



## TESIS

# PRÁCTICA DE ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS HORTÍCOLAS Y ASERRÍN DE ALGARROBO

## Compost preparation practice using horticultural waste and carob sawdust

Trabajo Final de Graduación modalidad Pasantía para optar por el título de Ingeniero Agrónomo "Práctica de elaboración de compost a partir de residuos hortícolas y aserrín de algarrobo" (Resol. 13.476/23). El trabajo fue realizado en el Instituto Agrotécnico "Pedro M. Fuentes Godo" FCA-UNNE.

**Burgos, Cesar M.<sup>1</sup> , Leconte, María C<sup>2</sup> , Carnicer, Sebastián<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agraria, Universidad Nacional del Nordeste.

<sup>2</sup>Instituto Agrotécnico Pedro Fuentes Godo, Universidad Nacional del Nordeste.

Email: corinaleconte@hotmail.com

## RESUMEN

La mala disposición de los residuos sólidos orgánicos (RSO) puede generar problemas sanitarios y ambientales. El proceso de compostaje se presenta como una alternativa para la mitigación del impacto ambiental negativo generado por la mala gestión de los RSO, además, permite utilizarlos como materia prima transformándolos en un producto de valor para la agricultura y el paisajismo, llamado compost. El proceso transforma sustratos orgánicos heterogéneos y frescos en materia orgánica estabilizada, dióxido de carbono, agua y minerales. Debe ser completamente aeróbico, con una relación C/N óptima entre 25/1 y 35/1, generando una considerable cantidad de calor en el proceso, con una humedad óptima para la máxima eficiencia, ya que si es excesiva desplazan el aire de los poros e inducen la indeseable anaerobiosis. El uso del compost tiene efectos benéficos sobre propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En el presente trabajo se realizaron tres pilas de compostaje de aproximadamente 1m<sup>3</sup> cada una, en contenedores de madera cubiertos, manejadas con técnicas diferentes. Los tres métodos de compostaje arrojaron diferencias contrastantes en las características del producto final.

**Palabras clave:** Compostaje, manejo, orgánicos.

## ABSTRACT

Improper disposal of organic solid waste (OSW) can result in health and environmental issues. Composting is proposed as an alternative to reduce the negative environmental impact caused by inadequate management of organic solid waste. It also enables the waste to be used as raw material, converting it into a valuable product for agriculture and landscaping known as compost. The process transforms fresh, heterogeneous organic substrates into stabilized organic matter, carbon dioxide, water, and minerals. It must be completely aerobic, with an optimal C/N ratio between 25/1 and 35/1, generating a considerable amount of heat in the process. Optimal humidity is necessary for maximum efficiency, as excessive humidity displaces air from the pores and induces undesirable anaerobiosis. The use of compost has beneficial effects on the physical, chemical, and biological properties of the soil. In this study, three compost piles of approximately 1m<sup>3</sup> each were built in covered wooden containers and managed using different techniques. The three composting methods resulted in contrasting differences in the characteristics of the final product.

**Keywords:** Composting, management, organics.





## INTRODUCCIÓN

En los mercados mayoristas de frutas y hortalizas se produce una importante cantidad de residuos sólidos orgánicos (RSO), como restos de alimentos, cartón, papel y madera, además de inorgánicos como plásticos utilizados en el empaque de los alimentos (Repetto et al., 2018; Vargas Pineda et al., 2019). En la ciudad de Resistencia (Chaco), el comercio mayorista de frutas y hortalizas opera principalmente en el Mercado de la Cooperativa Frutihortícola Noreste Limitada (MCFNL). La gestión de los RSO en el MCFNL es casi nula, la separación de residuos es realizada por personas de bajos recursos y sin capacitación para la tarea. La mala disposición de los RSO, trae aparejados problemas sanitarios y ambientales, como ser la atracción y permanencia de vectores de enfermedades (roedores, blátidos, moscas, etc.), emisiones de gases de efecto invernadero, malos olores, lixiviación de sustancias contaminantes de suelo y agua (Jaramillo y Zapata, 2008); esto último se ve agravado por la ubicación del MCFNL, a la vera de la laguna Seitor.

En el año 2022 el Chaco produjo 1.046.654 toneladas de madera, de las cuales 416.096 toneladas corresponden a rollos y rollizos (Instituto Provincial de Estadística y Ciencia de Datos, 2022). Se considera que el 40-60 % de lo que ingresa a los aserraderos se transforma en residuos (Leconte, 2010; Dagnino et al., 2014). Por lo tanto, se estarían produciendo aproximadamente unas 208.043 toneladas de residuos de aserradero. Estos residuos, conformados principalmente por aserrín y viruta, son acumulados en pilas a cielo abierto fuera de los aserraderos, donde pueden contaminar o ser quemados (Martina et al., 2007).

El proceso llamado compostaje transforma sustratos orgánicos heterogéneos y frescos en materia orgánica estabilizada, dióxido de carbono, agua y minerales. Es un proceso controlado de bio-oxidación, llevado adelante por numerosos microorganismos. Implica el paso por una etapa de altas temperaturas (termofílica), liberación temporal de fitotoxinas y una etapa de maduración en la que aquellos compuestos tóxicos son biológica y químicamente transformados o neutralizados. Como consecuencia de las elevadas temperaturas que se alcanzan durante el proceso, se eliminan semillas de malezas y microorganismos patógenos que puedan presentarse en el material inicial (Zucconi et al., 1981; Costa et al., 1991; Rivero de Galetto y Ullé, 2009; Lavado, 2012; Sánchez de Pinto et al., 2013). Por lo tanto, el compostaje se presenta como una alternativa para la mitigación del impacto ambiental negativo generado por la mala gestión de los RSO, además permite utilizar los residuos como materia prima y transformarlos en un producto de valor para la agricultura y el paisajismo, al tiempo que reduce costos de logística en el manejo de los residuos. El proceso de compostaje debe ser completamente aeróbico. La concentración de O<sub>2</sub> no debe ser inferior al 5-10% del volumen de los macroporos (Frioni, 2011). La correcta aireación de la pila tiene como objetivo proveer oxígeno a los microorganismos que llevan a cabo el proceso, asegurar la máxima oxidación de las moléculas orgánicas, regular la humedad del sustrato, evitar la presencia de malos olores (Rojas Nova et al., 2012).

Existen diferentes métodos para llevar a cabo el proceso de compostaje. La selección del método más conveniente depende del objetivo del proyecto, del volumen de residuos a compostar, de la disponibilidad de espacio y recursos, entre otros. Se puede trabajar con amontonamiento de residuos en pilas estáticas, que no se tocan hasta que el proceso activo de compostaje se haya completado, cuya ventilación puede realizarse en forma pasiva por convección natural, o forzada mediante caños perforados que se introducen en la pila, a través de los cuales el aire se insufla o succiona. Puede trabajarse en pilas dinámicas, que se voltean una o más veces durante el proceso de compostaje, con la finalidad de controlar la temperatura, humedad y ventilación, así como homogeneizar los materiales, de modo que todos pasen en algún momento del proceso por el centro de la pila, donde se concentran las temperaturas más elevadas, favoreciendo la correcta higienización del producto. Los volteos pueden realizarse de forma manual o mecanizada.

Para un rápido proceso de compostaje, la relación óptima de C/N del sustrato se sitúa entre 25/1 y 35/1. Si la relación se encuentra por debajo se producen pérdidas de N como amonio, agravadas si el pH es alcalino. Si la relación se encuentra por encima, el N se vuelve limitante y la actividad biológica se reduce, aumentando el tiempo del proceso y dificultando que se libere el calor necesario para la higienización del producto. El calor es el primer indicador que el proceso de descomposición se ha iniciado, la ausencia de calor en los primeros días indica baja actividad microbiana. Una considerable cantidad de calor se genera en el proceso de descomposición aeróbico del sustrato, alcanzando temperaturas de 45-50°C, este es el límite superior para los organismos mesófilos, al poco tiempo la temperatura asciende a 60-70°C, estas son temperaturas de higienización (des-

trucción de semillas de malezas y organismos patógenos). El límite superior para el correcto proceso de compostaje es de 70°C, no es conveniente sobrepasar este límite ya que se reduce el número de organismos termófilos que actúan en el proceso de descomposición (Frioni, 2011; Rojas Nova et al., 2012). La humedad óptima para la máxima eficiencia del proceso está comprendida entre 60-65% para granulometrías groseras (paja de cereales) y 55-60% para granulometrías finas (aserrín). La humedad mínima debe ser de 40%. Con humedad de 12% la actividad biológica cesa. Humedades excesivas desplazan el aire de los poros e inducen anaerobiosis. La humedad se controla dentro de los límites recomendados por irrigación, cuando desea aumentarla, y por volteos, cuando desea disminuirla (Frioni, 2011).

El compost obtenido y aplicado al suelo, tiene efectos benéficos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. El elevado contenido de materia orgánica estable del compost, interviene sobre la macro estructura del suelo, mejorando su porosidad y como consecuencia la aireación y retención de agua, mejorando la capacidad de intercambio catiónico, aportando nutrientes en cantidades variables (a menudo desequilibrados, dependiendo del material inicial utilizado) y aumentando la biomasa microbiana. Esto último permite el control biológico de microorganismos patógenos habitantes del suelo, por diversos mecanismos, como ser la competencia, secreción de sustancias antibióticas, depredación, entre otros. (Costa et al., 1991; Sánchez y Delgado, 2007; Vargas García y Suárez Estrella, 2007; Krieger et al., 2016).

En el presente trabajo se buscó adquirir conocimientos y destrezas en la producción de compost y la evaluación de sus parámetros de calidad en laboratorio, como así también nociones sobre su aplicación. En particular se buscó adquirir conocimiento y práctica con los estándares de calidad y los métodos analíticos para la evaluación en compost de algunos de los parámetros físicos, químicos y biológicos exigidos por la Resolución Conjunta 2019.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se realizaron tres pilas de residuos para compostaje de aproximadamente 1 m<sup>3</sup> cada una, en contenedores de madera cubiertos, situados en el predio del Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo”, de la Universidad Nacional del Nordeste (IAGRO). Se utilizaron dos tipos de residuos: aserrín de algarrobo y mezcla de residuos de hortalizas. Los últimos fueron obtenidos del Mercado Central de la ciudad de Resistencia (MCR), perteneciente a la Cooperativa Frutihortícola Noreste Limitada, compuestos principalmente por verduras de hoja. El aserrín fue obtenido de un aserradero privado, ubicado en la ruta nacional 11, entre las localidades de Resistencia y Colonia Benítez. Teniendo en cuenta el contenido de humedad, CT y NT de la materia prima utilizada se decidió utilizar una relación inicial de 1:3 entre materiales ricos en C (carbonados) y ricos en N (nitrogenados). Las tres pilas incluyeron un colchón de pasto seco y hojarasca seca de 10 cm en el fondo de los contenedores, con la finalidad de mejorar la aireación en la base de la pila y la captación de lixiviados.

Cada pila fue manejada con una técnica diferente, todas correspondientes a sistemas abiertos:

Pila 1: estática, sin volteos.

Pila 2: estática, aireada de forma pasiva mediante caños.

Pila 3: dinámica, con volteos.

La carga de los contenedores se realizó agregando material hasta alcanzar el volumen deseado de cada uno. Dicho objetivo se logró en 24 días para el contenedor de la pila 1, 16 días para el de la pila 2 y 35 días para el de la pila 3. La pila 1 sólo fue entremezclada en el lugar, mediante mezclador helicoidal. Para la pila 2 se utilizó mezclador helicoidal y, adicionalmente, caños perforados de pvc de 1 ¼”, atravesando el material de forma horizontal. A la pila 3 se le realizaron volteos periódicos, manualmente con horquilla en el mismo contenedor, sin extraer el material.

Se realizaron análisis de laboratorio de los materiales iniciales, con lo que fue posible calcular las proporciones de cada material dentro de cada pila. Luego se realizaron análisis de laboratorio del compost de cada pila, al final del proceso.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante ANOVA y las medias se compararon con prueba de Tukey ( $p < 0,05\%$ ) utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de las muestras de los materiales iniciales (tabla 1), se determinó la densidad, el porcentaje de humedad, Carbono Orgánico Total (COT) y Nitrógeno Total (NT) y se pudo observar que, en las diferentes muestras, el aserrín fue bastante homogéneo, no así los residuos de hortalizas.

**Tabla 1:** Análisis de los residuos sólidos orgánicos (RSO) iniciales.

Material	Densidad (kg L <sup>-1</sup> )	Humedad	COT (%)	NT
Aserrín de algarrobo	0.43	58.7	49.3	0.40
Mezcla de hortalizas	0.39	84.2	44.2	2.94

COT: Carbono Orgánico Total. NT: Nitrógeno Total.

Con los presentes datos, fue posible calcular las proporciones de cada material dentro de cada pila y que la relación C/N se encontrara dentro de los valores recomendados para lograr un proceso de compostaje eficiente (Tabla 2).

**Tabla 2:** Cantidad de material utilizado, contenido de COT, NT y relación C/N en cada pila.

Pila	Masa en seco (kg)		COT (kg)	NT (kg)	Relación C/N
	Material rico en C	Material rico en N			
1	49.7	42.5	43.29	1.45	30
2	46.2	40.64	40.64	1.37	30
3	46.2	40.64	40.64	1.37	30

COT: Carbono Orgánico Total. NT: Nitrógeno Total. C/N: Carbono-Nitrógeno.

Para realizar las mezclas, se utilizaron baldes de 20 L para ocupar la proporción de cada material inicial, buscando lograr 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno (relación 30/1), como lo recomienda la bibliografía. Las actividades se realizaron entre los meses de febrero y agosto de 2024. La necesidad de riego fue determinada por la prueba del puño. El riego se realizó de forma manual, con regadera de jardín, utilizando agua potable de red. Se monitoreó por triplicado la temperatura en las pilas, a una profundidad de 40 cm de la superficie y distanciado a unos 30 cm de los extremos de la pila.

En la pila estática sin volteo (pila 1), el centro de la pila alcanzó temperaturas eficientes de sanitizado, pero como no se realizaron volteos completos, no fue posible asegurar lo mismo con el material en la periferia. Esta pila presentó el mayor tiempo transcurrido con temperaturas de sanitización. La pila estática, aireada de forma pasiva (pila 2), no alcanzó los 55°C al inicio, recién a los 17 días en que se agregó nuevo material y se aireó con aireador helicoidal, se lograron 4 días con temperaturas superiores a los 60°C. Una vez pasado este pico, la pila no volvió a superar los 55°C. Sólo el material ubicado en el centro recibió altas temperaturas, mientras que la periferia no pasó en ningún momento por la etapa de sanitización, presentando el menor tiempo con temperaturas de sanitización. En la pila dinámica con volteos (pila 3), se lograron cinco días con temperaturas por encima de los 55°C. Al día 16 se agregó material y se volteó, superando por cinco días consecutivos los 60°C. Al día 35 se agregó material y se realizó un nuevo volteo, con lo cual nuevamente se superaron los 55°C por tres días. Al día 44 se realizó volteo y riego, con lo cual logró 55°C por un día. Luego de este pico, no se manipuló más la pila y en 21 días la temperatura descendió a valores en torno a los 20°C.

A los 70 días de iniciado el proceso (70 días posteriores a la última incorporación de material fresco), las pilas de compostaje bajaron la temperatura en torno a los 20°C, se consideró finalizado la etapa de estabilización de las pilas y luego se esperó 30 días para buscar la madurez del proceso. Pasado dicho período se procedió a la toma de muestras para su análisis en laboratorio. De cada pila de compostaje se tomaron tres muestras.

Todas las muestras fueron tomadas en la zona periférica del núcleo de la pila, retirando 30 cm de material de la capa superior y eligiendo tres puntos alrededor del centro. Con dichas muestras se analizó pH, conductividad eléctrica (CE), humedad, Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico Total (COT), Nitrógeno Total (NT), Nitrógeno de nitratos (N-NO<sub>3</sub>), Nitrógeno de amonio (N-NH<sub>4</sub>) y actividad biológica global (ABG). Los resultados se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3:** Análisis de las variables evaluadas en los tratamientos

Variables	Estática	Estática/Aireación	Estática/Volteo
pH	7,4 b	7,5 b	7,2 a
CE (dS*m <sup>-1</sup> )	9,5 c	6,2 b	4,5 a
COT (%)	44,8 c	32,7 b	24,4 a
MO (%)	80,6 c	58,8 b	43,9 a
NT (%)	1,12 a	1,71 b	2,70 c
C/N Relación	40,0 c	19,3 b	9,3 a
N-NH <sub>4</sub> (ppm)	95,0 b	39,3 a	24,3 a
N-NO <sub>3</sub> (ppm)	297 a	379 b	387 b
NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub> Relación	0,3 b	0,1 a	0,1 a
ABG (mgCO <sub>2</sub> *Kg <sup>-1</sup> /día)	69,3 b	57,0 b	16,3 a

El pH fue levemente alcalino. No se presentaron grandes variaciones entre las pilas, sin embargo, se encontró que la pila 3 presentó pH algo más bajos y cercanos al neutro. La CE de las pilas fue elevada. Según Aguirre-Illatopa et al. (2024) compost realizados con residuos sólidos urbanos, presentan elevada CE y esto puede acentuarse si no se producen pérdidas de sales por lixiviación durante el proceso (Sotomayor et al., 2022). En este caso, la pila 1 presentó los valores más altos y la pila 3 los más bajos, al igual que los contenidos de COT. Esto último podría indicar diferentes estadios del proceso de compostaje en las distintas pilas, ya que la concentración de COT disminuye a medida que avanza el proceso debido a las pérdidas en forma de CO<sub>2</sub> producto de la respiración microbiana (Frioni, 2011; Lavado, 2012; Mazzarino et al., 2012).

En cuanto al contenido de Nitrógeno Total (NT), la pila 1 presentó el contenido más bajo, la pila 2 contenidos intermedios y la pila 3 los más altos. Esto se relaciona con el comportamiento del COT; puede verse que el NT se encuentra más concentrado en las pilas donde el COT fue menor. Esto se debe a que en el proceso se pierde carbono como CO<sub>2</sub> fruto de la respiración microbiana y al disminuir el C se aumenta el contenido de los demás elementos (Lavado, 2012; Tola Garfias et al., 2024). Siendo que las tres pilas se realizaron con los mismos materiales puede considerarse que la pila 1 al momento del muestreo se encontraba en un proceso más atrasado y por lo tanto sus pérdidas de COT fueron significativamente menos pronunciadas que las otras.

Todos los valores de N-NH<sub>4</sub> obtenidos se encontraron por debajo del valor umbral de 400 mg N-NH<sub>4</sub>/kg establecido en la Resolución Conjunta 2019 como indicador de madurez. Sin embargo, la pila 1 presentó los tenores más elevados, la pila 2 valores intermedios, y la pila 1 los más bajos, esto puede atribuirse a los diferentes tratamientos. La concentración de amonio se incrementa en condiciones de exceso de humedad y falta de aireación; la pila 3, con volteos, tuvo mejor aireación y menor producción de amonio, la pila 1, sin volteos, fue la de ventilación más limitada y mayor producción de amonio. En concentración de nitratos la pila 1 presentó los valores más bajos, lo cual se condice con el punto anterior, ya que la producción de nitrato a partir de amonio es un proceso biológico aeróbico, y la pila 1 tuvo ventilación deficiente. Según la Resolución Conjunta 2019, se considera maduro al compost con relación NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub> <0,3. Este comportamiento fue reportado por varios autores, donde al final del proceso disminuye en contenido de amonio y aumenta el de nitrato debido a la oxidación del nitrógeno amoniacoal por la acción de bacterias nitrificantes (Tola Garfias et al., 2024). La pila 1 no logró madurez, mientras que sí lo hicieron las pilas 2 y 3.



Respecto a actividad biológica global (ABG), todos los valores obtenidos se encontraron por debajo del valor umbral de 120 mg CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>/día establecido como indicador de estabilidad. Sin embargo, la pila 3 es la que presentó los valores más bajos, por lo cual se podría afirmar que fue la más estable; lo que podría atribuirse a un proceso de compostaje más avanzado en comparación con las otras dos pilas.

Los tres métodos de compostaje arrojaron diferencias contrastantes en las características del producto final. La pila con volteos completos (pila 3), presentó la mejor aireación, lo cual se plasmó en una mayor descomposición de la materia orgánica, con menor concentración de COT, menor producción de amonio y mayor retención de N, indicadores de un proceso de compostaje eficiente. La pila sin volteos completos (pila 1), presentó problemas de aireación, expresados en mayor producción de amonio y pérdidas de N como amoníaco y mayor concentración de COT, lo cual indicó un proceso de compostaje deficiente. La pila estática aireada de forma pasiva mediante caños (pila 2), presentó valores intermedios, indicando que la aireación pasiva mejoró la aireación con respecto a la pila sin volteos, pero no lo suficiente como para igualar a la pila con volteos. Con respecto a los indicadores de estabilidad y madurez, la pila 3, con volteos, presentó los mejores valores en ABG, relación C/N y relación Amonio/Nitrato. La pila 2 alcanzó la madurez, aunque con valores inferiores a los de la pila 3. La pila 1 aún presenta signos de inmadurez.

Con respecto a la sanitización, sólo la pila dinámica con volteos puede considerarse sanitizada en su totalidad, mientras que la pila estática sin volteos y la estática aireada de forma pasiva mediante caños, por no recibir volteos, presentan zonas no sanitizadas.

La aireación y entremezclado de material en la pila estática sin volteos y en la estática aireada de forma pasiva con aireador helicoidal en lugar del tradicional volteo de la pila dinámica facilitó el trabajo, pero no arrojó los mismos resultados en cuanto a eficiencia del proceso y sanitización del producto. También cabe considerar el uso de otros residuos de aserradero ricos en carbono además del aserrín, como ser la viruta y el cepillado, ya que estos, por su tamaño y forma, podrían mejorar la aireación de las pilas de compostaje con respecto al aserrín, de granulometría muy fina y tendencia al apelmazamiento.

## CONCLUSIONES

El compostaje demostró ser una herramienta viable para el tratamiento de residuos de aserradero y frutihortícolas, transformándolos en un producto de valor para la agricultura y el paisajismo. Los tres métodos de compostaje arrojaron diferencias contrastantes en las características del producto final. La pila con volteos completos presentó la mejor aireación y un proceso de compostaje eficiente. La pila sin volteos completos presentó problemas de aireación y un proceso de compostaje deficiente. La pila estática aireada de forma pasiva mediante caños, presentó valores intermedios, indicando que la aireación pasiva mejoró la aireación con respecto a la pila sin volteos, pero no lo suficiente como para igualar a la pila con volteos. La pila estática sin volteos aún presentaba signos de inmadurez cuando finalizó el proceso de control y sólo la pila dinámica con volteos puede considerarse sanitizada en su totalidad.

## REFERENCIAS

- Aguirre-Illatopa, J. G., Ríos-Velasquez, E. A., y Lévano-Crisóstomo, J. D.** (2024). Producción y caracterización de compost derivado de residuos sólidos orgánicos urbanos. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 27.
- Costa, F., García, C., Hernández, T., y Polo, A.** (1991). Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)-CEBAS, Murcia, España.
- Dagnino, E. P., Chamorro, E. R., Felissia, F. E., y Area, M. C.** (2014). Obtención de bioetanol a partir de la celulosa presente en cascarilla de arroz y aserrín de algarrobo. Avances en energías renovables y medio ambiente, 18.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., y Robledo, C.** (2020). Infostat versión 2020. Centro de Transferencias Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <http://Infostat.com.ar>
- Frioni, L.** (2011). Microbiología: básica, ambiental y agrícola. 1ra ed. Buenos Aires. Orientación Gráfica Editora. 768 p.

- 
- Jaramillo, G., y Zapata, L.M.** (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Universidad de Antioquia. <https://hdl.handle.net/10495/45>
- Krieger, S., Herrando C., y Gómez S.** (2016). Compost provenientes de residuos agroindustriales como mejoradores de la fertilidad biológica del suelo. I Simposio de Uso de Residuos Agropecuarios y Agroindustriales del NOA y Cuyo. Ediciones INTA. Libro digital.. ISBN 978-987-521-715-7
- Lavado, R.S.** (2012). Origen del compost, proceso de compostaje y su potencialidad de uso. Mazzarino, M.J y Satti, P. (Eds.) Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso. (pp 3 – 12). 1ra ed., Buenos Aires, Editora Orientación Grafica.. ISBN: 978-987-9260-93-7.
- Leconte, M.C.** (2010). Efecto del agregado de estiércol de gallina en el compostaje de aserrín y cascarilla de arroz. Tesis de doctorado Universidad Nacional del Nordeste. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/461>
- Martina, P., García Solá, E., Corace, J.J., Bucki, B., y Aeberhard, R.** (2007). Análisis cualitativo y cuantitativo de la producción de biogás en un reactor tipo Batch cargado con aserrín de algarrobo chaqueño. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. ISSN: 0329-5184. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/92927>
- Mazzarino, M. J., Satti, P., Laos, F., Roselli, L., Crego, M. P., Kowaljow, E., Fernández, H., y Poulsen, L.** (2012). Compostaje de biosólidos: 12 años de la Planta de Bariloche. En M. J. Mazzarino & P. Satti (Eds.), *Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso*. UNRN; Orientación Gráfica. <http://rid.unrn.edu.ar:8080/bitstream/20.500.12049/70/2/Compostaje-parciales.pdf>
- Repetto H.A., Jatib M.I., Somoza J.I., y Cerullo A.** (2018). Logística de productos fruti-hortícolas: “Pérdidas y desperdicios de alimentos”. Revista Argentina de Ciencia y Tecnología. ISSN 2618-1894.
- Resolución Conjunta**, 2019. Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental y Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1-2019-318692>
- Rivero de Galetto, M.L. y Ullé, J.** (2009). Caracterización química del proceso de compostaje de estiércoles y residuos vegetales. Proyecto Regional: Desarrollo y Difusión de Tecnología para la Producción Ecológica. Informe Técnico del Centro Regional Buenos Aires Norte. pp 52 – 56. ISBN: 978-987-521-342-5.
- Rojas Nova, O.E., Sarabia, M.P., y Santos, E.E.** (2012). Control de temperatura y humedad para la maduración del proceso de compostaje orgánico. Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional. México.
- Sánchez de Pinto, M.I., Rodriguez, G.V.; Ferreyra Grassi, M.F., Umbides, R., y Polo, A.** (2013). Cambios físico-químicos y biológicos durante el compostaje de residuos biodegradables de un feedlot vacuno. Albanesi, Ada (Ed). Microbiología Agrícola: un aporte de la Investigación en Argentina. -2<sup>a</sup> ed- Tucumán. Magma Publicaciones. 500 pp. ISBN: 978-987-1726-17-2.
- Sánchez, F.I., y Rubio Delgado, J.L.** (2007). Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En J. Moreno Casco & R. Moral Herrero (Eds.), *Compostaje* (pp. 305–327). Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa. ISBN 978-84-8476-346-8.
- Sotomayor, C., Esquivel, C., Quaia, E., Ruiz, M., Quinteros, H. R., y Di Marco, J.N.** (2022). Indicadores de estabilidad, madurez y calidad agrícola de un compost sucroalcoholero. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán, 99(2), 31-40.
- Tola Garfias, D.N., Lopez Mamani, M.A., y Limachi Ledezma, I.M.** (2024). Dinámica de propiedades físicas y químicas del proceso de compostaje con diferentes dosis de microorganismos eficientes. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(3), 60–71. <https://doi.org/10.53287/oaht6256yt72p>
- Vargas García, M.C., y Suárez Estrella, F.** (2007). Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En J. Moreno Casco & R. Moral Herrero (Eds.), *Compostaje* (pp. 331–350). Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa. ISBN 978-84-8476-346-8.
- Vargas-Pineda, Oscar I., Trujillo-González, Juan M., y Torres-Mora, Marco A.** (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Oriñoquia*, 23(2), 123-129. <https://doi.org/10.22579/20112629.575>
- Zucconi, F., Pera A., Forte M.E. y de Bertoldi M.** (1981). Evaluating toxicity of immature compost. *Bio-Cycle* 22: 54-57.
-