



# PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DE USO DE LOS INSUMOS Y LOS RECURSOS

Ing. Agr. (PhD) Andrés Berger  
Programa Nacional Cultivos de Secano

Los cultivos de invierno, y fundamentalmente los cereales (trigo y cebada), han atravesado en estos últimos años momentos difíciles, de baja rentabilidad y complicaciones a nivel productivo. Esto se refleja claramente en las expectativas de los productores, en el área de siembra, en el rendimiento promedio nacional y en otros indicadores de margen económico del cultivo (FUCREA, DIEA-MGAP). A pesar de esto, la relevancia de los cultivos de invierno en el sistema productivo es alta, no solo desde el punto de vista ambiental y de cómo se aprovechan los recursos, sino desde el punto de vista económico. El 12 de abril se realizó la clásica jornada de cultivos de invierno organizada por INIA y FUCREA en la cual se analizaron estos temas. En este artículo resumimos brevemente los principales puntos tratados en la presentación correspondiente dentro de la jornada.

## MANEJO DE LOS CULTIVOS Y EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN

Existen normas generales de la agronomía que reflejan cómo se comportan los diferentes factores de producción medidos en su respuesta sobre el cultivo. Las más conocidas son la “ley del mínimo” que indica que el factor con menor disponibilidad relativa (por ejemplo, el nutriente en menor disponibilidad, o el agua) es el que limita el nivel productivo alcanzable, el que nos fija el techo productivo. En la medida que levantamos este factor levantamos el techo, hasta encontrar otro factor limitante. Otra norma relevante es la de “incrementos marginales decrecientes” que indica que en la medida que aumentamos la disponibilidad de un factor (por ejemplo, la disponibilidad de un nutriente, o agua) el rendimiento aumenta, pero más allá de cierto límite

aumenta cada vez en menos cantidad por cada unidad de factor extra.

Una tercera norma básica, y quizá la más relevante en estos tiempos, es la “ley del óptimo”. Esta indica que “todos los factores de producción se utilizan de manera más eficiente cuando están en su óptimo” (Liebscher, 1985; deWitt, 1992), reflejando la interdependencia que existe entre los diferentes factores de producción. Manejar un factor, por ejemplo el agua, en su nivel óptimo permite que el cultivo se desarrolle y utilice los demás factores de manera más eficiente. Por ejemplo, que utilice la radiación solar de manera más eficiente. Lo mismo se podría decir de las propiedades del suelo, manejar la fertilidad del suelo en niveles óptimos permite hacer un uso más eficiente del agua, de la radiación solar y de los mismos nutrientes. Mayor eficiencia se traduce, en definitiva, cuando se trata de factores cuya restricción se levanta mediante el uso de insumos, en mayor rendimiento por unidad de insumo, y por lo tanto en menor costo de producción. La conclusión directa es que los cultivos “bien manejados” (manejados en su óptimo) tienen menor costo por unidad de producto. En los hechos el nivel de producción y la eficiencia productiva determinan la competitividad del sistema productivo cuando este se compara en igualdad de condiciones con otras regiones de mayor productividad.

Si bien estos son conceptos muy generales, su validez es muy contundente. Es importante entonces identificar cual es, en el caso de los cultivos de invierno, su potencial para analizar si existe la oportunidad de hacer un uso más eficiente de los recursos en nuestro ambiente productivo. Como ya se ha mostrado en varias oportunidades (Berger, 2014; Berger *et al.*, 2017) existe una brecha importante entre el rendimiento a nivel experimental de los cultivos de invierno y el rendimiento promedio nacional. Para el caso del trigo, el rendimiento potencial es cercano a los 9.000-10.000 kg/ha, con un promedio para los 5 mejores cultivares de la evaluación de cultivares INIA-INASE (Castro *et al.*, 2017) cercano a los 6.000 kg/ha, y un promedio a nivel nacional cercano a los 3.500 kg/ha. Las causas de esta brecha pueden ser varias, y están asociadas al manejo de los cultivos: manejo de nutrientes, selección de la rotación de cultivos y su efecto sobre la calidad del suelo, elección de la fecha de siembra y otras prácticas de manejo del cultivo.

### **EL SISTEMA PRODUCTIVO ENFRENTA (AL MENOS) DOS GRANDES GRUPOS DE PROBLEMAS**

Una visión amplia del sistema productivo utilizando el enfoque de análisis mencionado anteriormente indica que el sistema de agricultura continua en siembra directa en Uruguay presenta problemas que se pueden agrupar en dos grandes grupos: 1) de utilización de los recursos y 2) de reposición y extracción. Esta es una clasificación que, si bien es arbitraria, nos permite organizar el análisis de los problemas existentes.



Los temas asociados a la utilización de los recursos refieren principalmente a cómo nuestro sistema productivo utiliza la radiación solar y el agua disponibles durante el año a través de los diferentes cultivos en la rotación. Los problemas que en mayor o menor medida podemos asociar son los vinculados a: i) el balance de carbono del suelo; ii) la mayor ocurrencia de problemas de manejo de malezas; iii) la baja productividad del sistema y pérdida progresiva de productividad (rendimientos estancados o decrecientes y degradación de recursos).

El balance de carbono del suelo está directamente afectado por las ganancias de carbono, esto es por la productividad del sistema, y por lo tanto dado que la oferta de radiación solar y agua están dadas, por cómo hacemos un uso más eficiente de ellas. El reducir los momentos en que no hay cultivos creciendo, y aumentar la cobertura por parte de los cultivos (mayor intercepción de luz), deriva directamente en una mayor eficiencia de uso de la radiación solar. También existen aumentos cuando los cultivos están creciendo sin restricciones nutricionales o sanitarias. Como resultado, los sistemas que promuevan el crecimiento de cultivos de invierno y verano productivos mantendrán más fácilmente un adecuado balance de carbono, con mayor cantidad de carbono acumulado en el suelo. Este a su vez impacta tanto en las propiedades físicas del suelo, como en el ciclo de nutrientes asociados a la degradación de la parte más lábil de ese carbono del suelo, por ejemplo nitrógeno y azufre. El sistema productivo, la intensidad de uso, la eficiencia de uso de los recursos tienen un efecto en la productividad de los cultivos, ya sea en forma directa o indirecta, y tienen un efecto en cómo





debemos ajustar el manejo para suplir, por ejemplo, las necesidades de nutrientes como nitrógeno y azufre en un contexto de cultivares con mayor potencial de rendimiento y costos altos.

El segundo grupo de problemas hace referencia a los problemas de extracción-reposición, que se caracterizan por tener un stock (en nuestro caso el suelo), una constante extracción y una fuente de reposición de lo extraído. El fósforo (P) y el potasio (K) son ejemplos que se podrían enmarcar en este esquema. La situación del P es diferente a la de K ya que el stock es muy bajo naturalmente (el de K es alto), por lo que la reposición es necesaria para alcanzar niveles de suficiencia del cultivo desde el inicio. En el caso del K comenzaron a surgir situaciones de deficiencia una vez que se agotan las reservas del stock, fundamentalmente de la mano de la soja que tiene una concentración de K en el grano relativamente alta (15 kg K extraídos cada 1.000 kg de grano).

Estos problemas son perdurables en el mediano plazo y solucionables en la práctica mediante fertilización con P o K. Lo que es sumamente importante de tener en cuenta es el hecho de que, como estos problemas surgieron por la extracción, aquellas zonas de la chacra que típicamente tienen rendimientos más altos probablemente presenten más deficiencia y requieran mayor reposición que aquellas zonas de la chacra donde regularmente se obtienen rendimientos más bajos. El muestreo por zonas o en puntos de control georeferenciados, y fertilizar por zonas o en forma variable es la única forma de diagnosticar y corregir correctamente este problema. Adicionalmente, es importante tener en cuenta la extracción que año a año se va realizando con los cultivos.

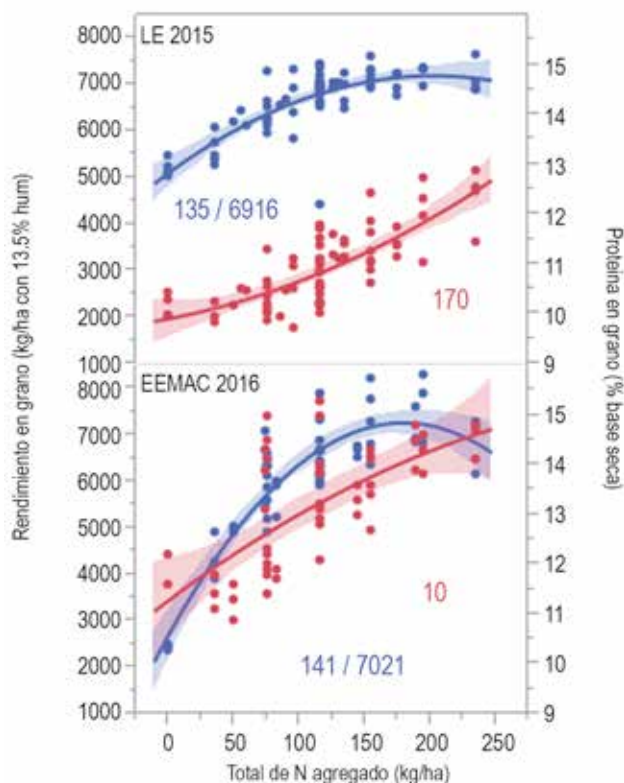
### ¿CÓMO ENFRENTAMOS LA ZAFRA 2018?

El diagnóstico actual sobre las principales limitantes que enfrentan los cereales de invierno apunta a que, en situaciones en las que no ocurren limitantes físicas en

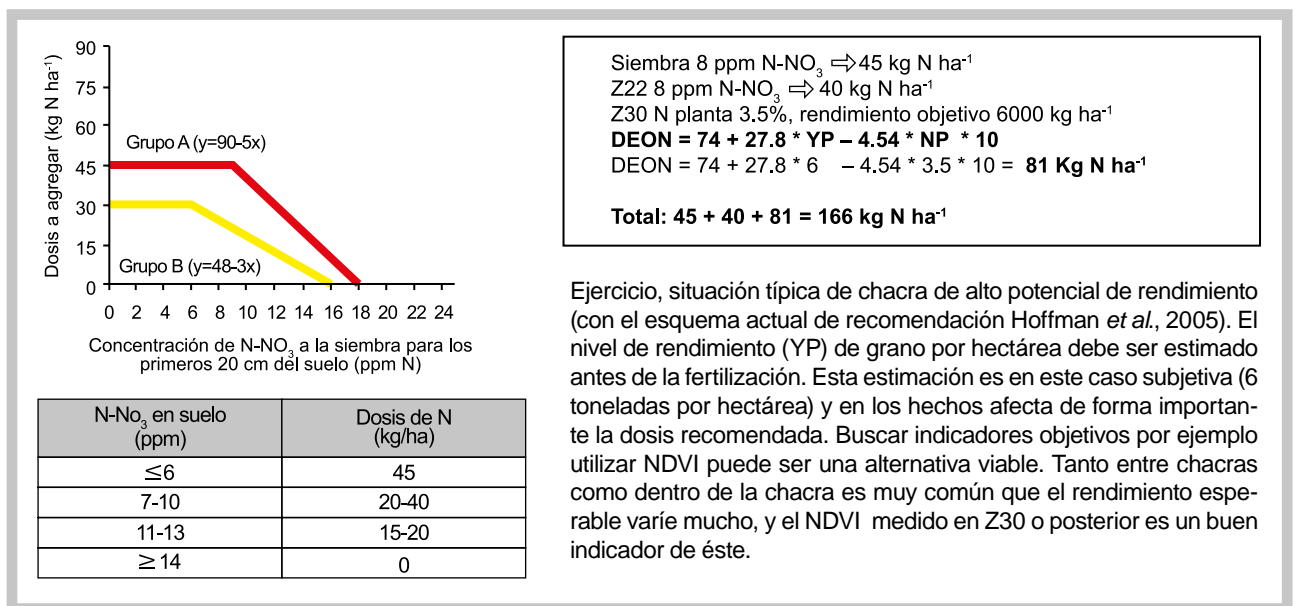
el suelo para el crecimiento vegetal, la segunda limitante más relevante está asociada al balance entre la oferta de nitrógeno (suelo + fertilizante) y la demanda del cultivo (Ernst *et al.*, 2016, Berger *et al.*, 2017). En este sentido hemos estado trabajando en la búsqueda de indicadores de estado nutricional, rendimiento esperable de los cultivos y respuesta al agregado de nitrógeno.

En experimentos llevados adelante en dos campos experimentales (EEMAC, Paysandú y La Estanzuela, Colonia) se estableció que la dosis óptima estuvo en el rango 120-240 kg N/ha, con un promedio de 151 kg N/ha. Estas dosis son mayores a las típicamente utilizadas a nivel productivo, y sus correspondientes rendimientos también son superiores, marcando nuevamente la existencia de una brecha entre rendimiento alcanzable y el rendimiento actual obtenido por los productores.

El otro punto relevante está asociado a la respuesta del contenido de proteína, que a nivel productivo ha sido en los últimos años recurrentemente baja en muchas situaciones. El contenido de proteína en grano aumenta en la medida que alcanzamos los niveles de fertilización que se aproximan a la dosis óptima. Claramente valores bajos de proteína en grano son un indicador de deficiencia de nitrógeno y son un buen diagnóstico a cosecha de si hubiera sido necesaria más o menos



**Figura 1** - Respuesta al agregado de nitrógeno en productividad y proteína en grano.



**Figura 2** - Ejercicio para recomendación de fertilización nitrogenada.

fertilización con nitrógeno en esa chacra. Un ejercicio rápido, utilizando las herramientas de diagnóstico de fertilización disponibles arriban a valores similares de necesidades de fertilización.

Aunque hay dos consideraciones: 1) el esquema de refertilización actual si bien es conceptualmente válido para los rangos de rendimientos altos que esperamos, fue ajustado con rendimientos más bajos; 2) la estimación de rendimiento esperado es notoriamente subjetiva. En este último punto se debe trabajar más, considerando que existe una muy buena oportunidad para, sobre el final del macollaje (Zadoks30), evaluar el rendimiento esperable y ajustar la dosis a aplicar de nitrógeno en función de esto. El NDVI es un muy buen indicador para lograr este objetivo y realizar fertilización variable de nitrógeno en función del rendimiento esperable de cada chacra o parte de la chacra.

## RESUMEN

- Todos los insumos son utilizados de manera más eficiente cuando se utilizan en su nivel óptimo.
- Existe una brecha importante de rendimiento ⇒ oportunidad para aumento de rendimiento.
- El sistema actual tiene (al menos) dos grandes grupos de problemas: de utilización de recursos y de extracción-reposición.
- La mayor utilización de los recursos se obtiene con cultivos de invierno + verano productivos y esto es crítico para mantener sistemas sostenibles.
- Cada parte de la chacra es una realidad diferente. La extracción de P y K no es uniforme.

- Para lograr rendimiento y proteína debemos ajustar las dosis de N en todos los momentos, pero fundamentalmente sobre el final del ciclo (encañazon).

- Para mantener cultivos productivos será cada vez más necesario fijar metas y diagnosticar los cultivos y el suelo ⇒ más información, integración de la información ⇒ Datos y Modelos de decisión

## REFERENCIAS

Berger AG, Gaso DV, Calistro R, Morales MX. 2014. Limitantes ambientales y potencial de rendimiento de trigo en Uruguay. Seminario Internacional 1914-2014: Un siglo de mejoramiento de trigo en La Estanzuela: un valioso legado para el futuro. INIA La Estanzuela, Colonia., INIA, p.33.

Berger AG; Hoffman EM, Fassana NC. 2017. Nuevas herramientas para el diagnóstico y gestión de la nutrición nitrogenada del cultivo de trigo. En: Ribeiro A, Silva H [Eds.]. V Simposio Nacional de Agricultura. Paysandú, Editorial Hemisferio Sur, p.213-223.

Castro, M. 1992-2017. Resultados experimentales de la Evaluación Nacional de Cultivos de Trigo. Informes INASE-INIA, INIA La Estanzuela.

de Wit CT. 1992. Resource use efficiency in agriculture. *Agricultural Systems*, 40(1): 125-151.

Ernst OR, Kemanian AR, Mazzilli SR, Cadenazzi M, Dogliotti S. 2016. Depressed attainable wheat yields under continuous annual no-till agriculture suggest declining soil productivity. *Field Crops Research* 186:107-116.

La versión completa de la presentación realizada en la jornada se encuentra disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=chrV11NRD7Q>