



---

**1. Aspectos económicos de la fertilización****1.1. Evolución de la campaña gruesa**

Podemos decir que hay un “antes y un después” del anuncio de la reincorporación de las retenciones a los cereales en cuanto al panorama económico y de expectativas en el sector agropecuario. Así, previo a la introducción de los derechos de exportación, es decir durante la “pre-campaña”, las operaciones de compra insumos se desarrollaban con gran expectativa, hecho que queda evidenciado por el boom de ventas de semillas y fertilizantes, consistente con las expectativas de aumento de área implantada. Luego de reintroducción de los derechos de exportación en cereales (en soja los cambios no generaron modificaciones sustantivas en la magnitud de la retención), cambió el contexto, sumando incertidumbre a las decisiones de siembra y de aplicación de tecnología. Asimismo, las retenciones implican una quita importante en la rentabilidad esperada de los cultivos y obligan a reanalizar los modelos productivos y la inversión en tecnologías de procesos e insumos.

Por el lado climático, las perspectivas agroclimáticas indican un “escenario Niño” para la primavera, aspecto que, de cumplirse, es una buena noticia. La zona con mejor condición hídrica es la núcleo (donde ya se inició la implantación del cultivo), mientras que en otras importantes zonas maiceras como en la provincia de Córdoba, persisten condiciones de sequía que están afectando principalmente a los trigos (que están ya encañados) y a la preparación de los lotes de maíz, en donde es importante no solo la humedad en superficie para comenzar las tareas de siembra sino el agua de reserva para encarar la campaña.

En contextos difíciles como el actual es donde los análisis de suelos agregan mayor valor como herramienta de diagnóstico, ya que nos permite conocer la disponibilidad de nutrientes en cada lote y/o ambiente, premisa para evaluar la probabilidad de respuesta a la fertilización. Debemos recordar que la incidencia del costo del muestreo y análisis de suelos es mínima en relación con los presupuestos de fertilización que se deciden en base a ellos.

**1.2. Precios relativos de fertilizantes y granos**

En la Tabla 1 se consignan los precios orientativos de los fertilizantes más comunes (sin IVA).

**Tabla 1.** Precios de fertilizante (U\$/tn)

<b>Fertilizante</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
Urea granulada	467	318	320	440
UAN 32	345	297	257	370
Sol Mix (28N, 5S)	330	255	240	325
FDA	600	485	478	570
FMA	608	478	478	570
SFT	495	450	460	440
SFS	295	250	230	245

Se observa un aumento generalizado de los precios de los fertilizantes en relación a la campaña pasada. Los aumentos medios fueron del 38 y 19% para los fertilizantes nitrogenados y los fosfatos de amonio, respectivamente. El precio del SFT se redujo levemente, mientras que el SFS se incrementó un 6%.

En la Tabla 2 se consignan los precios netos del maíz y de la soja para el momento de cosecha. Se tomó un precio lleno de 150 U\$s para el maíz y de 254 U\$s para la soja, con gastos de cosecha y comercialización de 24 y 16%, respectivamente.

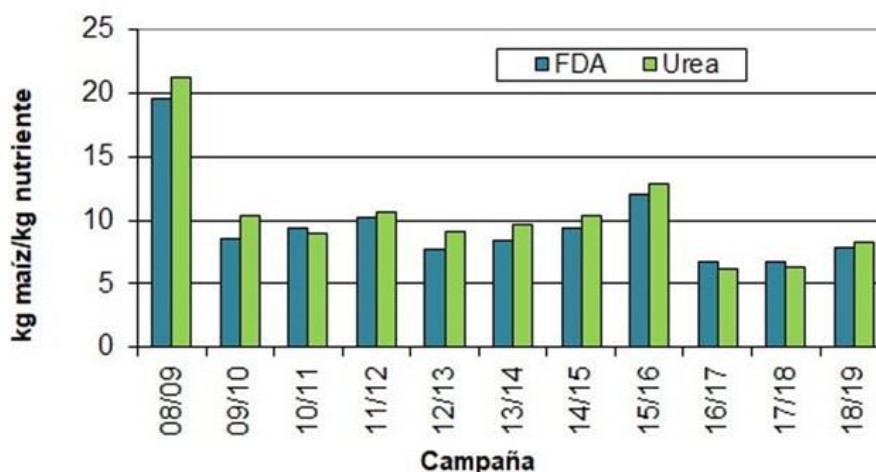
**Tabla 2.** Precios netos de productos a cosecha (U\$/tn)

Producto	2017	2018	2019
Maíz abril	110	108	114
Soja mayo	214	210	213

Los precios netos a cosecha son semejantes en las últimas tres campañas.

Con los datos de las Tablas anteriores se elaboró la Figura 1 y la Tabla 3, donde se presentan los kg de maíz o soja necesarios para pagar 1 kg de nutriente para diferentes fertilizantes.

**Figura 1.** Kilogramos de maíz necesarios para pagar la unidad de nutriente



**Tabla 3.** Kg de producto (grano) para pagar la unidad de nutriente.

Fertilizante	Maíz			Soja		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Urea granulada	6,2	6,3	8,3	-	-	-
UAN	8,6	7,4	10,0	-	-	-
Sol Mix (28N, 5S)	7,0	6,6	8,5	-	-	-
FDA	6,8	6,8	7,8	3,5	3,5	4,2
FMA	6,8	6,9	8,8	3,5	3,5	4,2
SFT	8,8	9,2	8,3	4,5	4,7	4,4
SFS	6,8	6,3	6,4	3,5	3,2	3,4

Se evidencia un desmejoramiento de las relaciones de precios en comparación con la campaña pasada. Esto se debe principalmente al incremento en el precio de los fertilizantes ya que los precios netos de los granos son semejantes. En promedio, el aumento en las relaciones de

precios fue de 32 y 13,5% para los fertilizantes nitrogenados y fosfatos de amonio, respectivamente. En cambio, la relación de precios para el SFT mejoró levemente (se redujo un 10%), mientras que la del SFS fue similar a la de la campaña pasada.

Si consideramos la serie de años presentada en la Figura 1, las relaciones de precios para el maíz se ubicaron dentro de los mejores niveles, y por consiguiente siguen siendo muy atractivas y deberían alentar la inversión en la tecnología de la fertilización.

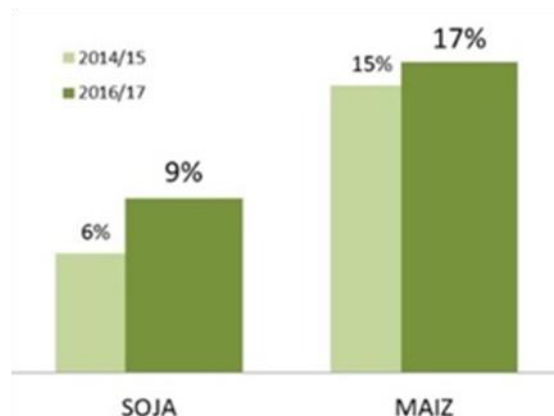
## 2. Aspectos técnicos que ayudan a tomar mejores decisiones

### 2.1. ¿Cómo optimizar la fertilización nitrogenada en maíces de siembra temprana y tardía?

#### 2.1.1. El primer paso es el diagnóstico

El primer paso del manejo sustentable de nitrógeno en maíz es realizar un adecuado diagnóstico de la disponibilidad de nitrógeno disponible a través del correcto muestreo y análisis del suelo. Si bien parece una obviedad, de acuerdo con el ReTAA (Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada de la Bolsa de Cereales) realizado en base a encuestas telefónicas a asesores y referentes regionales, la adopción del muestreo y análisis de suelos es muy reducida a nivel país (Figura 2).

**Figura 2.** Proporción de productores que realizan muestreo de suelos en los cultivos de soja y maíz



Como se puede observar, en el caso del maíz, el 17% de los productores realizaron muestreo de suelos en la campaña 2016/17 a nivel nacional, mientras que en soja el panorama fue aún peor ya que solamente lo hicieron el 9% de los productores. La mejora observada en la proporción de productores que realizaron muestreo de suelos entre las campañas 2014/2015 y 2016/2017 se debió fundamentalmente al cambio de las expectativas económicas derivadas del cambio de gobierno y a las medidas tomadas en aquel entonces.

La escasa utilización del muestreo y análisis de suelos como herramienta de diagnóstico refleja que la mayor parte de los productores definen el presupuesto de fertilización (uno de los principales gastos de implantación del maíz) sin tener en cuenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Para evaluar la disponibilidad de nitrógeno, se recomienda determinar la concentración de nitrógeno de nitratos en el momento de la siembra (en la capa de 0-60 cm).

También es posible, en siembras tempranas de maíz, cuantificar la concentración de nitratos en el suelo (0-20 cm) cuando el maíz tiene 4 o 6 hojas completamente expandidas (V4-6) (Figura 3).

**Figura 3.** Ciclo ontogénico del maíz, indicando los períodos en donde se puede realizar el diagnóstico y la recomendación de fertilización nitrogenada.



Crédito imagen: K-State Unniversity. Nota: la línea punteada verde muestra la “ventana” para realizar el diagnóstico de deficiencias de nitrógeno y la línea punteada roja la “ventana logística” dentro de la cual se puede ingresar con las máquinas fertilizadoras sin complicaciones operativas.

La evaluación de la disponibilidad de nitrógeno en el suelo en V4-6 y/o del estatus nutricional del cultivo mediante el uso de sensores ópticos y/o remotos (e.g. índice de verdor, índices de vegetación) permite analizar la conveniencia o no de realizar una refertilización con nitrógeno. Esto es posible en maíz de siembra temprana cuyo progreso fenológico es más lento que el maíz de siembra tardía, permitiendo realizar el muestreo y definir la recomendación dentro de la “ventana logística” en la cual podemos ingresar con los equipos de fertilización sin dañar el cultivo. La misma se ubica aproximadamente entre V4-6 (momento del muestreo) y V10. Luego de éste último estadio fenológico se dificulta el ingreso a los lotes con los equipos aplicadores.

En planteos de maíz tardío, debido al rápido progreso del desarrollo del cultivo en general no se dispone de tiempo como para evaluar la refertilización en estadios vegetativos. Por ello, es conveniente dedicar el mayor esfuerzo en evaluar el estatus inicial de nitrógeno en el suelo (de igual modo que en planteos de maíz temprano, analizando los nitratos en la capa de 0-60 cm) considerando escenarios de rendimiento objetivo lo más realistas posibles. Una buena parte de los errores en las recomendaciones de fertilización nitrogenada (y de otros nutrientes), derivan de una inadecuada (o inexistente) estimación del rendimiento. Actualmente hay diversas herramientas disponibles, desde el uso de datos de rendimientos históricos propios de los lotes y/o ambientes (curvas de frecuencia acumulada de rendimientos) hasta modelos de simulación agronómica (e.g. MAICERO 2.0) que nos permiten realizar estimaciones de rendimiento a nivel de series de suelos, pudiendo acotar variables claves (e.g. fecha de siembra, disponibilidad hídrica inicial, deficiencias de fósforo y azufre, incidencia de adversidades, entre otras.) que nos permiten mejorar la predicción del rendimiento y consiguientemente definir con mayor exactitud la dosis de nitrógeno.

### 2.1.2. ¿Cuándo y cómo aplicar el nitrógeno?

Una vez definida la dosis de nitrógeno a aplicar (diagnóstico), la optimización de la tecnología de aplicación del nitrógeno es bien diferente entre planteos de maíz temprano o tardío. En fechas de siembra temprana, el cultivo tiene un progreso de desarrollo más lento permitiendo tanto el diagnóstico extendido durante el ciclo (inicial y en estadios vegetativos tempranos), como así también el fraccionamiento de dosis. La decisión de fraccionar la dosis de nitrógeno puede ser adecuada cuando exista incertidumbre sobre la evolución climática y la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de lavado de nitratos y/o desnitrificación. Estos últimos son cada vez más frecuentes en la zona núcleo durante los meses de implantación (septiembre, octubre), y debe ser

considerado en el manejo de la fertilización nitrogenada. Así, es posible fraccionar la dosis de nitrógeno, aplicando una parte en el momento de la siembra y la otra parte en V4-6.

Además de las pérdidas por lavado de nitratos, también se pueden presentar en siembras tempranas pérdidas por volatilización de amoníaco, que si bien son más bajas que en siembras tardías pueden ser significativas en zonas de producción ubicadas en latitudes bajas (más hacia el norte), cuando la temperatura supere 15-20°C y se aplique urea en superficie sobre suelo húmedo.

Por otro lado, en planteos de maíz tardío, el principal mecanismo de pérdida de nitrógeno que reduce la eficiencia de la fertilización nitrogenada es la volatilización de amoníaco, que puede alcanzar hasta el 40% del nitrógeno aplicado en el mes de diciembre. Como se mencionó antes, su incidencia se puede predecir analizando las condiciones predisponentes como temperatura y humedad edáfica. Las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitratos tienen menor incidencia en las fechas de siembra tardía. El cultivo crece activamente y consume el agua edáfica superficial, generando balances hidrológicos negativos y por consiguiente no se registran fenómenos de percolación, aún si ocurrieran lluvias intensas ya que el suelo en superficie tiende a secarse por el uso consuntivo y recargarse con las lluvias. En la Tabla 4 se mencionan algunas recomendaciones prácticas para mejorar la eficiencia agronómica de la aplicación de nitrógeno según la fecha de siembra.

**Tabla 4.** Pautas para seleccionar el fertilizante nitrogenado y determinar los momentos y formas de aplicación de nitrógeno en maíz según la fecha de siembra

	Fecha de siembra temprana	Fecha de siembra tardía
<b>Selección del fertilizante nitrogenado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las fuentes de nitrógeno tienen similar eficiencia y efectividad cuando se las incorpora en el suelo y se las compara a igual dosis de nitrógeno y método de aplicación</li> <li>✓ El agregado de arrancadores (sobre todo portadores de fósforo) mejoran la velocidad y calidad del establecimiento del cultivo</li> <li>✓ Utilizar fuentes de baja volatilización y/o utilizar estabilizadores de nitrógeno cuando hayan condiciones predisponentes (e.g. T°C&gt;15-20°C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las fuentes de nitrógeno tienen similar eficiencia y efectividad cuando se las incorpora al suelo y se las compara a igual dosis de nitrógeno y método de aplicación</li> <li>✓ Evitar aplicar urea sobre la superficie del suelo</li> <li>✓ Priorizar fuentes que no volatilicen (e.g. CAN o similares) o de baja volatilización (e.g. UAN; mezclas de UAN con TSA; urea con inhibidores de la ureasa)</li> </ul>
<b>Momento y forma de aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aplicar el nitrógeno a la siembra cuando el riesgo de lavado/desnitrificación sea bajo</li> <li>✓ Fraccionar dosis entre siembra o VE y V4-6 para mitigar el riesgo de pérdidas por lavado/desnitrificación (sobre todo con dosis altas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aplicar el nitrógeno temprano (previo a siembra o en VE)</li> <li>✓ Procurar la incorporación de la urea ya sea con máquinas incorporadoras y/o riego.</li> <li>✓ Evitar colocar la urea en el momento de la siembra (aún separándola de la semilla puede haber fitotoxicidad)</li> </ul>

Crédito: elaboración propia

### 3. Manejo de nutrientes en contextos de intensificación sustentable

#### 3.1. ¿A qué llamamos intensificación sustentable?

En los últimos tiempos se observa un creciente interés en la intensificación sustentable (o ecológica) de los sistemas de producción agrícola debido a los crecientes problemas que fueron emergiendo como consecuencia de la simplificación de los procesos productivos (e.g. monocultura) y a un enfoque basado principalmente en tecnologías de insumo (e.g. uso del glifosato en la preparación de barbechos). En este contexto, aparece como un “paradigma emergente”, un enfoque de manejo de cultivos basado en la intensificación sustentable. El mismo se basa en considerar de un modo explícito los principios ecológicos del manejo de agrosistemas, a través del aumento de la cantidad y diversidad de cultivos por unidad de tiempo y espacio (biodiversidad). Esta mayor biodiversidad se logra tanto con los cultivos de cosecha (promoviendo las secuencias de cultivos) como así también con “cultivos de servicio” (tradicionalmente llamados “de cobertura”) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Principales beneficios y desafíos de la intensificación sustentable

<b>Beneficios</b>	<b>Desafíos/desventajas</b>
>Rendimiento total	>Demanda de tiempo
> Aporte de carbono	>Capacidad de inversión
> Diversidad de cultivos	>Logística
>Captura de recursos	
>Resultado económico	
< Impacto ambiental	

Crédito: adaptado de Alzueta et al. (2018)

#### 3.2. Los cultivos de servicio y su contribución a la nutrición de los cultivos

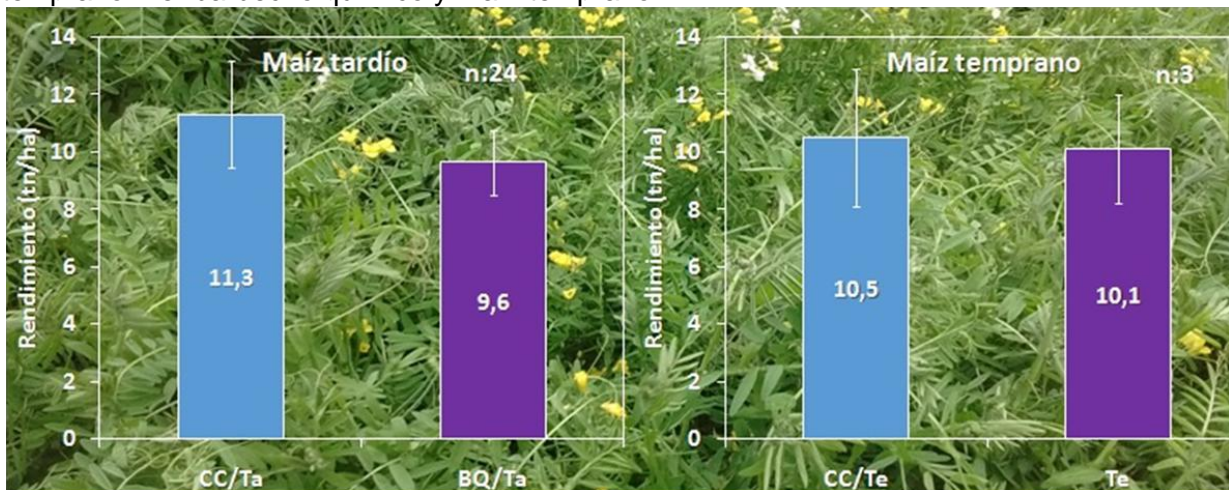
Dentro del manejo de los sistemas agrícolas intensificados, la rotación de cultivos bajo siembra directa, la inclusión de cultivos de servicio (en general gramíneas como antecesor de la soja o fabáceas como antecesor del maíz) y la fertilización balanceada son pilares centrales del paradigma de la intensificación sustentable.

La implementación de esquemas intensificados, cuando se hace correctamente, impacta favorablemente en la productividad y rentabilidad de la empresa. En particular la utilización de los cultivos de servicio aparece como una tecnología disruptiva y de bajo costo para resolver el manejo de malezas resistentes y difíciles, permitiendo ahorros muy considerables en el uso de herbicidas. De acuerdo con Alzueta et al. (2018) la inclusión de los cultivos de servicio generó un ahorro de entre 20 y 50 U\$/ha por el control de malezas logrado y el aporte de nitrógeno de la *Vicia villosa*, entre otros beneficios.

El aporte de nitrógeno de la *Vicia villosa* como antecesor del maíz es un ejemplo interesante de la contribución de los cultivos de servicio a la nutrición de los cultivos de cosecha. Así, Agosti et al. (2018) en estudios realizados en el marco de la Chacra Pergamino Colón de Aapresid, observaron aumentos de 30-40% en la disponibilidad de nitrógeno en el momento de la siembra del maíz en diciembre en comparación al barbecho químico invernal en experimentos realizados en lotes de productores en la localidad de Uranga (provincia de Santa Fe). Asimismo, los autores reportaron que cuando la *Vicia villosa* alcanzó 5 ton de MS/ha, el aporte de nitrógeno permitió cubrir el requerimiento de nitrógeno de maíces de alta productividad.

De acuerdo con evaluaciones a campo realizadas en la Chacra Bragado Chivilcoy de Aapresid, la *Vicia villosa* como antecesor aumenta consistentemente el rendimiento del maíz, principalmente en siembras tardías (Figura 4).

**Figura 4.** Impacto de la inclusión de *Vicia villosa* como cultivo de servicio antecesor a maíz de siembra tardía y temprana. Crédito: Alzueta et al. (2018). Nota: CC/Ta=cultivo de cobertura con maíz tardío. BQ/Ta=barbecho químico y maíz tardío. CC/Te=cultivo de cobertura con maíz temprano. Te=barbecho químico y maíz temprano.



El aumento del rendimiento del maíz con antecesor *Vicia villosa* se debe a la transferencia de nitrógeno que hace el cultivo de servicio, a partir de la fijación biológica y la posterior mineralización del nitrógeno desde la biomasa durante el ciclo de maíz. El mayor impacto de la inclusión de la *Vicia villosa* en planteos de maíz tardío se debe a que la fecha de siembra más tardía permite a la *Vicia villosa* explorar una estación de crecimiento más prolongada, alcanzar mayores niveles de producción de materia seca y en definitiva fijar más nitrógeno que es transferido al maíz.