022.
- Zeza, A., Tasciotti, L. (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*, 35 (4), 265–273. doi: 10.1016/j.foodpol.2010.04.007.
- Zubillaga, M. S. (2013). El destino de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Buenos Aires. breve diagnóstico y algunas alternativas. *Agronomía y ambiente. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires*, 33 (1-2), 79-89.
- Zubillaga, M. S., y Lavado R. S. (2006). Phytotoxicity of biosolid compost of different maturity degree compared with biosolids and animal manures. *Compost Science & Utilization*, 14 (4), 267-270.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., y De Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 2 (2), 54-57.
- Zucconi, F.; Monaco, A.; Forte, M.; de Bertoldi, M. (1985). Phytotoxins during the stabilization of organic matter. En: J.K.R Gasser (Ed.). *Composting of Agricultural and Other Wastes* (pp 73-80). Londres, Reino Unido: Elsevier Applied Science Publishing.