

Fundamentos para la clasificación del trigo argentino por calidad: efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones

Abbate, P.E.; F. Gutheim, O. Polidoro, H.J. Milisich y M. Cuniberti

RESUMEN

Regularmente se analiza la producción triguera argentina para conocer su calidad industrial, pero no se comparan formalmente los efectos del cultivar, localidad, año y sus interacciones. El objetivo de este estudio fue cuantificar la magnitud de los efectos de esos factores. Durante tres campañas se realizaron experimentos, en cuatro localidades con ocho cultivares. Se evaluaron peso medio del grano, peso hectolítrico, rendimiento de harina, gluten húmedo, gluten seco, gluten index, concentración de proteína, variables alveográficas, absorción de agua y volumen de pan. Se calculó un índice para definir grupos de calidad. Para comparar el efecto de cada factor, se calculó su coeficiente de variación. Para la mayoría de las variables, los factores presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), los efectos de localidad y año fueron tanto o más importantes que el de cultivar, y la interacción localidad \times año fue la de mayor magnitud. La clasificación en grupos de calidad fue afectada por la localidad y el efecto de la localidad cambió entre años. Los resultados justifican incluir la localidad para definir protocolos de producción y para clasificar cultivares y la producción triguera argentina.

Palabras clave: Trigo, calidad, efecto cultivar, efecto localidad, efecto año, interacción cultivar \times ambiente.

Abbate, P.E.; F. Gutheim, O. Polidoro, H.J. Milisich and M. Cuniberti, 2010. Bases for the segregation of Argentine bread wheat by quality: effects of cultivar, location, year and their interactions. Agriscientia XXVII: 1-9

SUMMARY

Regularly, quality analyses of Argentine wheat production are performed in order to know its industrial quality. These analyses are insufficient to compare effects of cultivar, location, year and their interactions. The aim of this work is to quantify the effects of these factors. Eight cultivars were grown in four Argentine locations during three cropping seasons. Ten quality traits were evaluated: mean weight of grain, hectolitic weight, flour yield, wet gluten, dry gluten, gluten index, protein

concentration, alveographic variables, water absorption, bread volume. A wheat quality index was calculated and quality groups were established. Coefficient of variation was calculated in order to compare the effect of each factor. For most variables studied, significant differences for each factor ($P \leq 0.05$) were found. The location and year effects on quality traits were so important or more so than the cultivar effect. The most important interaction effect was location x year. The classification in quality groups was affected by location. Thus, location inclusion in wheat classification would be justified to define production protocols and to classify cultivars and Argentine wheat production.

Key words: Wheat, quality, cultivar effect, location effect, year effect, cultivar x environment interaction.

P.E. Abbate. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce, CC 276, 7620, Balcarce, Bs. As., Argentina. F. Gutheim. Chacra Experimental Miramar, Ministerio de Asuntos Agrarios, CC 35, 7607, Miramar, Bs. As., Argentina. O. Polidoro. INTA, EEA Pergamino, CC 31, 2700, Pergamino, Bs. As., Argentina. H.J. Milisich. INTA, EEA Paraná, Ruta 11, km 12.5, 3101, Paraná, Bs. As., Argentina. M. Cuniberti. INTA, EEA Marcos Juárez, CC 21, 2580, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. Correspondencia a P.E. Abbate: pabbate@balcarce.inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Existe una necesidad creciente de tener consistencia y certidumbre en la calidad del trigo por parte de la industria y exportadores (Otamendi, 2004). Para los molineros y panaderos la consistencia en la calidad del grano es importante, ya que evita cambios en los procesos industriales. Para los exportadores, conocer y mantener la calidad les permitiría lograr mejores precios y más mercados.

Los factores que tienen mayor influencia en la variación de la calidad comercial e industrial (molinera y panadera) de trigo son, por un lado, la disponibilidad de nitrógeno y el nivel de rendimiento (García *et al.*, 2001), y por otro lado las temperaturas y precipitaciones durante el llenado del grano (Triboi *et al.*, 2000). A fin de cuantificar el efecto del cultivar, la Resolución 7/2003 (Artículo 4°) de la ex Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de Argentina (SAGPyA) establece la conformación de un Índice de Calidad como base para el Sistema de Clasificación de Variedades de Trigo (SAGPyA, 2003a). A tal fin, se aplica un índice de calidad de trigo (ICT) desarrollado en la Argentina (Miranda y Salomón, 2001; PRONACATRI, 2006) que aún no ha sido aprobado oficialmente. Este índice se calcula como la suma ponderada de las siguientes variables: peso hectolítrico, porcentaje de proteína en grano, porcentaje de gluten húmedo, relación rendimiento

de harina/ceniza del grano, fuerza de la masa (W), estabilidad farinográfica y volumen de pan. Actualmente, el Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas (CONASE) clasifica a los nuevos cultivares de trigo en tres grupos de calidad (GC), por comparación con cultivares de referencia, sin que se hayan definido rangos del ICT para cada uno de estos grupos: el GC 1 corresponde a los cultivares correctores, aptos para panificación industrial; el GC 2 incluye a los cultivares para panificación tradicional, aptos para fermentaciones largas mayores a 8 horas mientras que en el GC 3 se incluyen los cultivares para panificación directa con fermentaciones cortas menores de 8 horas (PRONACATRI, 2006).

Anualmente se realizan informes de calidad de trigo dentro de cada región, los de mayor continuidad son el de la región central del país (de la EEA Marcos Juárez del INTA) y el del sur bonaerense (de la Chacra Integrada Barrow). También se producen anualmente informes que cubren todas las subregiones trigueras, como el informe "Trigo Argentino. Informe Institucional sobre su Calidad" generado por la SAGPyA, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), el INTA y numerosas instituciones privadas que colaboran con el muestreo y análisis. Otro informe de alcance nacional es el de cosecha de la empresa Granotec Argentina S.A. y más recientemente el de la empresa Guarner Argentina S.A. Regularmente se compara la calidad de

los cultivares a partir de los datos de la Red de Ensayos Comparativos de Variedades de Trigo (RET) coordinada por el Instituto Nacional de Semillas (INASE). Sin embargo, en esos análisis la calidad de los cultivares se evalúa por medio de muestras compuestas de varias localidades y no todos los años se evalúan los mismos cultivares, por lo cual no se puede comparar la magnitud de los efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones, ya que no se discriminan todos estos factores. Ocasionalmente se ha analizado la estabilidad de la calidad a través de ambientes (años o localidades), a partir de datos sin repeticiones de cada cultivar, dentro de cada experimento (Calzolari y Polidoro, 2004; Cuniberti *et al.*, 2004; Gutheim y Abbate, 2007). Si bien ese tipo de análisis puede ser razonable como primera aproximación, al no contarse con repeticiones de parcelas el error experimental incluirá el efecto del ambiente y de la interacción cultivar x ambiente, por lo cual la conclusión obtenida puede resultar viciada si la interacción cultivar x ambiente es alta.

Los objetivos de este trabajo fueron cuantificar la magnitud de los efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones sobre la calidad, a fin de mejorar: 1) la clasificación de los cultivares por calidad y propósito de uso, 2) la clasificación de la producción de trigo con el propósito de aumentar la gama de calidades ofrecidas y prever su abastecimiento y 3) la definición de protocolos de producción de trigo con calidad diferenciada. Estos objetivos se enmarcan dentro del Programa Nacional de Calidad de Trigo (PRONACATRI), creado por Resolución 334/2003 de la SAGPyA de la República Argentina (SAGPyA, 2003b).

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante las campañas 2003/04, 2004/05 y 2005/06 se realizaron cuatro experimentos por año en las localidades de Marcos Juárez, Paraná, Pergamino y Balcarce. Cada experimento incluyó un total de ocho cultivares de trigo, cuatro de ciclo largo (Klein Sagitario, Buck Arriero, Klein Escorpión, Relmo INIA Tijetera) y cuatro de ciclo corto (Klein Proteo, Buck Brasil, PROINTA Gaucho y PROINTA Granar). Dentro de cada ensayo, los cultivares fueron agrupados de acuerdo con su ciclo en dos fechas de siembra (las más adecuadas para cada localidad). Los experimentos fueron conducidos en secano, siguiendo un manejo similar al de la RET de trigo de cada localidad, con control químico de malezas y fertilización nitrogenada y fosfatada similar o superior a la usual de cada localidad. El tamaño de las parcelas fue generalmente de siete

surcos de 5 m de largo distanciados a 0,20 m entre sí. El grano fue cosechado mecánicamente. El diseño estadístico de cada experimento fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones.

Los análisis de calidad comercial, molinera y panadera fueron realizados sobre una muestra de grano de cada parcela en el Laboratorio de Calidad Industrial de Cereales y Oleaginosas de la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez del INTA. Las variables obtenidas fueron peso medio del grano (*PMG*, mg), peso hectolítrico (*PH*, kg hl⁻¹), rendimiento de harina (*RHAR*, %), gluten húmedo (*GLUH*, %), gluten seco (*GLUS*, %), gluten index (*GLUI*%), concentración de proteína (*PROT*, %), variables alveográficas (*P*, *L*, *G*, *W*, *P/G*, *P/L*, *IE*), absorción de agua (*AA*, %) y volumen de pan (*VOLP*, cm³). El *ICT* (Miranda y Salomón, 2001) se calculó a partir de los valores medidos de *PH*, *RHAR*, *PROT*, *GLUH*, *W* y *VOLP*. Como la estabilidad farinográfica no fue medida, se asumió que no fue limitante (>17 min). Además, se asumió que el porcentaje de cenizas (no medido) fue de 0,6%, valor correspondiente al promedio obtenido por Granotec para nueve subregiones trigueras durante 7 años (rango de variación: 0,5 a 0,8%). Para evaluar la estabilidad de los *GC* entre localidades, los datos del *ICT* de cada parcela se clasificaron siguiendo dos criterios:

Criterio 1: es un criterio de clasificación relativo, equivalente al utilizado para clasificar los cultivares. Debido a que el *ICT* varía con el ambiente, los nuevos cultivares de trigo que se presentan a inscripción se clasifican comparando su *ICT* con el de cultivares de *GC* conocido (PRONACATRI, 2006). Es decir, no se aplican valores absolutos del *ICT* para decidir a que *GC* pertenece un cultivar (o cada dato particular de ese cultivar). Dado que en los experimentos no se contó con testigos de cada *GC*, se tomó como referencia la media general del experimento (*i.e.*, la media de todas las repeticiones y cultivares, dentro de cada localidad y año) y se establecieron límites para definir cada uno de los *GC* como desvíos respecto de la media:

$$d_{ijkl} = ICT_{ijkl} - \bar{x}_{ij}$$

$$\text{Si } d_{ijkl} > 4,2 \Rightarrow GC_{ijkl} = 1$$

$$\text{Si } 4,2 \geq d_{ijkl} > -3,3 \Rightarrow GC_{ijkl} = 2$$

$$\text{Si } -3,3 \geq d_{ijkl} \Rightarrow GC_{ijkl} = 3$$

Ec. [1]

donde d_{ijkl} es el desvío de una observación respecto de la media (\bar{x}_{ij}), ICT_{ijkl} es el índice de calidad de trigo para la l -ésima observación del cultivar k en la localidad j en el año i , y \bar{x}_{ij} es la

media del *ICT* de la localidad *j* en el año *i* (i.e., la media de cada experimento). Los límites de los desvíos para cada *CG* (i.e., los valores 4,2 y -3,3) son promedios de 6 años y cuatro subregiones trigueras calculados a partir del reporte del PRONACATRI (2006).

Criterio 2: es un criterio de clasificación absoluto, que corresponde al punto de vista de un comprador (usuario) de la producción; en tal caso, los límites para cada *GC* se establecieron como valores absolutos y no como desvíos respecto de un valor (o cultivar) de referencia:

$$\text{Si } ICT_{ijkl} > 49,2 \Rightarrow GC_{ijkl} = 1$$

$$\text{Si } 49,2 \geq ICT_{ijkl} > 41,6 \Rightarrow GC_{ijkl} = 2 \quad \text{Ec. [2]}$$

$$\text{Si } 41,6 \geq ICT_{ijkl} \Rightarrow GC_{ijkl} = 3$$

Los límites para cada *GC* (i.e., los valores 49,2 y 41,6) son promedios de 6 años y cuatro subregiones trigueras, calculados a partir del reporte del PRONACATRI (2006).

Para ambos criterios de clasificación se construyó una tabla de contingencia de localidad \times *GC*, para cada cultivar, que se analizó por medio de la prueba de χ^2 .

Un análisis de varianza (ANVA) se realizó combinando localidades y años como factores fijos (Annicchiarico, 2002); las fuentes de variación consideradas fueron, por lo tanto: cultivar, localidad, año y sus interacciones (cultivar \times localidad, cultivar \times año, localidad \times año y cultivar \times localidad \times año). Para cada fuente de variación se calculó la suma de cuadrados de tipo III con el procedimiento GLM del programa SAS. Para comparar el grado de variación de cada fuente, se siguió un criterio similar al de Yan *et al.* (2000). A tal fin se calculó el coeficiente de variación porcentual (*CV*) para cada fuente de variación (cultivar, localidad, año o sus interacciones), como:

$$SC_i = \sum_{j=1}^{j=n} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad \text{Ec. [3]}$$

$$CV_i = \frac{\sqrt{SC_i / GL_i}}{\bar{x}_i} \times 100 \quad \text{Ec. [4]}$$

donde el subíndice *i* denota la fuente de variación, *SC_i* es la suma de cuadrados, *GL_i* son los grados de libertad, \bar{x}_i es la media de la fuente de variación, *x_{ij}* es la *j*-ésima observación correspondiente a la media \bar{x}_i y *n* es el número total de observaciones. El *CV* así calculado no

es aditivo; i.e., la suma de los *CV* debido a todas las fuentes de variación de una variable no tiene por qué ser 100%. No obstante, el *CV* permite comparar el grado de variación originado por cada fuente de variación, independientemente de la unidad de medición.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan las medias de cada variable. El ANVA mostró que todas las fuentes de variación generaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) (Tabla 1). Solamente el efecto año no fue significativo para determinar la *AA* ($P = 0,11$).

El efecto del cultivar fue altamente significativo para todas las variables (Tabla 1) y mayor al 50% en 9 de las 17 variables analizadas (Figura 1). Las variables que presentaron una mayor influencia del cultivar fueron las alveográficas ($P/L > P/G > L > P > W$, con valores de *CV* entre 83 y 177%), seguidas por las de gluten: *GLUS* y *GLUH*, con *CV* entre 65 y 67%. El efecto del cultivar fue numéricamente mayor al de localidad y al de año en solamente siete variables: *GLUH*, *GLUS*, *GLUI*, *L*, *G*, *P/L* y *VOLP* (Figura 1).

La influencia de la localidad resultó siempre altamente significativa (Tabla 1) y mayor a 100% para *P/L*, *P/G* y *P*. El efecto de localidad fue numéricamente mayor al de cultivar y año simultáneamente, para siete de las variables (*PMG*, *P*, *W*, *P/G*, *IE*, *AA* e *ICT*), y mayor al efecto del cultivar en 10 variables (Figura 1).

El año tuvo influencia significativa en 16 de las 17 variables (Tabla 1), pero sólo cinco mostraron efectos debidos al año mayores al 50%: $P/L > P/G > IE > L > GLUS$ (Figura 1). El año fue el mayor efecto para definir los valores de *PROT*, *PH* y *RHAR*, y superó al efecto del cultivar en *IE*.

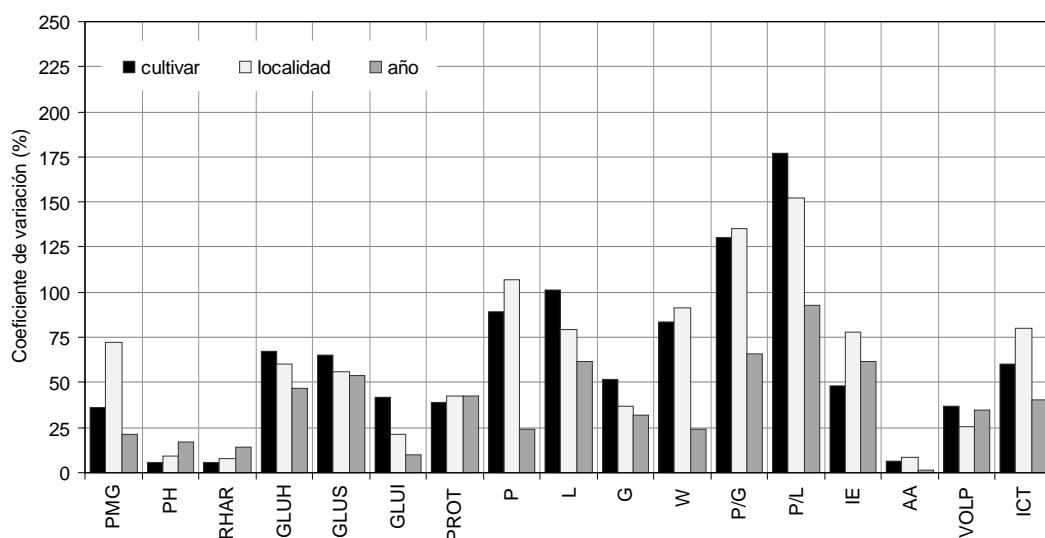
La interacción localidad \times año fue siempre altamente significativa (Tabla 1) y la más importante de las interacciones, especialmente en las variables alveográficas (Figura 2); ya que superó el 50% en nueve de las variables estudiadas. Para seis de las 17 variables (*GLUH*, *GLUS*, *L*, *G*, *P/G* y *P/L*), esta interacción tuvo un efecto numéricamente mayor que el del cultivar, localidad o año. Para las variables mencionadas, esta interacción resultó claramente cruzada, por lo tanto el efecto de la localidad no fue fácilmente predecible ya que su ordenamiento cambió entre años.

Las interacciones restantes (cultivar \times localidad, cultivar \times año y cultivar \times localidad \times año) si bien fueron altamente significativas (Tabla 1) sólo

Tabla 1. Valores promedio para las variables analizadas a través de cultivares, localidades y años, y el nivel de significancia de las fuentes de variación del análisis de varianza. Las variables y sus unidades se detallan en Materiales y Métodos

		PMG	PH	RHAR	GLUH	GLUS	GLUI	PROT	P	L	G	W	P/G	P/L	IE	AA	VOLP	ICT	
Cultivar (C)	K. Sagitario	42	81	70	32	11	93	13	146	68	18	388	8,3	2,4	63	64	659	61	
	B. Arriero	36	80	71	29	11	100	13	136	75	19	399	7,4	2,3	71	64	706	62	
	I. Tijereta	37	81	71	30	11	97	13	137	65	18	345	8,3	2,6	60	63	691	59	
	K. Escorpión	39	82	70	32	11	84	13	123	70	18	323	6,9	1,9	58	63	661	55	
	K. Proteo	36	81	71	40	14	80	15	119	100	22	427	5,7	1,4	68	64	733	71	
	B. Brasil	36	82	71	35	13	92	14	112	97	22	432	5,5	1,4	73	64	787	71	
	P. Gaucho	38	80	70	31	11	93	13	108	87	21	342	5,5	1,4	64	63	720	62	
	P. Granar	35	82	71	31	11	93	13	90	90	21	290	4,6	1,2	66	62	670	55	
Localidad (L)	Pergamino	35	80	71	35	12	89	14	144	73	19	421	8,1	2,3	73	64	731	70	
	Paraná	39	81	71	30	11	93	13	111	81	20	327	6,0	1,7	59	63	678	57	
	M. Juárez	35	80	70	30	11	94	13	116	80	20	355	6,2	1,8	67	63	703	58	
	Balcarce	41	82	71	33	12	90	13	114	91	21	369	5,8	1,6	62	63	702	63	
Año (A)	2003	38	82	71	34	12	91	14	119	87	20	378	6,1	1,7	67	63	687	64	
	2004	37	80	71	33	12	92	14	120	80	20	367	6,5	1,8	69	63	692	63	
	2005	37	81	69	31	11	91	13	125	77	19	360	7,0	2,0	61	63	732	59	
Significancia ^a	A	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**
	L	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	L x A	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	C	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	C x A	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	C x L	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	C x L x A	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

^a Nivel de significancia para cada fuente de variación del análisis de varianza; * = $P \leq 0,05$; ** = $P \leq 0,001$; ns = diferencia no significativa.

**Figura 1.** Coeficiente de variación porcentual respecto de la media (calculado según la Ecuación 4), de los efectos principales (cultivar, localidad y año) para las variables de calidad estudiadas (las variables y sus unidades se detallan en Materiales y Métodos).

mostraron un CV importante (cercano o mayor al 50 %) para P/G y P/L. El bajo efecto de la triple interacción indicó que la interacción localidad x año fue poco variable entre cultivares.

La Tabla 2 resume los resultados del análisis

de la clasificación por GC. Según el primer criterio de clasificación, sólo dos cultivares (K. Proteo y B. Brasil) presentaron una mayor proporción de casos en el GC 1 que en los restantes grupos, tres cultivares (K. Sagitario, I. Tijetera y P. Gaucho)

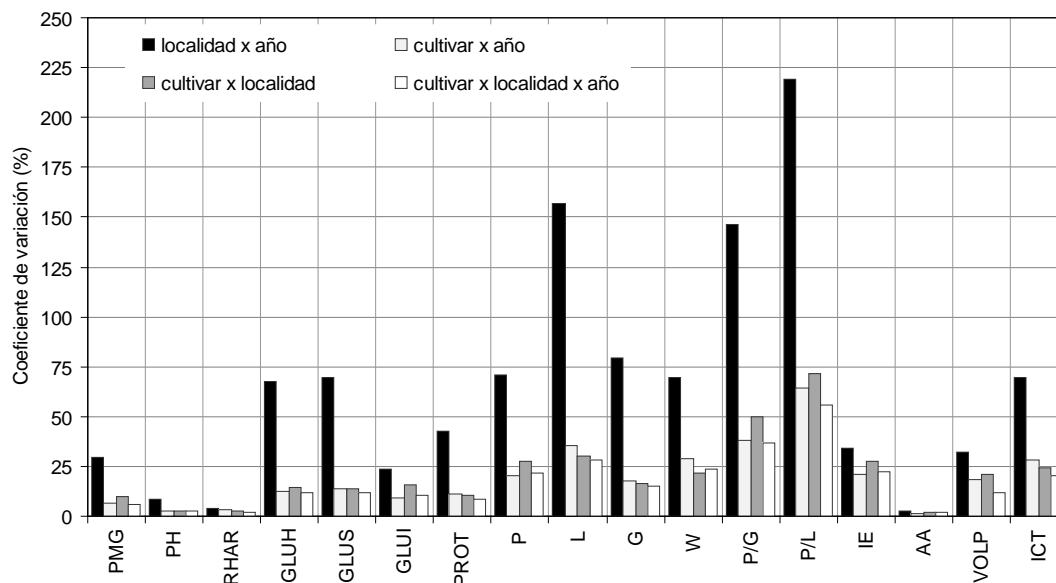


Figura 2. Coeficiente de variación porcentual respecto de la media (calculado según Ecuación 4), de las interacciones dobles y triples para las variables de calidad estudiadas (las variables y sus unidades se detallan en Materiales y Métodos).

Tabla 2. Porcentaje de casos de cada grupo de calidad, para cada cultivar, según el criterio de clasificación 1 y 2 (ver Materiales y Métodos), χ^2 para la homogeneidad en la proporción de casos entre localidades y nivel de significancia del χ^2 .

Criterio 1	Grupo1	Grupo2	Grupo3		
Cultivar ^a	%	%	%	χ^2	Sign.
K. Sagitario	17	61	22	19,9	**
B. Arriero	31	33	36	18,0	**
I. Tijetera	6	67	28	12,4	ns
K. Escorpión	25	19	56	20,3	**
K. Proteo	72	19	8	14,8	*
B. Brasil	78	14	8	6,7	ns
P. Gaucho	22	53	25	11,3	ns
P. Granar	8	19	72	21,4	**
Criterio 1	Grupo1	Grupo2	Grupo3		
Cultivar ^a	%	%	%	χ^2	Sign.
K. Sagitario	78	17	6	4,9	ns
B. Arriero	89	8	3	6,9	ns
I. Tijetera	81	8	11	11,4	ns
K. Escorpión	53	22	25	16,5	*
K. Proteo	92	6	3	9,8	ns
B. Brasil	94	3	3	6,1	ns
P. Gaucho	83	8	8	13,3	*
P. Granar	72	11	17	14,6	*

* = $p \leq 0,05$; ** = $p \leq 0,001$; ns = diferencia no significativa.

^a B: Buck, K: Klein, I: INIA (Uruguay).

presentaron una mayor proporción en el GC 2 y otros tres (B. Arriero, K. Escorpión, P. Granar) presentaron mayoría en el GC 3. Al evaluar si la cantidad de datos de cada grupo para cada cultivar varió entre localidades, se encontró que las diferencias fueron significativas en cinco de los ocho cultivares estudiados (Tabla 2).

De acuerdo con el segundo criterio de clasificación, todos los cultivares presentaron la mayor proporción de casos en el GC 1, y en tres de los ocho cultivares estudiados esa proporción cambió significativamente entre localidades. Solamente los cultivares K. Proteo y B. Brasil mantuvieron la mayor proporción de casos en el GC 1 a través de ambos criterios; para el resto de los cultivares, el GC más frecuente cambió con el criterio de clasificación.

DISCUSIÓN

Los datos presentados muestran que los efectos de localidad y de año fueron tanto o más importantes que el de cultivar sobre las variables asociadas con la calidad industrial, por lo menos para los cultivares utilizados en este estudio (todos de GC 1 o 2). En consecuencia, una caracterización por cultivar será insuficiente para clasificar la producción de trigo argentino. La inclusión de la localidad en la clasificación propuesta por Cuniberti (2004) resulta bien justificada. Un criterio similar debería aplicarse para establecer protocolos de producción de trigo. No obstante, los resultados obtenidos muestran que la interacción localidad \times año puede tener un efecto marcado sobre la calidad (comercial, molinera y panadera). Chidichimo *et al.* (2007) encontraron un efecto similar al analizar 7 años de datos provenientes de cuatro localidades. Por lo tanto, una simple clasificación por cultivar y localidad tendría limitaciones para definir protocolos de producción y clasificar la producción obtenida. Sería importante mejorar y desarrollar métodos de monitoreo y modelos de diagnóstico de la calidad que ayuden a verificar en pre y poscosecha la calidad industrial alcanzada en cada zona y año. Resulta evidente que tal seguimiento de la calidad tendrá un costo. Si la segregación por calidad no tiene una ventaja acorde, la discriminación sólo por cultivar y localidad puede ser la alternativa más realista.

Los datos muestran que los efectos de cultivar, localidad, año y sus interacciones fueron en general mayores que el error experimental. Este hecho puede justificar la omisión del análisis de calidad con repeticiones de parcelas a fin de cuantificar esos efectos. Éste es el enfoque que se utiliza

actualmente al evaluar la calidad de la RET de trigo. Sin embargo, los resultados permiten destacar las limitaciones de realizar un análisis que no incluya repeticiones. Si se utilizan localidades como repeticiones para obtener información referida a la calidad de los cultivares, gran parte del valor de la interacción cultivar \times localidad quedará incluida en el error experimental, por lo que se perderá sensibilidad para identificar diferencias entre cultivares ya que el término del error experimental aumentará. De forma similar, si se utilizan años como repeticiones dentro de una localidad, el error aumentará ya que incluirá la interacción cultivar \times año. Esta pérdida de sensibilidad aumenta la probabilidad de concluir que no hay diferencias entre cultivares o interacción cultivar \times localidad o interacción cultivar \times año, aunque existan.

El ICT con el cual se clasifican los cultivares de trigo resultó principalmente afectado por la interacción localidad \times año y significativamente afectado por las interacciones cultivar \times localidad y cultivar \times año, por lo cual el ordenamiento de los cultivares estudiados cambió entre localidades y años. Esto implica una limitación para clasificar cultivares que se puede desatender argumentando que el efecto de cada una de esas interacciones no superó el 25%. No obstante, la limitación más preocupante es que al clasificar los cultivares no exista un método rutinario para corroborar que esas interacciones no resulten altas en algún nuevo cultivar. Cabe destacar que no hay por qué suponer que los cultivares estudiados en el presente trabajo representen el comportamiento de nuevos cultivares, por lo cual, la moderadamente baja interacción entre cultivares observada aquí no es un buen estimador de la interacción de los nuevos cultivares con el ambiente.

En estudios previos (Jara, 2003; Fraschina *et al.*, 2007) se realizó el análisis agrupando *a priori* los cultivares por GC. Al proceder de esa manera puede quedar enmascarado el comportamiento particular de algunos cultivares y reducirse la interacción entre GC, pero la interacción permanecerá oculta dentro de cada grupo. Para superar esos análisis, en este estudio se han definido los GC con un criterio adecuado para clasificar cultivares (criterio 1) o para clasificar la producción (criterio 2). Según ambos criterios, la clasificación de la calidad cambia con la localidad, en especial con el criterio 1. Cabe preguntarse entonces, si ocurriría lo mismo utilizando otra variable de clasificación o modificando el ICT. Si una variable se transforma linealmente en otra (por ejemplo, si los valores de W de 200 a 500 se escalan de 0 a 9, mediante la ecuación lineal $y = 2,46x + 9$), por propiedades

algebraicas de las sumas de cuadrados, es de esperar un cambio moderado en los CV de la variable transformada y ningún efecto sobre las pruebas de F (*i.e.*, las significancias del ANVA). El *ICT* se calcula escalando cada una de las siete variables de calidad de 0 a 9 y luego haciendo un promedio ponderado de esos valores. Si bien no todas las variables que integran el *ICT* tienen un aporte perfectamente lineal, éste es cercano a la linealidad. Por lo tanto, no resulta llamativo que el *ICT* refleje los CV y las interacciones de las variables que lo componen. En definitiva, si se transforma linealmente una variable de clasificación o se modifica el *ICT* linealmente, no deben esperarse cambios sustanciales en el resultado de la clasificación. Sin embargo, si los GC se crean usando rangos de una variable (p. ej. del *ICT*), tal como los de las Ec. 1 y 2, se trata de una transformación no lineal, que puede modificar tanto los CV como las significancias del ANVA. Por lo tanto, resulta crítico elegir límites realistas para los rangos de clasificación. Los resultados obtenidos indican que no es conveniente aplicar el mismo criterio de clasificación de la calidad, en todas las subregiones trigueras argentinas. A fin de mejorar el sistema de clasificación actual, se puede intentar identificar localidades representativas en distintas subregiones para evaluar la calidad. Obviamente, tal esfuerzo en la clasificación por calidad se justificaría si existiera un beneficio económico o social en llevarla adelante.

Una limitación de este estudio es que no incluyó cultivares del GC 3. La menor variación en los parámetros de calidad, esperable en los cultivares elegidos, puede ser la causa de que el efecto de cultivar encontrado resultara menor que el de localidad o año. Por otro lado, se debe tener presente que el manejo de los ensayos no fue homogéneo, sino que cada ensayo siguió la modalidad de su localidad. Por tal motivo, las conclusiones de este trabajo incluyen el efecto del manejo dentro de la localidad. Esto puede ser particularmente importante en relación con el manejo de la fertilidad nitrogenada dado su conocido efecto sobre los parámetros de calidad.

En conclusión, para el amplio conjunto de datos analizado, los efectos de la localidad y del año fueron tanto o más importantes que el del cultivar para definir la calidad de trigo; además, el efecto de la localidad cambió entre años. Por otro lado, la clasificación por GC no resultó estable entre localidades. Estos hechos tienen consecuencias que deben considerarse al categorizar cultivares, clasificar la producción y definir protocolos de producción de trigo.

AGRADECIMIENTOS

A R. Miranda (Criadero ACA, Universidad Nacional del Sur), M.L. Seghezzeo y E.R. Molfese (Laboratorio de Calidad Industrial de Granos, Chacra Experimental Integrada Barrow, convenio INTA-MAA) por sus comentarios. A C.N. Rademakers por su ayuda en la preparación del manuscrito. Los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos en el marco del Módulo Trigo del Proyecto Nacional del INTA 520204: Generación de información para el desarrollo de protocolos para la producción diferenciada y certificada.

BIBLIOGRAFÍA

- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación), 2003a. Resolución 7/2003. Crease la red de ensayos comparativos de variedades de trigo (RET). Boletín Oficial de la Republica Argentina, Primera Sección, Secretaría Legal y Técnica, Dirección Nacional del Registro Oficial, 30175, 6.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación), 2003b. Resolución 334/2003. Créase el Programa Nacional de Calidad de Trigo. Boletín Oficial de la Republica Argentina, Primera Sección, Secretaría Legal y Técnica, Dirección Nacional del Registro Oficial, 30140, 6.
- Calzolari, A.M. y O.O. Polidoro, 2004. La calidad del trigo en Argentina: II. Grado de estabilidad de las distintas subregiones. 6° Congreso nacional de trigo. Bahía Blanca, Bs. As., 287-288.
- Chidichimo, H.O.; M.E. Sempé; M.B. Aulicino y L.B. Almaráz, 2007. Informe sobre la calidad comercial e industrial de trigo, campañas 1994/95 a 2005/06. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Bs. As., 192 pp.
- Cuniberti, M., 2004. Propuesta de clasificación del trigo argentino. IDIA, 21, 6:21-25.
- Cuniberti, M.; J. Nisi y B. Masiero, 2004. Estabilidad en la calidad de variedades de trigo: relación rendimiento vs. calidad industrial. IDIA, 21, 6:26-28.
- Fraschina, J.; B. Masiero; D. Gómez; C. Bainotti; J. Salines; J. Nisi; B. Formica; G. Donaire and M. Cuniberti, 2007. Genotype by Environment Interaction of Industrial Quality Parameters in Argentine Bread Wheat Cultivars. 1st Latin American Conference de la ICC. Rosario, Santa Fe, 5 pp.
- García, R.; J.G. Annone; A.J. Martín; M. Mac Maney y S. Regis, 2001. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y distintos parámetros de calidad industrial de distintas variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.). 5° Congreso Nacional de Trigo. Villa Carlos Paz, Córdoba. 2 pp.

- Gutheim, F. and P.E. Abbate, 2007. Genotype x Year Interaction for Bread Wheat Quality Traits at Miramar. 1st Latin American Conference de la ICC. Rosario, Santa Fe, 2 pp.
- Jara, A., 2003. Informe campaña 2001/02. Programa de muestreo de variedades de trigo. Programa Nacional de Calidad de Trigo, SAGPyA, Bs. As., 24 pp.
- Miranda, R. y N. Salomón, 2001. Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo. Ed. Hemisferio Sur. INIA La Estanzuela, Uruguay.
- Kohli, M. M.; M. D. Ackermann; M.D. de Castro (eds.), 163-173.
- Otamendi, M., 2004. Demandas de calidad de trigo a nivel mundial. IDIA, 21, 6:11-15.
- 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, Bs. As., 34 pp.
- Triboi, E.; A. Abad; A. Michelena; J. Lloveras; J.L. Ollier and C. Daniel, 2000. Environmental Effects on the Quality of Two Wheat Genotypes: 1. Quantitative and Qualitative Variation of Storage Proteins. Eur. J. Agron., 13:47-64.
- Yan, W.; L.A. Hunt; Q. Sheng and Z. Szlavnic, 2000. Cultivar Evaluation and Mega-environment Investigation Based on the GGE Biplot. Crop Sci., 40:597-605.