

**Guillermo A. García<sup>1</sup>, Ignacio Alzueta<sup>1,2</sup> y Daniel J. Miralles<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Cátedra de Cerealiculturae IFEVA-CONICET, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453 (C1417 DSE), Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

<sup>2</sup> Gerente técnico de desarrollo, Chacra Bragado-Chivilcoy, Aapresid.  
E-mail: garciagu@agro.uba.ar

# Elección de cultivares en trigo y cebada. Análisis de la información disponible para ayudar en la toma de decisiones

La elección del cultivar a sembrar, es una de las decisiones de manejo de mayor impacto y determinación en el rendimiento.

## **Palabras Claves:**

Calidad de grano, Fuentes de información, Redes de ensayos, Potencial de rendimiento.

La calidad en trigo y cebada, junto a la determinación de la fecha, densidad de siembra y elección del cultivar define la estructura del cultivo; que debe ajustarse en función del ambiente a explorar. En este sentido, cabe destacar dos características fundamentales, para su manejo:

- 1) Las decisiones con una alta relación beneficio/costo, ya que –si bien- sembrar una variedad u otra tiene un costo similar, la diferencia en rinde o calidad puede ser muy importante.
- 2) Las decisiones que se toman tempranamente en el planteo productivo, no pudiendo ser corregidas o modificadas a posteriori, dentro de la misma campaña.

Entonces, resulta común preguntarse cuál es el mejor cultivar con el que puedo contar para lograr el objetivo de producción. Maximizar el rendimiento, es el objetivo agrícola primordial.

Sin embargo, asesores y productores de cereales de invierno, consideran cada vez más la calidad de grano a la hora de diseñar su estrategia de producción. Por lo común, esta tendencia se registra en el cultivo de cebada. En particular, en la tipo cervecera, ya que su comercialización se basa en el cumplimiento de estrictos estándares de calidad. De no cumplirse los mismos, el grano es considerado forrajero.

Por el contrario, en trigo, el concepto de calidad de grano, se ha ido incorporando en las últimas campañas. Es un nuevo factor de negociación que puede aumentar la rentabilidad del productor, otorgando mejoras de un 5 a 20% en el precio del grano.

Entonces, teniendo en cuenta tanto el rendimiento como la calidad, este artículo pretende:

- 1) Describir fuentes de información de libre acceso para que asesores y productores tomen decisiones.
- 2) Detallar una metodología simple para analizar esta información, haciendo foco en la productividad de los cultivares disponibles.

- 3) Evaluar, en base a esta fuente de información y análisis, la relación entre el rendimiento y la calidad de grano, tanto de trigo como cebada.

### ***Ahora, ¿dónde obtenemos información sobre la performance de los cultivares?***

Si tenemos como objetivo, maximizar el rendimiento, el primer aspecto a considerar es la potencialidad de un determinado material genético, en el rango de ambientes objetivos. Excepcionalmente, será posible lograr condiciones que permitan expresar todo el potencial genético de un cultivar. Al menos en condiciones de producción; ya que para alcanzar este “techo” de expresión genética, no debería existir otra limitante más que la temperatura y la radiación -incidente propio de la localidad donde será sembrado el cultivo-.

En condiciones de campo, aún en años de clima favorable (poca nubosidad, temperaturas frescas durante el período crítico y llenado de granos), otras limitantes abióticas (deficiencias puntuales de agua o de nutrientes) y bióticas (presencia de plagas, malezas, enfermedades) se restringe ese rendimiento potencial, determinando finalmente un rendimiento “logrado” por el cultivo.

Por lo tanto, medidas de manejo como la elección del cultivar, apuntan a establecer un “techo” de rendimiento mayor, mientras que otras medidas como la fertilización o control de enfermedades, intentan reducir la brecha entre rinde “potencial” y “logrado”.

Por eso, a la hora de tomar cualquier tipo de decisiones, el nivel de información que tenemos, se asocia positivamente con la probabilidad de éxito de la misma. Por lo tanto, para elegir un cultivar es necesario contar con un set de datos suficientemente robustos, que nos permita evaluar como es el comportamiento de un determinado material, en las condiciones agroclimáticas que suponemos estará expuesto en la presente campaña. En este sentido, dos fuentes de información de libre acceso para asesores y productores son los catálogos de materiales de cada semillero y las redes de ensayos comparativos de rendimiento.

Los catálogos de cultivares son una fuente de consulta cotidiana. Se puede dividir en tres aspectos positivos:

- 1) El ciclo del cultivo, que permite determinar si se adapta o no a nuestro ambiente objetivo y cuál debería ser el rango de fechas de siembra.
- 2) Las características agronómicas, que ayudan a definir posteriores prácticas de manejo (nivel de fertilización).
- 3) El comportamiento sanitario, como elemento primordial para diseñar las estrategias de control de enfermedades.

Ahora, estos catálogos no suelen entregar información cuantitativa y comparable sobre el potencial de rendimiento de los materiales, en diferentes regiones productivas. Entonces, para poder establecer la respuesta del rendimiento de los distintos cultivares de trigo y cebada disponible en el mercado local, a un amplio rango de ambientes, una herramienta principal es la posibilidad de analizar bases de datos que contemplen un rango importante de variabilidad, bajo condiciones de manejo similares.

En Argentina, existen redes de ensayos comparativos de rendimiento de varios cultivos. Para los cereales de invierno, se puede utilizar libremente la Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo (RET), coordinada por el INASE ([www.inase.gov.ar](http://www.inase.gov.ar)) y la Red Nacional de Cebada Cervecera (RNCC), del INTA Bordenave, en convenio con la Cámara de la Industria Cervecera Argentina ([www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)). Ambas, tienen como objetivo comparar el rendimiento, la sanidad y la calidad de cultivares comerciales (trigo, cebada), genotipos experimentales (solo cebada), bajo un manejo similar.

En el caso del trigo, por su mayor expansión territorial y variabilidad agroclimática explorada, la red está dividida en 9 subregiones.

En la RET, se utiliza un índice de calidad de trigo (ICT) desarrollado en la Argentina (Miranda y Salomón, 2001; PRONACATRI, 2006), a los efectos de cuantificar y caracterizar los diferentes cultivares en relación a su calidad de grano. Este ICT pondera diferentes variables como el peso hectolitrico, porcentaje de proteína en grano, porcentaje

de gluten húmedo, relación de rendimiento harina/ceniza del grano, fuerza de la masa (W), estabilidad farinográfica y volumen de pan. Luego, en base a este índice, el Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas (CONASE), clasifica a los cultivares de trigo en tres grupos de calidad (GC).

El GC1 corresponde a los cultivares correctores, aptos para panificación industrial. Por su parte, el GC2 incluye a los cultivares para panificación tradicional, aptos para fermentaciones largas, mayores a 8 horas. Por último, el GC 3 nuclea a los cultivares para panificación directa con fermentaciones cortas menores de 8 horas (PRONACATRI, 2006).

Por su parte, en la red de cebada cervecera, se evalúan diferentes aspectos relacionados con la calidad comercial (porcentaje de proteína y calibre), industrial (micro-malteos que permiten caracterizar los cultivares para ser utilizados por la industria cervecera).

Cabe destacar, que la información proveniente de estas redes de ensayos, puede ser utilizada para estimar el potencial de rendimiento y calidad de los materiales comerciales en un determinado ambiente objetivo; basándonos principalmente en la evaluación de la interacción genotipo por ambiente.

### ***En base a estos datos, ¿cómo analizamos la información sobre la performance de los cultivares?***

El rendimiento obtenido o la calidad lograda pueden entenderse como la suma del efecto del genotipo (conjunto de genes que determinan la expresión de un carácter de interés), del ambiente (conjunto de variables no genéticas que influyen sobre la expresión de ese carácter), y de la interacción del genotipo-ambiente, la cual ocurre con frecuencia y es uno de los aspectos más difíciles de interpretar.

Cuando los cultivares son comparados en varios ambientes, el ranking relativo de estos, por lo general difiere; dificulta la elección de un cultivar superior, ya que se debe fundamentalmente a la interacción genotipo-ambiente. Teniendo en cuenta estos aspectos, resulta importante conocer tanto el valor medio del carácter (rendimiento), como la estabilidad o adaptabilidad del mismo a lo largo

de diferentes ambientes. La **Figura 1**, esquematiza una metodología sencilla para evaluar los aspectos antes citados. Si tomamos como ejemplo el rendimiento (es válido para cualquier carácter de interés), los datos provenientes de la red de ensayos comparativos se deben ordenar en una matriz de doble entrada, es decir, rendimiento de cada cultivar en cada ambiente evaluado. Luego, se realiza un análisis de regresión lineal entre el rendimiento individual de cada cultivar y el rendimiento promedio de todos los cultivos evaluados en cada ambiente, conociéndose esta última variable como el “índice ambiental”. El coeficiente de regresión obtenido -coeficiente b- en cada caso es una medida de la estabilidad del cultivar en el rango ambiental analizado. Las medidas del desvío de los datos con respecto a la función de regresión (como por ejemplo, el cuadrado medio del error, el intervalo de confianza o el coeficiente de determinación) deben ser consideradas para mejorar la predictibilidad del análisis y la extrapolación de los datos.

Los cultivos “ideales” a ser elegidos en función de lo detallado en la **Figura 1**, suelen ser aquellos que se ubican en el cuadrante derecho inferior de la Figura que describe la relación entre el coeficiente “b” y el rendimiento promedio. Es decir, aquellos cultivos que tienen un alto rendimiento promedio y un valor de “b” menor a 1 (estables).

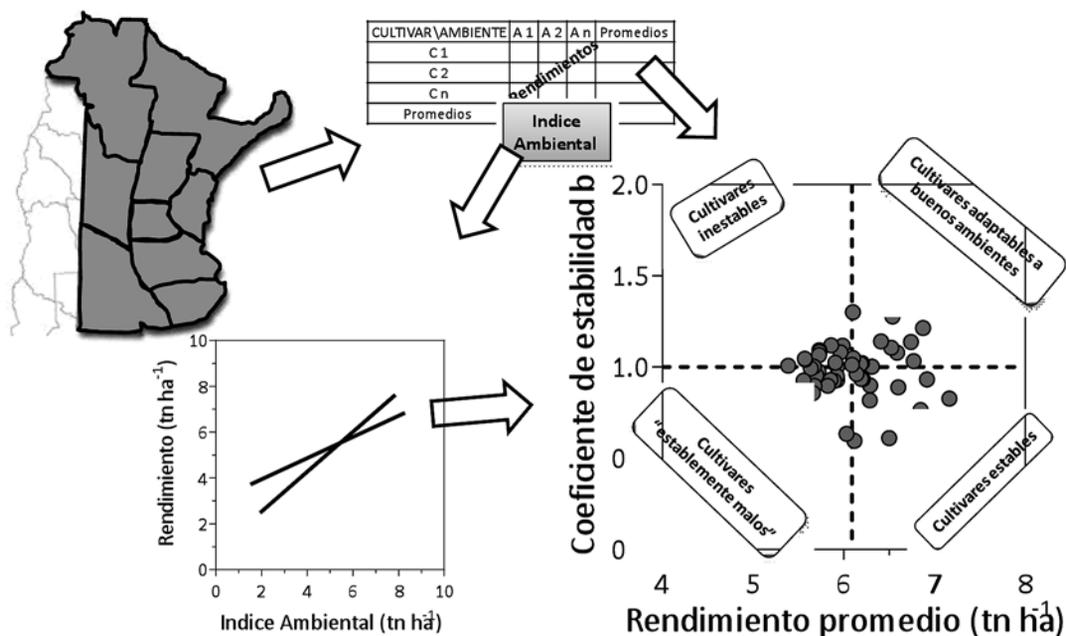
**Ensayos comparativos en trigo y cebada. Ejemplificación de metodologías de rendimiento.**

A fin de involucrar cultivos actuales utilizados en el mercado, se tomaron datos de las últimas campañas disponibles al momento de realizar el análisis, tanto en la red de trigo como en la de cebada.

Estas campañas fueron la 2013/14 y 2014/15. Se utilizaron solo datos de ensayos con aplicación de fungicida, ya que no se tuvo como objetivo comparar el perfil sanitario de los

Figura 1

**Esquema de la metodología empleada para analizar la potencialidad y estabilidad del rendimiento (o cualquier carácter de interés) de un cultivar a través de diferentes ambientes. Según los gráficos:** El coeficiente b en función del rendimiento medio de cada cultivar en todos los ambientes evaluados se pueden discriminar cuatro grupos de cultivos: cultivos inestables ( $b > 1$  y rendimiento inferior a la media general), cultivos “establemente malos” ( $b < 1$  y rendimiento inferior a la media general), cultivos estables ( $b < 1$  y rendimiento superior a la media general), y cultivos adaptables a buenos ambientes ( $b > 1$  y rendimiento superior a la media general).



materiales, ni la respuesta del rendimiento a la aplicación de estos agroquímicos. En trigo el análisis se restringió, ya sea por cantidad de datos disponibles, como por importancia productiva a las subregiones II (Centro-Norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y Sudeste de Córdoba) y IV (Sudeste de Buenos Aires). En cebada (cuya red tiene menor extensión y disponibilidad de cultivares), se analizaron los datos de toda la red. Los cultivares de trigo se agruparon (de acuerdo a lo indicado en la RET) en ciclo largo (incluye largo-intermedios) y ciclos cortos (incluye corto-intermedios).

Los de cebada, fueron considerados como de un único ciclo (corto-intermedio si se lo compara con trigo). Para el análisis de rendimiento, en ambos casos, aquellos cultivares con menos de 4 datos (i.e. evaluados en menos

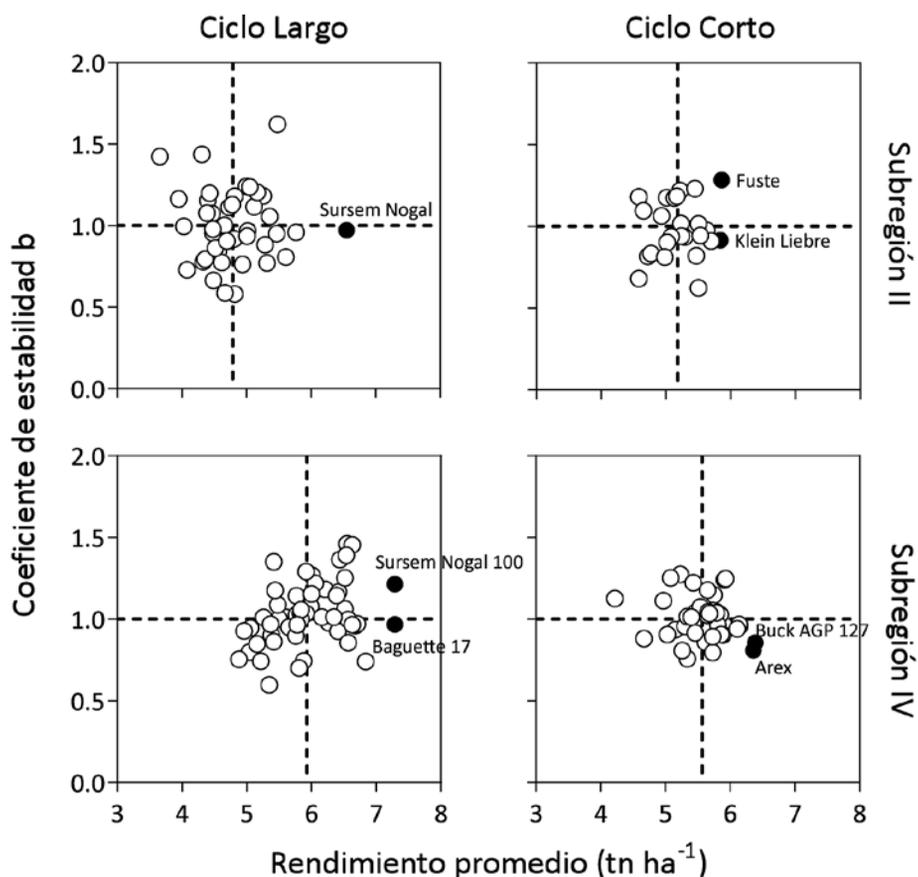
de 4 ambientes) no fueron considerados. En total, se evaluaron 64 y 77 cultivares de trigo en las subregiones II y IV, respectivamente, y 14 cultivares de cebada.

En líneas generales, el rendimiento de la subregión IV, donde los cultivares de ciclo largo tuvieron mejor performance, fue mayor que el de la II, donde los cultivares de ciclo corto tendieron a rendir más (**Figura 2**).

En todos los casos, se pudieron identificar cultivares de alto rendimiento promedio y aceptable estabilidad (i.e.  $b$  cercano a 1). En los casos particulares de ciclo corto para la subregión II y ciclo largo para la IV, se identificaron – además –, materiales “adaptables a buenos ambientes” (i.e. alto rendimiento promedio y  $b$  mayor a 1). En cebada,

Figura 2

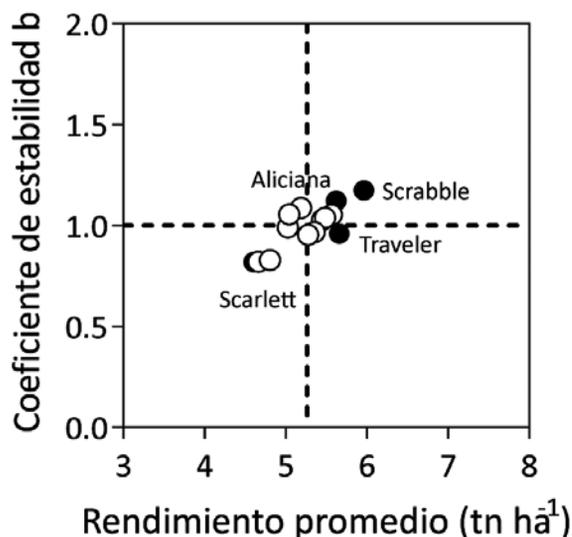
Relación entre el coeficiente de estabilidad  $b$  y el rendimiento promedio de cada cultivar de trigo evaluado, discriminando por ciclo y subregión triguera. La línea punteada vertical indica el rendimiento promedio general y la horizontal  $b=1$ . Se indican (ejemplo) los cultivares con alto rendimiento promedio en este análisis. Datos provenientes de la Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo 2013/14 y 2014/15.



el porfolio varietal es más acotado y el mercado se ha caracterizado por una fuerte participación del cultivar Scarlett. Hoy, este cultivar se encuentra en franca reducción de área, siendo reemplazado por otras variedades liberadas al mercado como Scrabble, Andreia o Traveler. Estas, presentaron un mayor rendimiento promedio respecto de Scarlett, gracias a su adaptabilidad a buenos ambientes ( $b$  mayor a 1) de los dos primeros casos o a la estabilidad ( $b$  cercano a 1) del último cultivar (**Figura 3**).

**Figura 3**

Relación entre el coeficiente de estabilidad  $b$  y el rendimiento promedio de cada cultivar de cebada evaluado. La línea punteada vertical indica el rendimiento promedio general y la horizontal  $b=1$ . Se indican (ejemplo), los cultivares con alto rendimiento promedio en este análisis, y el cultivar Scarlett de amplia difusión en el país. Datos provenientes de la Red Nacional de Cebada Cervecera 2013/14 y 2014/15



### Cultivares de trigo y cebada. ¿Maximizar el rendimiento significa perder calidad?

Un aspecto relevante, actualmente en discusión para la producción de cereales de invierno, pasa por evaluar si los cultivares de cebada y trigo que presentan mayores rendimientos, resignan su calidad comercial e industrial. Si esta relación negativa ocurriese, podría esperarse que

en ambientes de alto potencial, cultivares caracterizados como GC1 (alta calidad) no podrían competir en términos de rendimiento con cultivares de los grupos GC2 y GC3. De este modo, podríamos destacar 2 aspectos:

- 1) Los cultivares del GC1 tienen un menor potencial de rendimiento respecto de los GC2 y GC3.
- 2) No se obtiene una compensación económica por calidad, que equipare la pérdida de rendimiento en términos de rentabilidad. La estrategia podría ser establecer zonas diferenciales de producción.

Por un lado, regiones donde se apunte a obtener altos rendimientos explotando el ambiente favorable; por el otro, zonas donde se promueva el uso de cultivares de menor potencial pero que respondan a GC1, ya que en ambientes más restrictivos, es menos probable lograr mayores rendimientos como los asociados a GC2 y GC3.

Sin embargo, podría existir una marcada interacción genotipo x ambiente en aspectos de calidad (Abbate et al, 2010) que debiliten la relación negativa calidad, rendimiento. En este sentido, las estrategias de producción podrían redirigirse a cultivares de rendimiento y calidad por encima del promedio.

### Redes de ensayos comparativos de trigo y cebada

La cantidad de información disponible sobre aspectos de calidad, es menor a la vinculada con observaciones de rendimiento. En este caso se utilizó solo la campaña 2013/14. El análisis de trigo fue nuevamente focalizado en las subregiones II y IV, evaluándose 45 y 43 cultivares respectivamente.

En el caso de cebada el análisis se separó territorialmente en la subregión Norte y la Sur (límite arbitrario impuesto por la ruta nacional 205), debido al impacto que tiene la temperatura media del llenado de granos (marcadas diferencias latitudinales) sobre la determinación del calibre, uno de los principales parámetros de calidad comercial. En ambas subregiones se evaluaron solo las 8 variedades utilizadas como testigos en la red.

El ICT obtenido se relacionó con el GC asignado, aunque pueden encontrarse ICT similares para cultivares de distinto GC (**Figura 4**).

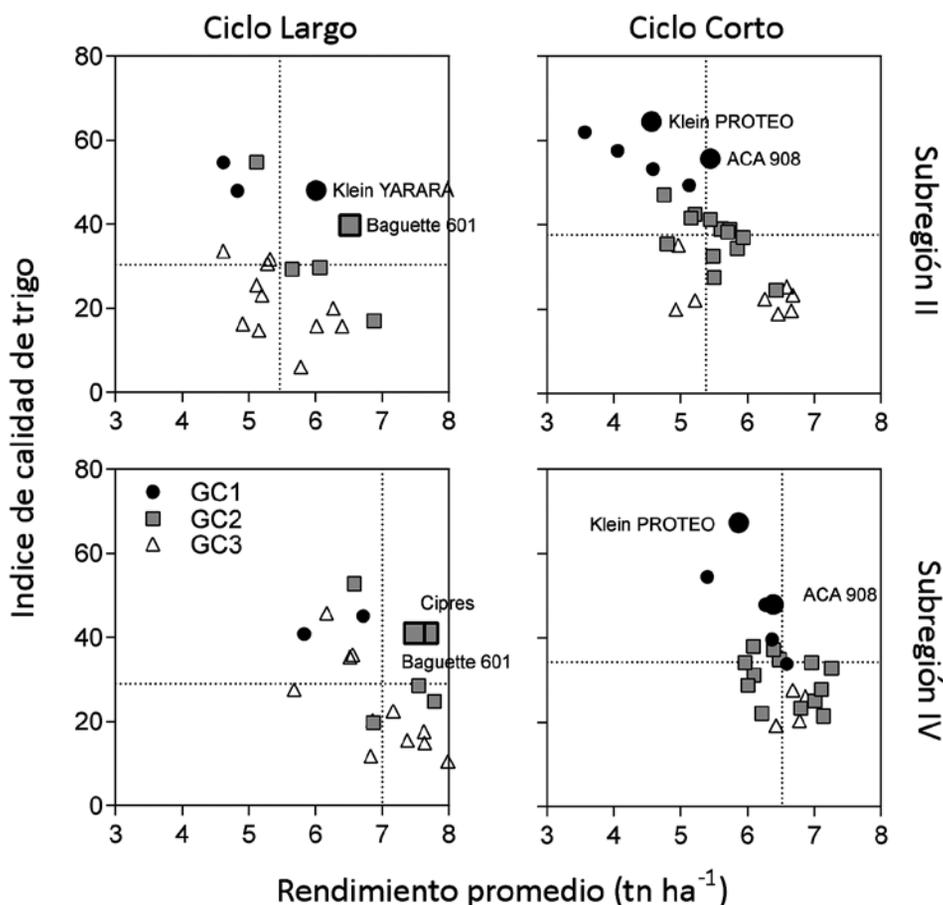
En este sentido, a pesar de que el rendimiento y el ICT tienden a asociarse negativamente (principalmente GC1 vs. GC2 y GC3), entre los cultivares de ciclo largo pueden identificarse cultivares del GC2, con rendimiento e ICT superior a la media, como Baguette 601 en las subregiones II y IV y Ciprés en la subregión IV. Si bien entre los cultivares de ciclo corto no se encontraron cultivares del GC2 con esas características, si se

observaron cultivares del GC1 con rendimientos similares a la media, como es el caso de ACA 908.

Este análisis demuestra una importante interacción genotipo por ambiente, ya que -si bien en el promedio los cultivares del GC2 y GC3 tienen menores ICT respecto de los del GC1-, algunos cultivares correspondientes a los GC2 (y en algunos pocos casos los del GC3) y bajo ciertas condiciones ambientales, podrían alcanzar valores del ICT similares a los del GC1, es decir valores de entre 45 y 60 de ICT (**Figura 4**).

Figura 4

Relación entre el índice de calidad de trigo (ICT) y el rendimiento promedio de cada cultivar de trigo evaluado. Clasificados en distintos grupos de calidad (GC): GC1 (círculos negros), GC2 (cuadrados grises) y GC3 (triángulos blancos), discriminando por ciclo y subregión triguera. La línea punteada vertical indica el rendimiento promedio general y la horizontal el ICT promedio general. Se indican, a modo de ejemplo, los cultivares con alto rendimiento e ICT promedio en este análisis. Datos analizados de la Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo 2013/14.



En el análisis de atributos de calidad comercial en cebada como son el calibre y la proteína mostró distinto grado de variabilidad entre los materiales. El contenido de proteína en grano, no presentó variaciones de importancia entre cultivares, debido a un manejo nutricional similar dentro de cada ensayo de la red. Si lo hizo entre zonas de producción, siendo el porcentaje de proteína promedio alcanzado en la zona norte mayor respecto a la sur (12,1% vs. 10,6%, respectivamente), posiblemente asociado al efecto dilución por los niveles de rindes alcanzados. Se observaron casos con valores de proteína en grano por debajo o por encima de los valores de referencia de las bases de comercialización (rango entre 10 y 12), lo cual sufriría una penalización en su precio.

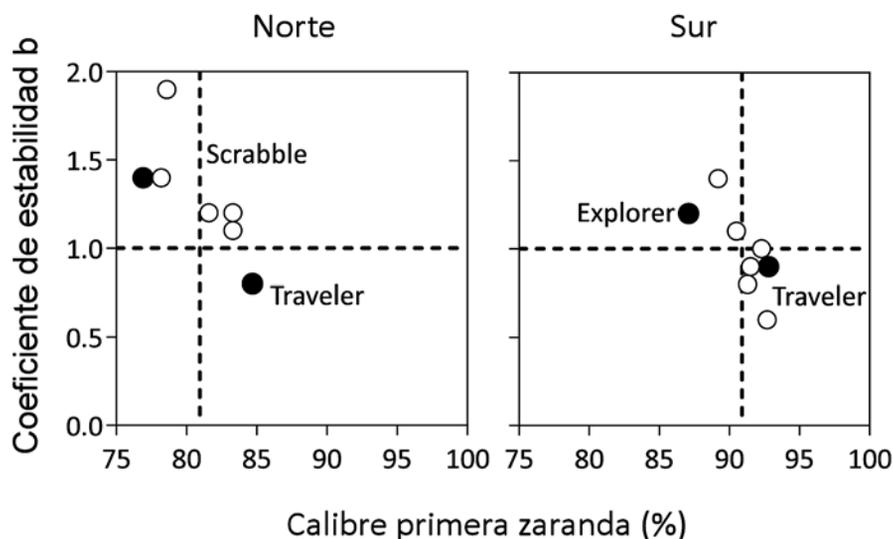
Por su parte, el calibre de primera categoría (es decir, granos retenidos en zarandas de 2.5 mm), debería alcanzar valores de al menos 85% para no ser penalizado, aunque

evidenció las esperadas diferencias entre subregiones, siendo menor el calibre promedio alcanzado junto a una menor estabilidad ( $b > 1$ ) en el Norte -81%- respecto al Sur -91%- (**Figura 5**). A diferencia de la proteína, también se evidenció variabilidad entre los materiales analizados. Cultivares como Traveler, Andreia y Jennifer mostraron los mayores calibres promedio en ambas regiones (**Figura 5**). Mientras, cultivares como MP 1012, Scrabble y Explorer mostraron los menores valores de calibre.

Finalmente, al igual que para trigo, los datos a considerar, muestran interacción de genotipo por ambiente. Por ejemplo, Traveler y Scrabble son 2 de los materiales que mostraron los mayores potenciales de rinde (**Figura 3**), pero evidenciaron un comportamiento muy diferente en cuanto al calibre alcanzado, siendo mayor en promedio y presentando una mayor estabilidad ( $b < 1$ ), el cultivar Traveler.

Figura 5

Relación entre el coeficiente de estabilidad  $b$  y el porcentaje promedio de granos con calibre mayor a 2.5 mm (primera zaranda) de cada cultivar de cebada cervecera evaluado, discriminando por subregión (límite impuesto por la ruta nacional 205). La línea punteada vertical indica el calibre promedio general y la horizontal  $b=1$ . Se indican, a modo de ejemplo, los cultivares con mayor y menor calibre promedio en este análisis. Datos provenientes de la Red Nacional de Cebada Cervecera 2013/14.



## Consideraciones finales

- Contar con la mayor información posible a la hora de planificar nuestro cultivo aumenta nuestras posibilidades de éxito. En este trabajo hicimos foco en una medida de manejo con una alta relación beneficio/costo como lo es la elección del cultivar a sembrar, describiendo fuentes de información disponibles y cómo podemos analizarla en post de facilitar la elección. Con estas herramientas intentamos evaluar si maximizar rendimiento y calidad son o no objetivos totalmente opuestos. La respuesta, en principio, es no. Podemos encontrar cultivares de alto rinde y aceptable calidad, o viceversa, rinde promedio con excelente calidad. Ejemplos de esto podrían ser cultivares de trigo del GC2 con aceptable calidad o materiales del GC1 con rinde cercano o superior al promedio. Asimismo, la importante interacción genotipo por ambiente observada es el principal resultado de este análisis, dado que nos brinda la posibilidad de alcanzar el objetivo de rendimiento y calidad, pero nos obliga a planificar lo mejor posible nuestro cultivo. El manejo que llevemos adelante puede influir notablemente sobre el resultado final (elección del lote, nutrición, protección).
- En trigo, se observaron rangos de superposición en el ICT entre grupos previamente establecidos, siendo de fundamental importancia la variabilidad registrada en materiales del GC2. A manera de ejemplo, un cultivar de este grupo podría transformarse en uno del GC1 o del GC3; mejorando o empeorando su calidad y dependiendo del manejo (fertilización nitrogenada) y del ambiente fototermal al que sea expuesto.
- En cebada, con una oferta menor de cultivares, las nuevas introducciones han mostrado un mayor potencial de rendimiento respecto del cultivar tradicional. Más alentadores, has sido algunos cultivares con altos potenciales de rendimiento. Atributos como el calibre y la proteína de los granos, no han mostrado respuestas desfavorables. Es posible afirmar que la combinación de alto potencial de rendimiento y calidad es posible.

---

### Bibliografía

- Abbate, P.E., Gutheim, F., Polidoro, O., Milisich, H.J., Cuniberti, M., 2010. Fundamentos para la clasificación del trigo argentino por calidad: efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones. *Agriscientia* 27, 1-9.
- PRONACATRI, 2006. Calidad industrial del trigo argentino: Análisis de la Red de Ensayos Comparativos de Trigo (RET), comparación de subregiones y variedades comerciales en cultivo. Programa Nacional de Calidad de Trigo, SAGPyA, Buenos Aires, Argentina, p. 34.
- Miranda, R., Salomón, N., 2001. Índice de calidad industrial en trigo: una herramienta para determinar la aptitud de los materiales genéticos. In: Kohli, M., Ackerman, M.D.d., Castro, M. (Eds.), *Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario*. CIMMYT-INIA. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay, pp. 163-173.
- Finlay, K., Wilkinson, G., 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14, 742-754.