

# Impacto sobre el calentamiento global en la aplicación de compost de “alperujo” en los diferentes manejos del cultivo de arroz aeróbico

## Impact on global warming in the application of compost “alperujo” in aerobic rice cultivation

Damián Fernández-Rodríguez<sup>1,\*</sup>, David Peña<sup>2</sup>, Jose Manuel Rato<sup>3</sup>, Carmen Martín<sup>2</sup>, Jaime Sánchez<sup>1</sup>, Luis Vicente<sup>1</sup>, Ángel Albarrán<sup>1</sup>, David Fanguero<sup>4</sup> & Antonio López-Piñeiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Área de Producción Vegetal, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Ctra. de Cáceres, 06071 – Badajoz, Spain

<sup>2</sup> Área de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura, Avda de Elvas s/n, 06071 – Badajoz, Spain

<sup>3</sup> Instituto Politécnico de Portalegre, Escola Superior Agrária de Elvas, Elvas, Portugal

<sup>4</sup> LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

(\*E-mail: dfernandez@unex.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.28501>

### RESUMEN

El cultivo tradicional de arroz (laboreo e inundación) es una de las fuentes antropogénicas más importantes en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Por tanto, es necesario desarrollar nuevas técnicas de manejo que puedan mitigar esta problemática. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los diferentes manejos en condiciones aeróbicas; laboreo (L) y su homólogo con compost (LC), no laboreo (NL) y su homólogo con compost (NLC), sobre el balance de CO<sub>2</sub>. Para ello, se realizó un experimento de campo con tres años de duración (2015-2017), donde se midieron, a lo largo del ciclo del cultivo, las emisiones de los GEI y los niveles de COT presente en los suelos. El potencial de calentamiento global (GWP) fue 1.19 veces superior en L con relación a NL. De manera que el balance neto entre emisiones y fijaciones en LC fue de 8.96 Mg de CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, siendo en L, NLC y NL de -7.37, -6.74 y -15.5 Mg de CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Por tanto, la implantación de NL pueden ser una estrategia eficiente para contribuir a reducir el GWP y mejorar los balances netos de CO<sub>2</sub> en el cultivo de arroz.

**Palabras clave:** arroz, aeróbico, potencial de calentamiento global, agricultura de conservación, fijación CO<sub>2</sub>.

### ABSTRACT

Traditional rice cultivation (tillage and flooding) is one of the most important anthropogenic sources of greenhouse gas (GHG) emissions, especially CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O. Therefore, it is necessary to develop new management techniques that can mitigate this problem. The objective of the present work was to evaluate the effect of the different handlings in aerobic conditions; tillage (T) and its counterpart with compost (TC), non-tillage (NT) and its counterpart with compost (NTC), exert on the CO<sub>2</sub> balance. To do this, a three-year field experiment (2015-2017) was carried out, where GHG emissions and TOC levels present in soils were measured throughout the crop cycle. The global warming potential (GWP) was 1.19 times higher in T compared to NT. So that the net balance between emissions and fixations in TC was 8.96 Mg of CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, being in T, NTC and NT -7.37, -6.74 and -15.5 Mg of CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, respectively. Therefore, the implementation of NT can be an efficient strategy to help reduce the GWP and improve the net balance of CO<sub>2</sub> in rice crop.

**Keywords:** rice, aerobic, global warming potential, conservation of agriculture, fixations CO<sub>2</sub>.

## INTRODUCCIÓN

El arroz es un cultivo crucial para la seguridad alimentaria mundial. España es el segundo productor de la Unión Europea (28% del total), después de Italia (57%). Andalucía (40.000 ha) y Extremadura (22.000 ha) representan la primera y segunda región, respectivamente, con mayor superficie implantada en España (MAPA, 2022). Solamente, en ambas Comunidades Autónomas, este cultivo genera una facturación bruta anual superior a los 160 millones de euros, lo que pone de manifiesto el gran interés económico y social que representa este cultivo.

La producción de arroz también es uno de los principales contribuyentes a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  (Datta *et al.*, 2009). Los valores registrados en la Unión Europea, para el año 2017 con respecto al  $\text{CH}_4$  fueron de 273.898 Mg, y sólo en España se produjeron 54.232 Mg de este gas, producido en gran parte, bajo las condiciones anaerobias presentes en los campos de arroz inundados (FAOSTAT, 2020).

Cada año se producen en la región mediterránea unos 9,53 millones de  $\text{m}^3$  de alperujo (TPOW), este subproducto de la aceituna constituye un grave problema para la industria del aceite de oliva. Por lo que se requieren nuevas alternativas para la adecuada disposición o reciclaje de TPOW (López-Piñero *et al.*, 2011; Marks *et al.*, 2021). La utilización de nuevas técnicas de manejo en el cultivo del arroz y la utilización de compost de TPOW sería una estrategia para mitigar la pérdida de carbono de los suelos. En este sentido, la implantación de arroz aeróbico (sin inundación), con técnicas de agricultura de conservación (no laboreo), se ha propuesto como una técnica de manejo eficiente que puede garantizar la sostenibilidad de este cultivo (Fanguero *et al.*, 2017). Por ello, el objetivo global de este trabajo fue determinar los efectos que la aplicación de compost de TPOW en cultivos de arroz, sometidos a diferentes manejos, ejerce sobre una posible fijación de  $\text{CO}_2$  y en el potencial de calentamiento global, y por tanto, sobre el balance neto de  $\text{CO}_2$ .

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo de campo en una de las principales zonas arroceras de Extremadura, en las Vegas del Guadiana, dentro del término municipal de Gévora (Badajoz, España). Se seleccionaron cuatro tratamientos con riego por aspersión: Laboreo (L), Laboreo con Compost (LC), No Laboreo (NL), y No Laboreo con Compost (NLC). Todos los tratamientos se realizaron por triplicado, de forma que se obtuvieron 12 subparcelas de  $180 \text{ m}^2$  de superficie cada una de ellas. La antigüedad de implantación de los tratamientos es de tres años. La aplicación de compost de TPOW se realizó solo el primer año a una dosis de  $80.000 \text{ kg ha}^{-1}$  en los tratamientos correspondientes.

Las subparcelas fueron separadas entre sí por un pasillo de 2 m de ancho, la aplicación de agua fue a través de aspersores colocados equitativamente para aplicar el agua a través de boquillas que emitían un caudal de  $11 \text{ L min}^{-1}$ , cumpliendo con las necesidades de Evapotranspiración del cultivo diarias (ETc). La variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) utilizada fue Gladio, especie índica muy extendida en la zona arroceras de Extremadura. Antes del comienzo de la siembra de arroz los tratamientos L y LC fueron arados. Previo a la siembra, se realizó un abonado de fondo a una dosis de  $550 \text{ kg ha}^{-1}$  con abono complejo 9-18-27. Luego, atendiendo a las necesidades del cultivo, todos los manejos recibieron dos aplicaciones de N (46 % urea) a razón de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , en su conjunto. Se tomaron muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad tras la cosecha del cultivo (octubre), determinando en laboratorio el contenido en Carbono Orgánico Total (COT) por el método de oxidación en húmedo (Nelson & Sommers, 1996).

Desde el inicio de cada campaña agrícola y previo a la ejecución de las labores culturales, se colocaron campanas estáticas para medir la emisión de GEI ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ ). Para ello, se utilizaron cámaras cerradas y estáticas de polietileno de alta densidad de 40 cm de diámetro y 30 cm de altura. Se colocaron 6 cámaras por tratamientos (2 por subparcelas). Las muestras de gases fueron analizadas con un detector selectivo de masas (MS) modelo 5973 de Agilent (USA). Los flujos de las emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  fueron determinados a partir del incremento lineal de la concentración de gas en cada muestreo (0 y 30 minutos).

El balance neto de CO<sub>2</sub> Mg ha<sup>-1</sup> se calculó como la diferencia entre el potencial de calentamiento global (Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup>) y la estimación de fijación de CO<sub>2</sub> Mg ha<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

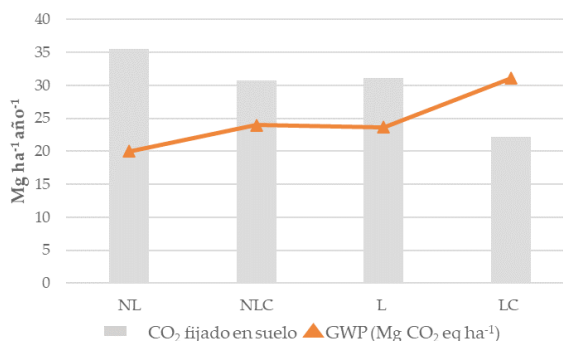
En el tercer año de estudio, los mayores valores de GWP se registraron en el tratamiento LC (Tabla 1). De manera, que con respecto al tratamiento labrado con compost (LC) se produce un descenso del GWP de más del 35% en NL y de más del 20% en NLC. Por lo tanto, con riego por aspersión y especialmente cuando se combina con un sistema de agricultura de conservación (NL) se producen descensos significativos en el GWP. Resultados similares fueron descritos por Fangueiro *et al.* (2017) quienes observaron que el no laboreo, comparado con el laboreo convencional bajo técnicas de aspersión, redujo el GWP alrededor de un 30-35%.

**Tabla 1** - Efecto de los diferentes tratamientos sobre el GWP (Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup>)

Tratamientos	Año 2017
NL	19,9a
NLC	24,0ab
L	23,7ab
LC	31,1b

El primer año de estudio, el contenido en COT de media para los tratamientos NL y L fue de 8,09 g kg<sup>-1</sup>, para la profundidad de 0-10 cm, tratándose de un valor bajo como es característico de los suelos agrícolas de ambiente mediterráneo. Valores similares fueron observados por Sánchez-Llerena (2014) también en suelos dedicados al cultivo del arroz. Sin embargo, la aplicación de compost elevó a 17,8 g kg<sup>-1</sup> de media los valores de COT. Siendo similares los valores obtenidos por Peña *et al.* (2022). Transcurridos tres años de estudio, el manejo que incorpora técnicas de agricultura de conservación (NL), dejó evidencias claras sobre el aumento del COT con el paso del tiempo, lo que originó una mayor estimación en la fijación de CO<sub>2</sub> en el suelo (35,5 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>). Por tanto, el manejo NL presenta un balance neto entre las emisiones y la

estimación en la fijación de CO<sub>2</sub> de -15,5 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Con respecto al manejo L, dicho balance es de -7,37 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Este hecho evidencia que el riego por aspersión, especialmente combinado con la técnica de agricultura de conservación (NL), produce mayor fijación del CO<sub>2</sub> en el suelo con respecto a lo que se emite. Sin embargo, en el tratamiento que combina el laboreo con la aplicación de compost, produce un balance neto positivo de 8,96 Mg de CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, indicando como con este sistema las emisiones superan a las estimaciones en la fijación de CO<sub>2</sub>, haciendo que este sistema no sea sostenible desde el punto de vista relacionado con el calentamiento global.



**Figura 1** - Efecto de los diferentes sistemas de manejo en la fijación y balance neto de CO<sub>2</sub>.

## CONCLUSIONES

La implantación de sistemas de producción de arroz aeróbico, en combinación con técnicas de agricultura de conservación (NL), produce una mayor fijación de CO<sub>2</sub> en referencia a lo observado en el resto de los tratamientos. Mientras que en el sistema NL se estima una fijación de 35,5 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, en L y LC es de 31,1 y 22,1 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Además, transcurridos tres años desde su implantación, es también bajo el sistema NL donde se obtienen los menores valores de potencial de calentamiento global (19,9 Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) frente a los 23,7 y 31,1 Mg CO<sub>2</sub> eq ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, obtenidos en los tratamientos L y LC, respectivamente. Por tanto, el manejo NL en combinación con riego por aspersión podría ser considerado como una estrategia eficiente para contribuir a reducir el potencial de calentamiento global y mejorar los balances netos de CO<sub>2</sub> en el cultivo del arroz.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Junta de Extremadura (GR21038 e IB16075) y el proyecto RTI2018-095461-B-I00 que ha sido financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por “FEDER Una forma de hacer Europa”. También recibió apoyos por parte de la Fundación Portuguesa para la Ciencia y la Tecnología (UIDB/05064/2020). Carmen Martín y Jaime Sánchez Terrón son beneficiarios de

una beca otorgada por la Consejería de Economía, Comercio e Innovación de la Junta de Extremadura cofinanciando “FSE Una forma de hacer Europa” (PD16021; PD18026; PD18025). Damián Fernández es beneficiario de una ayuda para fomentar la contratación de personal de apoyo a la investigación, otorgada por la SEXPE de la Junta de Extremadura, con la cofinanciación del “FSE Invierte en tu futuro” (TE-0042-18).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Datta, A.; Nayak, D.R.; Sinhababu, D.P. Adhya, T.K. (2009) - Methane and nitrous oxide emissions from an integrated rainfed rice-fish farming system of Eastern India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 129, n. 1-3, p. 228-237. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.09.003>
- Fanguero, D.; Becerra, D.; Albarrán, A.; Peña, D.; Sanchez-Llerena, J.; Rato-Nunes, J.M. & López-Piñeiro, A. (2017) - Effect of tillage and water management on GHG emissions from Mediterranean rice growing ecosystems. *Atmospheric Environment*, vol. 150, p. 303-312. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.11.020>
- FAOSTAT (2020) - *Totales de las emisiones*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [cit. 2020.01.13] <http://www.fao.org/faostat/es/#data/GT>
- López-Piñeiro, A.; Albarrán, A.; Rato Nunes, J.M.; Peña, D. & Cabrera, D. (2011) - Long-term impacts of de-oiled two-phase olive mill waste on soil chemical properties, enzyme activities and productivity in an olive grove. *Soil and Tillage Research*, vol. 114, n. 2, p. 175-182. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.05.002>
- MAPA (2022) – *Datos estadísticos*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Marks, E.; Akrouf, H.; Kinigopoulou, V.; Douglis, C.; Jellali, S.; Rad, C.; Zulueta, P.S.; Tziritis, E.; El-Bassi, L. & Jeguirim, M. (2021) - Olive Mill Wastes in the Mediterranean: An Initial Assessment of Organic Matter and Nutrients of Agricultural Value. In: *Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions* (2nd Edition). EMCEI 2019. Environmental Science and Engineering. Springer, Cham.
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E. (1996) - Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Sparks, D.L.; Page, A.L.; Helmke, P.A.; Loeppert, R.H.; Soltanpour, P.N.; Tabatabai, M.A.; Johnston, C.T. & Sumner, M.E. (Eds.) - *Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods*, SSSA Book Ser.5 SSSA, Madison, WI, p. 961-1010.
- Peña, D.; Fernández, D.; Albarrán, A.; Gómez, S.; Martín, C.; Sánchez-Terrón, J.; Vicente, L. & López-Piñeiro, A. (2022) - Using olive mill waste compost with sprinkler irrigation as a strategy to achieve sustainable rice cropping under Mediterranean conditions. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 42, art. 36. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00769-5>
- Sánchez-Llerena, J. (2014) - *Cultivo de arroz aeróbico aplicando técnicas de agricultura de conservación en las vegas del Guadiana: Efectos en parámetros agronómicos y dinámica de los herbicidas bispyribac-sodio y bensulfuron-metil*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra. Extremadura, España.