

PALESTRAS TÉCNICAS

Nuevos criterios y herramientas de decisión en el manejo de trigo en Argentina con énfasis en cultivares, fertilización y enfermedades.

Emilio H. Satorre
Ing. Agrónomo, PhD, Prof. Titular Plenario

Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires
Avda. San Martín 4453, 1417- Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
satorre@agro.uba.ar

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el trigo ha ampliado su frontera en regiones antes consideradas marginales para el cultivo y, se ha consolidado aumentando su productividad en las regiones tradicionales. Razones ecológicas, económicas y empresariales explican este proceso. El trigo, se cultiva actualmente en gran parte de Argentina, desde las provincias del Noroeste hasta el extremo norte de la Patagonia, en el Sur del país. La producción de trigo ha alcanzado aproximadamente $13.600.000 \pm 722.000$ toneladas/año en las últimas cinco campañas, registrando un rendimiento promedio nacional de 2360 ± 104 kg/ha. Cerca del 90 % de la producción Argentina surge de los planteos productivos de la región pampeana (SAGPyA, 2003) y los rendimientos del cultivo varían marcadamente entre las sub-regiones productivas. Por ejemplo, en la campaña 2005 el rinde promedio varió entre cerca de 1500 kg/ha en el Noroeste del país (NOA) y 3800 kg/ha en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, la sub-región de mayor productividad en secano.

El trigo, como otros cultivos, está expuesto a un gran número de factores que pueden limitar su rendimiento y regular su calidad y comportamiento. Según Van Ittersum & Rabbinge (1997) el rinde puede ser modulado por factores definitorios, limitantes o reductores. Los factores definitorios son los que establecen la potencialidad del cultivo, y consideran que este sólo aparece regulado por el efecto de las características del cultivar (en relación con su fisiología y fenología), la temperatura y el nivel de radiación solar, que varían de acuerdo a la latitud, época de siembra y el año considerado. El manejo de factores limitantes del rendimiento depende, en cambio, de la oferta y captura de recursos esenciales tales como el agua y los nutrientes. Asimismo, en la escala de lote productivo en condiciones de secano, el rendimiento logrado por los cultivos suele estar también determinado por factores reductores del rendimiento, tales como malezas, plagas, enfermedades, heladas, etc.

Entre las prácticas de manejo, (i) la elección de variedad, modificando la incidencia de factores definitorios, que determinan la potencialidad del cultivo, (ii) el manejo de la fertilización, incidiendo en los factores limitantes, y (iii) el manejo de enfermedades, que actúa sobre factores reductores, han sufrido cambios e incorporado nuevos criterios en la producción de Trigo de Argentina. Por ello, el objetivo de este trabajo es analizar brevemente la dirección de esos cambios y los nuevos criterios introducidos a la elección de las variedades y al manejo de su fertilización y enfermedades de trigo.

LA ELECCIÓN DE VARIEDADES DE TRIGO EN ARGENTINA

Entre las prácticas de manejo del cultivo de trigo, la elección de la variedad siempre ha concentrado la atención de productores y asesores. Es reconocido que los rendimientos aumentan con el incremento del rendimiento potencial (Satorre & Slafer, 1999), en el que el genotipo tiene un papel crucial. El reconocimiento de las diferencias ecológicas entre las principales regiones productivas, y de su influencia sobre el rendimiento del cultivo, abre oportunidades para evaluar las características de genotipos orientados a mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles y aumentar la productividad o calidad del trigo.

El rango de condiciones ecológicas y ambientales a las que está expuesta la producción del cultivo en la región pampeana es grande y esto debería llevar a un intrincado mapa de genotipos adaptados a esas condiciones. Sin embargo, una amplia proporción de la superficie se concentra en unas pocas variedades cada año. Así, por ejemplo, tres variedades (Buck Guapo, Klein Escorpión y Baguette 10) ocuparon el 40 % del área sembrada en la campaña 2005 (SAGPyA, 2006). En los últimos años, la adopción frecuente de nuevas prácticas de manejo en los cultivos redujo la variabilidad de la oferta ecológica, disminuyendo el impacto de factores limitantes o reductores, sobre el rendimiento. Esto explicaría, al menos parcialmente, porqué esa heterogeneidad no es frecuentemente considerada al momento de decidir, evaluar o promover la adopción de una variedad. Conducido por una señal económica, el mejor manejo de esos factores habría contribuido a modificar los criterios de adopción de variedades de trigo, aumentando la participación de nuevo germoplasma de alta producción, tal como las variedades de origen francés, que actualmente se encuentran entre las más difundidas.

A pesar que unas pocas variedades son las más sembradas, su distribución muestra un patrón geográfico característico. A modo de ejemplo, datos de siembra de productores CREA en la campaña 2005 muestran que, la variedad de trigo Baguette 10 (Nidera S.A., de origen francés) concentró entre el 25 y 62 % de la superficie sembrada con trigo en el Centro, Oeste y Sudeste de la provincia de Buenos Aires. Pero, Escorpión (Criadero Klein) y Guapo (Criadero Buck) se concentraron hacia las regiones productivas del Norte de Buenos Aires, Sur y Centro de Santa Fe y Sur y Norte de Córdoba. Por su parte, las variedades de ciclo intermedio-corto y corto [Onix (Don Mario), Baguette Premium 13 (Nidera S.A.), Gaucho (PROINTA) y Chajá (Criadero Klein)] sólo aumentaron su representatividad en las regiones del Nordeste pampeano y Litoral. Si bien es posible pensar que la incidencia de variables ecológicas ligadas a factores definitorios, limitantes y reductores contribuye a moldear el escenario y distribución de variedades entre regiones de Argentina; la distribución real de las variedades no sólo indicaría la adaptación de determinados genotipos a una región, sino también su relación con los objetivos de producción de los productores (por ejemplo alto rendimiento, resultado en el doble cultivo trigo/soja de segunda, calidad, tolerancia a adversidades en planteos menos intensificados, precocidad de cosecha, etc). Estos objetivos, conducen a ajustes en otras tecnologías de producción.

EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE TRIGO

Los modelos de simulación han sido usados en Argentina brindando apoyo a los procesos de toma de decisión desde mediados de la década de los noventa. Los modelos son

herramientas que intentan reproducir el comportamiento de los cultivos en función de las condiciones del ambiente (clima y suelo) y del manejo. Usados conjuntamente con datos climáticos de una larga serie de años, son una herramienta útil para el análisis de estrategias de manejo ya que permiten evaluar el riesgo climático y, por lo tanto, caracterizar y cuantificar el riesgo asociado a distintas opciones de manejo del cultivo susceptibles de ser aplicadas a planteos de producción. En Argentina, modelos tales como el CERES-Wheat dentro de la carcasa DSSAT (Jones et al., 1998; Ritchie et al., 1998) fueron calibrados y demostraron ser lo suficientemente robustos como para reproducir el comportamiento de cultivos de trigo sobre el rango de diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas que imperan en la región pampeana (Magrin y Rebella, 1991; Calderini et al., 1994a,b; Ruiz et al., 1998; Salvagiotti et al., 2003; Menéndez y Satorre, 2007). Apoyado en esta aproximación, desde el año 1993 se ha trabajado intensamente para desarrollar un marco nacional de referencia a la tecnología de fertilización con nitrógeno del cultivo de trigo (Convenios UBA – AACREA y Profertil S.A. – AACREA – UBA).

Una gran cantidad de información experimental a campo fue utilizada para calibrar y ajustar el modelo (CERES-Wheat) a una amplia base de datos de suelos y manejos del cultivo. Esta información, fue usada para el desarrollo de herramientas de diagnóstico y apoyo a la toma de decisión y cuantificación del riesgo de tecnologías de fertilización nitrogenada del trigo (TRIGUERO v1; Satorre et. al, 2005). TRIGUERO v1 es un programa interactivo que ayuda a estimar la respuesta del cultivo de trigo a la fertilización con nitrógeno, y su variabilidad, en 28 regiones pampeanas. El desarrollo de TRIGUERO v1 se sustenta en simulaciones de trigo y en una extensa red de ensayos a campo establecida por AACREA. En el programa, la respuesta del cultivo frente a la disponibilidad de nitrógeno ($N_{\text{suelo}} + N_{\text{fertilizante}}$ disponible antes o inmediatamente después de la siembra en los primeros 60 cm del perfil) es simulada usando series climáticas de 30 años de cada localidad central en la región simulada. En cada localidad, la respuesta a la variabilidad climática de la región puede ser analizada sobre al menos 5 series de suelo y 4 genotipos modernos en 3 condiciones iniciales de agua almacenada en el suelo a la siembra. El programa presenta gráficamente el comportamiento del cultivo frente a cualquier disponibilidad de N en el rango 40 –200 kg /ha para cada combinación de suelo, clima, genotipo y condición inicial de un área particular. El rendimiento esperado y la eficiencia de uso de nitrógeno son automáticamente calculados y presentados para cualquier combinación en el gráfico. Asimismo, un análisis económico simple es realizado en el programa. TRIGUERO v1 grafica y analiza la relación entre el costo y la ganancia marginal para distintas condiciones de disponibilidad de nitrógeno alcanzada, tomando en cuenta diferentes costos de fertilizante y precios de grano.

Las simulaciones incluidas en TRIGUERO han sido validadas con 602 registros de campo originados a lo largo de 5 años en 7 regiones muy contrastantes de la pampa. Las simulaciones reprodujeron adecuadamente el rendimiento de trigo (Rendimiento simulado (kg/ha) = $0.98 \times \text{Rendimiento observado (kg/ha)} + 280$; $r^2 = 0.69$, $P < 0.001$). El error medio general fue 4.4 %; variando entre 3.2 y 17.7 %, de acuerdo con la región considerada. De este modo, TRIGUERO constituye actualmente, además de una herramienta, un marco sistémico apoyado en herramientas de simulación validadas. El universo de aplicabilidad del programa incorpora criterios para el manejo de la fertilización nitrogenada, tomando en cuenta la variedad de trigo sembrada, su fecha de siembra, densidad y el impacto de algunas variables ambientales (clima, suelo, condición inicial, etc) sobre el rendimiento y resultado de los cultivos. En un escenario sin adversidades TRIGUERO v1 permite evaluar la respuesta a la fertilización con nitrógeno y el riesgo

asociado a esta en distintas áreas productivas de la región pampeana con el rango de confianza arriba indicado.

El uso de TRIGUERO v1 es sencillo y su aplicación ha demostrado ser de utilidad en varias regiones del país contribuyendo a la toma de decisiones tanto debido a la información que brinda sobre las respuestas del cultivo como al análisis que estimula de los factores que intervienen en ella. Sin embargo, para definir correctamente su universo de aplicabilidad, es importante considerar que TRIGUERO no incorpora los efectos de deficiencias de fósforo, mal manejo de plagas, malezas, ni el efecto de granizo, heladas o enfermedades sobre el rendimiento de trigo. Este último factor, las enfermedades, han sido testigo de un cambio tecnológico importante en el manejo del cultivo de trigo en Argentina.

CRITERIOS PARA EL MANEJO DE LAS ENFERMEDADES DE TRIGO

Las enfermedades foliares del trigo son uno de los factores de mayor impacto negativo, reduciendo el rendimiento y calidad del cultivo en Argentina (Annone, 2001). La roya de la hoja (*Puccinia recondita*), la mancha amarilla (*Dreschlera tritici-repentis*) y el tizón de la hoja (*Septoria tritici*) son enfermedades cuya frecuencia de aparición, niveles de desarrollo, pérdidas de rendimiento ocasionadas y capacidad de control, las convierten en los problemas sanitarios de mayor atención en el manejo de trigo. Si bien el daño ocasionado por *Fusarium graminearum* (fusariosis de la espiga o golpe blanco) adquiere importancia durante epifitias, su frecuencia de aparición y capacidad de control es bajo. Dentro del grupo de enfermedades foliares, la roya de la hoja aparece como la enfermedad más importante en las áreas centrales de producción del Sur y Norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y Sur de Córdoba tanto por sus niveles de abundancia, por la velocidad de progreso de la enfermedad como por la frecuencia de aparición y volúmenes de pérdida ocasionados al cultivo (Kohli, 1996; Annone et al; 2001; Ermacora et al; 2005). A modo de ejemplo, cerca del 86% de las aplicaciones de fungicida que se recomendaron para enfermedades foliares en el Norte de Buenos Aires son orientadas al control de esta enfermedad (Ermácora 2007).

En los últimos años, el manejo de la enfermedad se apoyó en criterios desarrollados sobre enfoques fitocéntricos y una amplia experimentación a campo. La interpretación de variables indicadoras de la abundancia de la enfermedad y de las estrategias de control se apoyó en la influencia que la enfermedad tenía sobre la determinación del rendimiento del cultivo. Así, entre diferentes variables fitopatológicas evaluadas, la "incidencia de la enfermedad", determinada en las tres hojas superiores del canopeo, en fin de espigazón - principios de floración muestra una relación ajustada con el número de granos por metro cuadrado del cultivo, particularmente en materiales de baja a moderada resistencia. Si bien, la severidad de la enfermedad ha sido señalada como una variable predictora más robusta, la estrecha relación encontrada entre incidencia y severidad para un amplio rango de niveles de la enfermedad, la simpleza de la determinación de la incidencia y la mayor independencia de su determinación, respecto del observador, han apoyado el uso de la incidencia como variable indicadora en múltiples trabajos a campo. De este modo, la influencia de la enfermedad sobre el componente que mejor explica las diferencias de rendimiento de los cultivos (número de granos), orientó la búsqueda de estrategias de control con fungicidas más tempranas que lo usualmente recomendado, durante el inicio del período crítico para la definición de ese componente (Savin y Slafer, 1991). Los resultados de aplicación de fungicidas reportados apoyaron estas observaciones y este enfoque consolidando un método robusto de diagnóstico y control que facilitó la expansión

de variedades de trigo susceptible y moderadamente tolerante, pero de mayor potencial productivo.

La magnitud de las respuestas encontradas a la aplicación de fungicidas sobre variedades susceptibles frecuentemente alcanzó valores de magnitud. Respuestas sobre el testigo sin control entre 900 y 2100 kg/ha han sido reportadas en ensayos a campo con la variedad Baguette 10 (Satorre et al, 2005). Asimismo, el mayor porcentaje de la respuesta máxima al control de enfermedades explorado se observó con tratamientos que incluyen una única aplicación de fungicida entre los estados Z3.7 a Z3.9 (Zadoks et al, 1974). Este estado del cultivo coincide con el inicio del período crítico para la determinación del número de granos; de este modo, el aumento de rendimiento fue explicado por aumentos significativos en número de granos por metro cuadrado y sus sub-componentes y, en menor medida, por aumentos en el peso de 1000 granos. Sin embargo, Ermácora (2007) señala para las zonas de alta producción que, si la tecnología de protección conforma un paquete de alto rendimiento, dos aplicaciones de fungicida podrían ser necesarias y los mejores momentos a realizarlos serían Z3.3 y en Z4.5. Esta estrategia permitiría proteger la expresión de todos los componentes del rendimiento, bajando la carga de inóculo de la enfermedad tempranamente.

COMENTARIOS FINALES

En los últimos 10 años el modelo de producción de trigo en Argentina comenzó a modificarse drásticamente. Estos cambios están siendo promovidos por el reemplazo de variedades y mejoras en el manejo de la fertilización y de las enfermedades. En conjunto estas tres tecnologías varían simultáneamente para fortalecer la propuesta de (i) elevar el rendimiento potencial, con genotipos de mayor productividad, (ii) reducir el impacto de factores limitantes, con el uso de criterios de fertilización que permitan aumentar la producción y conocer el riesgo asociado y, (iii) manejar factores reductores con herramientas de decisión que permitan diagnosticar y capturar la respuesta al uso de fungicidas. Estos cambios apuntalan no sólo la transformación tecnológica del cultivo, sino también su participación central en el proceso de expansión de la agricultura Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

Calderini, D.F., Maddonni, G., Miralles, D., Ruiz, R. y E.H. Satorre (1994)a. Validación del modelo CERES-Wheat para producciones extensivas de trigo en diferentes situaciones de fertilidad del norte de la provincia de Buenos Aires. Actas III Congreso Nacional de Trigo, 81-82.

Calderini, D.F., Maddonni, G., Miralles, D., Ruiz, R. y E.H. Satorre (1994)b. Alta productividad de Trigo en secano. Revista CREA 187.

Ermacora M; E.H.Satorre y F. Ruiz Toranzo (2005). Importancia relativa, manejo y criterios de decisión para el control químico de las enfermedades foliares en el cultivo de trigo en la Zona Norte de Bs. As. Trabajo coronamiento, Especialización Cultivos de Grano. FAUBA.

Ermácora, M. (2007). Principales enfermedades en trigo: Criterios para su manejo y control. En: Satorre E. (Ed.). **Producción de Trigo**.135 pg. AACREA, Bs.As.

Jones J., Tsuji G., Hoogenboom G., Hunt L., Thornton P., Wilkens P., Imamura D., Bowen W., Singh U., 1998. Decision support system for agrotechnology transfer. In: Tsuji G., Hoogenboom G., Thornton P. (Eds.) *Understanding Options for Agricultural Production*, Kluwer, pp. 157 – 77.

Kohli M. M (1996). Importancia de las principales enfermedades del trigo como factores limitantes de la producción. Primeras Jornadas de Control Químico de enfermedades del trigo en sistemas de manejo para alta productividad. INTA CYMMYT. Bs. As. 27 y 28 de Junio.

Magrin, G., Rebella, C. (1991). Informe de estado de avance. Proyecto : Previsión de Cosecha de Cereales y Oleaginosos. Convenio INTA – JNG, 13pp.

Menéndez, F.J. and E.H. Satorre (2007). Evaluating wheat yield potencial determination in the Argentine Pampas. *Agricultural Systems* 95:1-10.

Ritchie, J.T., Godwin, D.C., Otter-Nacke S. (1985). CERES-Wheat: a user oriented wheat yield model. Preliminary documentation. AGRISTARS Publication N° YM-U3-04442-JSC-18892. Michigan State University, MI.

Ruiz, R. Satorre, E.H., Calderini, D.F. y D. Miralles (1998). Simulación del comportamiento del cultivo de trigo en el Sur de Córdoba usando el modelo CERES-Wheat. Actas IV Congreso Nacional de Trigo, 53-54.

Salvagiotti, F., Castellarin, J. Pedrol, H y E.H. Satorre (2003). Utilización del modelo de simulación CERES-Trigo como herramienta en el diagnóstico de la fertilización nitrogenada en trigo. Para Mejorar la producción N° 23-EEA INTA Oliveros.

Satorre, E.H. y G.A. Slafer (1999). Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Products Press NY. USA. 503pp.

Satorre, E.H., G.A. Amico y J.L. Rotundo (2005). Trigo: Manejo de la Estructura, Nutrición y sanidad de los cultivos. Informe de Ensayos del CREA Roque Pérez - Saladillo, AACREA 30p.

Satorre, E.H., Menéndez, F., Tinghitella, G y J.L. Cavasassi (2005). TRIGUERO: Un sistema de apoyo a la fertilización nitrogenada de Trigo. Convenio AACREA y PROFERTIL S.A., software de aplicación agronómico.

Savin, R. y Slafer, G.A. (1991). Shading effects on the yield of an Argentinian wheat cultivar. *Journal of Agricultural Science* 116:1-7.

Van Ittersum, M.K. y R. Rabbinge. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crop Research*, 52: 197-208.

Zadoks J.C; T.T. Chang y C. F. Konzak (1974). A decimal code for the growth stages of cereal. *Weed Research* 14: 415-421.