



Foto: Sebastian Bogliacino

Campo experimental, INIA La Estanzuela 2020.

# RENDIMIENTO Y PROTEÍNA EN CEREALES EN LA ZAFRA DE INVIERNO 2020: las particularidades del año y cómo considerarlas en el futuro

Ing. Agr. PhD Andrés Berger<sup>1\*</sup>, QF.PhD. Daniel Vázquez<sup>1</sup>,  
Com. Asesores Agr. Ganaderos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Investigación en Cultivos de Secano

<sup>2</sup>Comisión de Asesores Agrícola - Ganaderos de FUCREA

Los cereales de invierno encuentran nuevas oportunidades de desarrollo, de la mano de la genética y el manejo. En base a la experiencia de la zafra 2020, INIA junto a FUCREA analizan los buenos resultados alcanzados y las posibilidades de capitalizarlos haciendo foco en el manejo de la nutrición nitrogenada.

La zafra 2020 se caracterizó, sobre todo, por un nivel de rendimiento en los cereales de invierno que fue récord histórico y que marcó un quiebre en la tendencia de aumento anual de rendimiento para estos cultivos. Los datos de la encuesta Primavera 2020 de DIEA-MGAP (DIEA-MGAP, 2021) indican un rendimiento promedio para trigo de 4181 kg/ha y para cebada de 4791 kg/ha, esto representa 758 y 1457 kg/ha por

encima de la tendencia de incremento anual promedio de la serie histórica para el caso del trigo y cebada respectivamente, e incluso superior al máximo esperable de la tendencia para 2020, marcando un cambio muy relevante en términos históricos (el 95% del intervalo de confianza para el rendimiento proyectado de trigo y cebada en la zafra 2020 era de 4329 y 4368 kg/ha respectivamente).

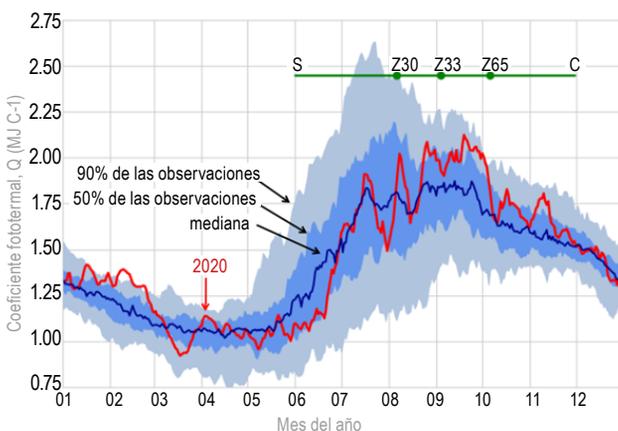
\* [abberger@inia.org.uy](mailto:abberger@inia.org.uy)

Este aumento, probablemente, se debió a las condiciones climáticas favorables del año, pero también a otros factores que han permitido capitalizar en mayores rendimientos las buenas condiciones climáticas que si bien fueron favorables no escapan a la tendencia histórica.

### CARACTERÍSTICAS QUE HICIERON DE 2020 UN BUEN AÑO PARA LOS CEREALES DE INVIERNO

El rendimiento de los cereales de invierno en Uruguay se ve afectado tanto por las condiciones de exceso hídrico en los meses de la primavera como por el déficit hídrico en la primavera tardía y estos factores modulan normalmente el rendimiento del cultivo (Rubio, 2017). Independientemente, las condiciones del año, y particularmente el balance entre temperatura y cantidad de radiación solar disponible (coeficiente fototermal, Q) afecta de manera importante el rendimiento (Fischer, 1985, Miralles, 2004 entre otros).

El año 2020 se caracterizó por tener durante el período de encañazón niveles muy altos de Q, superiores o iguales al percentil 75 de la serie histórica, lo que en probabilidades significa que esto ocurre una vez cada cuatro años o menos. Lo mismo sucedió durante el llenado de grano. Está ampliamente reportado que valores altos de Q durante el período crítico (desde 20 días antes de Z65 hasta 10 días después) y durante el llenado de grano afectan de manera importante el número de granos por metro cuadrado y el peso final de los granos, y por lo tanto el rendimiento.



**Figura 1** - Evolución del índice fototermal durante 2020 y su comparación con la serie histórica para la localidad de La Estanzuela (1983-2020).



Foto: Damian Janavel

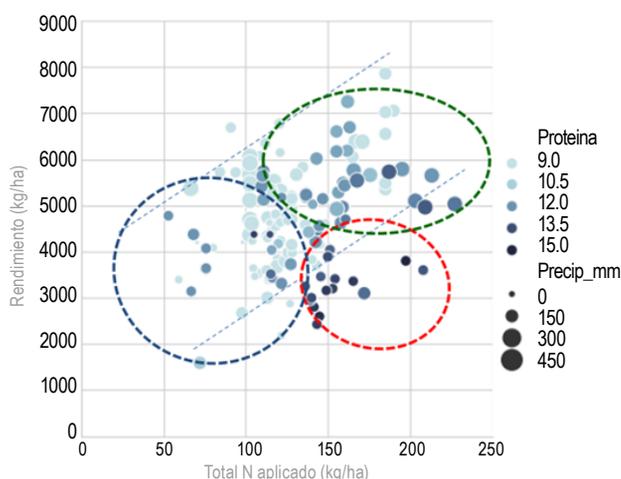
**Figura 2** - Granos en formación durante las primeras etapas del llenado de granos. Las fechas de siembra tempranas y la buena nutrición nitrogenada posibilitan que cultivares de alta fertilidad de espiga expresen su potencial.

Desde el punto de vista de las precipitaciones, el 2020 fue un año más bien seco en todo el territorio, con zonas restringidas a los departamentos de Río Negro y Paysandú en los que el déficit hídrico se acentuó hacia el final de la primavera posiblemente afectando el llenado de grano y el rendimiento en estas regiones (Hoffman, 2021).

### EL REFLEJO DE UN BUEN AÑO EN LOS DATOS A NIVEL DE CHACRA

El rendimiento de trigo y cebada obtenido por los productores de FUCREA también en este año marcó un aumento importante respecto a la tendencia (4537 y 4785 kg/ha para trigo y cebada respectivamente) (Mosca, 2021). En el caso de cebada el rendimiento promedio de FUCREA fue similar al reportado por DIEA-MGAP, mientras que en trigo fue superior, en ambos casos marcando una tendencia de cambio importante con respecto a la trayectoria de aumento histórico.

Las condiciones del año, y particularmente el balance entre temperatura y cantidad de radiación solar disponible (coeficiente fototermal, Q) afecta de manera importante el rendimiento. El año 2020 presentó niveles muy altos de Q, tanto durante encañazón como durante llenado de grano.



**Figura 3** - Rendimiento de trigo en función de la cantidad de nitrógeno aplicado para chacras que contaban con datos de precipitación. El tamaño de los círculos varía según la precipitación acumulada en agosto-octubre y su color indica el contenido de proteína.

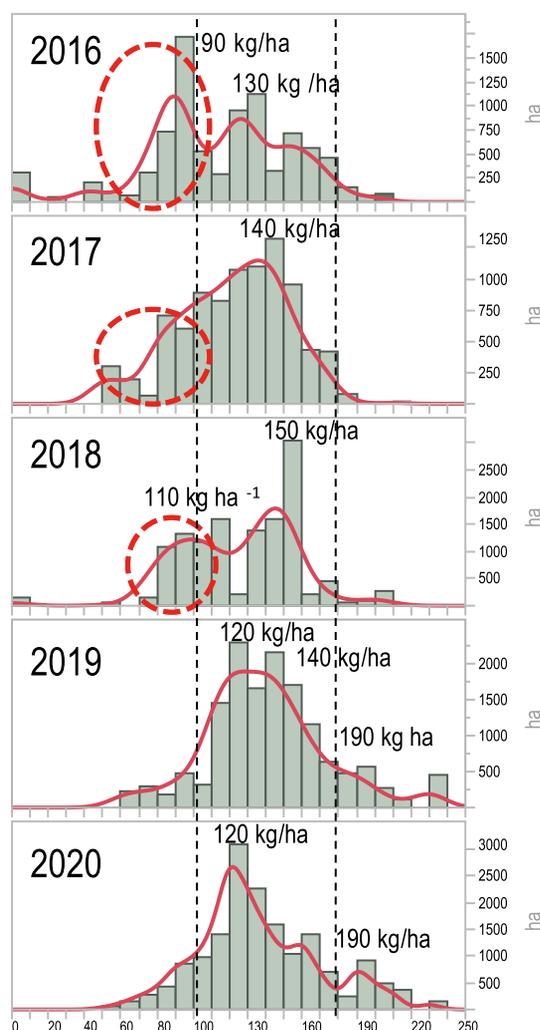
En los cereales de invierno, la disponibilidad de nitrógeno es el factor más determinante del rendimiento del cultivo dentro de cada zafra; así lo indican los datos de FUCREA durante los últimos años presentados en el análisis de resultado físico en los que el factor nitrógeno particiona la variabilidad de rendimiento en forma significativa, como también los datos a nivel experimental.

El 2020 tampoco fue la excepción, y como se muestra en la Figura 3 para chacras de FUCREA, existe una tendencia a rendimientos crecientes en la medida que aumenta la cantidad de nitrógeno aplicado.

En la figura se podrían identificar tres zonas:  
 1) Los sitios marcados con rojo, que son situaciones en las que la precipitación fue baja, probablemente el estrés hídrico alto, el rendimiento probablemente se comprometió y el nivel de proteína resultante fue alto.  
 2) Los sitios marcados con azul, que tenían dosis de

nitrógeno aplicado bajas y por lo tanto probablemente un rendimiento definido menor, para los cuales si es que ocurrió estrés hídrico este no resultó en un nivel de proteína alto; y 3) Los sitios marcados con verde para los cuales la dosis de nitrógeno permitía rendimientos altos, los que se concretaron y el contenido de proteína estuvo en valores aceptables. Estas últimas situaciones de rendimientos altos asociados a dosis de aplicación de nitrógeno altas ocurrieron con mucha más frecuencia en 2020 que en años anteriores. Estas nuevas situaciones de alto rendimiento, más un aumento general del rendimiento asociado a las condiciones climáticas favorables, más que compensan el efecto de la sequía en una proporción del área sobre el rendimiento promedio, y explican el cambio en tendencia de rendimiento en la serie histórica.

Si se analiza la distribución de las dosis de nitrógeno aplicadas en las chacras de FUCREA en los últimos años, se observan cambios importantes a través del tiempo (Figura 4).



**Figura 4** - Distribución de las dosis de nitrógeno aplicada (kg/ha) en chacras de FUCREA para los años 2016-2020.

En los hechos, un buen indicador de dosis de nitrógeno limitantes para el rendimiento, es un contenido de proteína de grano bajo ya que este depende del balance entre el nitrógeno disponible para el cultivo (fertilizante + mineralización) y el rendimiento concretado.

dosis de nitrógeno a aplicar se aproximen a los valores mayores de la distribución (Figura 4) para permitir concretar rendimientos altos con calidad aceptable, lo cual es una práctica de manejo recomendable y segura desde el punto de vista productivo y ambiental.

Obviamente, el solo hecho de aumentar las dosis de nitrógeno aplicado no implica un aumento de rendimiento, pero en la medida que este nutriente sea limitante y que las condiciones de cultivo (cultivares y otras prácticas de manejo) posibilitan obtener rendimientos altos, el aumento de las dosis de nitrógeno permitirá concretarlos finalmente. En los hechos, un buen indicador de dosis de nitrógeno limitantes para el rendimiento, es un contenido de proteína de grano bajo, ya que este depende del balance entre el nitrógeno disponible para el cultivo (fertilizante + mineralización) y el rendimiento concretado.

### MANEJO DE LA NUTRICIÓN NITROGENADA ANTE UN NUEVO ESCENARIO DE MAYOR RENDIMIENTO ALCANZABLE

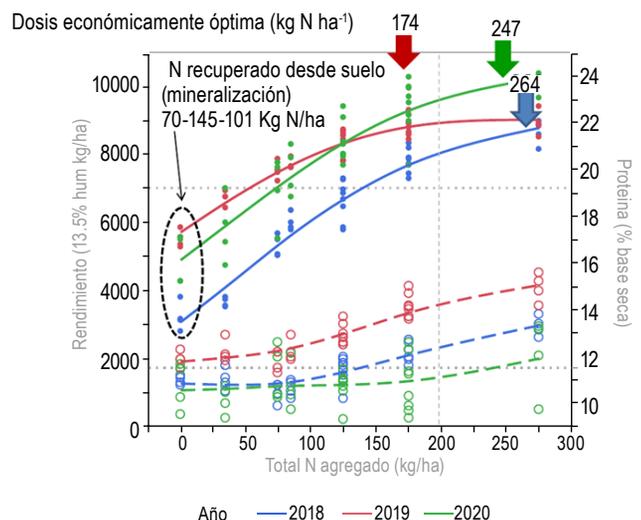
Lo más significativo, por su efecto sobre el rendimiento, es la reducción en la frecuencia de chacras que reciben dosis bajas de nitrógeno, lo cual se observa claramente al ver el número de chacras que reciben menos de 100 kg/ha. Este es el cambio más significativo desde el punto de vista del rendimiento, porque a esos niveles de dosis-rendimiento el aumento de rendimiento por cada kg extra de nitrógeno aplicado es mucho más alto; es la zona de “alta respuesta” de la curva de respuesta. También ha ocurrido un aumento gradual a través del tiempo de la dosis promedio aplicada, con una distribución más concentrada entorno a la media (136 kg/ha en 2020).

Estos cambios han sido muy favorables desde el punto de vista productivo, ya que permiten reducir el riesgo y las posibilidades de fracaso del cultivo por bajo rendimiento o calidad. Durante 2019 y 2020 ha aumentado a su vez la frecuencia de chacras que reciben dosis altas de nitrógeno (entorno a 200 kg/ha), lo cual es muy justificable y recomendable si existen otras condiciones de manejo que posibiliten cultivos de muy alto rendimiento (tercer grupo del párrafo anterior y Figura 3).

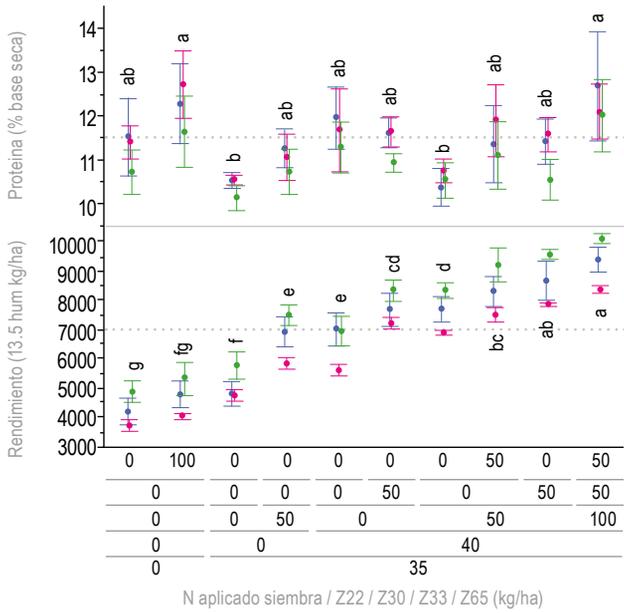
Es esperable, por la forma de la curva de respuesta rendimiento-nitrógeno, que la variación en dosis aplicadas entre los valores medios a altos (ej. 130-200 kg/ha) no afecten de manera tan importante el rendimiento, como lo hace el uso de dosis menores, pero sí tengan un efecto importante sobre el contenido de proteína.

El ajustar la cantidad de nitrógeno a aplicar dentro de este rango permitirá concretar rendimientos medios a altos (dependiendo de la chacra, las condiciones del año, la situación de manejo, la fecha de siembra y los cultivares) con calidad aceptable. En un escenario de cultivos con un manejo más ajustado y cultivares de mayor potencial de rendimiento, es esperable que las

La necesidad de nitrógeno del cultivo depende fundamentalmente de dos factores: el rendimiento esperable del cultivo (demanda), y la cantidad de nitrógeno que aporte el suelo a través de la mineralización de materia orgánica. Los experimentos realizados en La Estanzuela en los últimos años para condiciones de alto potencial de rendimiento (fecha de siembra, cultivares, manejo sanitario, y disponibilidad de otros nutrientes no limitante), indican necesidades muy altas de nitrógeno (dosis económicamente óptima para 2018, 2019 y 2020 de 264, 174 y 247 kg N/ha) (Figura 5).



**Figura 5** - Respuesta del rendimiento y proteína al agregado de nitrógeno en sitios de La Estanzuela para 2018-2020.



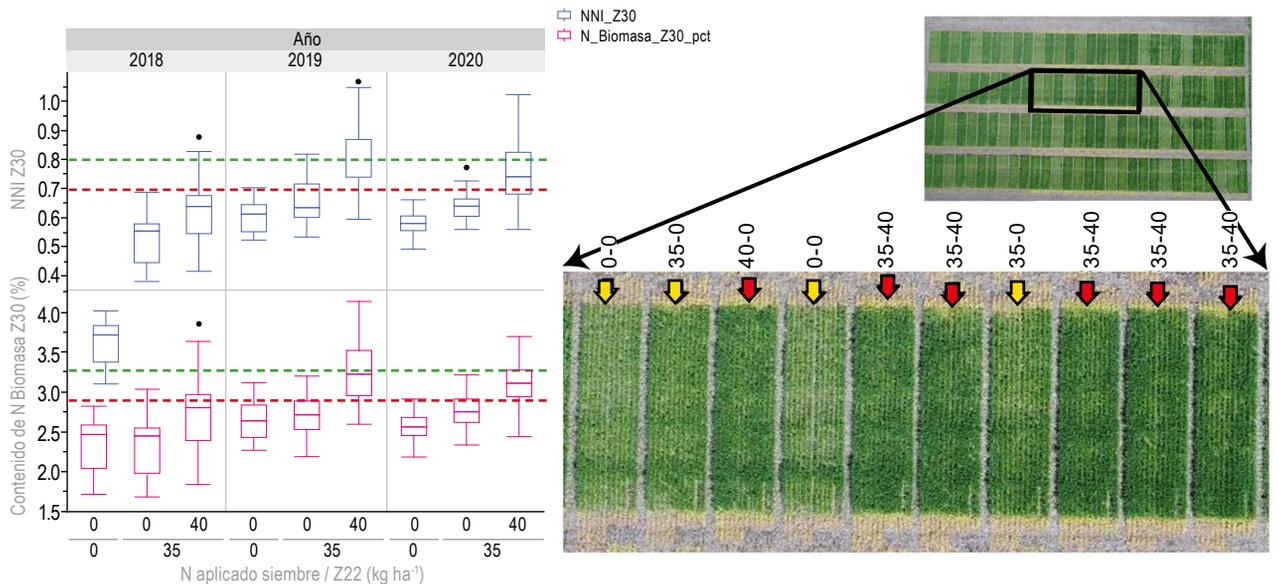
Experimentos realizados en La Estanzuela para condiciones de alto potencial de rendimiento indican necesidades muy altas de nitrógeno asociadas a la alta demanda de estos cultivos. Es importante monitorear y estimar el rendimiento probable del cultivo desde inicios de encañazón.

**Figura 6** - Respuesta del rendimiento y proteína al agregado de nitrógeno en sitios de La Estanzuela 2020 según momento y dosis de aplicación para tres cultivares contrastantes.

En la medida que no se satisfacen los requerimientos del cultivo existe una penalización fuerte tanto en rendimiento como en contenido de proteína. Como muestra la Figura 6 existe una interacción además con el momento de fertilización, siendo las aplicaciones

tardías (posteriores a Z30) las que logran mantener niveles de proteína aceptable a pesar de que el rendimiento ya esté comprometido (déficit nutricional importante) o de que los niveles de rendimiento sean altos (alta demanda).

Si bien la mayor necesidad de nitrógeno ocurre durante la encañazón, en las etapas iniciales cantidades relativamente bajas tienen un impacto relevante sobre el cultivo (Figura 7). En la medida que las necesidades iniciales se cubran de manera correcta es esperable que en Z30 el cultivo muestre una condición nutricional aceptable, y la necesidad de fertilización esté marcada no por el déficit sino mayormente por la demanda futura de nitrógeno.



**Figura 7** - Respuesta inicial (Siembra-Z22) en contenido de nitrógeno en planta en Z30 en La Estanzuela 2020.

## COMENTARIOS FINALES

El 2020 fue un año climáticamente muy favorable que facilitó rendimientos altos, igualmente es razonable pensar que rendimientos altos sean más frecuentes en el futuro dado que hay margen para ello de la mano de nueva genética y manejo más ajustado del cultivo, lo cual representa una oportunidad para el desarrollo del cultivo.

En este contexto la nutrición nitrogenada es clave. Se recomienda en el período siembra-Z22 mantener suficiencia y diferir aplicaciones. Entre Z30-Z65 cuantificar y satisfacer demanda considerando que la nutrición nitrogenada es un proceso dinámico, de balance entre ingresos y salidas de nitrógeno en que la demanda de nitrógeno del cultivo es el factor de

El 2020 fue un año climáticamente muy favorable que facilitó rendimientos altos, igualmente es razonable pensar que rendimientos altos sean más frecuentes en el futuro dado que hay margen para ello de la mano de nueva genética y manejo más ajustado del cultivo, lo que representa una oportunidad para el avance del cultivo.



Foto: Andrés Berger

**Figura 8** - Mantener un cultivo sano y con buena nutrición nitrogenada durante el llenado de granos, permite concretar altas tasas de llenado y rendimientos altos.

mayor magnitud, por lo que es importante evaluar el rendimiento esperable para definir necesidad futura probable de nitrógeno.

El modelo de Z30 (Baethgen, 1992) es válido si se estima correctamente el rendimiento esperable. Este factor es más importante que el contenido de nitrógeno en planta. En condiciones de déficit es importante aplicar en Z30 y no retrasar las aplicaciones. Por otro lado, en años favorables y ante situaciones de alto rendimiento (>6000 kg/ha), es necesario hacer una aplicación posterior en Z33-Z40 para satisfacer la alta demanda y mantener la proteína en grano en niveles aceptables.

## REFERENCIAS

- DIEA-MGAP. 2021. Encuesta Agrícola Primavera 2020. Serie encuestas No 365. Marzo 2021.
- Hoffman E; Fassana N; Franco J; Van den Dorpel M; Akerman A. 2021. Nutrición nitrogenada en cereales de invierno: El nivel de proteína en grano, una variable de ajuste del cultivo que nos alerta. 1 Jornada Nacional de Cultivos de Invierno, 7-8 Marzo 2021.
- Miralles D. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. INTA Rafaela. Información técnica de trigo. Campaña 2004. Publicación Miscelánea N° 101. 7p.
- Mosca, C. 2021. Cultivos de invierno 2020. UNA ZAFRA HISTORICA!. 1 Jornada Nacional de Cultivos de Invierno, 7-8 Marzo 2021.
- Rubio V, García A, Pereyra S. 2017. Impacto de la variabilidad climática en el cultivo de trigo. Revista INIA. 49: 13-16.