



EVALUACIÓN DE UNA TÉCNICA DE MUESTREO COMPUESTO DE GEI EMITIDOS DESDE UNA PILA DE COMPOSTAJE DE BARROS CLOACALES

Kucher, H.^{1,2,*}, V. Cosentino³, A.M. Lupi³, A. Costantini^{1,3}, R. Romaniuk³

¹ Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires; ² Centro de Innovación, Agua y Saneamientos Argentinos; ³ Instituto de Suelos, CIRN, INTA Castelar. *hkucher@agro.uba.ar

RESUMEN: El compostaje es un proceso que permite higienizar y estabilizar barros cloacales para su uso como enmienda orgánica de suelos. Esta operación trae asociada una elevada emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente óxido nitroso (N₂O) y dióxido de carbono (CO₂). En el compostaje en pilas el muestreo de estos gases puede realizarse mediante el método de cámaras estáticas, aunque la alta variabilidad espacial de la emisión exige un elevado número de muestras. El "pooling" de las muestras de gases, es decir el muestreo compuesto de varias cámaras, como alternativa a la práctica convencional de analizar muestras de cámaras individualmente, ha sido validado en suelos, pero no durante el compostaje. El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de aplicar el "pooling" al monitoreo de gases emitidos desde una pila de compostaje de barros cloacales. Se colocaron aleatoriamente 6 cámaras estáticas durante la fase termófila del proceso. Se tomaron muestras de gases por triplicado a los 0, 5 y 10 minutos. Se midió la concentración de N₂O y CO₂ de muestras simples y compuestas provenientes de dos y tres cámaras (1-2; 3-4; 5-6; 1-2-3; y 4-5-6) por tiempo. El flujo de gas se calculó como el aumento de la concentración en el tiempo. Las diferencias entre los flujos medidos con las muestras compuestas 1-2, 3-4, 5-6, 1-2-3 y 4-5-6 en relación a los medidos con los promedios de las muestras simples de las mismas cámaras fueron 26,6%, 6,2%, 0,3%, 15,9% y 3,2% respectivamente en el caso del N₂O y 31,4%, 7,8%, 8,1%, 16,9% y 4,9% para el CO₂. La precisión de la estimación mediante la técnica de "pooling" fue alta para ambos gases (R²>0,85). Puede concluirse que la técnica "pooling" de gases es potencialmente aplicable al estudio de la emisión de N₂O y CO₂ desde pilas de compostaje.

PALABRAS CLAVE: gases de efecto invernadero, muestra compuesta de gases, compostaje.

INTRODUCCION

Los barros cloales son un subproducto del tratamiento de efluentes cloacales que mediante procesos de estabilización pueden transformarse en enmiendas de suelo (Kumar et al., 2017). Entre los mecanismos viables de estabilización de barros cloales se destaca el compostaje (Eurostat, 2019). Este puede definirse como un proceso de biodegradación de materiales orgánicos en estado sólido, bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación, llevado a cabo por comunidades microbianas en condiciones aeróbicas (Atalia et al., 2015). Durante el mismo, los compuestos carbonados y nitrogenados simples se transforman en formas orgánicas complejas más estables, que químicamente se asemejan a las sustancias húmicas del suelo (Insam y Bertoldi, 2007).

El compostaje puede generar cantidades significativas de GEI, tales como dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) (Wang et al., 2017), siendo sus principales desventajas la contribución al calentamiento global y la pérdida de nutrientes del compost, disminuyendo la calidad del abono orgánico generado (Zeng et al., 2018). En este sentido, según Zhu-Barker et al. (2017) la necesidad de caracterizar y entender las emisiones de GEI en sistemas de

compostaje mediante pilas se ha vuelto fundamental para evaluar la sustentabilidad de las operaciones de compostaje.

Cuando el compostaje se realiza en pilas o hileras la medición de GEI puede realizarse mediante el método de cámaras estáticas (Hao et al., 2004), aunque la alta variabilidad espacial de la emisión exige un elevado número de muestras. Para hacer frente a esta problemática el “pooling” de las muestras de gases, es decir la mezcla para obtener muestras compuestas de varias cámaras, como alternativa a la práctica convencional de analizar muestras de cámaras individualmente, ha sido validado en suelos (Arias-Navarro et al., 2013), pero no aún en pilas de compostaje. El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de aplicar el “pooling” al monitoreo de gases emitidos desde una pila de compostaje de barros cloacales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El compostaje se realizó dentro de un galpón cerrado con extractores de aire mediante el método de hileras con volteos mecánicos (Norma IRAM 29556-1). Se utilizó chip de poda como material estructurante en una relación barros cloacales y chip de poda de 1:1,5 V/V. El muestreo de gases se desarrolló durante la etapa termófila del proceso, es decir cuando la temperatura promedio de la pila fue superior a los 55°C.

Se utilizó el método de la cámara estática cerrada descrita por Alves et al. (2011), tomando muestras de gases a los 0, 5 y 10 minutos en 6 cámaras cerradas que fueron ubicadas a diferente altura y orientación en la pila de compostaje. Para realizar correctamente la comparación entre las metodologías propuestas (muestras simples y muestras compuestas de dos y tres cámaras) en cada uno de los tiempos de medición del gas se tomaron con jeringas de 60 ml tres muestras consecutivas separadas entre sí por un tiempo menor a 10 segundos. El orden de la toma de las muestras consecutivas fue al azar entre las metodologías.

Para la medición de muestras simples, una muestra de gas por cada cámara y por cada tiempo fue inmediatamente trasvasada desde las jeringas a viales de 10 ml mediante el uso de una bomba de vacío manual. Las muestras restantes se destinaron a la conformación de muestras compuestas, realizando combinaciones de dos y tres cámaras (1-2; 3-4; 5-6; 1-2-3; y 4-5-6) por tiempo, mezclándolas en partes iguales en una nueva jeringa, cuyo gas también fue trasvasado a viales. La concentración de N₂O y CO₂ se determinó por cromatografía gaseosa. El flujo de N₂O de CO₂ desde la pila de compostaje hacia la atmósfera se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$f = \frac{\Delta C}{\Delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{m}{V_m}$$

donde $\Delta C/\Delta t$ es el cambio en la concentración de N₂O o CO₂ dentro la cámara durante el tiempo de incubación, V es el volumen de la cámara, A es el área de pila cubierta por la cámara, m es el peso molecular de N₂O o CO₂ y V_m es el volumen molar del N₂O o CO₂. El flujo de gas se calculó como el incremento en la concentración durante el periodo de incubación, aumentado la precisión de esta estimación cuanto mayor sea el ajuste a una función lineal, lo cual se estudió mediante el R².

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan las estimaciones de flujo de óxido nitroso y dióxido de carbono según las diferentes metodologías de muestreo propuestas. Se observó una elevada precisión de las estimaciones (R²>0,75), obtenidos tanto a partir de los muestreos simples como de los compuestos.

Tabla 1. Flujo de emisión de óxido nitroso y dióxido de carbono y ajuste de la regresión lineal desde la pila de compostaje.

Cámara	Óxido nitroso		Dióxido de carbono	
	ugN-N ₂ O/m ² *minuto	R ²	ugC-CO ₂ /m ² *minuto	R ²
1	158	0,97	83543	0,97
2	166	0,97	362199	0,98
3	84	0,99	66387	0,98
4	17	0,97	61433	0,96
5	72	0,78	82144	0,76
6	212	0,91	102653	0,92
1-2	119	0,95	152869	0,97
3-4	47	0,99	58907	0,99
5-6	142	0,91	84957	0,85
1-2-3	114	0,94	141888	0,95
4-5-6	97	0,87	78076	0,90

En la Figura 1 se presentan las diferencias entre los flujos medidos con las muestras compuestas 1-2, 3-4, 5-6, 1-2-3 y 4-5-6 y con los promedios de las muestras simples de las mismas cámaras emparentadas.

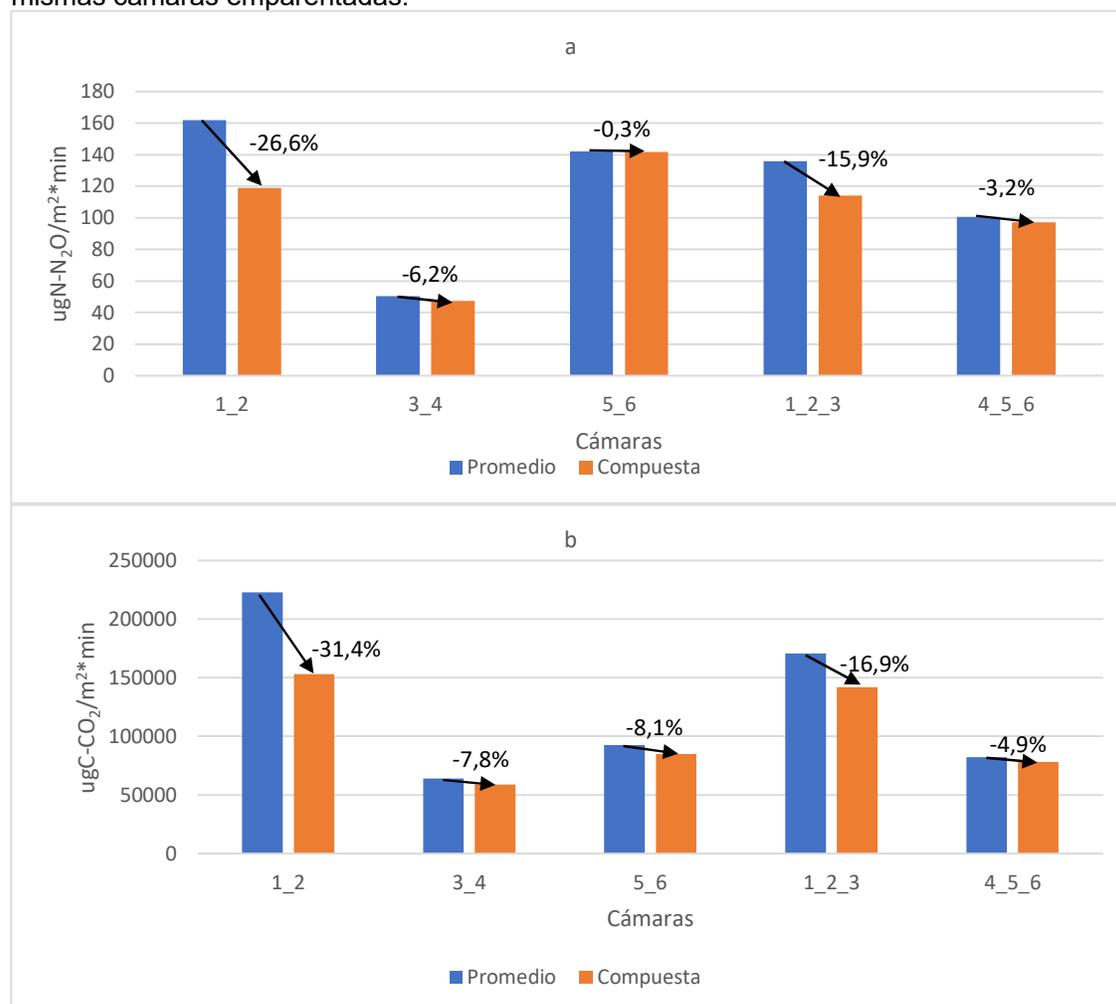


Figura 1. Flujo de emisión óxido nitroso (a) y dióxido de carbono (b) desde la pila de compost de barros cloacales, estimado con muestras compuestas y como promedio de muestras simples.

En la Figura 2 pueden observarse las diferencias en las mediciones de gases acumulados en las cámaras a los 5 y a los 10 minutos de las muestras compuestas respecto de las muestras simples promediadas correspondientes a las mismas cámaras. En el caso del N_2O , estas diferencias variaron entre 0,1 y 16,8% (promedio 6,1%) al combinarse dos cámaras, y el 1,4 y 11,1% (promedio 5,6%) al combinarse tres. En cuanto al CO_2 , las variaciones fueron entre 0,4 y 18,5% (promedio 6,7%) para la combinación de dos muestras y 0,4 y 11,5% (promedio 5,8%) para las combinaciones de tres muestras. El tiempo 0 no se incluye en la Figura 2 debido a que el error por el muestreo en el tiempo 0 es porcentualmente mayor en relación a los tiempos de acumulación que en los tiempos de muestreo 5 y 10 minutos, por lo que podría enmascarar el efecto de la técnica de "pooling" estudiada.

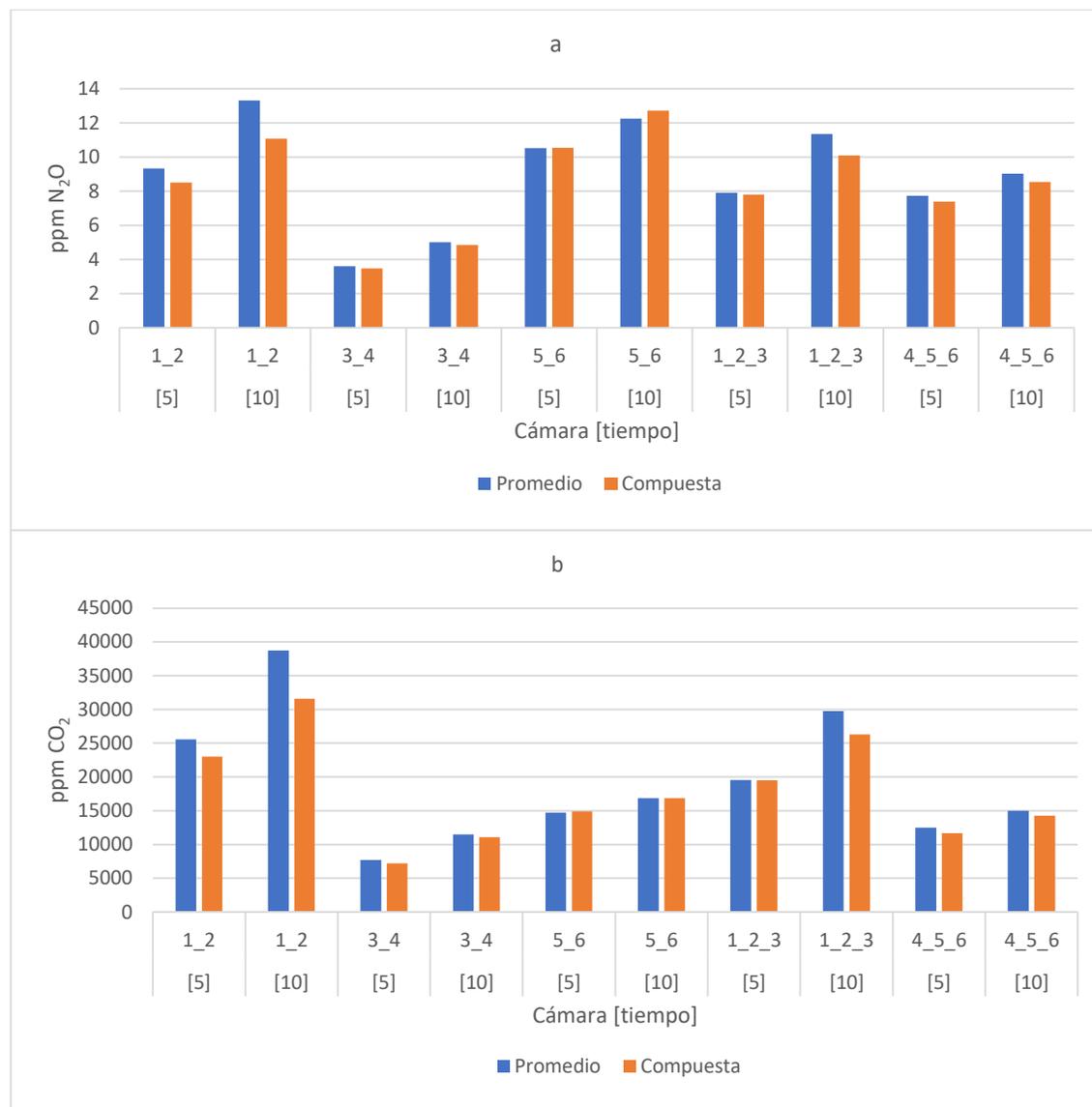


Figura 2. Concentración de óxido nítrico (a) y dióxido de carbono (b) medida desde la pila de compost de barros cloacales en los tiempos de extracción de muestras 5 y 10 minutos, estimada con muestras compuestas y como promedio de muestras simples.

CONCLUSIONES

Puede concluirse que la técnica de muestreo compuesto de gases es potencialmente aplicable al estudio de la emisión de GEI desde pilas de compostaje de barros cloacales, considerando que el promedio de las diferencias entre las muestras compuestas respecto de las muestras simples promediadas no superó el 6,1% para el N₂O y 6,7% para el CO₂. Deben realizarse nuevos ensayos con un mayor esfuerzo de muestreo para determinar si el “pooling” de las muestras puede aplicarse en diferentes momentos del proceso y si existen diferencias al modificarse el número de submuestras.

BIBLIOGRAFIA

- Alves, BJR; KA Smith; RA Flores; AS Cardoso; WRD Oliveira; CP Jantalia; S Urquiaga & RM Boddey. 2011. Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N₂O flux from soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 129–135.
- Arias-Navarro, C; E Díaz-Pinés; R Kiese; TS Rosenstock; MC Rufino; D Stern; LV Verchot & K Butterbach-Bahl. 2013. Gas pooling: a sampling technique to overcome spatial heterogeneity of soil carbon dioxide and nitrous oxide fluxes. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, 20-23.
- Cosentino, VRN. 2015. Factores y procesos que afectan la emisión de óxido nitroso en un suelo pampeano manejado con siembra directa. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Norma Iram 29556-1. Calidad ambiental - Calidad del suelo. Compostaje aeróbico. Parte 1 - Conceptos básicos, factibilidad del tratamiento y buenas prácticas del proceso de compostaje de residuos verdes.
- Kumar, V; AK Chopra & A Kumar. 2017. A review on sewage sludge (Biosolids) a resource for sustainable agriculture. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2(4), 340-347.