

# Estudio de los microorganismos del suelo en ambientes de bosque y estepa en Santa Cruz: líneas de base y su respuesta a pastoreo y fertilización

Gargaglione V.<sup>1,2\*</sup>, Peri P. L.<sup>1,2,3</sup>, Birgi J.<sup>1,2</sup>, Toledo S.<sup>3</sup>, Bahamonde H.<sup>1,2</sup>, Toledo G.<sup>1</sup>, Monelos L.<sup>1</sup>

1: UNPA-UARG-ICASUR

2: INTA-EEA Santa Cruz

3: CONICET

Mail de correspondencia: verogargaglione@gmail.com

## CONTEXTO

En el presente informe se presentan parte de los resultados obtenidos en el PI 29/A-334-1 (2015-2017) y los resultados esperados para el PI 29/A-403 (2018-2020), ambos radicados en la Unidad Académica Río Gallegos y llevados adelante por el grupo de investigación Forestal-Agrícola de la UARG, con financiamiento UNPA.

## RESUMEN

En los ecosistemas terrestres, la descomposición de la materia orgánica es un importante proceso mediado por microorganismos que utilizan al material orgánico muerto como hábitat y fuente de carbono (C) y energía. Este proceso de descomposición contribuye a la formación de la materia orgánica del suelo y es una vía fundamental en el ciclado de nutrientes en el ecosistema.

En los bosques nativos de Patagonia Sur, no existían antecedentes de mediciones de contenido de C o nitrógeno (N) en biomasa microbiana, por lo que el proyecto PI 29/A-334-1 fue el primero en la región en generar información de base en cuanto a la actividad de los microorganismos de los bosques de *N. antarctica* en su estado natural como así también bajo uso silvopastoril, a fin de poder detectar si este tipo de uso afecta a la actividad microbiana y por ende a la biología del suelo. Por otra parte, en el Sur de la provincia de Santa Cruz se encuentra el área ecológica denominada estepa magallánica seca, caracterizada como un ambiente de pastizales naturales de clima frío semi árido con fuertes vientos, cuya actividad principal es la producción del ganado ovino extensivo. Una herramienta a implementar para tratar de aumentar la productividad del sistema puede ser el agregado de fertilizantes o la implementación de alguna superficie bajo riego. En este contexto, el recientemente iniciado PI29/A-403 intenta conocer cómo es la biología natural de estos suelos en cuanto a carbono (C) y nitrógeno (N) en los microorganismos y su respuesta ante la implementación de distintas pautas de manejo como pueden ser el agregado de fertilizantes y riego en pos de querer aumentar la productividad del pastizal como alimento para el ganado.

**Palabras clave:** carbono, microbiología, sistema silvopastoril, pastizales, Patagonia.

## 1. INTRODUCCION

### Mediciones de biomasa microbiana en bosques de ñire del Sur de Santa Cruz

En Patagonia Sur existe un amplia zona cordillerana que contiene bosques nativos de *Nothofagus antarctica*, una especie muy distribuida en la región, que se extiende desde los 36° 30' hasta los 56° 00' de latitud Sur y tiene la habilidad de crecer en una amplia gama de calidades de sitio diferentes. En cuanto al uso actual de estos bosques, en general se realiza la extracción de leña en pequeña escala (consumo local de las estancias) y un gran porcentaje de ellos son utilizados bajo la implementación de sistemas silvopastoriles, en donde el ganado (principalmente ovino y bovino) se alimenta del estrato herbáceo que crece en el sotobosque.

En los ecosistemas terrestres, la descomposición de la materia orgánica es un importante proceso mediado por organismos heterótrofos que utilizan al material orgánico muerto -o detritus- como hábitat y fuente de carbono (C) y energía. La descomposición es un proceso complejo por el cual la materia orgánica es degradada a partículas más pequeñas y a formas solubles de nutrientes que quedan disponibles para la absorción vegetal en parte, y otra parte queda inmovilizada en la biomasa microbiana. Esa desintegración gradual es efectuada por agentes físicos y biológicos (bacterias, hongos, actinomicetos, meso y macrofauna) que realizan la fragmentación (reducción de tamaño), lixiviación (salida de materiales solubles por acción del agua) y mineralización (conversión de una forma orgánica a una inorgánica) de los detritos orgánicos. Este proceso de descomposición contribuye a la formación de la materia orgánica del suelo (Swift et al., 1979) y es una vía fundamental en el ciclado de nutrientes ya que la mayoría de los nutrientes disponibles del suelo de los bosques derivan de la descomposición de la materia fresca de detritos vegetales y microbios asociados (Visser y Parkinson, 1992). Numerosos factores pueden influir en el proceso de descomposición, como la temperatura y humedad del ambiente, la composición de la comunidad microbiana y la cantidad y calidad del recurso a descomponer (Aerts 1997; Vázquez y Dávila 2008). Asimismo, el componente microbiológico puede servir como indicador del estado general del suelo, pues una alta actividad microbiana es asociada a un buen nivel de fertilidad y constituye un marcador biológico potencialmente útil para evaluar las perturbaciones que puedan presentarse. En este sentido, el C contenido en

la biomasa microbiana es un componente lábil del pool de la materia orgánica del suelo y es considerado un buen indicador a corto plazo de los efectos de las distintas prácticas del manejo sobre las propiedades biológicas del suelo (Campbell et al., 1991; Franzluebbers et al., 1994) ya que, por ejemplo, suelos disturbados usualmente contienen menores valores de biomasa microbiana que suelos de bosques y pastizales. Se considera que el carbono microbiano oscila entre 100-1000  $\mu\text{gg}^{-1}$  en suelos arables y entre 500 y 10000 en suelos forestales (Buscot y Varma, 2005). Estos valores rápidamente decrecen con la profundidad y pueden variar según las distintas estaciones del año (Buscot y Varma, 2005; Gonzalez Polo et al., 2013). La mayor biomasa microbiana suele ser detectada en el detrito caído en bosques y pastizales boreales donde el componente fúngico es el más abundante. Por otra parte, se estima que, independientemente del contenido de C que contenga un suelo en particular, el C contenido en su biomasa microbiana generalmente comprende alrededor de un 0,9 a 6% del C orgánico total, con una media de entre 2 y 3%. Estos valores indican una relación cercana entre el C microbiano y el C y nitrógeno (N) disponible en los suelos (Buscot y Varma, 2005).

En los bosques de Patagonia existen muy pocos antecedentes de estudios acerca de las características microbiológicas del suelo. Dube et al. (2009) realizó un trabajo en la zona de Coyahique en Chile ( $45^{\circ} 25' \text{ LS}$ ;  $72^{\circ} 00' \text{ LO}$ ), donde evaluó la actividad microbiana y el contenido de C en biomasa microbiana en suelos con distintos tipos de usos: un pastizal natural degradado, un bosque secundario de *Nothofagus pumilio* y una plantación de *Pinus ponderosa*. Estos autores encontraron que la respiración microbiana no varió mucho entre los distintos tratamientos, siendo mayor en la plantación de pino. Asimismo, para el bosque de lenga la respiración varió de 583  $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ gr}^{-1}$  de suelo seco (0-5 cm de profundidad) a 59  $\text{C-CO}_2 \text{ gr}^{-1}$  de suelo seco (10-20 cm de profundidad) mientras que el C en la biomasa microbiana fue de 3705  $\mu\text{g C gr}^{-1}$  de suelo seco a los 0-5 cm de profundidad y 139  $\mu\text{g C gr}^{-1}$  de suelo seco en el horizonte 10-20 cm de profundidad. Otros autores en Patagonia norte, en la provincia de Neuquén, ( $40^{\circ} 08' \text{ S}$ ;  $71^{\circ} 30' \text{ O}$ ) en bosques mixtos de *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus nervosa* y *Nothofagus obliqua* informaron que los de detritos leñosos gruesos (restos de fustes y ramas gruesas de diámetro mayor a los 7,6 cm) influían positivamente en los microorganismos del suelo, ya que la actividad enzimática y la descomposición eran mayores bajo los detritos gruesos con estado avanzado de descomposición que en la matriz del suelo, durante la época de verano (Gonzalez Polo et al., 2013). En los bosques nativos de Patagonia Sur, por su parte, no existen antecedentes de mediciones de actividad microbiana o contenido de C o N en biomasa microbiana. Kaye y Hart (1997) postulan que los microorganismos compiten activamente por el N inorgánico con las plantas y que depende fuertemente de

las características del sustrato a descomponer si se produce liberación o inmovilización de N. Además existiría un valor crítico teórico de C:N del sustrato a descomponer (30:1) por encima del cual los microorganismos heterótrofos están limitados por N y por debajo del cual se encuentran limitados por C, es decir, cuando el sustrato posee una baja relación C:N, los microorganismos se encuentran limitados por C y se promueve el proceso de mineralización de N, con la consecuente mayor disponibilidad de éste para las plantas. Contrariamente, altas relaciones C:N hacen que el N se convierta en limitante y que los microorganismos inmovilicen fuentes de N como el  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  del suelo mientras descomponen el sustrato (Kaye y Hart, 1997). Por otra parte, un estudio realizado con fertilizante marcado con el isótopo  $\text{N}^{15}$  en un bosque silvopastoril de ñire al Sur de Santa Cruz reveló que el pasto creciendo con la compañía de los árboles absorbía el doble del N aplicado que los pastos creciendo solitarios, indicando que los árboles facilitarían la absorción de este nutriente ya sea mejorando las condiciones microambientales o reduciendo la competencia con los microorganismos por N al aportar detritos de mejor calidad (Gargaglione et al., 2014).

En síntesis, en Patagonia Sur si bien se han realizado estudios con resultados que infieren acerca de las características de la población microbiana, se evidencia la falta de mediciones directas de algunas variables microbiológicas que sirva como base para el entendimiento de los numerosos procesos que se dan en los suelos. Por lo tanto, el PI 29/A-334-1 generó información de base valiosa y complementaria en este aspecto.

#### **Mediciones de biomasa microbiana en la estepa magallánica seca y su respuesta a cambios ambientales**

En el Sur de la provincia de Santa Cruz, se encuentra el área ecológica denominada estepa magallánica seca, de unas 3 millones de hectáreas de superficie, caracterizada como un ambiente frío semi árido con fuertes vientos y altas tasas de evaporación, dominado principalmente por pastizales conformados por *Stipa*, *Poa*, *Carex* y *Festuca*, y algunas especies de subarbustos. La principal actividad en este ambiente es la producción del ganado ovino, en grandes extensiones de campo (2000-5000 ha) y con cargas animales que rondan entre los 0,13 a 0,75 cabezas  $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Cibils y Coughenour, 2001). En Patagonia Sur, donde los pastizales son ampliamente utilizados para la cría de ganado, una herramienta a implementar para tratar de aumentar la productividad del sistema puede ser mediante el agregado de fertilizantes o la implementación de alguna superficie bajo riego. Por otra parte, algunas predicciones de cambio climático indican que para la zona esteparia del Sur de Santa Cruz se prevé que la precipitación media anual se mantenga o se observe un leve incremento con respecto a los valores actuales (Kreps et al., 2012). En

este contexto, conocer cómo es la biología de estos suelos en cuanto a carbono y N en los microorganismos y su respiración potencial, que da idea de la descomposición de la materia orgánica y por ende del ciclado de los nutrientes, puede servir de base para el entendimiento del funcionamiento de estos sistemas como así también para plantear diversos escenarios futuros relacionados a cambios climáticos en estos ambientes o a prácticas agrícolas de mejoramiento (fertilización). En este marco, el presente proyecto pretende evaluar el contenido de C y N en la biomasa microbiana y su respuesta a los distintos tratamientos impuestos en parcelas permanentes, a modo de información complementaria y esencial del estudio de los pastizales de estas zonas áridas australes. Actualmente, en el sur de Patagonia existen escasos antecedentes de mediciones de actividad microbiana o contenido de C o N en biomasa microbiana en ambientes de pastizales y en respuesta a estos tratamientos, aunque existen algunos antecedentes de estudio de respiración in situ en pastizales del sur de Santa Cruz, en donde se encontró que aquellos pastizales con carga de pastoreo moderada producían un 30% más de respiración del suelo que aquellos pastizales que se encontraban bajo cargas animales altas (Peri et al., 2015). Como se mencionara anteriormente, los antecedentes de estudios de la biología del suelo en los pastizales del sur de Santa Cruz son muy escasos, y poco se sabe además de la respuesta de estos parámetros a cambios en la disponibilidad de nutrientes y agua, por lo que el presente proyecto pretende generar información complementaria sustancial para el entendimiento de estos ecosistemas australes en este aspecto.

## 2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

En el presente trabajo se plasman los resultados obtenidos/esperados de dos líneas de investigación que son: el PI 29/A-334-1 denominado “*Efectos del uso silvopastoril sobre los microorganismos del suelo en bosques de ñire en el Sur de Santa Cruz*” el cual estudió el contenido de carbono y nitrógeno en la biomasa de los microorganismos del suelo en bosques primarios y bajo uso silvopastoril. Dicho proyecto finalizó el año pasado y en este trabajo se presentan parte de los resultados obtenidos. Por otra parte, se presentan los resultados esperados del recientemente iniciado PI 29/A-403 denominado “*Estudiando la biología del suelo en pastizales áridos del sur de Santa Cruz: Respuesta de los microorganismos a distintos niveles de fertilización y riego*”.

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS/ ESPERADOS Mediciones de biomasa microbiana en bosques de ñire del Sur de Santa Cruz

No se encontraron diferencias significativas en biomasa microbiana (BM) según la estación del año (primavera o verano) en ningún tipo de uso, por este motivo estos datos fueron promediados. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el C en biomasa microbiana según el tipo de uso de bosque, obteniendo 1112 y 881  $\mu\text{g C g}^{-1}$  de suelo el bosque primario y bosque silvopastoril, respectivamente. Estos resultados estarían indicando que este uso del bosque no afectaría de manera contundente a la biomasa microbiana, aunque podría hacerlo a más largo plazo. Los valores correspondientes al bosque primario fueron similares a los presentados por Dube et al. (2009) para un bosque de *Nothofagus pumilio* a los 5-10 cm de profundidad y levemente inferiores a los encontrados por Ross et al (1996) en bosques de *Nothofagus solandri* en Nueva Zelanda.

La respiración potencial del suelo acumulada durante los 41 días de incubación no presentó diferencias significativas entre los distintos usos del bosque, siendo los valores acumulados 4454 y 3398  $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$  de suelo para bosque primario y bosque silvopastoril, respectivamente. Al analizar la respiración por unidad de biomasa microbiana, se observó que el sistema silvopastoril respiró mayor cantidad (5  $\text{mg CO}_2 \text{ mg}^{-1}$  de BM) que el bosque primario (3,7  $\text{mg CO}_2 \text{ mg}^{-1}$  de BM). Estos datos indicarían que, si bien el bosque silvopastoril cuenta con menor cantidad de biomasa microbiana, gran proporción del C orgánico es incorporado a ésta y respirado, indicando que este C sería más lábil que el presente en el bosque primario. En este sentido, Wert y Kuzyakov (2008) informaron que entre el 64 y el 86% del C de los exudados radiculares es respirado por los microorganismos. Los resultados de este estudio muestran que el bosque primario presenta mayores valores absolutos de biomasa microbiana mientras que el bosque silvopastoril presentó mayor respiración por unidad de biomasa microbiana, lo que sugiere una mayor cantidad de C lábil en los primeros 0-10 cm de profundidad, proveniente probablemente de exudados radiculares de los pastos que acompañan a los árboles en el sistema silvopastoril. Otro dato importante que se deriva de este estudio es que hasta el momento el uso silvopastoril del bosque, el cual implica el pastoreo con ganado y modificación de las condiciones microambientales (como por ejemplo cantidad de luz que llega al suelo, temperatura del aire, etc.) al abrir el dosel arbóreo, no afectaría significativamente la biomasa microbiana del suelo ni la respiración potencial del mismo.

### **Mediciones de biomasa microbiana en la estepa magallánica seca y su respuesta a cambios ambientales**

Este proyecto se ha iniciado en el presente año, con lo cual al día de la fecha los avances logrados consisten en instalar el experimento, en el campo experimental Potrok Aike de INTA, en una clausura de pastoreo de más de 20 años. En esta clausura se instaló un diseño en bloques al azar con tres repeticiones por tratamiento, cada repetición consta de una parcela de 4 m<sup>2</sup>. Los tratamientos aplicados fueron: sequía (reducción de un 54% de la precipitación media anual); riego (aumento en un 54% de la precipitación media anual); control sin adición de fertilizantes, adición de nitrógeno (N) solo, adición de fósforo (P) solo, adición de potasio (K) más un mix de micronutrientes (Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo y Zn), adición de N y P, adición N y K, adición de P, K y mix de micronutrientes, adición de N, P, K y mix de micronutrientes. Se aplicará para N, P y K una tasa de 10 g m<sup>-2</sup>, con una frecuencia anual por tres años mientras que los micronutrientes serán aplicados una sola vez al inicio del experimento.

Como se decía anteriormente, en este primer año se avanzó en la instalación del experimento y en la aplicación de los tratamientos, como así también en la toma de muestras del año 1, cuyos datos están siendo procesados. En este contexto, se planea evaluar la biomasa microbiana del suelo de este pastizal de estepa y su respuesta a los cambios producidos por la aplicación de fertilizantes y aumento/descenso de la precipitación media anual. Los objetivos planteados son los siguientes:

- I. Evaluar el contenido de C, N y respiración potencial de los microorganismos del suelo de un pastizal natural de la estepa magallánica seca que se encuentra con clausura de pastoreo hace más de 20 años para poder establecer la línea de base en cuanto a la biología de estos suelos.
- II. Evaluar la respuesta de los microorganismos del suelo ante una sequía, que comprende que en tres años consecutivos caiga un 54% menos de la precipitación media anual del sitio.
- III. Evaluar la respuesta de los microorganismos del suelo ante un aumento de las precipitaciones, que comprende que en tres años consecutivos caiga un 54% más de la precipitación media anual del sitio.
- IV. Determinar los cambios en la biomasa microbiana del suelo al agregado de macronutrientes y micronutrientes y la combinación entre ellos.

### **4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS**

En el marco del PI 29/A-334-1, el alumno Moncada Gabriel de Ingeniería en Recursos Naturales realizó su trabajo de campo titulado: “*Efectos del uso silvopastoril sobre los microorganismos del suelo en bosques de ñire en el Sur de Santa Cruz: mediciones de respiración potencial del suelo*” el cual ha sido aprobado por Disposición N 026/2017. Asimismo, el actual PI 29/A-403 involucra una beca investigación financiada por la UNPA, la cual es llevada adelante por el alumno

Guillermo Toledo en el presente período marzo a diciembre de 2018 (Resolución N 1331/17).

### **5. BIBLIOGRAFIA**

Aerts, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos* 79: 439-449.

Buscot, F., Varma, A. 2005. *Microorganisms in soils: Roles in Genesis and Functions*. Springer- Berlin Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 3-540-22220-0. Germany.

Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Zentner, R.P., Lafond, G.P., 1991. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Can. J. Soil Sci.* 71, 363-376.

Cibils, A.F., Coughenour, M.B., 2001. Impact of Grazing Management on the Productivity of Cold Temperate Grasslands of Southern Patagonia – a Critical Assessment. *Proceedings of the XIX International Grassland Congress*. Sao Pablo, Brazil, pp. 807-811.

Dube, F., Zagal, E., Stolpe, N., Espinosa, M. 2009. The influence of land-use change on the organic carbon distribution and microbial respiration in a volcanic soil of the Chilean Patagonia. *Forest Ecol Manag* 257, 16995-1704.

Franzluebbers, A.J., Hons, F.M., Zuberer, D.A., 1994. Long-term changes in soil carbon and nitrogen pools in wheat Management systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 1639-1645.

Gargaglione, V., Peri, P.L., Rubio, G. 2014. Tree-grass interactions for N in Nothofagus antarctica silvopastoral systems: evidence of facilitation from trees to underneath grasses. *Agroforestry systems* 88 (5): 779-790.

González-Polo, M., Fernández-Souto, A., Austin, A. T. 2013. Coarse woody debris stimulates soil enzymatic activity and litter decomposition in an old growth temperate forest of Patagonia, Argentina. *Ecosystems* 16: 1025–1038.

Kaye, J. P., Hart, S. C. 1997. Competition for nitrogen between plants and soil microorganisms. *Tree*, 12 (4): 139-143.

Kreps, G., Martínez Pastur, G., & Peri, P. (2012). Cambio climático en Patagonia sur. Escenarios futuros en el manejo de los recursos naturales. Ediciones INTA, Buenos Aires.

Peri, P. L., Bahamonde, H., & Christiansen, R. (2015). Soil respiration in Patagonian semiarid grasslands under contrasting environmental and use conditions. *Journal of arid environments*, 119, 1-8.

Swift, M. J., Heal, O. W., Anderson J. M. 1979. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Studies in Ecology 5. Univ. California Press. Berkeley y Los Ángeles.

Vázquez, E. R., Dávila, D. Z. 2008. Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad

microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada* (7) 1,2.

Visser, S., Parkinson, D., 1992. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. *Am. J. Alt. Agric.* 7(1-2), 33-37.

Werth M, Y Kuzyakov. 2008. Root-derived carbon in soil respiration and microbial biomass determined by  $^{14}\text{C}$  and  $^{13}\text{C}$ . *Soil Biology and Biochemistry* 40:625-637.