



## C6P37. ¿CÓMO AFECTAN LOS CULTIVOS DE COBERTURA LAS EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO DEL CULTIVO POSTERIOR?

Vangeli, Sebastián<sup>1,2,3</sup>; Restovich, Silvina<sup>4</sup>; Azich, Pablo<sup>4</sup> y Posse, Gabriela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INTA, Instituto de Clima y Agua. CIRN, CNIA, INTA Castelar; <sup>2</sup>CONICET; <sup>3</sup>UBA, Facultad de Agronomía, Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos; <sup>4</sup>INTA, EEA Pergamino, Grupo Gestión Ambiental. vangeli.sebastian@inta.gov.ar

### RESUMEN

La inclusión de cultivos de cobertura (CC) durante el barbecho invernal genera una serie de beneficios agronómicos y ambientales. Uno de ellos podría ser la mitigación del cambio climático, debido a un aumento en la intercepción de carbono y en la eficiencia en el uso de nitrógeno. Sin embargo, algunos trabajos internacionales reportan aumentos en la emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), principal gas de efecto invernadero emitido en sistemas agrícolas, debido al aporte de nitrógeno al sistema de los residuos del CC (especialmente cuando este fuera una leguminosa). Por el momento, la información disponible en Argentina es muy escasa. El objetivo de este trabajo es cuantificar el efecto de incluir CC sobre la emisión de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas de la Región Pampeana. Para ello se trabajó sobre un ensayo de larga duración ubicado en la EEA Pergamino (INTA), evaluando rotaciones con y sin CC. Se incluyeron 4 tratamientos: i) Vicia, ii) Avena y iii) Testigo (estos 3 con maíz fertilizado con 32 kg N ha<sup>-1</sup> entre V<sub>5</sub>-V<sub>6</sub>) y iv) Vicia sin fertilización nitrogenada en el cultivo comercial. Se midió la emisión de N<sub>2</sub>O en 5 fechas durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo comercial (maíz) posterior al secado de los CC. Los resultados indican que las emisiones de N<sub>2</sub>O aumentan en las primeras etapas del cultivo comercial en los tratamientos con Vicia como CC (independientemente de la fertilización). No hubo diferencias significativas entre Avena y Testigo. Hubo diferencias significativas para la emisión de N<sub>2</sub>O entre fechas, las cuales pudieron ser asociadas al nivel de humedad del suelo. También hubo una correlación positiva entre las emisiones de N<sub>2</sub>O y la concentración de nitratos en el suelo.

**Palabras clave:** cambio climático, mitigación, rotaciones

### INTRODUCCIÓN

La inclusión de cultivos de cobertura (CC) genera beneficios agronómicos y ambientales (Alvarez *et al.*, 2017) sin afectar sensiblemente los rendimientos de los cultivos comerciales (Pinto *et al.*, 2017). Distintos trabajos reportaron mejoras en algunas propiedades físicas (Restovich *et al.*, 2011; Castiglioni *et al.*, 2016), químicas (Luo *et al.*, 2010; Duval *et al.*, 2016) y biológicas (Chavarría *et al.*, 2016) del suelo debido a la incorporación de CC en las rotaciones. La provisión de algunos servicios ecosistémicos tales como la protección del suelo a la erosión (Blanco-Canqui *et al.*, 2013), la disminución de la contaminación de la capa freática por lixiviación de nitrógeno (Portela *et al.*, 2016) y el control de malezas, especialmente en estadios tempranos del cultivo comercial (Teasdale, 1996) se incrementó al incluir CC.

Un servicio ecosistémico global importante en el contexto actual es la mitigación del cambio climático. Si bien es esperable que la incorporación de CC mejore la captura de carbono y optimice el uso de recursos disminuyendo la emisión de gases con efecto invernadero (GEI) (Delgado *et al.*, 2011), la evidencia disponible hasta el momento no permite afirmar esto con claridad. Por el contrario, algunos trabajos reportaron que las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), principal GEI emitido por el suelo en sistemas agrícolas, no se afectaron o incluso aumentaron debido a la inclusión de CC, especialmente cuando estos fuesen leguminosas (Basche *et al.*, 2014; Sanz-Cobena *et al.*, 2014). Sin embargo, la información disponible hasta el momento para la Región Pampeana es muy escasa.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el efecto de incluir CC sobre la emisión de N<sub>2</sub>O en suelos agrícolas de la Región Pampeana, durante la fase de crecimiento del cultivo comercial posterior. Para ello, se monitorearon las emisiones de N<sub>2</sub>O durante las primeras fases de crecimiento del maíz en un ensayo de larga duración ubicado en la EEA Pergamino, en parcelas que incluyen gramíneas (avena) y leguminosas (vicia) como CC, y un testigo sin CC. Se presentan resultados parciales del primer año de experimento.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño experimental

Se trabajó sobre un ensayo de larga duración ubicado en la EEA INTA Pergamino. Dicho experimento tiene un diseño en parcelas divididas con 3 bloques. El sistema de labranza del ensayo es siembra directa y los cultivos de verano son alternadamente maíz y soja, separados por barbechos que incluyen o no CC. También hay dos niveles de fertilización nitrogenada durante el crecimiento del cultivo comercial: 0 y 32 kg N/ha aplicados en el entresurco al voleo (urea). El ensayo, que presenta 8 CC distintos, se instaló en 2005 sobre un suelo Argiudol típico serie Pergamino, de textura franco-limosa. Para este trabajo se seleccionaron 2 especies como CC: una gramínea (*Avena sativa* L.) y una leguminosa (*Vicia sativa* L.). Los tratamientos fueron 4: Vicia (ViciaF) y no fertilizada (ViciaNF), avena fertilizada (Avena) y testigo fertilizado (Testigo). En todos los casos la fertilización hace referencia a la efectuada durante el crecimiento del maíz. Se realizaron mediciones en esos 4 tratamientos, en los 3 bloques. Debido a la elevada variación espacial de las emisiones de N<sub>2</sub>O, se realizaron 2 sub-réplicas dentro de cada parcela (10x30m), las cuales fueron promediadas. Los CC Avena y Vicia fueron sembrados en línea con una densidad de 80 y 20 kg semilla ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La vicia se inoculó con *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae*. El maíz (*Zea mays* L.), DK 747, se sembró en líneas separadas a 0,70 m y con 0,20 m entre plantas (aproximadamente 75.000 plantas ha<sup>-1</sup>). A la siembra se realizó una fertilización de base con 32 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. En los tratamientos fertilizados, se realizó una aplicación en V5-6 de 32 kg N ha<sup>-1</sup> aplicado al voleo en el entresurco (urea).

### Medición y estimación de la tasa de emisión de N<sub>2</sub>O

Se realizaron mediciones de N<sub>2</sub>O luego de la siembra de maíz (fecha de siembra: 06/10/17) y de la fertilización nitrogenada (fecha de fertilización: 22/11/17). Se presentan los datos de 5 fechas: 2 posteriores a la siembra de maíz (17/10 con suelo seco y 20/10 con suelo húmedo), y 3 luego de la fertilización nitrogenada (29/11 con suelo muy seco, 04/12 con suelo muy húmedo y 06/12 con humedad intermedia). En cada fecha, se tomaron muestras compuestas en cada parcela para determinaciones de nitratos, amonio y humedad (a partir del cual se calculó el porcentaje de poros llenos de agua, conocido como WFPS). También se cuantificó, de manera adyacente a cada cámara, la temperatura del suelo (Tsuelo).

Las emisiones de N<sub>2</sub>O se estimaron mediante el método de cámaras cerradas con ventilación (Livingston & Hutchinson, 1995). La concentración de las muestras gaseosas se estimó por cromatografía gaseosa en un cromatógrafo de captura de electrones marca AGILENT (Agilent Technologies 6890N) con inyección automática de la Cátedra de Bioquímica de la Facultad de Agronomía (UBA). Las cámaras tienen un tamaño de 37 cm de largo, 25,5 de ancho y 14 de altura. Las mediciones se realizaron incluyendo la vegetación. En el caso en que esta superara la altura de la cámara, la vegetación fue cortada a una altura de aproximadamente 10 cm, unos minutos antes de comenzar las mediciones. En cada medición, se tomaron tres muestras de aire de 10 mL a intervalos de 15 minutos entre las 9 y las 12 AM. La tasa de emisión de N<sub>2</sub>O fue calculada por el método de regresión lineal (Venterea, 2010).

### Análisis estadístico

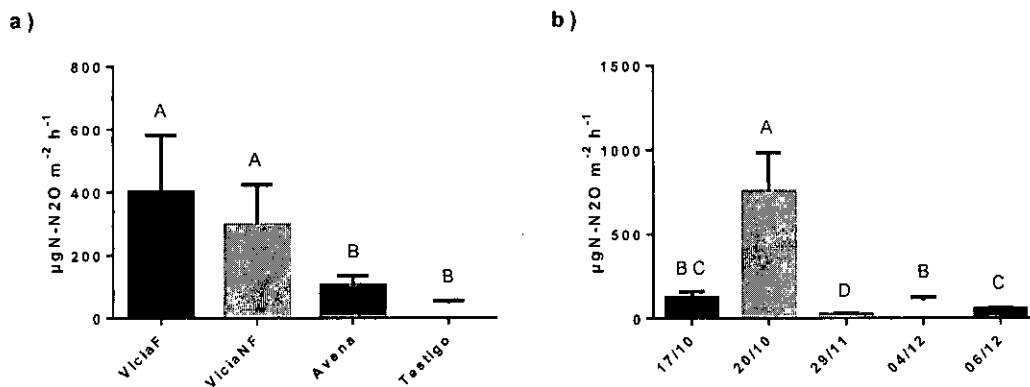
Se aplicó un modelo lineal mixto con medidas repetidas en el tiempo, con la fecha, el tratamiento y su interacción (Fecha\*Tratamiento) como efectos fijos y el bloque como efecto aleatorio. Se utilizó una estructura de correlación temporal autoregresiva continua de orden 1, que se utiliza cuando los tiempos entre mediciones no son equidistantes (como en este caso). Debido a que no se cumplían los supuestos de normalidad y homoscedasticidad, se realizó una transformación logarítmica en base 10 de la tasa de emisión de N<sub>2</sub>O y se trabajó con heteroscedasticidad en la combinación Fecha\*Tratamiento. Las correlaciones entre la emisión de N<sub>2</sub>O y las variables edáficas fueron determinadas a través del método de Spearman.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

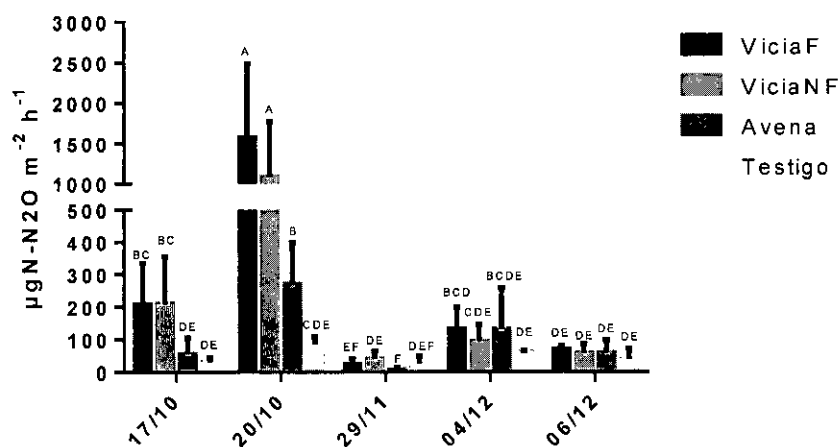
La emisión de óxido nitroso presentó diferencias significativas entre tratamientos y entre fechas ( $p < 0,001$ ). También fue significativa la interacción Tratamiento\*Fecha ( $p = 0,002$ ). Los tratamientos con Vicia presentaron mayores emisiones de N<sub>2</sub>O, independientemente del nivel de fertilización (Figura 1a). La avena no presentó diferencias significativas respecto del testigo. La fecha en la que se registraron mayores emisiones de N<sub>2</sub>O fue el 20/10 (posterior a la siembra con suelo húmedo), mientras que la fecha con menor nivel de emisión fue el 29/11 (luego de la fertilización, pero con suelo muy seco). En aquellas fechas en las que hubo mayores emisiones de N<sub>2</sub>O, la diferencia entre los tratamientos



con CC y el testigo aumentaron, mientras que, en fechas con bajas tasas de emisión, no se encontraron diferencias entre tratamientos (Figura 2).

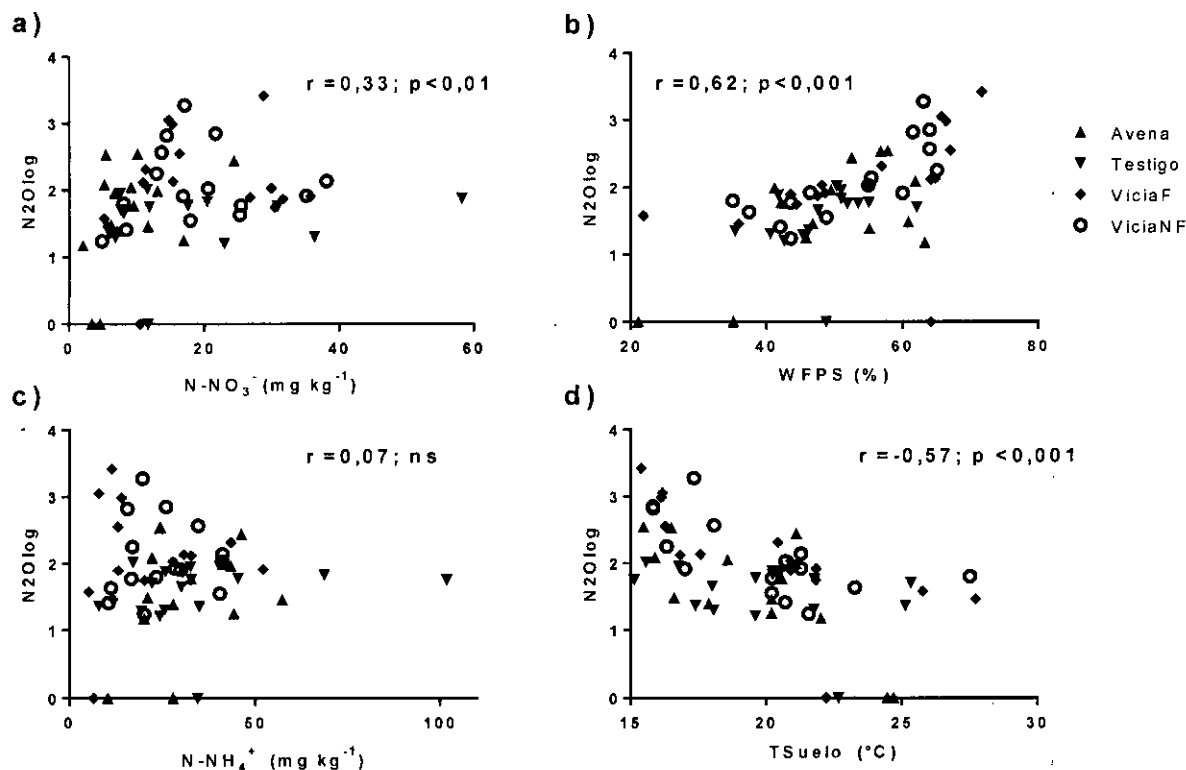


**Figura 1:** Emisión de N<sub>2</sub>O (microgramos de nitrógeno en forma de óxido nitroso) promedio para: a) los distintos cultivos de cobertura del ensayo y b) las fechas de medición. Letras distintas indican diferencias significativas entre niveles de los factores. Las barras de error expresan el error estándar.



**Figura 2:** Emisión de N<sub>2</sub>O (microgramos de nitrógeno en forma de óxido nitroso) por tratamiento para todas las fechas estudiadas.

La tasa de emisión de N<sub>2</sub>O correlacionó positivamente con el WFPS y el contenido NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, y negativamente con Tsuelo, mientras que no hubo correlación significativa con el contenido de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Figura 3). De esos factores, el más importante en el periodo bajo estudio resultó la humedad. La relación entre la temperatura del suelo y las emisiones es contraria a la esperada según la bibliografía. La emisión de N<sub>2</sub>O es el resultado de procesos microbiológicos que ocurren en el suelo, y aumentando su tasa junto con la temperatura. En este trabajo, la relación Tsuelo-emisión de N<sub>2</sub>O es negativa, lo cual podría deberse a la correlación, también inversa, existente entre Tsuelo y WFPS en el periodo bajo estudio ( $r=-0,7$ ;  $p<0,001$ ). Además, el rango de temperatura de suelo en el periodo bajo estudio no presentó temperaturas muy bajas (fueron  $>15^{\circ}\text{C}$  en todos los casos), lo cual no limitaría la ocurrencia de los procesos biológicos que resultan en emisiones de N<sub>2</sub>O.



**Figura 3:** Logaritmo en base 10 de la emisión de nitrógeno en forma de óxido nitroso (log mg N-N<sub>2</sub>O) en función de: a) nitrógeno en forma de nitratos, b) porcentaje de poros del suelo ocupados por agua, c) nitrógeno en forma de amonio y d) temperatura del suelo.

## CONCLUSIONES

Estos resultados preliminares indican que la incorporación de leguminosas como CC a las rotaciones podría tener efectos negativos sobre la mitigación del cambio climático, al menos en las primeras etapas de crecimiento del cultivo comercial posterior a los CC. Es necesario realizar mediciones a lo largo de toda la campaña (incluyendo el periodo de crecimiento de los CC) y durante varios años para tener resultados concluyentes. En el periodo bajo estudio la humedad fue el principal factor que reguló las emisiones.

## AGRADECIMIENTOS

El financiamiento de este trabajo proviene del INTA, PNNAT 1128023: Emisiones de gases con efecto invernadero y del Proyecto de promoción científica Exp. 2343/2017: Impacto del uso de cultivos de invierno con leguminosas sobre las emisiones de GEIs, UNNOBA. Vangeli tiene una beca doctoral INTA-CONICET.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, R; HS Steinbach & JL De Paepe. 2017. Cover crops effects on soils and subsequent crops in the pampas: a meta-analysis. *Soil. Till. Res* 170, 53-65.
- Basche, A; FE Miguez; T Kaspar & MJ Castellano. 2014. Do cover crops increase or decrease nitrous oxide emissions? A meta-analysis. *J. Soil Water Conserv* 69, 471-482.
- Blanco-Canqui, H; JD Holman; AJ Schlegel; J Tatarko & T Shaver. 2013. Replacing fallow with cover crops in a semiarid soil: Effects on soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77: 1026-1034
- Castiglioni, MG; RA Navarro Padilla; M Eiza; R Romaniuk; M Beltran & F Mousegne. 2016. Respuesta en el corto plazo de algunas propiedades físicas a la introducción de cultivos de cobertura. *Ci del Suelo* 34, 263-278.



- Chavarría, DN; RA Verdenelli, DL Serri, SB Restovich, AE Andriulo, JM Meriles & S Vargas-Gil. 2016. Effect of cover crops on microbial community structure and related enzyme activities and macronutrient availability. *Eur. J. Soil Biol* 76, 74–82
- Delgado, JA; PM Groffman; MA Nearing; T Goddard; D Reicosky & R Lal. 2011. Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *J. of Soil and Water Cons* 66, 118A-129A.
- Duval, M; JA Galantini; JE Capurro & JM Martínez. 2016. Winter cover crops in soybean monoculture: Effects on soil organic carbon and its fractions. *Soil Till. Res.* 161, 95-105
- Livingston, GP & GL Hutchinson. 1995. Enclosure-based measurement of trace gas exchange: Applications and sources of error. En: PA Matson & RC Harriss (eds). *Methods in Ecology. Biogenic Trace Gases: Measuring Emissions From Soil and Water*. Blackwell Sci., Malden, Mass. 14–51.
- Luo, Z; Wang E & Sun OJ. 2010. Soil carbon change and its responses to agricultural practices in Australian agro-ecosystems: a review and synthesis. *Geoderma* 155: 211-223.
- Pinto, P; ME Fernandez-Long & G. Piñeiro. 2017. *Ag. Ecosystems & Env* 248, 48-57.
- Portela, SI; SB Restovich; HM Gonzalez & MJ Torti. 2016. Reducción del drenaje profundo y la lixiviación de nitrógeno en rotaciones agrícolas con cultivos de cobertura. *Ecología Austral*. 26, 212-220.
- Venterea, RT. 2010. Simplified method for quantifying theoretical underestimation of chamber-based trace gas fluxes. *J. Environ. Qual.* 39:126–135.
- Restovich SB; AE Andriulo & C Amendola. 2011. Introducción de cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: efecto sobre algunas propiedades del suelo. *Ci del Suelo*. 29, 61-73.
- Sanz-Cobena, A; S. García-Marco; M. Quemada; JL Gabriel; P Almendros & A Vallejo. 2014. Do cover crops enhance N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> or CH<sub>4</sub> emissions from soil in Mediterranean arable systems? *Sci. Total Environ* 466–467, 164–174.
- Teasdale, J.R. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *J. Prod. Agr.* 9:475–479.