

**DETERMINACIÓN DEL COSTO AMBIENTAL ASOCIADO A LOS BALANCES  
DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN SISTEMAS AGRÍCOLAS DEL PARTIDO DE  
PERGAMINO**

Trabajo Final de Grado  
de la alumna



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 5 de Octubre 2016

**DETERMINACIÓN DEL COSTO AMBIENTAL ASOCIADO A LOS BALANCES  
DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN SISTEMAS AGRÍCOLAS DEL PARTIDO DE  
PERGAMINO**

Trabajo Final de Grado

de la alumna

**PRISCILA BELÉN CANO**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

Dr. Silvina M. Cabrini  
**Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 5 de Octubre 2016

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>2</b>
Fertilización de cultivos en Argentina.....	4
<b>Datos y Métodos.....</b>	<b>6</b>
<b>Resultados y Discusión .....</b>	<b>133</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>266</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>277</b>

## Figuras

<b>Figura 1.</b> Evolución del consumo de fertilizantes en Argentina.....	<b>5</b>
<b>Figura 2.</b> Superficie sembrada y fertilizada de los principales cultivos de soja, maíz, trigo y girasol, Argentina para las campañas 2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012.....	<b>6</b>
<b>Figura 3.</b> Localización del área de relevamiento de información, cinco subcuencas dentro del partido de Pergamino, Norte de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.....	<b>7</b>
<b>Figura 4.</b> Balance de P vs. balance de N para las rotaciones relevadas en campos de productores del partido de Pergamino.....	<b>21</b>
<b>Figura 5.</b> Costo de reposición de N y P por empresas.....	<b>21</b>
<b>Figura 6.</b> Resultado del agrupamiento de empresas mediante el análisis del clúster jerárquico.....	<b>23</b>
<b>Figura 7.</b> Márgenes brutos y costo de reposición de N (CN) y P (CP).....	<b>26</b>

## Tablas

<b>Tabla 1.</b> Concentración de nutrientes en los productos agrícolas .....	<b>9</b>
<b>Tabla 2.</b> Concentración de nitrógeno y fósforo en los fertilizantes utilizados por los productores agrícolas encuestados.....	<b>10</b>
<b>Tabla 3.</b> Aporte de nitrógeno por precipitaciones.....	<b>11</b>
<b>Tabla 4.</b> Ejemplo de cálculo de nitrógeno (N) aportado por fijación biológica.....	<b>11</b>
<b>Tabla 5.</b> Precios de fertilizantes y productos para el período 2009-2011.....	<b>12</b>

<b>Tabla 6.</b> Características de las empresas encuestadas.....	<b>14</b>
<b>Tabla 7.</b> Balance de N promedio por cultivo en campos de productores agrícolas del partido de Pergamino.....	<b>16</b>
<b>Tabla 8.</b> Balance de P promedio por cultivo en campos de productores agrícolas del partido de Pergamino.....	<b>17</b>
<b>Tabla 9.</b> Balance de nitrógeno y costo de reposición por empresas.....	<b>18</b>
<b>Tabla 10.</b> Balance de fósforo y costo de reposición por empresas.....	<b>19</b>
<b>Tabla 11.</b> Márgenes brutos de empresas representantes de cada grupo del análisis de clúster. Promedio campañas 2009-2012.....	<b>25</b>

## Resumen

La evaluación de los ciclos de los principales nutrientes es un aspecto clave en la caracterización ambiental de los sistemas de producción agropecuarios en distintas regiones del mundo. En este trabajo se estiman los balances de nitrógeno y fósforo en sistemas agrícolas de campos de productores del partido de Pergamino, norte de la provincia de Buenos Aires, se determina el costo de reposición asociado a los balances negativos de estos nutrientes y se relaciona con los márgenes brutos de los cultivos. Adicionalmente se exploran la relación de dichos balances con características de las empresas como superficie operada, diversificación productiva y proporción de tierra alquilada. Los datos utilizados fueron obtenidos de encuestas a productores para las campañas 2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012. Se entrevistaron un total de 19 productores de cinco subcuencas ubicadas en la cuenca alta del arroyo Pergamino.

Los resultados muestran balances negativos para ambos nutrientes en 13 empresas de un total de 19. Los balances promedio de nitrógeno y fósforo fueron de -12,5 y -6,2 kg/ha, respectivamente. El costo promedio de reposición de ambos nutrientes es de 36,5u\$s/ha. Existe una alta variabilidad entre empresas, y para dos de ellas se han estimado balances positivos para ambos nutrientes.

El agrupamiento existente de las empresas agropecuarias, estudiado mediante un análisis de clúster muestra que las empresas con balances de nutrientes más negativos tienen mayor superficie operada, menor diversificación productiva y mayor proporción de tierra alquilada.

**Palabras clave:** agricultura pampeana, sustentabilidad, balances de nutrientes, costos ambientales.

## Introducción

Las alteraciones 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; Vitousek et al., 2009). En particular, las alteraciones en los ciclos del nitrógeno y del fósforo, principales macronutrientes en agricultura, han sido identificadas como puntos críticos en la sustentabilidad global (Rockström et al., 2009).

Por un lado, los ingresos de nutrientes mayores que los egresos pueden contaminar aguas superficiales y profundas, produciendo la eutrofización y aumentando los costos de purificación para el suministro de agua potable (Berge et al., 2000). Por otro lado, los déficits de nutrientes reiterados llevan a la pérdida de la productividad del suelo y generan la necesidad de aplicar mayores niveles de fertilización en el futuro (Flores y Sarandón, 2002; García y Vázquez, 2012; Cabrini et al., 2013; Alvarez et al., 2014).

En la región pampeana argentina existen antecedentes sobre la degradación del suelo por la pérdida de su fertilidad química, como consecuencia de balances de nutrientes negativos. Varios autores coinciden en que la soja fue el cultivo que provocó mayores pérdidas tanto de nitrógeno como de fósforo, a pesar de que la mayor parte de nitrógeno extraída en este cultivo es aportada por la fijación biológica (Cabrini y Calcaterra, 2016; Zazo et al., 2011; Manchado, 2010; Vicente y Engler, 2008). En Uruguay (Oyhantçabal y Narbono, 2012) encontraron que el modelo con predominio de producción de soja también genera disminución de los niveles de nitrógeno y fósforo del suelo. Un problema importante de la soja es el bajo aporte de residuos al sistema, vinculado a la reducción de la materia orgánica que, a su vez, está estrechamente vinculada a la provisión de nutrientes. Además, en el monocultivo de soja, hay un sistema muy simplificado de un sólo cultivo anual asociado a una ineficiencia en el uso de los recursos y a pérdidas de nutrientes (Wingeyer et al., 2015; Viglizzo et al., 2011).

Los balances de nutrientes negativos, generan costos ambientales. Los costos ambientales pueden ser considerados costos ocultos, en el caso de que haya un desconocimiento por parte del productor del costo ambiental relacionado a los diferentes usos del suelo. Por otro lado, pueden ser considerados externalidades, en el caso de alquiler de tierras por contratos anuales o de corta duración, ya que los costos asociados a la pérdida de fertilidad química del suelo no recaen sobre los arrendatarios.

Para la estimación de los costos ambientales asociados a balances negativos de nutrientes, pueden adoptarse diferentes enfoques. Desde un paradigma de sustentabilidad fuerte<sup>1</sup>, que requiere la conservación del capital natural, (Daly y Cobb, 1989), varios trabajos han calculado el valor de los kilos de nutrientes que se pierden del sistema, utilizando los precios del mercado de los fertilizantes (Flores y Sarandón, 2002; Vicente y Engler, 2008; Cabrini y Calcaterra, 2009; Manchado, 2010; Zazo et al., 2011). Este enfoque se utiliza en este estudio. Por otro lado, una mirada desde el paradigma de sustentabilidad débil implicaría una estimación, más compleja, de la pérdida de productividad asociadas a los balances negativos (Daly y Cobb, 1989).

La pérdida de fertilidad química, implicaría un “costo oculto” o externalidades que no se tienen en cuenta al calcular los márgenes brutos de los cultivos. Si se incorporaran dichos costos ambientales en el análisis económico, se podría visualizar que los beneficios económicos de este modelo productivo pueden ser menores a los estimados mediante un análisis convencional (Cabrini y Calcaterra, 2016; Zazo et al., 2011).

Este trabajo se propone calcular los balances de nitrógeno y fósforo en sistemas agrícolas de campos de productores del partido de Pergamino (campos sin rotación agrícola-ganadera), determinar el costo de reposición asociado a los balances negativos y calcular los márgenes brutos considerando estos costos

---

<sup>1</sup> La sustentabilidad fuerte, no concibe la posibilidad de sustitución de capital natural por otro tipo de capital. Por sustentabilidad débil se entiende la conservación del capital generado por el hombre y el natural.

ocultos. También se propone explorar la relación entre dichos balances con características de las empresas como superficie operada, diversificación productiva y proporción de tierra alquilada.

### *Fertilización de cultivos en Argentina*

En los últimos años la producción agrícola Argentina ha crecido fuertemente, y al mismo tiempo el consumo de fertilizantes se ha incrementado. El consumo promedio de fertilizantes de los últimos 10 años (2006-2015) fue de 3108 miles de toneladas, lo que equivale a un aumento del 68% respecto del consumo de fertilizantes de la década anterior (1996-2005) (Figura 1). El consumo máximo (3721 miles de toneladas) se alcanzó en 2011, seguido de una disminución en los años sucesivos.

Los cultivos de grano (trigo, maíz, soja y girasol) explican el 75% del consumo total de fertilizantes en Argentina (Ciampitti et al., 2008). La producción nacional de fertilizantes aumentó considerablemente a partir de 2001, y alcanzó un máximo en 2011. Para la siembra de la campaña 2016/2017 se prevé un aumento en el uso de fertilizantes (Heffer y Prud'homme, 2015).

En la Figura 2 puede verse el área total sembrada y el área que recibió algún tipo de fertilización para los principales cultivos, la cual representa en soja 52%, 62% y 62%, en maíz 81%, 90% y 88%, en trigo 86%, 89% y 83% y en girasol 63%, 82% y 77%, para las campañas 09/10, 10/11 y 11/12, respectivamente (Fertilizar Asociación Civil).



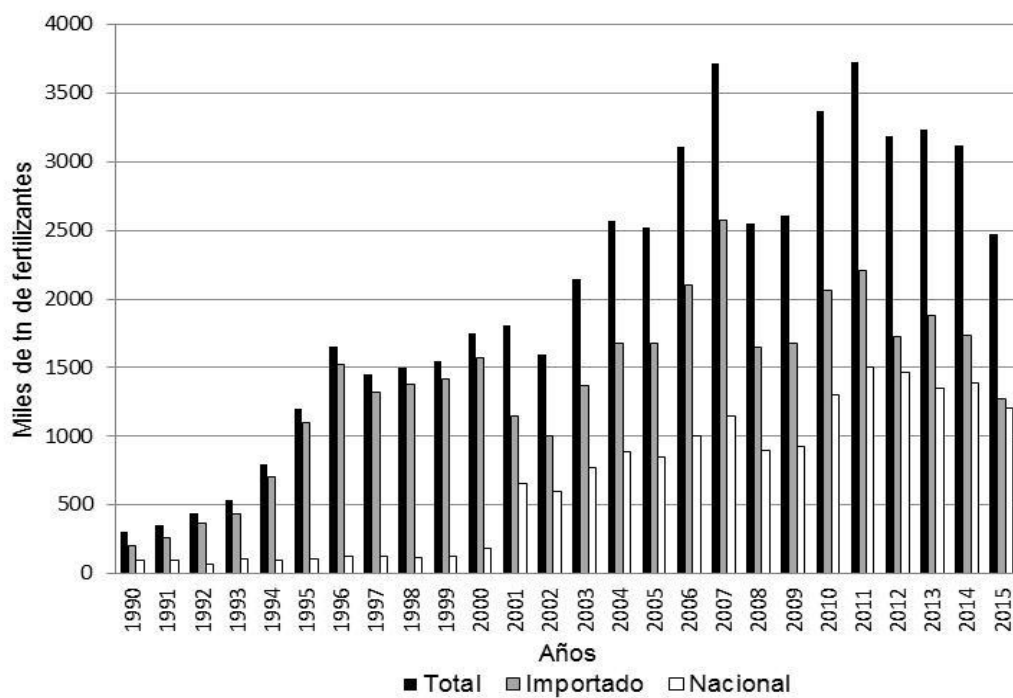


Figura 1. Evolución del consumo de fertilizantes en Argentina.  
 Fuente: CIAFA- Fertilizar Asociación Civil.

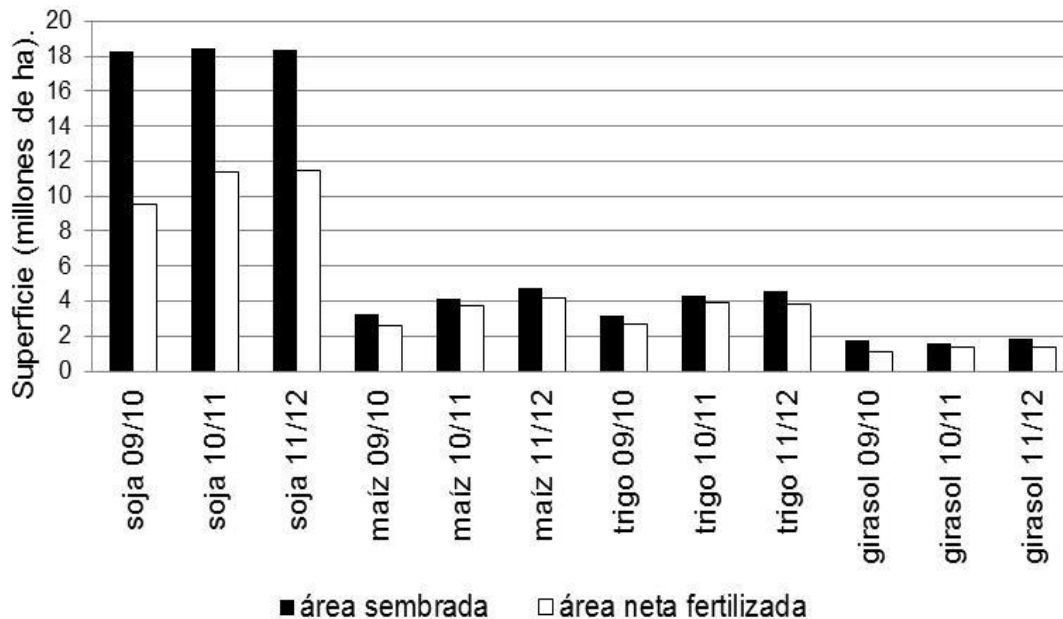


Figura 2. Superficie sembrada y fertilizada de los principales cultivos de soja, maíz, trigo y girasol, Argentina para las campañas 2009/2010, 2010/2011 y 2011/2012.

Fuente: Fertilizar Asociación Civil.

Si bien los datos muestran un incremento en la aplicación de fertilizantes en los últimos años y una elevada proporción de superficie fertilizada en gramíneas, la alta participación de soja sin fertilizar en las rotaciones, favorece la extracción neta de los nutrientes de los suelos.

### Datos y Métodos

Los datos utilizados en este estudio fueron obtenidos de encuestas a productores de Pergamino para las campañas 2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012. La muestra en su totalidad es agrícola, ninguno de los productores encuestados hace ganadería, en la superficie evaluada. Se entrevistaron 19 productores de cinco subcuencas que abarcan una superficie aproximada de 4000 ha (Figura 3). Las subcuencas están delimitadas por el relieve superficial y ubicadas dentro de la cuenca alta del arroyo Pergamino, en el Norte de la Provincia de Buenos Aires. Esta zona de estudio es representativa del sistema de cultivo regional, además es

de especial interés ya que es un área monitoreo de suelo y agua llevado a cabo por el grupo de Gestión Ambiental del INTA Pergamino.

Se relevó información sobre, aproximadamente, 70% de la superficie total de las subcuencas ya que algunos productores no se pudieron localizar o no estuvieron dispuestos a completar la encuesta. 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 poder calcular los balances.

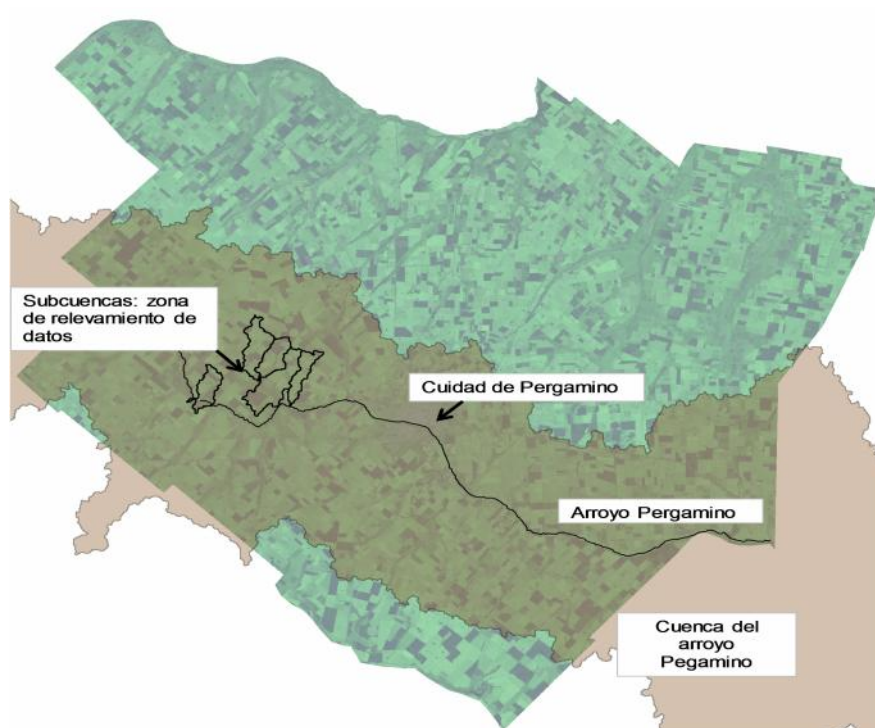


Figura 3. Localización del área de relevamiento de información, cinco subcuencas dentro del partido de Pergamino, Norte de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Los datos de superficie operada son utilizados como un indicador del tamaño de las empresas, por lo que se considera el total de la tierra trabajada dentro y fuera de las subcuencas. El nivel de profesionalización se mide utilizando una variable

binaria que toma el 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 cero si no lo hace. El nivel de diversificación de actividades productivas se estima 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 (Parkin y Loria, 2010). En este trabajo se calcula como la sumatoria de los porcentajes al cuadrado de la superficie asignada a cada cultivo agrícola en base anual. El valor más elevado del mismo corresponde al uso de tierra con un único cultivo y valores menores corresponden a mayores niveles de diversificación productiva.

En base a los datos recolectados se calcularon los balances de nitrógeno y fósforo (BN y BP). Los balances miden la diferencia entre los nutrientes que entran al sistema a través de la fertilización de los cultivos y, en el caso del nitrógeno, también a través de la fijación biológica, y las precipitaciones, y la extracción de nutrientes en la producción cosechada o exportada del sistema, las pérdidas gaseosas, por erosión, por lixiviación y por escurrimiento (Vicente y Engler, 2008; Oenema et al., 2003). Para el cálculo de los balances se utilizó una versión simplificada sin contemplar las pérdidas gaseosas, por erosión, por lixiviación y por escurrimiento, ya que son muy difíciles de estimar, son muy variables y se estima que su magnitud es pequeña (Vicente y Engler, 2008; Oenema et al., 2003; Alvarez et al., 2014).

La extracción de nutrientes depende del rendimiento de los cultivos. Cuando los productores no aportaron datos de rendimiento para ninguna de las tres campañas, se estimó la extracción a partir de los datos promedio del partido de Pergamino para cada una de las campañas extraídos del SIIA (Sistema Integrado de Información Agropecuaria) (este cálculo se implementó para 3 empresas). En los casos en los que no se contaba con datos en alguna de las tres campañas, los rendimientos faltantes se calcularon en función de la variación de los rendimientos entre campañas a nivel partido y los datos de rendimiento reportados para alguna

de las campañas (este cálculo se implementó para 7 empresas). Por ejemplo, la empresa 3, no reportó el rendimiento de soja en la campaña 2010/2011, pero sí para 2011/2012. El rendimiento de soja para la campaña 2011/2012 fue 89% de la campaña 2010/2011 a nivel partido de Pergamino. Entonces, el rendimiento faltante de la empresa 3 (2010/2011) se computó como el 89% del rendimiento de la empresa 3 para la campaña 2011/2012.

Para el cálculo de la extracción de nutrientes, los rendimientos se expresaron en materia seca (0% humedad) y se los multiplicó por el factor de concentración de nitrógeno y fósforo en los productos agrícolas (García y Correndo, 2011; Ciampitti y García, 2008; Di Ciocco et al., 2011) (Tabla 1).

Tabla 1. Concentración de nutrientes en los productos agrícolas.

Cultivo	N	P	Fuente
	Kg nutriente/tn producto (materia seca)		
Maíz	14,96	3,04	1
Trigo	20,70	4,00	1
Cebada	17,88	3,04	1
Soja	60,00	6,16	3
Avena	20,00	3,00	1
Arveja	15,00	2,00	2

Nota. Estos valores pueden variar de acuerdo al estado nutricional de los cultivos.

Fuentes: 1-García y Correndo, 2011. 2-Ciampitti y García, 2008.

3-Di Ciocco et al., 2011.

Los ingresos por fertilización se calcularon en base a la composición de los fertilizantes (Tabla 2) y las dosis utilizadas, según la información recibida de los productores encuestados. Se consideró una eficiencia de aplicación del fertilizante del 100%. Se consideran también las entradas de nitrógeno por las precipitaciones acumuladas para cada campaña (Carnelos et al., 2014) (Tabla 3).

Tabla 2. Concentración de nitrógeno y fósforo en los fertilizantes utilizados por los productores agrícolas encuestados.

Fertilizantes empleados por los productores agropecuarios	Nitrógeno (N)	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )* contenido de nutrientes (%)
Arrancador soja (1)	0	30
Arrancador soja (2)	0	40
Arrancador soja ACA	0	20
Arrancador maíz IV Cargil	13	42
Arrancador maíz pop fosforado	6,6	38,6
Arrancador trigo y maíz	14	35
Arrancador maíz, soja, trigo/soja	7	40
Arrancador-Sausor YARA	1	13
Foliar Nitrofoska	8	12
Fosfato diamonico	19,5	50
Fosfato diamonico-ASP	17	47
Fosfato monoamonico (1)	12	55
Fosfato monoamonico (2)	15	55
PMA+SSP soja	40	0
Mezcla fosforada(1)soja ASP	4,7	34,7
Mezcla fosforada(2)soja, maíz ASP	7,5	16
Mezcla fosforo y azufre trigo	0	50
Mezcla soja, cebada ASP	6	40
Mezcla trigo/cebada, soja	0	40
Mezcla trigo, cebada y raygrass	7	40
Solmix 50/50-Pasa	28	0
Roullier220 maíz y sorgo	15	30
Superfosfato simple	0	20
Superfosfato triple	0	48,5
Supersoja	0	30
TOP-PHOS	0	18
Uan	30	0
Urea granulada	46	0

Nota: \* P (kg/ha) = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha)\*0,44

Algunos productores aportan también otros nutrientes que no se incluyen en la tabla

Fuentes: Melgar, R. Fertilizantes Comerciales. [Http://www.fertilizando.com](http://www.fertilizando.com)

Fichas técnicas de productos.

Tabla 3. Aporte de nitrógeno por precipitaciones.

Campaña	Precipitación (mm)	Aporte (kgN/ha)
2009/2010	1272	5,14
2010/2011	881,8	4,79
2011/2012	858,3	6,11

Fuente: Carcelos et al. 2014.

En el caso del nitrógeno, se consideró además el aporte por fijación biológica. Este aporte se estimó como 86% de nitrógeno 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 52 kg N por tonelada de grano producida y extrae por cosecha 60 kg N por tonelada de grano.<sup>2</sup>Un ejemplo de cálculo del nitrógeno aportado por fijación biológica se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Ejemplo de cálculo de nitrógeno (N) aportado por fijación biológica.

Empresa	100	
Cultivo	Soja	
Año de siembra	2009	
Rendimiento húmedo (kg/ha)	3000	(humedad base 13,5%)
Rendimiento seco (kg/ha)	2595	(rendimiento húmedo*(100-humedad base/100))
N fijado(kg/ha)	134,94	(0,052* rendimiento seco) Di Ciocco <i>et al.</i> , (2011)
N en grano (kg/ha)	155,7	(rendimiento seco * concentración de N en grano 60 kg/tn)
N exportado en el grano que proviene de la fijación biológica	0,86%	(N fijado/N exportado)

Con la diferencia entre los ingresos y la exportación de nutrientes, se obtuvieron los balances de nitrógeno y fósforo. Para calcular el balance a nivel establecimiento se promedian todos los balances incluidos en el mismo, dichos balances se encuentran por lotes y para las 3 campañas analizadas. Cuando los balances determinados fueron negativos, se determinaron los costos de reposición de nitrógeno y fósforo multiplicando la magnitud del balance negativo por el precio del nutriente en el mercado (sin incluir costos de acarreo y/o de maquinaria de

<sup>2</sup> Estos valores fueron estimados a partir de la integración de 10 experimentos de campo realizados en la región pampeana, en la que la fijación biológica fue evaluada por métodos 15 N, y define una pendiente de 52 kg de N/ha por cada tonelada grano/ha ( $R^2 = 0,62$ ,  $p < 0,05$ ).

aplicación). El precio de los nutrientes en el mercado se obtuvo dividiendo el precio de la urea por su concentración de N (0,46) y el del superfosfato triple por su concentración de P (0,21). Se consideraron los precios promedio de urea y superfosfato triple de las tres campañas analizadas tomados de la revista Agromercado. A los costos obtenidos se los expresó también en toneladas de soja y maíz utilizando los precios promedio de soja y maíz en las mismas tres campañas, tomados de la Bolsa de Comercio de Rosario (Tabla 5).

Tabla 5. Precios de fertilizantes y productos para el período 2009-2011.

	2009	2010	2011	Promedio
	--u\$/kg--			
Urea granulada	0,49	0,47	0,63	0,53
Superfosfato triple	0,55	0,55	0,70	0,60
Precio N	1,07	1,01	1,36	1,15
Precio P	2,58	2,58	3,26	2,80
	--u\$/tn--			
Soja	272,19	227,52	311,74	270,48
Maíz	119,89	122,51	183,91	142,10

Fuente: Revistas Agromercado

Bolsa de Comercio de Rosario: <http://www.bcr.com.ar>

Cotización del Dólar <http://www.cotizacion-dolar.com.ar>

Para interpretar los efectos ambientales de los casos en que los balances resultaron positivos, se consideró la magnitud de los mismos y la vulnerabilidad a la contaminación de la napa freática determinada a través del modelo Drastic (Andriulo, 2010). Este modelo valora siete parámetros: profundidad de la freática (D), recarga (R), características del acuífero (A), textura del suelo (S), pendiente del terreno (T), características de la zona vadosa (I) y conductividad hidráulica (C)

Se utilizó el análisis clúster jerárquico con distancia euclídea y el método de Ward para formar grupos entre las empresas estudiadas en función de las similitudes 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 (Peña, 2002). Se decidió no incluir pruebas estadísticas formales de la relación entre variables dado que la muestra es



pequeña y son pocas las campañas analizadas. En cambio, este análisis exploratorio es preliminar y sirve para generar hipótesis para estudios posteriores.

Por último, se calcularon los márgenes brutos promedio para 3 empresas, cada una perteneciente a un grupo diferente determinado por el procedimiento de clúster jerárquico. Las empresas fueron elegidas al azar entre las que tenían datos disponibles para calcular márgenes brutos. El margen bruto es la diferencia entre los ingresos brutos generados por una actividad y los costos directos de la misma (Ghida Daza, 2009). Como parte de los costos directos se consideró el valor económico de la pérdida de los nutrientes del suelo. No se consideran costos de alquiler de la tierra, el set de datos no permite diferenciar lotes propios y alquilados.

## **Resultados y Discusión**

La Tabla 6 muestra las características de las empresas encuestadas. Los productores encuestados operan superficies desde 30 ha hasta 4000 ha con un promedio de 590 ha. En promedio, 50% de la tierra se trabaja bajo alquiler, considerando el total de la tierra trabajada dentro y fuera de las subcuencas. 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. Las empresas 9 y 17 realizaron únicamente soja en toda la superficie durante los 3 años relevados y, por lo tanto, presentan el máximo valor del índice (10000). Cuanto más cultivos participan en la rotación y la proporción de la superficie de los mismos es más balanceada, el valor del índice disminuye, como es el caso de la empresa 5 que presentó el mínimo valor del índice de HH (2800) e incluyó en su rotación 4 cultivos (maíz pisingallo, arveja, trigo y soja) en proporciones balanceadas.

La última columna de la tabla 6 presenta las rotaciones de cultivos para cada empresa. Los números indican la proporción de cultivos en cada establecimiento. Por ejemplo, la empresa 1 se encuentra dividida en 4 lotes, y en cada una de las

3 campañas analizadas se sembró maíz, soja, trigo/soja y soja, cada cultivo en un lote. Para la empresa 1 la proporción de cultivos es maíz (25%), soja (50%) y trigo/soja (25%). Los cultivos predominantes son soja 1ra, maíz y maíz pisingallo. También aparecen en las rotaciones varios doble cultivos, principalmente con soja de 2da como cultivo de verano.

Tabla 6. Características de las empresas encuestadas.

Empresa	Superficie total <sup>1</sup> ha	Superficie alquilada %	Toma de decisiones profesionalizada	Índice de concentración productiva <sup>2</sup> HH	Rotación de cultivos <sup>3</sup>
1	215	100	si	4412	1M-2S-1T/S
2	60	100	si	3651	1Avc/M-1 Avc/S
3	2500	100	si	6438	9S-1T/S
4	30	0	si	5000	1T/S
5	350	0	si	2800	1Mp-1Ar/S-1T/S
6	520	100	si	3301	6S-6Mp-1T/S-1C/S-1 Ar/S-1 Av/S
7	96	0	si	6212	2S-1T/S
8	169	0	si	8337	9S-1M
9	4000	100	si	10000	1S
10	1071	0	si	5804	7S-3M
11	60	100	no	6329	7S-2M-1A/S
12	56	0	no	3740	2 S - 2 T/S - 1 C/S - 1 M
13	370	100	si	5218	2 T/S - 1 S
14	238	100	si	4286	3 S - 1 Mp - 1 T/S - 1 C/S - 1 R/S
15	464	0	si	6660	7 S - 3 M
16	282	0	si	6014	7S - 2 T/S - 1 M
17	450	100	si	10000	1S
18	45	27	si	5556	1S-1Manz/S
19	236	28	si	4005	4S-3M-3 T/S
<b>Máximo</b>	<b>4000</b>	<b>100</b>		<b>10000</b>	
<b>Mínimo</b>	<b>30</b>	<b>0</b>		<b>2800</b>	
<b>Promedio</b>	<b>590</b>	<b>50</b>		<b>5673</b>	

Nota. 1. La superficie total para cada empresa incluye la tierra trabajada dentro y fuera de las subcuencas.

2. El nivel de diversificación se mide en base al índice de concentración de Herfindahl-Hirschman, que se calcula como la sumatoria de los porcentajes al cuadrado de la superficie asignada a cada uno de los cultivos (dentro de las subcuencas).

3. M= maíz, Mp= maíz pisingallo, S= soja, T= trigo, Avc= avena cobertura, Ar= arveja, C= cebada, R= raigrás, Manz= Manzanilla. Los valores numéricos para cada cultivo indican la proporción del cultivo en la rotación. (dentro de las subcuencas).

La Tabla 7 muestra los valores promedio de los egresos, ingresos y balances de N para cada cultivo según el manejo reportado por los productores. Cada observación que se utiliza para calcular (n) corresponde a un cultivo o doble

cultivo sembrado en una campaña. El doble cultivo trigo-soja generó la mayor extracción de nitrógeno, con un promedio de 222 kg N/ha. Dentro del mismo, las mayores pérdidas fueron provocadas por el cultivo de soja 2da, con un promedio de 143 kg N/ha mientras que el trigo fue el cultivo que menos pérdidas ocasionó. En segundo lugar se encuentra la soja 1ra con un promedio de extracción 186 kg N/ha. Luego otros doble cultivos, el maíz y por último, el maíz pisingallo, que presentó el menor valor de extracción de nitrógeno (31 kg N/ha).

En cuanto al ingreso de N, los maíces (1ra, 2da y pisingallo) reciben las mayores dosis de fertilizante nitrogenado (entre 89 y 125 kg N/ha). En el otro extremo, en soja 1ra y manzanilla-soja no se aplican fertilizantes nitrogenados, pero estos cultivos tienen un pequeño aporte de N debido a la participación de este elemento en la composición de los fertilizantes que se utilizan como fuente de P. Dado que se estima que para las leguminosas (soja y arveja) un 86% de nitrógeno exportado proviene de fijación biológica, los valores de nitrógeno que ingresan por esta vía son elevados, con un máximo de 165,5 kg N/ha para el cultivo de soja 1ra.

Con respecto a los balances de N, para soja y para la mayoría de los doble cultivos que incluyen soja como cultivo de verano, los balances de nitrógeno son negativos. En cambio los maíces tienen, en promedio, balances positivos.

Tabla 7. Balance de N promedio por cultivo en campos de productores agrícolas del partido de Pergamino.

Cultivo	n	Rendimiento (tn/ha) (materia seca)	Egreso	Ingreso por fijación biológica y precipitaciones		Balance(E.E)
				Ingreso por fertilizante	---	
---(kg N/ha)---						
Soja 1ra	42	3,11	186,42	1,86	165,53	-19,03 (1,12)
Trigo/Soja	17	3,9/2,39	222,28	75,18	128,58	-18,52 (8,04)
Maíz	15	6,56	98,07	96,43	5,24	3,6 (12,69)
Maíz pisingallo	12	2,08	31,14	88,72	5,24	62,82 (6,87)
Avena cobertura/Maíz	6	0/7,13	106,59	125	5,35	23,76 (14,5)
Cebada/Soja	5	3,22/1,89	179,73	62,36	102,69	-5,67 (16,11)
Avena cobertura/Soja	4	0/2,96	186,36	14,3	158,26	-13,8 (8,43)
Arveja/Soja	3	1,83/2,4	171,8	8,67	143,73	-19,4 (14,71)
Raigrás/Soja	2	0/1,64	98,61	26,05	90,25	17,7 (21,98)
Manzanilla/Soja	1	0,72/2,07	124,56	0	113,23	-11,32

Nota.(E.E) Error estandar

La Tabla 8 muestra los valores promedio de los egresos, ingresos y balances de P para cada cultivo. Las magnitudes de egresos e ingresos de este elemento son del orden del 10% de los valores reportados para N. El orden de las actividades según los valores de extracción de P es similar al orden reportado para extracción de N. El doble cultivo trigo-soja generó la mayor extracción, con un promedio de 30 kg P/ha. Dentro del mismo, la participación de trigo y soja 2da fue en proporciones iguales. En segundo lugar se encuentra avena-maíz, luego el maíz, avena-soja y soja 1ra. Luego siguen en orden otros doble cultivos y, por último, el maíz pisingallo.

El doble cultivo avena cobertura-maíz tuvo el mayor aporte de fósforo por fertilización. En segundo lugar se encuentra trigo-soja, luego el maíz, la cebada-soja, el maíz pisingallo y soja. La soja tuvo un aporte por fertilizantes de 26% respecto al doble cultivo avena cobertura-maíz.

Con respecto a los balances de P, el cultivo de maíz con cobertura, maíz pisingallo, cebada-soja y maíz presentan valores positivos, es decir que el aporte

por fertilización supera la extracción por los cultivos<sup>3</sup>. Por otro lado la soja 1ra y el resto de los doble cultivos con soja presentan balances negativos.

Tabla 8. Balance de P promedio por cultivo en campos de productores agrícolas del partido de Pergamino.

Cultivo	n	Rendimiento (tn/ha) (materia seca)	Egreso	Ingreso por fertilizante ---(kg P/ha)---	Balance (E.E)
Soja 1ra	42	3,11	19,14	9,68	-9,46 (0,98)
Trigo/Soja	17	3,9/2,39	29,72	25,75	-3,97 (2,05)
Maíz	15	6,56	19,93	22,47	2,54 (1,46)
Maíz pisingallo	12	2,08	6,33	18,18	11,85 (2,55)
Avena cobertura/Maíz	6	0/7,13	21,66	37,84	16,18 (2,62)
Cebada/Soja	5	3,22/1,89	17,44	20,24	2,8 (3,69)
Avena cobertura/Soja	4	0/2,96	19,54	13,75	-5,79 (2,56)
Arveja/Soja	3	1,83/2,4	18,48	7,48	-11 (7,9)
Raigrás/Soja	2	0/1,64	10,12	8,47	-1,65 (3,48)
Manzanilla/Soja	1	0,72/2,07	12,78	1,58	-11,2

Nota. (E.E) Error estandar

Los siguientes resultados (Tablas 9 y 10) presentan los resultados de los balances calculados a nivel de establecimiento y, en los casos de los balances negativos, el cálculo del costo de reposición de los nutrientes. Existe una alta variabilidad en los balances estimados entre las empresas. En promedio, los balances son de -12,5 y -6,2 kg/ha para nitrógeno y fósforo, respectivamente. El costo promedio asociado a la reposición de nutrientes es de 17 y 19 u\$s/ha, para nitrógeno y fósforo, respectivamente. Las tablas muestran también los costos expresados en quintales (qq) de soja y maíz.

<sup>3</sup> La extrapolación de estos datos presentaría limitaciones, debido a que se consideraron 3 campañas en las cuales los rendimientos promedios fueron en general más bajos que los habituales. Además los rendimientos promedio a nivel partido para maíz (8,3 tn/ha) difieren de los rendimientos de las empresas estudiadas (7,3 tn/ha). Esto puede deberse a que en la campaña 2011-2012 hubo un clima muy diferenciado entre zonas dentro del Partido y aún dentro de una misma zona (Daniel Lavezzari, La Opinión de Pergamino) y en la campaña 2009-2010 hubo déficit hídricos.

Tabla 9. Balance de nitrógeno y costo de reposición por empresas.

Empresa	Balance N kg/ha	Costo de reposición		
		u\$/ha	qq soja/ha	qq maíz/ha
1	-16,67	19,12	0,71	1,35
2	3,96	0,00	0,00	0,00
3	-12,12	13,90	0,51	0,98
4	-38,46	44,10	1,63	3,10
5	11,85	0,00	0,00	0,00
6	12,00	0,00	0,00	0,00
7	-27,85	31,94	1,18	2,24
8	-15,24	17,48	0,65	1,23
9	-25,08	28,76	1,06	2,02
10	5,17	0,00	0,00	0,00
11	-27,07	31,04	1,15	2,18
12	-15,54	17,83	0,66	1,25
13	-18,55	21,27	0,79	1,50
14	14,81	0,00	0,00	0,00
15	-20,84	23,90	0,88	1,68
16	-19,63	22,51	0,83	1,58
17	-17,56	20,13	0,74	1,42
18	-18,99	21,78	0,81	1,53
19	-11,72	13,44	0,50	0,95
Promedio	-12,50	17,22	0,64	1,21
Máximo	14,81	44,10	1,63	3,10
Mínimo	-38,46	0,00	0,00	0,00

Nota: La escala de colores representa la magnitud de los balances, en rojo los valores más negativos y en verde los más positivos

Tabla 10. Balance de fósforo y costo de reposición por empresas.

Empresa	Balance P kg/ha	Costo de reposición		
		u\$s/ha	qq soja/ha	qq maíz/ha
1	-6,47	18,15	0,67	1,28
2	5,82	0,00	0,00	0,00
3	-12,53	35,14	1,30	2,47
4	-7,74	21,70	0,80	1,53
5	-0,42	1,18	0,04	0,08
6	-3,83	10,73	0,40	0,75
7	-11,97	33,56	1,24	2,36
8	-7,12	19,97	0,74	1,41
9	-22,03	61,78	2,28	4,35
10	-2,92	8,18	0,30	0,58
11	-11,05	30,99	1,15	2,18
12	5,37	0,00	0,00	0,00
13	-7,57	21,22	0,78	1,49
14	1,45	0,00	0,00	0,00
15	-4,98	13,96	0,52	0,98
16	-4,75	13,32	0,49	0,94
17	-3,32	9,30	0,34	0,65
18	-17,15	48,09	1,78	3,38
19	-6,73	18,87	0,70	1,33
Promedio	-6,21	19,27	0,71	1,36
Máximo	5,82	61,78	2,28	4,35
Mínimo	-22,03	0,00	0,00	0,00

Nota: La escala de colores representa la magnitud de los balances, en rojo los valores más negativos y en verde los más positivos

La Figura 4 muestra que hay una correlación positiva entre los balances de nitrógeno y fósforo. Las empresas con balances de N negativos, tienden a tener balances de P negativos. Dos de las empresas tienen balances positivos para ambos nutrientes y tres empresas presentan balances positivos sólo de N. Una empresa presenta balance positivo sólo para P. El resto de las empresas (13) presentan balances negativos para ambos nutrientes.

En los casos en que se estimaron excesos de nutrientes (balances positivos), se puede considerar que la magnitud es relativamente pequeña. 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. Además, 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 MO acumulada en el suelo y, en menor medida, del fertilizante nitrogenado residual (Beaudoin et al., 2004; Portela et al., 2006; Portela et al., 2016).

La Figura 5 muestra los costos totales de reposición de nitrógeno y fósforo por empresa y la participación de cada nutriente en este costo. Dicha participación es variable según cada empresa: en las empresas 4, 12, 15, 16 y 17 la mayor parte del costo corresponde a los balances negativos de nitrógeno, en cambio, en las empresas 3, 6, 9, 10, 18 y 19 la mayor parte del costo corresponde a los balances negativos de fósforo. La participación en el costo del P es más variable que para N. El P presenta costos de reposición con un máximo de 62 u\$/ha y un mínimo de 0 u\$/ha y el N presenta costos de reposición con un máximo de 44 u\$/ha y un mínimo de 0 u\$/ha. El costo de reposición de ambos nutrientes toma valores desde un máximo de 90,5 u\$/ha a 0 u\$/ha.



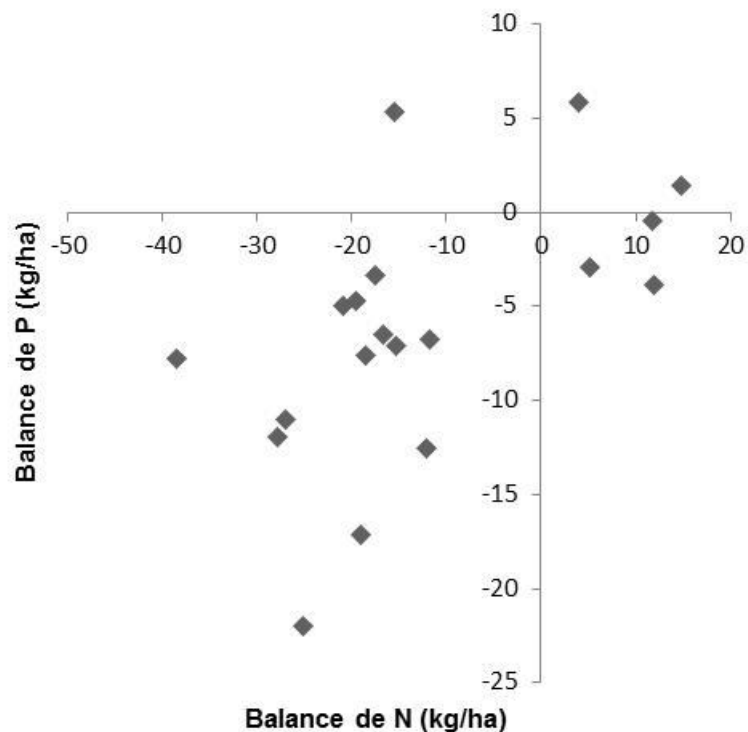


Figura 4. Balance de P vs. balance de N para las rotaciones relevadas en campos de productores del partido de Pergamino.

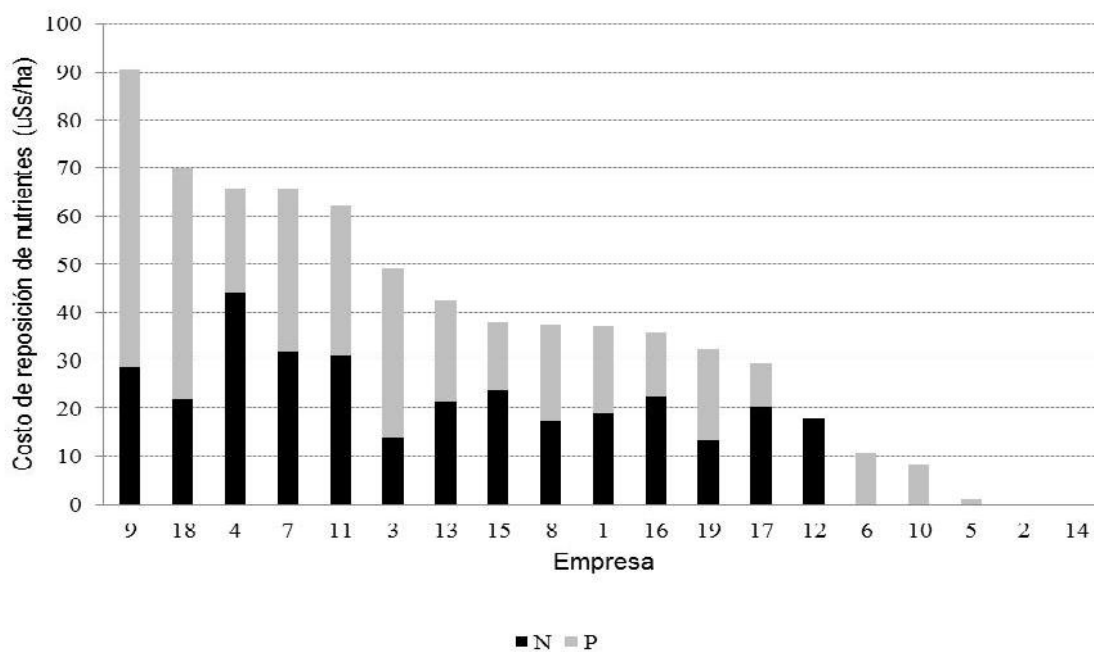
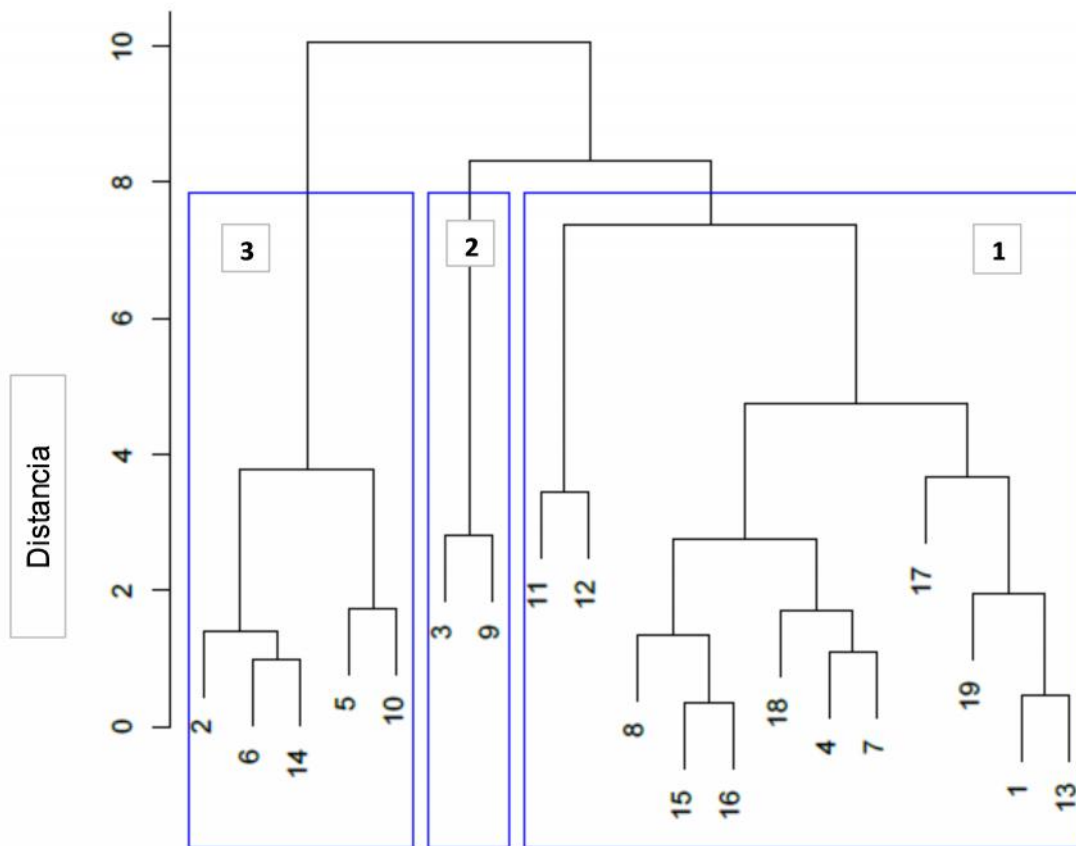


Figura 5. Costo de reposición de N y P por empresas.

La Figura 6, muestra el resultado de la agrupación mediante el procedimiento de clúster jerárquico. La misma presenta un diagrama de árbol donde pueden verse como las empresas se agruparon en base a su similitud. La altura a la cual se unen dos grupos indica la distancia entre ellos: a mayor distancia corresponde una menor similitud. En la parte inferior de la figura se observa que, con una mínima distancia, se agruparon las empresas 15 y 16. Al ir incrementado los valores de distancia tolerados se unen más empresas formando los grupos. Se definieron tres grupos, compuestos por 12, 2 y 5 empresas cada uno. El grupo 2 está formado por las dos empresas de mayor superficie, con 100% de la tierra alquilada, menor nivel de diversificación productiva y balances negativos para ambos nutrientes. El grupo 3 está formado por cinco empresas, con balances promedio positivos para nitrógeno y fósforo. Este grupo se caracteriza por tener mayor diversificación productiva, la mayoría de las empresas incluyen doble cultivos en las rotaciones. (Es importante destacar que el índice de diversificación productiva HH, en el caso de estudio representa el nivel de sojización. Es decir empresas con valores bajos de HH son las que hicieron monocultivo de soja, o realizaron escasas rotaciones). El grupo 1 está formado por doce empresas, tiene un nivel de diversificación y balances promedio para nitrógeno y fósforo con valores intermedios entre los grupos 2 y 3.



Promedios de las variables por grupo:

Grupo	Cantidad de empresas	Superficie total -- ha --	Superficie alquilada -- % --	Toma de decisiones profesionalizada	Índice HH	Balace de N -- kg/ha --	Balace de P
1	12	206	0,38	0,8	5959	-20,68	-6,96
2	2	3250	1,00	1,0	8219	-18,60	-17,28
3	5	447	0,60	1,0	3984	9,56	0,02

Figura 6. Resultado del agrupamiento de empresas mediante el análisis del clúster jerárquico.

La Tabla 11 muestra los márgenes brutos promedio de las campañas 2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012 para tres empresas, cada una de ellas perteneciente a un grupo diferente determinado por el procedimiento de clúster jerárquico. La empresa 9 (grupo 2) realizó monocultivo de soja en las tres campañas, la empresa 10 (grupo 3) incluyó soja y maíz pisingallo y la empresa 12 (grupo 1) incluyó en la

rotación trigo-soja, cebada-soja, soja 1ra y maíz. Los márgenes brutos promedio de la rotación son de 720, 532 y 670 u\$/ha para las empresas 9, 10 y 12, respectivamente, sin considerar los costos de reemplazo de nutrientes. Cuando se tuvo en cuenta el costo de reposición de nitrógeno y fósforo, la diferencia entre el mayor y menor margen bruto disminuye de 188 u\$/ha a 106 u\$/ha (Figura 7). La empresa 9 que presentó mayor margen sin considerar los costos de reposición de nutrientes, pasó a un segundo lugar cuando se incorporó este costo en el cálculo. El costo de reposición de nitrógeno y fósforo representa un 12,6%, 1,5% y 2,7 % del margen bruto para las empresas 9, 10 y 11, respectivamente.

Tabla 11. Márgenes brutos de empresas representantes de cada grupo del análisis de clúster. Promedio campañas 2009-2012.

Panel A. Empresa 9 (Grupo 2)

Cultivo		Soja
Precio	u\$/qq	29,2
Rendimiento	qq/ha	39,6
Ingreso bruto	u\$/ha	1149,5
Gastos de comercialización		16%
Ingreso Neto	u\$/ha	967,9
Total gastos directos	u\$/ha	152,6
Cosecha	u\$/ha	94,9
<b>Margen bruto</b>	<b>u\$/ha</b>	<b>720,4</b>
<b>Tasa de retorno</b>	<b>u\$/u\$</b>	<b>4,7</b>

Panel B. Empresa 10 (Grupo 3)

Cultivo		Soja	Maíz pop	Rotación
Precio	u\$/qq	29,2	49,3	(7-S 3-Mp)
Rendimiento	qq/ha	33,7	25,0	
Ingreso bruto	u\$/ha	968,3	1263,0	
Gastos de comercialización		16%	27%	
Ingreso Neto	u\$/ha	815,0	974,2	
Total gastos directos	u\$/ha	192,0	380,6	
Cosecha	u\$/ha	79,5	87,6	
<b>Margen bruto</b>	<b>u\$/ha</b>	<b>543,5</b>	<b>506,0</b>	<b>532,2</b>
<b>Tasa de retorno</b>	<b>u\$/u\$</b>	<b>3,0</b>	<b>1,5</b>	<b>2,5</b>

Panel C. Empresa 12 (Grupo 1)

Cultivo		Soja	Trigo/Soja	Cebada/Soja	Maíz	Rotación (2S-2T/S- 1C/S-1M)
Precio	u\$/qq	29,2	15,13/26,75	19/22	16,7	
Rendimiento	qq/ha	39,3	35/37,5	38/42	57,0	
Ingreso bruto	u\$/ha	1144,2	1515,5	1654,4	951,33	
Gastos de comercialización		16%	19,5%/15,5%	16%/13%	31%	
Ingreso Neto	u\$/ha	962,5	1259,3	1417,7	660,1	
Total gastos directos	u\$/ha	225,4	305,8	293,3	447,7	
Cosecha	u\$/ha	95,0	122,7	98,7	85,6	
<b>Margen bruto</b>	<b>u\$/ha</b>	<b>642,1</b>	<b>830,8</b>	<b>1025,7</b>	<b>126,8</b>	<b>670,5</b>
<b>Tasa de retorno</b>	<b>u\$/u\$</b>	<b>3,3</b>	<b>5,4</b>	<b>7,0</b>	<b>0,3</b>	<b>4,0</b>

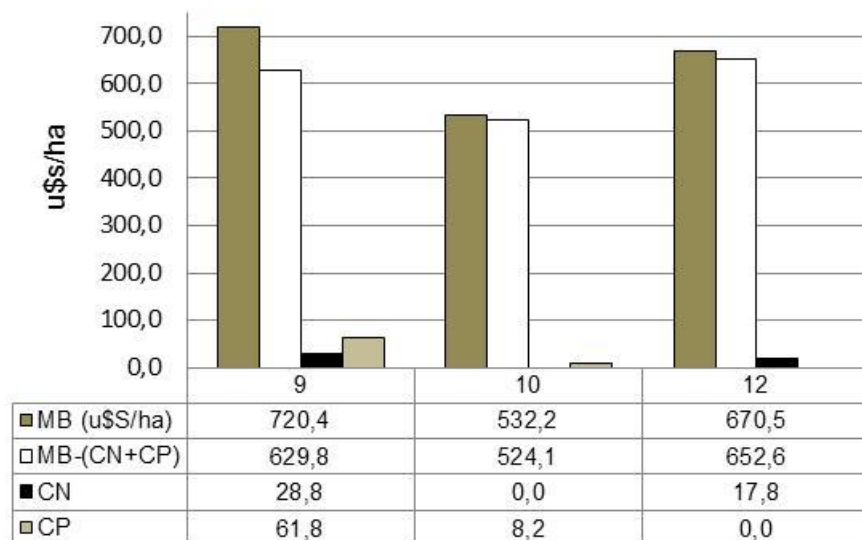


Figura 7. Márgenes brutos y costo de reposición de N (CN) y P (CP).

## Conclusiones

Este estudio presenta los balances de los principales nutrientes, nitrógeno y fósforo, según el uso y manejo de los cultivos agrícolas en campos de productores del partido de Pergamino, y el costo de reposición asociado a los balances negativos de estos nutrientes.

Los resultados muestran balances negativos para ambos nutrientes en la mayoría de los establecimientos encuestados. El costo promedio de reposición de ambos nutrientes es de 36,5 u\$/ha, con un máximo de 90,54 u\$/ha y un mínimo de 0 u\$/ha. La magnitud de los balances de nutrientes presenta una alta variabilidad entre empresas, para algunas rotaciones se han estimado balances positivos para ambos nutrientes. Este análisis también permitió ver una correlación positiva entre los balances de nitrógeno y fósforo.

El agrupamiento existente entre los datos analizados (análisis de clúster) diferenció, por un lado, a empresas con balances promedio negativos de nitrógeno y fósforo, mayor superficie operada, menor diversificación productiva y mayor proporción de tierra alquilada y, por otro lado, a empresas con balances

promedio positivos para ambos nutrientes, mayor diversificación productiva, mayor presencia de doble cultivos y menor proporción de tierra alquilada. En las 3 empresas que se seleccionaron para calcular los márgenes brutos de las rotaciones (una de cada grupo del análisis clúster) el costo de reposición de nitrógeno y fósforo, representó entre 12,6% y 2,7% de los márgenes brutos. Estos resultados probablemente indican que para mantener los niveles productivos los productores deberían incrementar los niveles de fertilización en el futuro.

Los resultados de este trabajo presentan algunas diferencias con los balances de nitrógeno y fósforo que reportaron Cabrini y Calcaterra (2009) en un relevamiento a productores de Pergamino en la campaña 2007. En soja los balances de P son relativamente parecidos en los dos estudios, en cambio, los balances de N de este estudio más reciente fueron menos negativos. Esto se debe a que, en base a estudios recientes, en este estudio se consideró que 86% de N exportado en el grano provenía de la fijación biológica, en lugar del 50% que se utilizó en el estudio de Cabrini y Calcaterra (2009). Para maíz los balances fueron mayores en este estudio, debido a que se obtuvo un menor egreso de nitrógeno y fósforo, por menores rendimientos reportados para las campañas evaluadas. Además en las campañas relevadas en este estudio, hubo mayores ingresos de N en gramíneas y de P en todos los cultivos, porque se reportaron mayores dosis de fertilizante. Considerando la posibilidad de futuros incrementos en el uso de fertilizantes en nuestra región es importante realizar un monitoreo continuo de estos indicadores para determinar el riesgo de contaminación por exceso de nutrientes.

Los resultados sugieren que sería importante profundizar este estudio, analizando en particular la relación entre las rotaciones de cultivos, las prácticas de fertilización y la tenencia de la tierra, incluyendo un mayor número de productores y de campañas.

## **Bibliografía**

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.

Beaudoin, N.; Mary, B.; Laurent, F.; Aubrion, G. y Saad, J.K. (2004). "Is the N Balance a Good Indicator of Nitrogen Losses in Arable Systems?". Controlling nitrogen flows and losses, Proc. of the 12th Nitrogen Workshop, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 87-489.

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.

Cabrini, S.M.; Calcaterra, C.P. y Lema, D. (2013). "Costos Ambientales y Eficiencia Productiva en la Producción Agraria del Partido de Pergamino." Revista Iberoamericana de Economía Ecológica 20, 27-43.

Cabrini, S.M. y Calcaterra C.P. (2016). "Modeling Economic-Environmental Decision Making For Agricultural Land Use In Argentinean Pampas" Agricultural Systems 143:183-194.

Carnelos, D.A.; Michel, C.L.; Portela, S.; Jobbágy, E.G.; Jackson, R.B.; Di bella, C.; Panario, D.; Fagúndez, C.; Grion, L.C.; Carreño, L. y Piñeiro, G. (2014). "Variación Espacial y Temporal de las Deposiciones Atmosféricas en Argentina y Uruguay". Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, Piriápolis, Uruguay.

Ciampitti, I.A. y García, F.O. (2008). "Requerimientos Nutricionales Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes Secundarios". IPNI.

Daly, H.E.; Cobb, J.B. y Cobb, C.W. (1989). "For the Common Good: Redirecting the Economy Toward Community, the Environment, and a Sustainable Future. Beacon Press.

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.

Fertilizar Asociación Civil [http://www.fertilizar.org.ar/?page\\_id=468](http://www.fertilizar.org.ar/?page_id=468)

Flores, C.C. y Sarandón, J.J. (2002). "¿Racionalidad Económica vs. Sustentabilidad Ecológica? El Ejemplo del Costo Oculto de la Pérdida de Fertilidad



del Suelo Durante el Proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina.” Revista de la Facultad de Agronomía Universidad de La Plata. 105, 52-67.

García, F.O. y Correndo, A. (2011). “Planillas para el Cálculo de Requerimientos Nutricionales”. IPNI.

García, M.G. y Vázquez, M.E. (2012). “Valoración Económico-Ecológica de la Pérdida de Nutrientes Básicos de los Suelos Santafesinos”. Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica 19, 29-41.

Ghida Daza, C. (2009). “Indicadores Económicos para la Gestión de Empresas Agropecuarias”. Ediciones INTA ISSN 1851-6955 N°11.

Heffer, P. y Prud’homme, M. (2015). “Fertilizer Outlook 2015-2019”. 83rd IFA Annual Conference, Istanbul.

Manchado, J.C. (2010). “La Sustentabilidad en la Agricultura Pampeana: Valoración Económica del Balance de Nutrientes para las Principales Actividades Agropecuarias Extensivas en la Región Centro Sur de la Provincia de Buenos Aires.” XLI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Potrero de los Funes, Argentina.

Oenema, O.; Kross, H. y de Vries, W. (2003). “Approaches and Uncertainties in Nutrient Budgets: Implications for Nutrient Management and Environmental Policies”. European Journal Agronomy 20, 3–16.

Oyhantçabal, G. y Narbondo, I. (2012). “Valorización del Balance de N y P de la Soja en Uruguay”. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica. 19, 54-64.

Parkin, M. y Loria, E. (2010). “Organización de la Producción”. Pág. 10. “Microeconomía Versión para Latinoamérica”. Novena edición. Pearson educación.

Peña, D. (2002) “Análisis de Datos Multivariados”. Pág. 8. “Análisis de conglomerados”. Madrid: Mac Graw Hill.

Portela, S.; Andriulo, A.; Sasal, M.; Mary, B. y Jobbágy, E. (2006). “Fertilizer vs. Organic Matter Contributions to Nitrogen Leaching in Cropping Systems of the Pampas: 15N Application in Field Lysimeters.” Plant and Soil. 289, 265-277.

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.

SIIA Sistema Integrado de Información Agropecuaria. [Http://www.siiia.gov.ar](http://www.siiia.gov.ar)

Vicente, G. y Engler, P. (2008). "Valoración Económica del Balance de Nitrógeno y Fósforo de los Principales Rubros Agrícolas y Pecuarios en la Provincia de Entre Ríos." Ediciones INTA ISSN 0325-8874, No. 51.

Viglizzo, E.F.; Frank, F.C.; Carreño, L.V.; Jobbágy, E.G.; Pereyra, H.; Clatt, J.; Pincén, D. y Ricard, M.F. (2011). "Ecological and Environmental Footprint of 50 Years of Agricultural Expansion in Argentina." *Global Change Biology* 17, 959-973.

Vitousek, P.M.; Naylor, R.; Crews, T.; David, M.B.; Drinkwater, L.E.; Holland, E.; Johnes, J.; Katzenberger, J.; Martinelli, L.A.; Matson, P.A.; Nziguheba, G.; Ojima, C.A.; Palm, C.A.; Robertson, G.P.; Sanchez, P.A.; Townsend, A.R. y Zhang, F. S. (2009). "Nutrient Imbalances in Agricultural Development". *Science*, 324(5934), 1519-1520.

Wingeyer, A.B.; Amado, T.J.; Pérez-Bidegain, M.; Studdert, G.A.; Varela, C.H.P.; Garcia, F.O. y Karlen, D.L. (2015). "Soil Quality Impacts of Current South American Agricultural Practices." *Sustainability*. 7, 2213-2242.

Zazo, F.E.; Flores, C.C. y Sarandon, S.J. (2011). " El "Costo Oculto" del Deterioro del Suelo Durante el Proceso de "Sojización" en la Región de Arrecifes, Argentina". *Revista Brasileira de Agroecología* 6, 3-20.