

# COSTO AMBIENTAL ASOCIADO A LOS BALANCES DE NITROGENO Y FOSFORO EN EMPRESAS AGRICOLAS DE PERGAMINO

Priscila B. Cano, Silvina I. Portela y Silvina M. Cabrini\*<sup>1</sup>

**Palabras clave:** Agricultura pampeana, sustentabilidad, balance de nutrientes, pérdida de fertilidad.

Se calcularon los balances de nitrógeno y fósforo para distintas rotaciones y manejos de la tierra agrícola en 19 empresas del partido de Pergamino, determinándose el costo ambiental asociado a los balances negativos. Adicionalmente, se explora la relación de dichos balances con características de las empresas como superficie operada, diversificación productiva y proporción de tierra alquilada.

## INTRODUCCION

La alteración de los ciclos de los principales nutrientes son indicadores clave en la caracterización ambiental de los sistemas de producción agropecuarios de distintas regiones del mundo (Berge *et al.*, 2000; Rockström *et al.*, 2009). En particular, los cambios en los ciclos del nitrógeno (N) y del fósforo (P) han sido identificadas como puntos críticos en la sustentabilidad global (Rockström *et al.*, 2009).

Por un lado, cuando los ingresos de nutrientes son mayores que los egresos, aumentan los riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, produciendo eutrofización y aumentando los costos de purificación para el suministro de agua potable (Berge *et al.*, 2000). Por otra parte, los déficits reiterados de nutrientes llevan a la pérdida de la productividad del suelo y generan la necesidad de aplicar mayores dosis de fertilización (Alvarez *et al.*, 2014).

En la región pampeana argentina varios trabajos atribuyen la pérdida de la fertilidad química del suelo a balances de nutrientes negativos sostenidos en el tiempo (e.g., Cabrini y Calcaterra, 2009). La pérdida de fertilidad química, implicaría un "costo oculto" que no es tenido en cuenta al calcular los márgenes brutos de los cultivos. Si se incorporaran dichos costos ambientales al análisis económico, los beneficios económicos de este modelo productivo podrían ser menores a los esti-

mados mediante el análisis convencional.

El objetivo de este estudio es calcular los balances de N y P, en distintas secuencias de cultivos realizadas en establecimientos agropecuarios del partido de Pergamino y, en los casos en que dichos balances sean negativos, cuantificar los costos ambientales asociados a los déficits de N y P. También se exploró la relación entre los balances de N y P con algunas características de las empresas, como superficie operada, diversificación productiva y proporción de tierra alquilada.

## METODOS

La zona de estudio corresponde al partido de Pergamino, en el norte de la provincia de Buenos Aires, en la región natural de la Pampa Ondulada. Los datos fueron obtenidos de encuestas a productores, durante las campañas agrícolas 2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012. Se entrevistaron 19 productores de la cuenca alta del arroyo Pergamino. Los datos relevados permitieron caracterizar a las empresas en función de la superficie total operada, la proporción de tierra alquilada, el grado de profesionalización en la toma de decisiones de la empresa y el nivel de diversificación de cultivos agrícolas. También se relevó el rendimiento y la fertilización de los cultivos para calcular los balances de nutrientes.

Los datos de superficie operada se utilizaron como indicador del tamaño de las empresas. El

1 - Este artículo está basado en el Trabajo Final de Grado de la Ing. Agr. Priscila Cano, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Silvina M. Cabrini es investigadora del Área de Economía y Sociología del INTA Pergamino y profesora adjunta de la cátedra de Economía General y Agraria de la Universidad del Nacional Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Silvina I. Portela es investigadora del INTA Pergamino del Área de Gestión Ambiental. \* [cabrini.silvina@inta.gob.ar](mailto:cabrini.silvina@inta.gob.ar)

nivel de profesionalización se midió utilizando una variable binaria que tomó valor de 1 si la empresa está manejada por un profesional con título universitario de carreras relacionadas a la producción agropecuaria o cuenta con asesoramiento privado de un ingeniero agrónomo y 0 si no lo hace. El nivel de diversificación de actividades productivas se estimó en base al índice de concentración de Herfindahl-Hirschman (HH). Este índice toma valores entre 0 y 10000 y es utilizado para medir el grado de concentración de las actividades económicas. En este trabajo se calculó como la sumatoria de los porcentajes al cuadrado de la superficie asignada a cada cultivo agrícola en base anual. El valor más elevado corresponde al uso de tierra con un único cultivo anual y valores menores corresponden a mayores niveles de diversificación productiva.

En base a los datos recolectados se calcularon los balances de N y P como la diferencia entre los nutrientes que entraron al sistema a través de la fertilización de los cultivos, de las precipitaciones y, en el caso del N, también a través de la fijación biológica, y la extracción de nutrientes a través de la producción cosechada. Para el cálculo de los balances se utilizó una versión simplificada sin contemplar las pérdidas gaseosas, por erosión, por lixiviación y escurrimiento, ya que son difíciles de estimar, muy variables y se estima que su magnitud es pequeña (Alvarez *et al.*, 2014). El aporte de la fijación biológica se estimó como 86% del N exportado para los cultivos de soja y arveja. Este valor se basa en el trabajo de Di Ciocco *et al.*, (2011) quienes estimaron que la soja fija de la atmósfera en promedio 52 kg N por tonelada de grano producida y extrae 60 kg N por tonelada de grano cosechada. Para calcular los balances a nivel establecimiento se realizó un promedio ponderado por la superficie de los balances para los distintos cultivos. Los balances se presentan por lotes y para las 3 campañas analizadas. Cuando los balances arrojaron valores negativos, se determinó el costo de reposición de N y P multiplicando la magnitud del balance negativo por el precio del nutriente en el mercado para el período 2009-2011 (sin incluir costos de acarreo y/o de maquinaria de aplicación).

Se utilizó el análisis clúster jerárquico con distancia euclídea y el método de Ward para formar grupos entre las empresas estudiadas en función de la similitud de sus características. El análisis clúster es una técnica de análisis multivariado utilizada para clasificar objetos formando grupos/conglomerados homogéneos internamente y heterogéneos entre sí. Por último, se calcularon los márgenes brutos promedio para 3 empresas, una

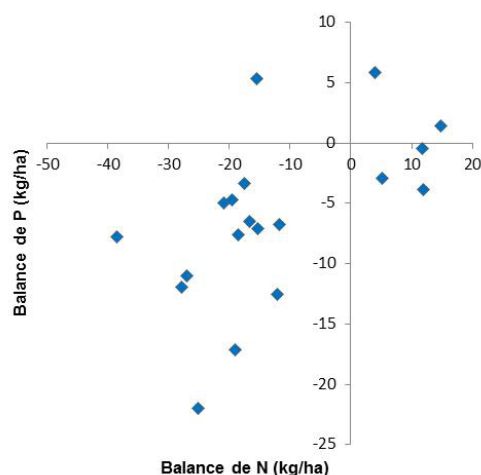
de cada grupo del análisis de clúster jerárquico. El margen bruto es la diferencia entre los ingresos brutos generados por una actividad y los costos directos de la misma. Como parte de los costos directos se consideró el valor económico de la pérdida de los nutrientes del suelo.

## RESULTADOS y DISCUSION

Los productores encuestados operan superficies entre 30 y 4000 ha, con un promedio de 590 ha. En promedio, 50% de la tierra se trabaja bajo alquiler. En 17 de las 19 empresas las decisiones de manejo son tomadas por profesionales. El índice de concentración de HH muestra valores que van desde 2800 hasta 10000.

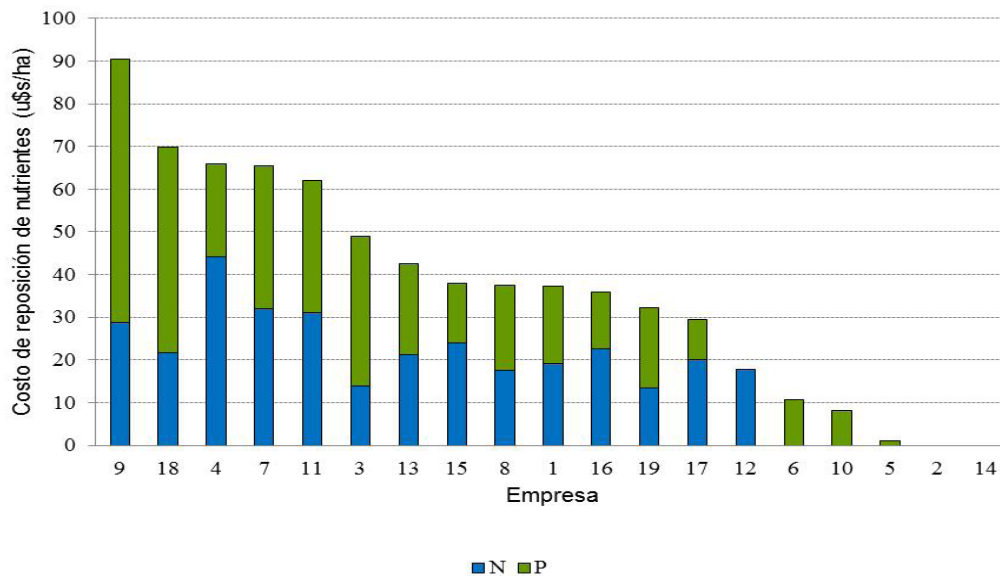
Los balances de N para soja y para la mayoría de los dobles cultivos que incluyen soja como cultivo de verano fueron negativos. En cambio, los maíces presentaron, en promedio, balances positivos. Los balances de P en maíz con cultivo de cobertura como antecesor, maíz pisingallo, cebada-soja y maíz presentaron valores positivos, es decir que el aporte por fertilización superó la extracción por los cultivos. Por otro lado, la soja de 1ra y los dobles cultivos con soja presentaron balances de P negativos.

A nivel del establecimiento, los balances de N y P mostraron valores negativos para ambos nutrientes en la mayoría de las empresas encuestadas (Figura 1). En promedio los balances fueron de -12,5 y -6,2 kg/ha para N y P, respectivamente, con una alta variabilidad entre empresas. Existe una correlación positiva entre los balances de N y P (coeficiente de correlación: 0,57, significativo  $\alpha=0.05$ ).



**Figura 1.** Relación entre los balances de N y P para las empresas del partido de Pergamino relevadas.

En los casos en que se estimaron excesos de nutrientes (balances positivos), la magnitud fue



**Figura 2.** Costo de reposición de N y P por empresa del partido de Pergamino.

relativamente pequeña (Figura 1). Considerando que, según Andriulo *et al.*, (2010), la vulnerabilidad a la de contaminación del agua subterránea es moderada, estos resultados parecen indicar un bajo riesgo de contaminación por nutrientes en la zona de estudio. Sin embargo, es importante destacar que las pérdidas por lixiviación están más estrechamente vinculadas a la cantidad de agua que pasa por el suelo que al excedente de N. Así, balances negativos pueden estar asociados a pérdidas por lixiviación cuando la oferta y la demanda de N no coinciden temporalmente y cuando el N lixiviado proviene de una fuente no controlada como la mineralización de la materia orgánica acumulada en el suelo y, en menor medida, del fertilizante nitrogenado residual (Portela *et al.*, 2016).

Cuando los balances fueron negativos, el costo asociado a la reposición de nutrientes por empre-

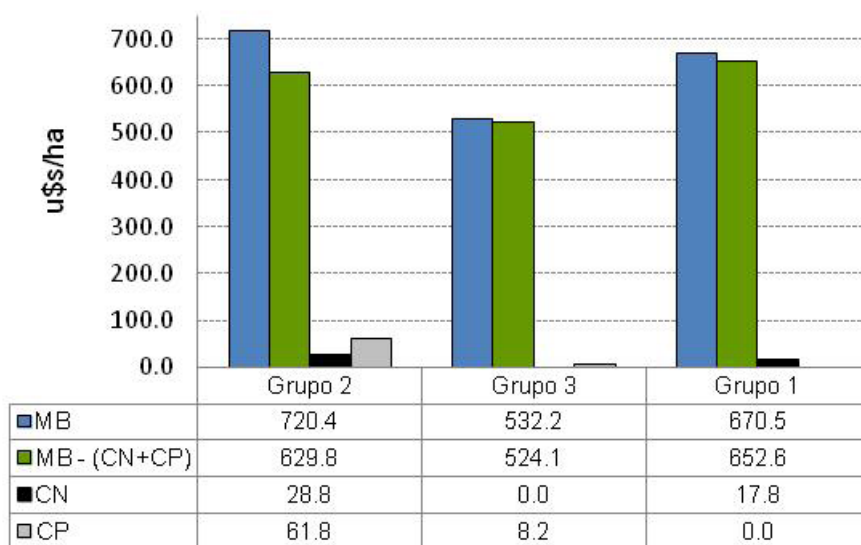
sa fue, en promedio, 17 y 19 u\$s/ha, para N y P, respectivamente, y 36,5 u\$s/ha para ambos nutrientes, con un máximo de 90,5 y un mínimo de 0 u\$s/ha (Figura 2).

El agrupamiento mediante el procedimiento de clúster jerárquico diferenció, por un lado, a empresas con balances de N y P negativos, mayor superficie operada, menor diversificación productiva y mayor proporción de tierra alquilada y, por otro lado, a empresas con balances positivos para ambos nutrientes, mayor diversificación productiva, mayor presencia de doble cultivos y menor proporción de tierra alquilada (grupo 2 y 3, respectivamente). La figura 3 muestra los márgenes brutos para las 3 empresas que se seleccionaron (una de cada grupo del análisis clúster). El costo de reposición de N y P, fue 90,5; 8,2 y 17,8 u\$s/ha y representó entre 12,6% y 2,7% de los márgenes brutos.

**Tabla 1.** Resultado del agrupamiento de empresas mediante el análisis del clúster jerárquico

Promedios de las variables por grupo:

Grupo	Cantidad de empresas	Superficie total -- ha --	Superficie alquilada -- % --	Toma de decisiones profesionalizada	Índice HH	Balances	Balances
						de N -- kg/ha --	de P -- kg/ha --
1	12	206	38	0,8	5959	-20,68	-6,96
2	2	3250	100	1,0	8219	-18,60	-17,28
3	5	447	60	1,0	3984	9,56	0,02



**Figura 3.** Márgenes brutos (MB) y costo de reposición de N (CN) y P (CP), para tres empresas del partido de Pergamino, una perteneciente a cada grupo definido en el proceso de cluster.

### CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo sugieren que los balances de N y P en empresas agropecuarias del partido de Pergamino son, en promedio, negativos, provocando la degradación del suelo por la pérdida de su fertilidad química. Esto implica que para futuras campañas los niveles de fertilización para mantener los niveles productivos serán mayores. Sin embargo, es interesante destacar la existencia de planteos productivos que generan balances neutros o levemente positivos para ambos nutrientes.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarez, R.; Steinbach, H.S. y De Paepe, J.L. (2014). "A Regional Audit of Nitrogen Fluxes in Pampean Agroecosystems". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 184, 1-8.

Andriulo, A.E. (2010). "Guía de Buenas Prácticas para el Manejo de Nutrientes N y P en la Pampa Ondulada." Grupo Medio Ambiente –EEA INTA Pergamino. [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp\\_gua\\_buenas\\_prcticas\\_manejo\\_de\\_nutrientes\\_nyp2010.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp_gua_buenas_prcticas_manejo_de_nutrientes_nyp2010.pdf)

Berge, H.F.M.; Ittersum, M.K.V. y Rossing, W.A.H. (2000). "Farming Options for the Netherlands Explored by Multi-objective Modelling." *European Journal of Agronomy*, 13, 263-277.

Cabrini, S.M. y Calcaterra C.P. (2009). "Sistemas de Producción en el Partido de Pergamino. Valoración Económica del Impacto sobre la Capacidad Productiva de los Suelos" Ediciones INTA ISSN 1851-6955, No. 12.

Di Ciocco, C.; Penón, E.; Coviella, C.; López, S.; Díaz-Zorita, M.; Momo, F., y Álvarez, R. (2011). "Nitrogen Fixation by Soybean in the Pampas: Relationship between Yield and Soil Nitrogen Balance." *Agrochimica*. 55(2), 55-67.

Portela, S.I.; Restovich, S.B.; Gonzalez, H.M. y Torti, M.J. (2016). "Reducción del Drenaje Profundo y la Lixiviación de Nitrógeno en Rotaciones Agrícolas con Cultivos de Cobertura." *Ecología Austral*. 26, 212-220.

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin, III, F.S.; Lambin, E.F.; Lenton, T.M.; Scheffner, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.J.; Nykvist, B.; de Witt, C.A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P.K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R.W.; Fabry, V.J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P. y Foley, J.A. (2009). "A Safe Operating Space for Humanity." *Nature*. 461, 472-475.