

Influencia del estrés térmico en la calidad panadera del trigo: progenies con diferentes niveles de sensibilidad

Gaido, Z. A. y M. E. Dubois

RESUMEN

Picos de altas temperaturas durante el llenado del grano de trigo están relacionados con modificaciones de la calidad panadera, especialmente con disminuciones en la fuerza de la masa. Se evaluó la influencia del estrés térmico en la calidad de progenies de trigo pan clasificándolas en grupos según su sensibilidad. Se analizaron 60 progenies de trigo durante 3 años consecutivos. Se tomaron fechas de siembra, espigazón, cosecha y temperaturas máximas diarias. Se determinó, para cada muestra, la variable estrés térmico total (ETT), definida como la sumatoria de grados de los episodios de estrés térmico (al menos 2 días consecutivos con temperaturas > 30 °C) durante el periodo del llenado efectivo del grano, estableciéndose 3 niveles: bajo, medio y alto. Se midieron proteína en grano (PTG), gluten húmedo (GH) y variables mixográficas. Se realizaron análisis de la varianza y coeficientes de correlación de Pearson. Para niveles de ETT medio y alto disminuyeron PTG, GH y altura mixográfica (A_{mix}), mientras que la fuerza de la masa medida en tiempo de desarrollo mixográfico (TD_{mix}) disminuyó sólo en 62% de las muestras. En este sentido, se identificaron genotipos que poseen tolerancia al estrés térmico y una mayor estabilidad de la masa.

Palabras clave: trigo pan, calidad panadera, periodo de llenado del grano, estrés térmico, sensibilidad al estrés térmico.

Gaido, Z. A. and M. E. Dubois, 2008. Effects of heat stress on bread-making quality of wheat: progenies with different levels of sensitivity. *Agriscientia* XXV (2): 89-96

SUMMARY

Periods of heat stress during the grain filling have been observed to influence the baking quality of wheat with a decline in dough strength. The objective of this study was to evaluate the effects of heat stress on bread-making quality of wheat and to identify progenies with different levels of sensitivity. Sixty wheat progenies were

analyzed for three consecutive years. The dates of sowing, heading, harvests and the daily maximum temperatures were taken. For each sample, the total heat stress (ETT), defined as the cumulative number of degrees of the episodes of heat stress (at least two consecutive days with temperatures $> 30^{\circ}\text{C}$) happened during the grain filling period, was determined. Three levels of ETT were determined: low, medium and high. The grain protein (PTG), humid gluten (GH) and mixograph variables were measured. The analysis of variance and the Pearson correlation coefficient were performed. For medium and high levels of ETT, PTG, GH and mixograph peak height in all the samples decreased, while the mixograph dough development time (TD_{mix}), related with dough strength, diminished in 62% of the samples. This way, genotypes that possess tolerance to heat stress and the greater stability of dough quality were identified.

Keywords: bread wheat, bread-making quality, grain filling period, heat stress, heat sensibility.

Z. A. Gaido y M. E. Dubois. Cátedra de Industrias Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, CC 509, 5000 Córdoba, Argentina. Correspondencia a Z. A. Gaido: zulgaido@agro.unc.edu.ar

INTRODUCCION

El trigo es una de las diez cadenas agroalimentarias más significativas de la Argentina. Para lograr su competitividad es necesario asegurar su calidad, generando productos diferenciados de alto valor agregado y garantizando su homogeneidad y estabilidad en el tiempo. La Argentina posee gran disponibilidad de variedades para satisfacer los distintos mercados, variabilidad agroecológica para cultivar adecuadamente cada variedad y capacidad en recursos tecnológicos y humanos para abastecer la demanda creciente de trigos diferenciados de alta calidad (Gaido, 2006).

El trigo es el cereal panificable por excelencia, debido a las propiedades funcionales del gluten. El balance entre gluteninas (Glu) y gliadinas (Gli) determina, junto con el contenido total de proteínas, que la masa tenga las propiedades ideales de panificación. Cuando el balance es óptimo la masa resultante es lo suficientemente fuerte para atrapar las burbujas de gas que se expandirán durante el horneado, dando como resultado un pan alto de buen volumen. Masas tenaces, que se caracterizan por ser excesivamente fuertes y relativamente poco extensibles, se deben a una baja relación Gli/Glu, y requieren un alto aporte de energía para realizar el amasado y por lo tanto mayor costo de producción.

Además, la baja elasticidad impide que el gas se expanda, y el resultado final es un pan con bajo volumen y alta densidad (Stone & Savin, 1999). No obstante, las harinas con estas características pueden ser usadas como correctoras al mezclarlas con otras obtenidas a partir de trigos débiles.

Como no existe una única variable que defina adecuadamente la calidad panadera, se seleccionan algunas y se las usan como estimadores. Al evaluar generaciones tempranas se deben usar métodos rápidos y que requieran poca cantidad de material. Entre las variables que cumplen con estos requisitos están: el contenido proteico del grano, que influye sobre el valor nutricional de la harina y sus propiedades panaderas; el porcentaje de gluten, que informa sobre la calidad proteica mediante las propiedades viscoelásticas de la masa; y las curvas mixográficas, que brindan parámetros relacionadas directamente con el desarrollo y resistencia mecánica de la masa, entre ellos, los ángulos que representan la tolerancia al amasado y el tiempo de desarrollo como índice de la fuerza de la masa relacionado con el W alveográfico y usado para predecir el volumen del pan (Finney & Yamazaki, 1967; Finney & Shogren, 1972; Tombetta y Cuniberti, 1994).

Es importante analizar brevemente el periodo reproductivo del trigo, ya que está íntimamente aso-

ciado a la formación de las proteínas de reserva. Los diferentes grupos de proteínas se depositan en distintos momentos del llenado del grano. Según estudios realizados (Rijven & Cohen, 1961; Jennings & Morton, 1963), durante las dos primeras semanas posteriores a la antesis, la mayoría de la proteína presente está representada por albúminas y globulinas. Las proteínas del gluten se sintetizan 10 a 20 días luego de antesis (Graham & Morton, 1963; Evers, 1970), y superan rápidamente a las primeras. Como todas las proteínas continúan formándose hasta madurez fisiológica, si existiesen interrupciones en el llenado de los granos (como ocurriría en períodos de estrés térmico o hídrico, tan comunes en ciertas zonas trigueras de la Argentina) se alteraría la composición de las fracciones proteicas, entre ellas la relación Gli/Glu, lo cual modificaría la calidad de esos granos (Slafer *et al.*, 2004).

Diversos autores coinciden en que la temperatura durante el llenado del grano es posiblemente el factor ambiental más importante en la modificación de la calidad del trigo, y que picos de altas temperaturas durante ese periodo pueden conducir a que el grano maduro produzca masas más débiles que las esperadas. Randall & Moss (1990) informaron que cuando la temperatura incrementa paulatinamente hasta 30 °C durante el llenado del grano generalmente aumenta la fuerza de la masa, mientras que temperaturas por encima de 30 °C, aun por pocos días, producen trigos con masas más débiles. Wrigley *et al.* (1994), en estudios realizados durante 11 años, coincidieron con otros autores en que cuando se producen picos de altas temperaturas ocasionales (superiores a 35 °C) en momentos de sensibilidad del cultivo, en general hubo un debilitamiento de la fuerza de la masa. Blumenthal *et al.* (1991a, 1991b y 1993) informaron que los análisis a campo y en invernáculo confirman la hipótesis de que episodios de estrés térmico (superiores a 35 °C) durante el llenado del grano, activan elementos asociados con los genes que codifican para gliadinas. En consecuencia el contenido de gliadinas en el grano maduro aumenta al igual la relación Gli/Glu, y se producen harinas que forman masas más débiles, con menores tiempos de desarrollo mixográfico. Wrigley *et al.* (1994) comprobaron que la magnitud de los cambios en la calidad de la masa variaba con el momento del periodo de llenado del grano en que se produce el estrés y con el genotipo involucrado, considerando la existencia de genotipos diferentes en su sensibilidad o tolerancia al calor. Cuniberti (2000) comparó trigos argentinos de varios años con y sin estrés calórico (temperaturas por encima de 30-32 °C) e hídrico (humedad relativa ambiente inferior al 40%), y concluyó que en

condiciones de estrés se produjeron masas más débiles, con un incremento en la extensibilidad y una disminución de la tenacidad, que dieron una menor relación P/L alveográfica y una disminución del tiempo de desarrollo de la masa.

En función de los antecedentes se plantearon los siguientes objetivos: 1) evaluar la influencia del estrés térmico en la calidad panadera de progenies de trigo pan y 2) clasificar las progenies en grupos según su sensibilidad al estrés térmico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El germoplasma provino de un programa de mejoramiento genético de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) basado en un esquema de selección recurrente (SR) tendiente a incrementar el rendimiento en grano. Para el presente estudio se analizaron 60 progenies, 12 por cada ciclo de SR (C₀, C₁, C₂, C₃ y C₄).

Los ensayos se realizaron en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (31° 29' S y 64° 00' O), ubicado en la zona semiárida central del país, que corresponde a la subregión triguera V Norte, donde es frecuente la ocurrencia de días con temperaturas superiores a 30 °C en los meses de primavera.

Por 3 años consecutivos (1998, 1999 y 2000), cada una de las 60 progenies fue sembrada en parcelas de un surco de 5 m de longitud, distanciadas a 20 cm y a una densidad de 250 semillas/m². Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, considerándose como repeticiones a las progenies pertenecientes a un mismo ciclo.

Durante el periodo del cultivo se registraron los siguientes datos:

- Fechas de siembra
- Fechas de espigazón: espiga totalmente emergida
- Fechas de cosecha: humedad del grano menor o igual al 20%
- Temperaturas máximas diarias.

El material cosechado fue estibado en gavillas en condiciones naturales para completar su secado. Luego se realizó la trilla y los granos fueron limpiados, acondicionados y conservados en ambiente fresco y seco, para realizar las mediciones correspondientes.

Obtención de la variable estrés térmico total (ETT) y niveles de ETT

Para cada año de estudio y para cada una de las progenies analizadas se realizó la sumatoria de los días entre la fecha de espigazón y la fecha de cosecha correspondiente, con lo que se obtuvo la variable días de espigazón a cosecha (DDEC). Para calcular el periodo de llenado efectivo del grano, a cada valor de DDEC obtenido se le restó el valor correspondiente al primer tercio (que en todos los casos estuvo comprendido entre 10 y 20 días), periodo considerado por la bibliografía analizada como la duración de la etapa inicial del llenado del grano, de lento crecimiento sin sustancial ganancia de materia seca. Durante el periodo de llenado efectivo del grano se determinaron, para cada progenie y en los 3 años considerados, los episodios de estrés térmico definidos como los periodos de al menos 2 días consecutivos con temperaturas superiores a 30 °C. Se sumaron los grados por encima de 30 °C de dichos episodios para obtener la variable estrés térmico total (ETT) para cada muestra.

En función de las frecuencias absolutas de ETT, para cada uno de los años estudiados se establecieron tres niveles: bajo ($ETT < 15$ °C); medio (15 °C $\leq ETT \leq 25$ °C) y alto ($ETT > 25$ °C).

Obtención de las variables de calidad

En primer lugar se realizaron las mediciones con grano entero, con lo que se obtuvieron los valores de proteína total en grano (PTG), para lo cual se utilizó el Grain Analyzer INFRATEC 1241, multianalizador automático de grano entero de lectura por trasmisancia en el infrarrojo cercano, con calibraciones estándar para proteína y humedad.

Posteriormente las muestras se molieron en forma individual utilizando un molino Brabender Quadrumat Junior, apto para muestras pequeñas. Con la harina obtenida se realizaron las mediciones para la obtención del gluten húmedo y se obtuvieron los trazados mixográficos.

Para la determinación de la variable gluten húmedo (GH) se utilizó un equipo GLUTOMATIC, según la metodología correspondiente a las normas ICC N° 137-IRAM 15864.

Los mixogramas se realizaron usando el Mixógrafo de Swanson. La metodología utilizada corresponde a las normas AACC N° 54-40. Se analizaron las curvas mixográficas y se obtuvieron las variables tiempo de desarrollo (TD_{mix}), altura máxima (A_{mix}) y ángulo de tolerancia al amasado (ATA_{mix}).

Las distintas variables de calidad se midieron uti-

lizando las instalaciones y la metodología de análisis del Laboratorio de Calidad de Cereales y Oleaginosas del INTA Marcos Juárez.

Análisis estadístico

La información correspondiente a cada variable fue sometida a un ANOVA y las medias fueron comparadas mediante el test de Tukey.

Se determinaron los coeficientes de correlación para todos los pares de datos disponibles de las variables en estudio, a través del coeficiente de correlación de Pearson.

Para el análisis de las variables se usó el Software Estadístico InfoStat/P (2005).

RESULTADOS

Al analizar el comportamiento de las variables en estudio, utilizando a los años de cultivo como variable de clasificación, se detectaron diferencias significativas entre las medias de cada variable, excepto para ATA_{mix} (Tabla 1). Si bien el estrés térmico (ETT) fue significativamente diferente en los 3 años considerados, las medias de las variables de calidad GH, PTG, TD_{mix} y A_{mix} de los años 1998 y 1999 difirieron significativamente con las del 2000, pero no entre sí. Se observó un aumento de los parámetros de calidad con la disminución de ETT.

Como la variable ETT difirió en los 3 años estudiados, para cada una de las progenies se compararon entre sí los valores de PTG, GH, TD_{mix} y A_{mix} para el trienio, observándose si diferían por un valor \geq a la DMS del test de Tukey correspondiente con un nivel de significación de 0,01. Las variables PTG, GH y A_{mix} marcaron diferencias para todas las progenies. Con respecto a TD_{mix} , se comprobó que los valores de los años 1998 y 1999 no diferían entre sí, pero mostraban dos comportamientos distintos al

Tabla 1. Valores medios para las variables proteínas en grano (PTG), gluten húmedo (GH), tiempo de desarrollo mixográfico (TD_{mix}), altura mixográfica (A_{mix}) y estrés térmico total (ETT) observados en los 3 años de cultivo.

Año	Variable					
	PTG %	GH %	TD_{mix} min	A_{mix} unid	ATA_{mix} grados	ETT °C
1998	10,86 b	24,99 b	4,25 b	5,49 b	150,96 a	28,95 a
1999	10,69 b	23,64 b	4,33 b	5,59 b	154,07 a	23,19 b
2000	12,27 a	28,24 a	5,82 a	6,42 a	151,51 a	9,50 c

* En cada columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,01$).

compararlos con los de 2000 (datos no mostrados).

Con base en esta característica se clasificaron las progenies en dos grupos:

- Grupo 1: todas aquellas progenies cuyos TD_{mix} de los años 1998 y 1999 no difirieron del correspondiente al año 2000.

- Grupo 2: todas aquellas progenies cuyos TD_{mix} de los años 1998 y 1999 difirieron del correspondiente al año 2000.

Se obtuvieron 23 progenies del grupo 1 y 34 del grupo 2. Tres progenies presentaron curvas indeterminadas y difíciles de evaluar por lo que se las descartó, en función de lo definido por Finney & Yamazaki (1967) y Finney & Shogren (1972).

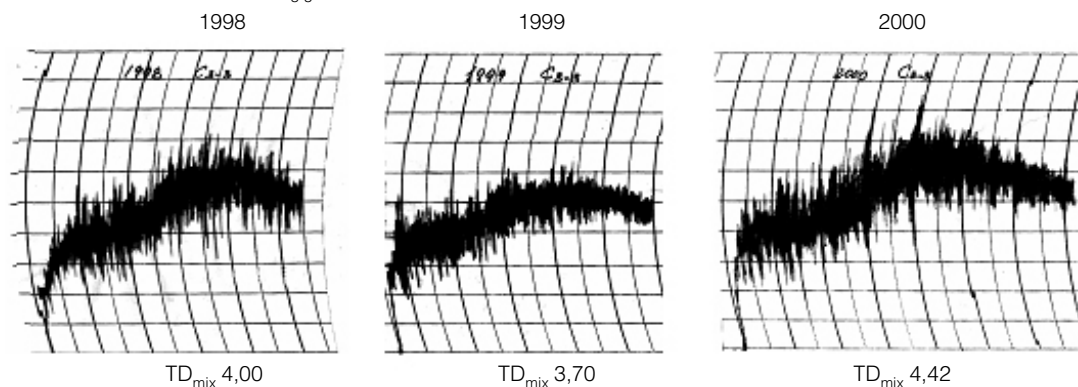
En la Figura 1 se muestran ejemplos de mixogramas de los grupos 1 y 2. Los mixogramas grafican la resistencia que opone la masa al movimiento del brazo del mixógrafo. El pico máximo se corresponde al punto de mínima movilidad o máxima resis-

tencia de la masa y representa al requerimiento del tiempo de amasado en minutos (TD_{mix}). En los mixogramas del grupo 1, progenies no sensibles al ETT, se observa la similitud en los TD_{mix} del trío. En los del grupo 2, progenies sensibles al ETT, se advierten las diferencias entre los TD_{mix} correspondientes a los años 1998 y 1999 respecto al 2000.

Al analizar los episodios de estrés térmico ocurridos durante el llenado efectivo del grano en los 3 años considerados (Figura 2) puede observarse que en 1998 se dieron cuatro episodios, ocurridos principalmente a mediados y fines de octubre y principios de noviembre. En 1999, se produjeron tres episodios en épocas similares a 1998, pero con menor intensidad. El año 2000 se caracterizó por un muy bajo nivel de estrés térmico, tanto en días como en intensidad. El primer pico del año 2000 corresponde al mes de septiembre, fuera del periodo de llenado efectivo del grano.

El análisis de las variables de calidad panadera

Mixogramas de la progenie C_{3-3} del Grupo 1



Mixogramas de la progenie C_{1-12} del Grupo 2

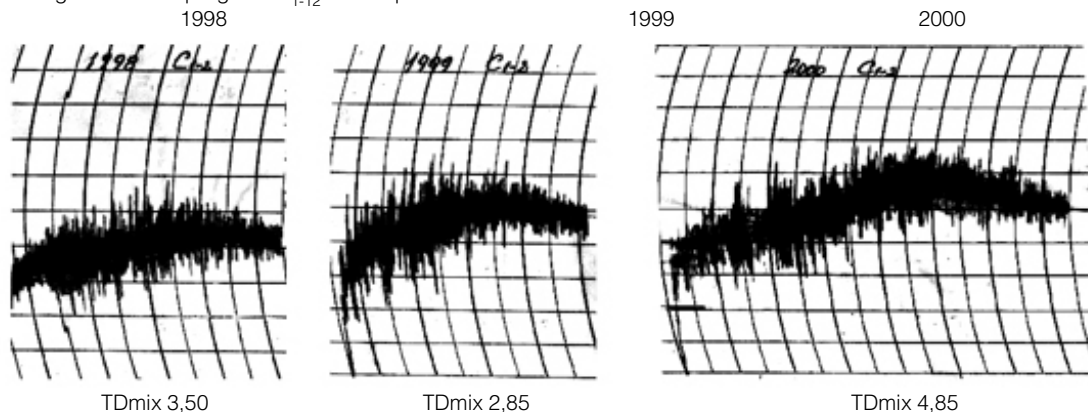
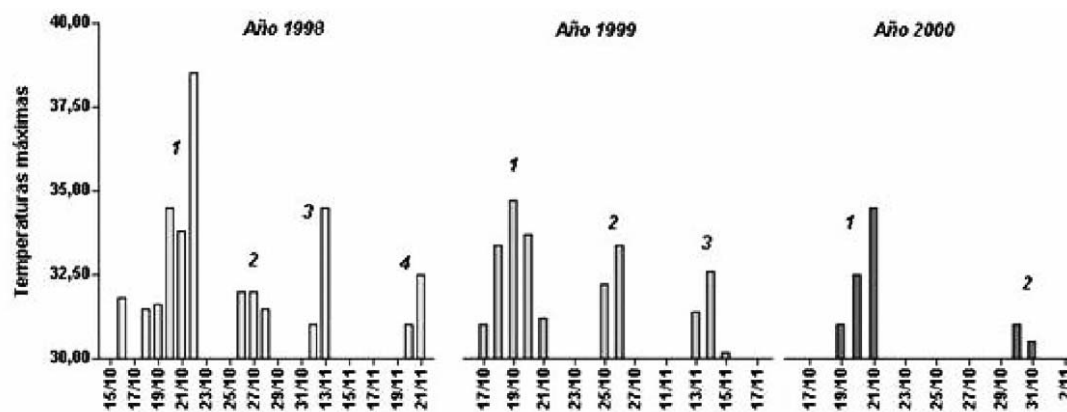


Figura 1. Mixogramas de progenies de los grupos 1 y 2 en los 3 años de cultivo



*Los valores 1 a 4 indican los episodios ocurridos en cada uno de los años

Figura 2. Episodios de estrés térmico ocurridos durante el llenado efectivo del grano en los años 1998, 1999 y 2000

para cada nivel de ETT en ambos grupos de progenies por separado (Tabla 2), muestra, en los dos grupos, que los valores medios registrados para las variables GH, PTG y A_{mix} fueron estadísticamente mayores en el nivel bajo de estrés, sin diferencias entre los valores registrados ante los niveles medio y alto. Las diferencias en el comportamiento de los dos grupos se dan en las variables mixográficas TD_{mix} y ATA_{mix} . En el grupo 1 los TD_{mix} de las progenies no difirieron entre sí, detectándose diferencias significativas entre los ATA_{mix} , donde las medias correspondientes a bajo estrés térmico fueron significativamente menores a las ocurridas con alto estrés. En el grupo 2 los TD_{mix} en los niveles de ETT medio y alto fueron significativamente menores a los hallados en el nivel bajo, y no se encontraron diferencias significativas en los ángulos mixográficos analizados.

El análisis de correlación para los individuos de ambos grupos indicó asociación significativa negativa entre los valores de PTG, GH y A_{mix} y los valores ETT, lo que reafirma que el aumento del estrés disminuyó los valores de dichas variables (Tabla 3).

Nuevamente las diferencias en el comportamiento de los dos grupos se dan en la variable mixográfica TD_{mix} . En el grupo 1 no hubo correlación entre TD_{mix} y ETT. El grupo 2, en cambio, mostró una correlación significativa negativa entre TD_{mix} y ETT indicando que al incrementarse el estrés térmico disminuyeron los tiempos de desarrollo. A su vez, en ambos grupos, se observó una correlación significativa y positiva entre PTG, GH y A_{mix} .

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos (Tabla 1) muestran que, en general, las progenies corresponden a trigos con

masas de fuertes a tenaces y de buena calidad panadera. Los tiempos de desarrollo fueron de normales a moderadamente largos; las masas, estables y con buena tolerancia al amasado, como lo demuestran sus ángulos mixográficos, lo que permite prever buenos resultados en la panificación (Finney & Yamazaki, 1967; Finney & Shogren, 1972; Tombetta y Cuniberti, 1994). Estas características fueron observadas en anteriores evaluaciones de progenies correspondientes al programa de selección recurrente (Dubois *et al.*, 1998; Gaido *et al.*, 2000).

Al analizar las progenies por separado (Tablas 2 y 3) se observó que en ambos grupos, al incrementarse el nivel de estrés térmico se produjeron disminuciones en el contenido proteico, gluten húmedo y altura de la curva mixográfica, variables altamente correlacionadas entre ellas. Por otro lado, solamente en las progenies del grupo 2, el tiempo de desarrollo mixográfico disminuyó significativamente en los niveles medio y alto de estrés térmico. De acuerdo al diferente comportamiento que en ambos grupos presentó la variable TD_{mix} frente a los ETT, se puede considerar a las progenies del grupo 1 como no sensibles al ETT y a las del grupo 2 como sensibles al ETT.

Estos resultados son coincidentes con algunas investigaciones que mostraron que periodos de altas temperaturas ocurridos durante el llenado efectivo del grano, alteran la calidad final del trigo, según la intensidad y duración del estrés, e influyen sobre la composición y contenido proteico total (Savin, 2001). Diversos autores (Finney & Fryer, 1958; Finney & Shogren, 1972; Randall & Moss, 1990; Blumenthal *et al.*, 1991a y 1991b; Wrigley *et al.*, 1994; Cuniberti, 2000) comprobaron que la fuerza de la masa disminuye con picos de estrés térmico ocasionales, situa-

Tabla 2. Valores medios para las variables proteínas en grano (PTG), gluten húmedo (GH), altura mixográfica (Alt_{mix}) y tiempo de desarrollo mixográfico (TD_{mix}) en las progenies de los grupos 1 y 2 en relación a los tres niveles de ETT (bajo, medio, alto).

Nivel de ETT	Progenies Grupo 1					Progenies Grupo 2				
	PTG %	GH %	TD _{mix} min	A _{mix} unid	ATA _{mix} grados	PTG %	GH %	TD _{mix} min	A _{mix} unid	ATA _{mix} grados
Bajo	11,91 a	27,72 a	4,55 a	6,40 a	145,2 a	12,42 a	28,22 a	6,63 a	6,36 a	155,6 a
Medio	10,69 b	23,81 b	4,25 a	5,64 b	153,1 b	10,70 b	23,52 b	4,39 b	5,56 b	154,7 a
Alto	10,54 b	24,87 b	4,10 a	5,13 b	155,0 b	11,11 b	25,19 b	4,42 b	5,59 b	150,8 a

* En cada columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Tabla 3. Valores de los coeficientes de correlación de Pearson para las variables proteínas en grano (PTG), gluten húmedo (GH), tiempo de desarrollo mixográfico (TD_{mix}), altura mixográfica (Alt_{mix}) y estrés térmico total (ETT), observados en las progenies de los grupos 1 y 2

	Progenies Grupo 1					Progenies Grupo 2				
	PTG	GH	TD _{mix}	A _{mix}	ATA _{mix}	PTG	GH	TD _{mix}	A _{mix}	ATA _{mix}
PTG										
GH	0,79					0,82				
TD _{mix}	0,29	-0,09				0,54	0,24			
A _{mix}	0,87	0,67	0,14			0,74	0,71	0,29		
ATA _{mix}	-0,46	-0,64	0,51	-0,65		-0,23	-0,48	0,51	-0,57	
ETT	-0,64	-0,42	-0,18	-0,57	0,34	-0,65	-0,54	-0,60	-0,51	-0,15

*Los valores en negrita indican correlaciones significativas ($p \leq 0,01$)

ción que en este caso, se manifiesta en las progenies sensibles a ETT (grupo 2). Para este grupo, TD_{mix}, variable que es un índice reconocido de la fuerza de la masa, disminuyó significativamente cuando los grados acumulados por encima de 30 °C fueron superiores a 15. Estudios realizados por Randall & Moss (1990) y Wrigley *et al.* (1994) demostraron que temperaturas superiores a 30 °C, incluso por periodos de sólo 3 días, tienden a disminuir la fuerza de la masa y que este efecto ocurre aparentemente de manera independiente de los efectos de la temperatura sobre la concentración proteica. Este comportamiento se puede explicar con la hipótesis de que los episodios ocasionales de altas temperaturas durante el llenado del grano, activan elementos asociados con los genes que codifican para gliadinas, aumentando su contenido en el grano maduro. Como consecuencia el grano maduro tiene una alta relación Gli/Glu y produce masas más débiles y con menores tiempos de desarrollo (Blumenthal *et al.*, 1991a, 1991b, 1993; Savin, 2001). En el caso de las progenies analizadas en este trabajo, los episodios de estrés térmico ocurrieron durante el llenado efectivo del grano, época en la que se están formando activamente las proteínas del gluten, por lo que, probablemente, las disrupciones en el llenado de los granos, provocadas por los picos de estrés térmico, pudieron haber alterado la composición de las fracciones proteicas, o sea su relación Gli/Glu (Slafer *et*

al., 2004), disminuyendo la fuerza del gluten en el grupo de las progenies no tolerantes al estrés térmico.

También se considera que la magnitud de los cambios en la calidad de la masa parecen variar con el genotipo involucrado (Blumenthal *et al.*, 1991b). En el caso de las progenies analizadas se evidencia una diferencia en el comportamiento de ambos grupos con respecto a la variable TD_{mix}, como lo indican los resultados de la Tabla 2. Esto demuestra la existencia de un grupo sensible a ETT manifestado en la disminución del tiempo de desarrollo mixográfico observada en las progenies del grupo 2, en los niveles de estrés térmico alto y medio respecto al nivel bajo de ETT. La variable TD_{mix} es la más representativa de la calidad panadera entre todas las analizadas en el presente trabajo, ya que es reconocida como un índice de la fuerza de la masa relacionado con el W alveográfico y el volumen del pan (Finney & Yamazaki, 1967; Finney & Shogren, 1972; Tombetta y Cuniberti, 1992), y es utilizada por diversos autores al analizar los efectos del estrés térmico sobre la calidad de las harinas de trigo (Finney & Fryer, 1958; Wrigley *et al.*, 1994; Cuniberti, 2000; Gaido, 2006).

En síntesis, la línea de investigación experimental demostró que el estrés térmico total provocó importantes cambios en la calidad panadera de la mayoría de las progenies en estudio. Para niveles de estrés térmico total superiores a 15 °C, las altas tempera-

turas determinaron disminuciones del contenido de proteína en grano, del contenido de gluten y de la altura mixográfica en todos los casos, pero 38% de las progenies estudiadas (grupo 1) demostraron tolerancia al estrés térmico total, ya que no tuvieron variaciones en la fuerza de la harina medida por el tiempo de desarrollo mixográfico, en ninguno de los niveles considerados.

Estos resultados son interesantes para el fitomejoramiento, ya que permitirían identificar genotipos no sensibles al estrés térmico para ser usados como progenitores a fin de lograr generaciones con tolerancia al calor y en consecuencia con mayor estabilidad en la calidad de la masa.

BIBLIOGRAFÍA

- Blumenthal, C.; F. Bekes, I.L. Batey, C.W. Wrigley, H.J. Moss, D.J. Mares and E.W.R. Barlow, 1991a. Interpretation of grain quality results from wheat variety trials with reference to high temperature stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 325-334.
- Blumenthal, C.; I.L. Batey, F. Bekes, C.W. Wrigley and E.W.R. Barlow, 1991b. Seasonal changes in wheat-grain quality associated with high temperatures during grain filling. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 21-30.
- Blumenthal, C.; E.W.R. Barlow and C.W. Wrigley, 1993. Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. *Journal of Cereal Science* 18: 3-21.
- Cuniberti, M.B., 2000. Caloric stress and their effect in the argentine wheat quality. 11th Cereal and Bread Congress. Queensland, Australia, p. 144.
- Dubois, M.E.; Z.A. Gaido, G.A. Manera y R.H. Maich, 1998. Evaluación del efecto de dos ciclos de selección recurrente por rendimiento en semilla sobre la calidad panadera en trigos (*Triticum aestivum* L.) aptos para la región semiárida del centro de Argentina. *Phyton* 62(1/2):167-174.
- Evers, A.D., 1970. Development of the endosperm of wheat. *Annual Botanic* 34: 547-555.
- Finney, K. and M.D. Shogren, 1972. A ten-gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flours. *Baker Digest* 46: 32-77.
- Finney, K.L. and W.T. Yamazaki, 1967. Quality of hard, soft and durum wheat. In *Wheat and wheat improvement*. Agronomy Monograph N° 13, Chap. 14. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- Finney, K.F. and H.C. Fryer, 1958. Effects on low volume of high temperatures during fruiting period of wheat. *Agronomy Journal* 50: 28-34.
- Gaido, Z.A., 2006. Influencia del estrés térmico en la calidad panadera de líneas de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivadas en la región semiárida de la provincia de Córdoba. Tesis de Maestría en Tecnología de los Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Católica de Córdoba, 89 pp.
- Gaido, Z.A.; R.H. Maich y M.E. Dubois, 2000. Calidad panadera en líneas de trigo pan con crecientes rendimientos potenciales en semilla. *Phyton* 69:85-90.
- Graham, J. and R.K. Morton, 1963. Studies of proteins of developing wheat endosperm: separation by starch-gel electrophoresis an incorporation of 35S sulphate. *Australian Journal of Biology Science* 16: 357-365.
- InfoStat/P, 2005. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
- Jennings, A.C. and R.K. Morton, 1963. Changes in carbohydrate, protein and non-protein nitrogenous compounds of developing wheat grain. *Australian Journal of Biology Science* 16: 318-331.
- Randall, P.J. and H. J. Moss, 1990. Some effects of temperature regime during grain filling on wheat quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, 41:603-617.
- Rijven, A.H. and R. Cohen, 1961. Distribution of growth and enzyme activity in the developing grain of wheat. *Australian Journal of Biology Science* 14: 552-566.
- Savin, R. 2001, La calidad del grano de trigo. Determinantes fisiológicos. Trigo Cuaderno de Actualización Técnica N° 63, AACREA, pp.104-110.
- Slafer, G.A.; D. Miralles, J.R. Savin, E.M. Whitechurch y F.G. González, 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina, pp. 99-132.
- Stone, P.J. and R. Savin, 1999. Grain quality and its physiological determinants. In *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. E.H. Satorre and G.A. Slafer (eds.). Food Product Press, New York, pp 50-120.
- Tombetta, E.E. y M. B. Cuniberti, 1994. Utilización del mixógrafo de Swanson para la evaluación de la calidad en los programas de mejoramiento de trigo pan. Informe Técnico N° 105, EEA INTA Marcos Juárez. 17 pp.
- Wrigley, C.W.; C. Blumenthal, P.W. Gras and E.W.R. Barlow, 1994. Temperature variation during grain filling and changes in wheat grain quality. *Australian Journal Plant Physiology* 21: 875-885.