

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2025-121>

ESTIMACIÓN DE LAS TASAS DE OXIDACIÓN DE METANO EN SUELOS BAJO DIFERENTES COBERTURAS: APORTES A LA CUANTIFICACIÓN DE LOS CAMBIOS PRODUCIDOS POR LA INTRODUCCIÓN DE ÁRBOLES EN SISTEMAS DE PASTIZAL

Terán, Ezequiel Jesús

CIFICEN (CONICET-UNCPBA-CICPBA)

Olavarría, Argentina

ezequiel.j.teran@ifas.exa.unicen.edu.ar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7321-0031>

Priano, María Eugenia

CIFICEN (CONICET-UNCPBA-CICPBA)

Tandil, Argentina

mepriano@exa.unicen.edu.ar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9301-8458>

Fernández, María Elena

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Balcarce, Argentina

fernandez.mariaelena@inta.gob.ar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9547-2216>

RESUMEN

El metano (CH_4) es un gas de efecto invernadero cuyo principal sumidero biológico son los suelos aeróbicos, donde es oxidado por bacterias metanótrofas. Este estudio estimó las tasas de oxidación de metano (TOM) en suelos con dos coberturas: un pastizal naturalizado (P) y una plantación de *Eucalyptus globulus* de 20 años (EU), bajo la hipótesis de que la forestación presenta mayor TOM. Se realizaron cinco campañas de muestreo en 2017, extrayendo testigos de suelo (0–20 cm) que se dividieron en cuatro estratos de 5 cm. Las TOM se estimaron en laboratorio mediante incubación de 200 g de suelo en cámaras estáticas a 22 °C, midiendo la disminución de CH_4 por cromatografía gaseosa durante cuatro horas. Paralelamente, se determinaron perfiles de concentración de CH_4 in situ y parámetros edáficos (pH, %MO, %h). Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre las TOM promedio de P ($0,017 \pm 0,003 \text{ nmol}_{\text{CH}_4} \text{ gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y EU ($0,015 \pm 0,009 \text{ nmol}_{\text{CH}_4} \text{ gs}^{-1} \text{ h}^{-1}$). En ambos sitios, la mayor actividad oxidativa se registró en el estrato 15–20 cm, coincidente con los máximos gradientes de CH_4 observados in situ. El %h fue el único parámetro que correlacionó significativamente con la TOM en P ($R^2 = 0,41$; $p < 0,05$). Se concluye que la forestación con eucalipto no alteró de forma significativa la capacidad de oxidación de CH_4 en los primeros 20 años, y que la humedad es un factor regulatorio clave. La técnica de incubación empleada resultó adecuada para la estimación de TOM.

ABSTRACT

Methane (CH_4) is a greenhouse gas whose main biological sink is aerobic soils, where it is oxidized by methanotrophic bacteria. This study estimated methane oxidation rates (MOR) in soils under two land covers: a naturalized grassland (P) and a 20-year-old *Eucalyptus globulus* plantation (EU), under the hypothesis that afforestation would show higher MOR. Five sampling campaigns were conducted in 2017, collecting soil cores (0–20 cm) and dividing them into four 5-cm layers. MOR were determined in the laboratory by incubating 200 g of soil in static chambers at 22 °C and measuring CH_4 depletion by gas chromatography over four hours. In situ CH_4 concentration profiles and soil parameters (pH, OM%, moisture %) were also determined. Results showed no significant differences between mean MOR in P ($0.017 \pm 0.003 \text{ nmol}_{\text{CH}_4} \text{ g}_s^{-1} \text{ h}^{-1}$) and EU ($0.015 \pm 0.009 \text{ nmol}_{\text{CH}_4} \text{ g}_s^{-1} \text{ h}^{-1}$). In both sites, maximum oxidative activity was observed at 15–20 cm depth, coinciding with the largest in situ CH_4 gradients. Moisture content was the only parameter significantly correlated with MOR in P ($R^2 = 0.41$; $p < 0.05$). It is concluded that afforestation with eucalyptus did not significantly modify soil CH_4 oxidation capacity during the first 20 years, and that soil moisture acts as a key regulatory factor. The incubation technique developed proved adequate for MOR estimation.

Keywords: eucalyptus, grassland, methane, oxidation, soils.

1. INTRODUCCIÓN

El metano (CH_4) es el segundo gas de efecto invernadero más importante después del CO_2 . Los suelos bien aireados actúan como sumideros de CH_4 atmosférico gracias a la actividad de bacterias metanótrofas (Le Mer & Roger, 2001). La magnitud de este proceso, cuantificado como la Tasa de Oxidación de Metano (TOM), está influenciada por factores como el uso del suelo, la humedad, el pH y la materia orgánica (Smith et al., 2003; Dutaur & Verchot, 2007). Cambios en el uso del suelo, como la forestación de pastizales, pueden alterar estas propiedades y, en consecuencia, la TOM (Tate, 2015). Existe escasa información sobre TOM en suelos del Hemisferio Sur, donde se estima se encuentran importantes sumideros (Curry, 2007). Este trabajo tuvo como objetivo estimar y comparar las TOM en suelos de un pastizal naturalizado y una forestación con eucalipto en la región pampeana argentina, relacionándolas con parámetros edáficos y perfiles de CH_4 in situ.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la EEA INTA Balcarce sobre un Argiudol típico con dos usos: pastizal naturalizado (P) y plantación de *Eucalyptus globulus* de 20 años (EU). Entre mayo y noviembre de 2017 se realizaron cinco campañas. Por cada sitio y campaña, se extrajeron 40 testigos de suelo (0-20 cm) que se dividieron en 4 estratos (E1: 0-5 cm, E2: 5-10 cm, E3: 10-15 cm, E4: 15-20 cm) para obtener muestras compuestas. Las TOM se estimaron incubando 200 g de suelo por duplicado en cámaras estáticas de PVC a 22°C durante 24 h. Tras este período, se cerraron las cámaras y se midió la concentración de CH_4 (mediante cromatografía gaseosa Agilent 7890 A) cada hora durante 4 h. La TOM ($\text{nmol}_{\text{CH}_4} \text{ g}_s^{-1} \text{ h}^{-1}$) se calculó mediante la pendiente de la regresión lineal de la concentración de CH_4 vs. tiempo, ajustada por la masa de suelo seco. Se obtuvieron perfiles de concentración de CH_4 in situ hasta 25 cm de profundidad usando una sonda de acero. Se determinaron pH, %MO y %h. Los datos se analizaron con pruebas ANOVA, Kruskal-Wallis, t-pareada y correlación de Pearson ($\alpha=0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre las TOM promedio de P ($0,017 \pm 0,003$) $\text{nmol}_{\text{CH}_4} \text{ g}_s^{-1} \text{ h}^{-1}$ y EU ($0,015 \pm 0,009$) $\text{nmol}_{\text{CH}_4} \text{ g}_s^{-1} \text{ h}^{-1}$, contradiciendo la hipótesis inicial basada en mediciones de flujo *in situ* previas. Esto sugiere que, a los 20 años, la forestación no ha alterado significativamente la comunidad microbiana metanótrofa. Ambos sitios presentaron las TOM más bajas en el estrato superficial (E1) y las más altas en el estrato más profundo (E4) (Tabla 1), coincidiendo con lo reportado por Bárcena et al. (2014).

Tabla 1

TOM promedio ($\text{nmol}_{\text{CH}_4} \text{gs}^{-1} \text{h}^{-1}$) por estrato y sitio.

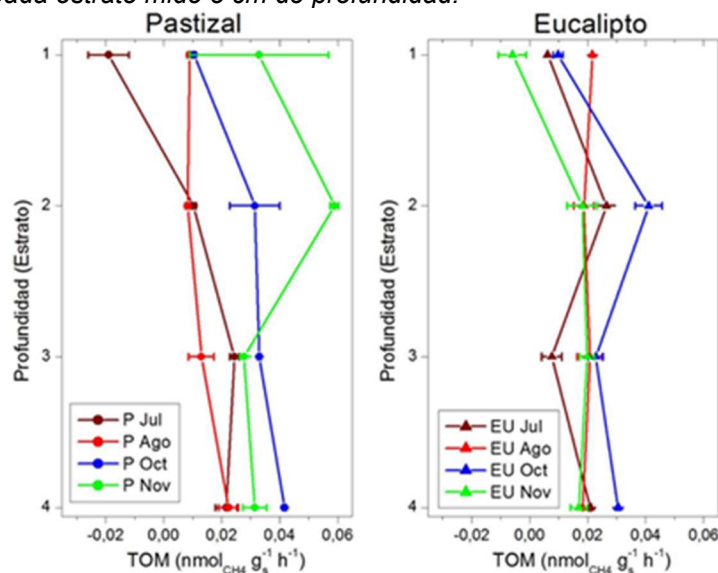
Estrato	Pastizal (P)	Eucalipto (EU)
E1 (0-5 cm)	0,010 (0,020)	0,010 (0,010)
E2 (5-10 cm)	0,024 (0,008)	0,020 (0,010)
E3 (10-15 cm)	0,024 (0,008)	0,017 (0,006)
E4 (15-20 cm)	0,029 (0,009)	0,021 (0,005)

Nota. Valores representados como media (desviación estándar).

Los perfiles de CH_4 *in situ* mostraron una disminución de la concentración con la profundidad hasta los 15 cm, seguida de un aumento en el E4, indicando posible actividad metanogénica a mayor profundidad (Figura 1). Las mayores diferencias de concentración (ΔC) se observaron en los E3 y E4 (10-20 cm), concordando con la zona de mayor TOM estimada en laboratorio. Respecto a los parámetros edáficos, el sitio EU presentó un pH significativamente más ácido (5,6) que el sitio P (6,4) ($p < 0,05$), un %MO similar (9%) y un %h ligeramente superior (31% vs 27%). Solo se encontró una correlación significativa entre TOM y %h en el pastizal ($R^2 = 0,41$, $p = 0,0017$), donde las mayores TOM se registraron con humedades entre 20-25%.

Figura 1

Tasa de Oxidación de Metano (TOM) ($\text{nmol}_{\text{CH}_4} \text{gs}^{-1} \text{h}^{-1}$), valores medios y sus correspondientes desvíos estándar para cada estrato de cada sitio: el sitio Pastizal (P) está representado con puntos y el eucaliptal (EU) con triángulos. Cada estrato mide 5 cm de profundidad.



4. CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación permitió poner a punto y validar una técnica de laboratorio confiable para la estimación de las tasas de oxidación de metano (TOM) en suelos, mediante el uso de cámaras estáticas de incubación y cromatografía gaseosa, estableciendo que una masa de 200 g de suelo y un tiempo de monitoreo de 4 horas son los parámetros adecuados para obtener mediciones precisas. Al aplicar esta metodología para comparar suelos bajo dos coberturas diferentes, se concluye que la introducción de una plantación de *Eucalyptus globulus* de 20 años de edad sobre un pastizal naturalizado no ha generado, hasta el momento, un cambio estadísticamente significativo en la capacidad de oxidación de metano de los primeros 20 cm del suelo, ya que las TOM promedio resultaron ser notablemente similares entre ambos sistemas.

Este hallazgo sugiere que, para esta edad y en este tipo de suelo, la forestación no ha alterado sustancialmente la actividad o la comunidad de bacterias metanótrofas presentes. Los resultados indicaron de manera consistente que la mayor actividad biológica oxidativa, en ambos usos de suelo, se encuentra localizada en el estrato más profundo estudiado (15-20 cm), lo que fue corroborado por los perfiles de concentración de metano medidos *in situ*, que mostraron las mayores variaciones en esta zona del perfil. Finalmente, el estudio identificó que el contenido de humedad del suelo es un factor regulatorio clave de la TOM, hallándose una correlación significativa en el pastizal, donde las condiciones óptimas para la oxidación se dieron con valores de humedad gravimétrica entre el 20% y el 25%.

REFERENCIAS

- Bárcena, T. G., D'Imperio, L., Gundersen, P., Vesterdal, L., Priemé, A., & Christiansen, J. R. (2014). Conversion of cropland to forest increases soil CH₄ oxidation and abundance of CH₄ oxidizing bacteria with stand age. *Applied Soil Ecology*, 79, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.004>
- Curry, C. L. (2007). Modeling the soil consumption of atmospheric methane at the global scale: soil consumption of atmospheric methane. *Global Biogeochemical Cycles*, 21(4), GB4012. <https://doi.org/10.1029/2006GB002818>
- Dutaur, L., & Verchot, L. V. (2007). A global inventory of the soil CH₄ sink: a global inventory of the soil CH₄ sink. *Global Biogeochemical Cycles*, 21(4), GB4013. <https://doi.org/10.1029/2006GB002734>
- Le Mer, J., & Roger, P. (2001). Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: A review. *European Journal of Soil Biology*, 37(1), 25–50. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01067-6](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01067-6)
- Smith, K. A., Ball, T., Conen, F., Dobbie, K. E., Massheder, J., & Rey, A. (2003). Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: Interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science*, 54(4), 779–791. <https://doi.org/10.1046/j.1351-0754.2003.0567.x>
- Tate, K. R. (2015). Soil methane oxidation and land-use change – from process to mitigation. *Soil Biology and Biochemistry*, 80, 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.10.010>

Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2025 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2025 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.