

Co-compostaje de cascarilla de café con biochar y residuos de poda

Giuseppe Picca^{1*}, César Plaza¹, Rafael López², Engracia Madejón², Marco Panettieri¹

1 Instituto de Ciencias Agrarias (ICA), CSIC, Serrano 115 bis, 28006 Madrid

2 Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), CSIC, Av. Reina

Mercedes 10, 41012 Sevilla

giuseppe.picca@csic.es

Resumen: La cascarilla de café (CS), el tegumento que cubre el grano de café crudo, representa el principal subproducto de esta industria. A pesar de la atención creciente en la búsqueda de reutilización de este material, la mayoría de CS es utilizado como combustible o depositado en vertederos. El estudio tuvo como objetivo probar el co-compostaje como una solución de bajo costo que cumple con los paradigmas de la economía circular propuestos por la UE. Se prepararon cuatro mezclas de compostaje de CS con residuos de poda y biochar en diferentes proporciones, con el objetivo de maximizar la cantidad de CS compostable por mezcla. El proceso se llevó a cabo en reactores y se monitorizó durante 60 días. Los contenidos de macro, micro elementos de los compost finales cumplieron con los requisitos más estrictos de la normativa nacional española sobre compost calidad (enmiendas de clase A), y pueden ser considerados como enmiendas de alto valor fertilizante en N y K. A pesar del efecto altamente fitotóxico de CS, las pruebas de germinación mostraron que los compost maduros exhibieron propiedades fitoestimulantes. Los compost presentaron alta capacidad de retención de agua (237 - 351 %). El presente estudio mostró que el compostaje de todo el CS producido en Europa conduciría a una recuperación de 2.420 a 3.481 t de N y 1.800 de K, reduciendo la dependencia de los fertilizantes minerales, satisfaciendo así la creciente demanda de enmiendas orgánicas sostenibles.

Palabras clave: Enmienda orgánica, Nitrógeno, Potasio, Residuo del café, Reactores de compostaje.

1. Introducción

La CS es el tegumento que recubre el grano del café. Durante las fases de tueste del grano, las corrientes de aire caliente desprenden la cascarilla del grano, originando un residuo de baja densidad aparente y difícilmente manejable. Aunque CS tiene un peso específico muy bajo y constituye alrededor del 4% del peso del grano verde, la gran cantidad de café que se tuesta y se consume en Europa genera, más de 160 mil toneladas al año (FAOSTAT, 2021). Se caracteriza por su elevada capacidad de retención de agua y por su alto contenido en N (26 g kg⁻¹), K (21 g kg⁻¹), Ca (9,4 g kg⁻¹), Mg (3,1 g kg⁻¹), Fe (0,8 g kg⁻¹) y S (2,8 g kg⁻¹) (Ballesteros y col., 2014). Estas características hacen de la cascarilla un residuo con un alto potencial agronómico. Sin embargo, su uso agrícola conlleva problemas como la tendencia a compactarse y a formar pellets y su fitotoxicidad debida a un alto contenido de terpenoides, polifenoles y ácido clorogénico (Al-Charchafchi y Al-Quadani, 2006).

Para llevar a cabo el compostaje de CS es necesario utilizar agentes estructurantes con alto contenido en C para equilibrar la relación C/N y con alta porosidad para evitar la compactación. Entre estos materiales los restos de poda pueden representar una alternativa económica y fácilmente disponible (Madejón y col., 2021). Por otra parte, el biochar se caracteriza por su alto contenido en C, elevada porosidad y por su capacidad para absorber lixiviados y limitar las emisiones durante el proceso de compostaje (Medina y col., 2021). Además, el compostaje de CS con estos materiales puede disminuir su fitotoxicidad debido a la degradación de las sustancias fitotóxicas por parte de los microorganismos, especialmente los termófilos.

En este trabajo, se proponen cuatro recetas de co-compostaje para CS utilizando materiales con alta porosidad y alto contenido en carbono. Se evalúa el proceso de compostaje en reactores y las características agronómicas de los composts finales.

2. Material y Métodos

2.1 Materiales utilizados

La CS procede de Café Candelas SL (Lugo) y es el resultado de un proceso de tueste a 210°C durante 12 minutos. Para facilitar el manejo, el material se humedece y se compacta en sacos de plásticos herméticos justo después de la fase de tueste. Ese proceso de quasi-esterilización permite que el residuo pueda ser almacenado sin originar fermentaciones dentro de los sacos. Los restos de poda fueron proporcionados por una empresa local de jardinería en Brunete (Madrid). El biochar se adquirió a la empresa Carbón Vivo SSL (Barcelona), y procede de la pirolisis de biomasa de pino (*Pinus halepensis*, Mill) en un horno Kon Tiki Klin a una temperatura de 650-750 °C durante 3,5 horas. Los reactores de compostaje utilizados en polipropilenos con aireación pasiva de tipo Hotbin (<https://www.hotbincomposting.com/>).

2.2 Proceso de compostaje

Los materiales se mezclaron en proporciones volumétricas siguiendo las recetas de la Tabla 1. La mezcla 1 empezó con una proporción 1:1 de CS: Restos de poda y se le añadió una segunda dosis de CS a los 15 días para comprobar la mejor opción entre el compostaje en un batch único (mezcla 3) o en 2 dosis (mezcla 1).

Tabla 1. Proporciones utilizadas para las 4 recetas de compostaje.

| | Unidades | Cascarilla | Restos de poda | Biochar |
|-----------------|-------------|--------------|----------------|---------|
| Mezcla 1 | Volumen (l) | 50 (+50) * | 50 | 0 |
| | kg (humedo) | 25.2 (+25.2) | 5.9 | 0 |
| | kg (seco) | 10.8 | 5.4 | 0 |
| Mezcla 2 | Volumen (l) | 50 | 50 | 50 |
| | kg (humedo) | 25.2 | 5.9 | 11.8 |
| | kg (seco) | 10.8 | 5.4 | 11.1 |
| Mezcla 3 | Volumen (l) | 100 | 50 | 0 |
| | kg (humedo) | 50.2 | 5.4 | 0 |
| | kg (seco) | 21.5 | 5.4 | 0 |
| Mezcla 4 | Volumen (l) | 150 | 50 | 0 |
| | kg (humedo) | 75.4 | 5.9 | 0 |
| | kg (seco) | 32.3 | 5.4 | 0 |

Las mezclas se dejaron en los reactores durante un mes, midiendo la temperatura y la humedad en continuo a través de unas sondas Decagon conectadas a un datalogger. Después, las mezclas se sacaron de los reactores para completar la fase de maduración durante otro mes. Se tomaron muestras a diferentes tiempos de compostaje (1, 3, 9, 20, 30 y 60 días) para realizar los correspondientes análisis.

3. Resultados y Discusión

Las mezclas pasaron por una primera fase mesófila (18-45 °C), una fase termófila (45-70 °C) y una segunda fase mesófila, seguida de la fase de maduración (Figura 1). La primera fase mesófila fue más larga para la mezcla 4. La temperatura de la mezcla 1 descendió después de la segunda adición de CS pero volvió a aumentar tres días después. La fase termófila duró 25 días para la mezcla 1, 24 días para la mezcla 2, 6 días para la mezcla 3 y 13 días para la mezcla 4 (Figura 1). Un tiempo de exposición de al menos dos semanas a 55 °C se considera la condición óptima para eliminar eficazmente los patógenos humanos y vegetales, junto con las semillas de malas hierbas y las larvas de insectos (Díaz y col., 2007). La fase termófila más corta de la mezcla 3 puede atribuirse a la compactación de la pila registrada durante el proceso de compostaje. Para la mezcla 2, el rápido aumento de temperatura y el perfil general de temperatura podrían atribuirse a la presencia de biochar. Este material puede llenar los espacios

libres entre las partículas de la masa de compostaje y reducir las pérdidas de calor durante el proceso (Zhang y col., 2016).

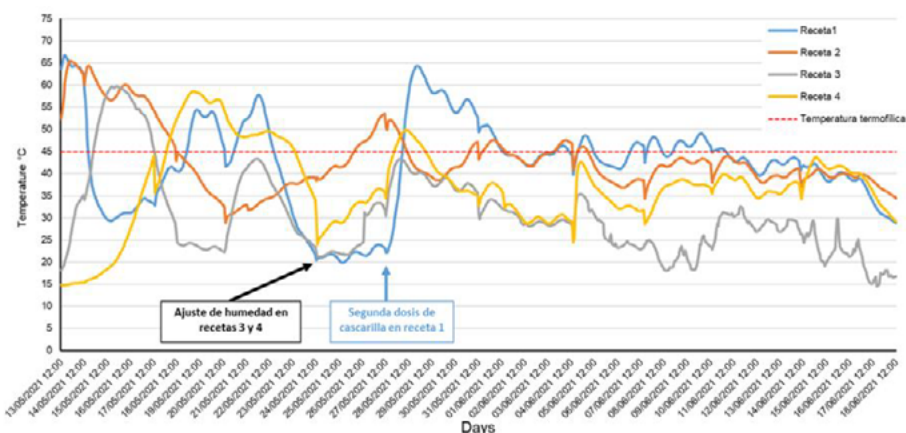


Figura 1. Evolución de la temperatura en las mezclas de compostaje.

El contenido de humedad de las mezclas se mantuvo entre 40 y 60 % durante todo el proceso para asegurar las condiciones óptimas para las comunidades microbianas (datos no mostrados). El contenido de humedad de la mezcla 4 se ajustó a un valor más bajo para evitar la compactación y la emisión de amoníaco, debido al alto contenido de CS. La textura más gruesa de la mezcla 1 provocó una mayor evaporación del agua durante los primeros diez días.

Tabla 2. Caracterización final de los cuatro compost obtenidos. Valores medios para diferentes variables medidas (N = 3).

| <u>Parámetro</u> | <u>Unidades</u> | <u>Compost 1</u> | <u>Compost 2</u> | <u>Compost 3</u> | <u>Compost 4</u> | <u>Límites "Clase A"</u> <u>Real Decreto</u> <u>506/2013</u> |
|------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| WHC | (% of DW) | 351 | 237 | 305 | 335 | |
| P | g kg ⁻¹ | 1.31 | 1.78 | 1.61 | 1.76 | |
| K | g kg ⁻¹ | 3.88 | 1.87 | 4.50 | 5.30 | |
| Ca | g kg ⁻¹ | 1.72 | 2.14 | 2.35 | 1.91 | |
| Fe | g kg ⁻¹ | 0.78 | 1.75 | 1.00 | 1.03 | |
| Mg | g kg ⁻¹ | 4.19 | 3.73 | 5.21 | 5.27 | |
| Al | g kg ⁻¹ | 1.37 | 3.80 | 1.85 | 3.12 | |
| Na | mg kg ⁻¹ | 223 | 340 | 369 | 541 | |
| Mn | mg kg ⁻¹ | 79.3 | 72.7 | 100.8 | 89.0 | |
| Cd | mg kg ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 |
| Cu | mg kg ⁻¹ | 44.9 | 20.5 | 59 | 54.5 | 70 |
| Ni | mg kg ⁻¹ | 3.3 | 5.4 | 5 | 5.2 | 25 |
| Pb | mg kg ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 |
| Zn | mg kg ⁻¹ | 19.3 | 30.9 | 31.9 | 24.2 | 200 |
| Cr | mg kg ⁻¹ | 5.7 | 38.1 | 9.8 | 14.3 | 70 |

Los contenidos de macro y micro elementos de los compost finales cumplen los requisitos de la normativa nacional española sobre la calidad del compost (Real Decreto 506/2013) para ser clasificados como enmiendas de Clase A (Tabla 2).

La alta capacidad de retención de agua de las mezclas (WHC, Tabla 2) indica que es probable que la aplicación de estos compost a los suelos aumente la eficiencia del uso del agua en los mismos.

La prueba de germinación (Tabla 3) confirmó que el CS tiene un efecto fitotóxico probablemente causado por el ácido clorogénico lo que desaconseja su uso directo en la agricultura. Sin

embargo, tras el proceso de compostaje los cuatro composts no presentaron fitotoxicidad e incluso exhibieron propiedades fitoestimulantes, especialmente las mezclas 1 y 2.

Tabla 3. Valores de índice de Germinación de los materiales co-compostados y de los compost finales utilizando *Lepidium sativum* L., según Zucconi et al. (1981).

| | Biochar | Restos de poda | CS | Compost 1 | Compost 2 | Compost 3 | Compost 4 |
|------------------------------|---------|----------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Índice de germinación | 94.89 | 111.25 | 0 | 124.97 | 121.84 | 101.08 | 109.50 |

4. Conclusiones

El co-compostaje cascarilla de café con agentes estructurante ricos en C permitiría el residuo cero en la industria del tostado de café, transformando los residuos orgánicos en productos de valor añadido, alcanzando así los modelos de economía circular trazados por la Unión Europea en el Green Deal.

Los resultados obtenidos en el estudio sugieren que iniciar el proceso de compostaje con una proporción 1:1 de Cascarilla: Restos de poda agregando las dosis extras de CS con el proceso en curso, asegura el tiempo recomendado de dos semanas a 55 °C durante la fase termófila maximizando la cantidad de CS compostable. Además, la adición de Biochar en la mezcla reduce el riesgo de compactación favoreciendo el flujo de aire y mejorando las condiciones aeróbicas.

El contenido en micro y macronutrientes, en particular N y K, hace que el compost obtenido sea especialmente interesante como enmienda orgánica de alto valor agronómico que puede tener además respuestas positivas por parte de la planta por su comportamiento fitoestimulante. La alta capacidad de retención de agua sugiere que estos materiales pueden aumentar el agua disponible para las plantas en el suelo, mejorando el balance hídrico de los cultivos.

5. Bibliografía

- Al-Charchafchi F., Al-Quadani F., 2006. Effect of chlorogenic acid on germination and seedling growth, and on the enzymes activity extracted from artemisia herba alba ASSO. Part i: germination and seedling growth. *Dirasat, Pure Sciences* 33, 168-175.
- Ballesteros L.F., Teixeira J.A., Mussatto S.I., 2014. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food Bioprocess Technol.* 7, 3493–3503.
- L.F. Diaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier, E. Stentford, 2007. Compost Science and Technology, Volume 8. Ed. Elsevier Science (Amsterdam, Países Bajos) 380 pp.
- FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Food and agriculture data, <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (fecha de consulta: 30/05/2022).
- Madejón E., Panettieri M., Madejón P., Pérez-de-Mora A., 2021 Composting as sustainable managing option for seaweed blooms on recreational beaches. *Waste Biomass Valor.* 13, 863–875.
- Medina J., Calabi-Floody M., Aponte H., Santander C., Paneque M., Meier S., Panettieri M., Cornejo P., Borie F., Knicker H., 2021. Utilization of inorganic nanoparticles and biochar as additives of agricultural waste composting: effects of end-products on plant growth, C and nutrient stock in soils from a Mediterranean region. *Agronomy.* 11, 767.
- Zhang J., Chen G., Sun H., Zhou S., Zou G., 2016. Straw biochar hastens organic matter degradation and produces nutrient-rich compost. *Bioresource Technol.* 200, 876–883
- Zucconi F., Forte M., Monaco A., De Bertoldi M., 1981. Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle.* 22, 27–29.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Sra. C Gómez Ruano, al Sr. H. Fritis Aguilera y al Dr. A Goñi Urriaga por su apoyo técnico. Se agradece a Café Candelas SL por proporcionar la Cascarilla de Café.