

MEJORAMIENTO PARA CALIDAD ESTABLE EN AMBIENTES VARIABLES

D Vázquez¹, M Castro¹

RESUMEN

El aumento del automatismo y mecanización de la industria han incrementado los requisitos de la estabilidad de la calidad del trigo que se oferta. Simultáneamente, la variabilidad climática en la que deben crecer los trigos es cada vez mayor: el cambio climático ha causado un aumento en la frecuencia de eventos extremos. Esta situación agrega una nueva presión sobre los mejoradores: se deben seleccionar genotipos que tengan mayor tolerancia a los efectos ambientales. Existen varias estrategias posibles para lograr seleccionar genotipos con menor variabilidad causada por el ambiente. Una de ellas es someter un conjunto de genotipos a un estrés particular, y determinar cuáles son los menos afectados por el mismo. En distintos trabajos de investigación, se han podido identificar genotipos que son menos influenciados por estreses causados por alta temperatura, exceso o déficit hídrico. Estos resultados podrían ser insumos para futuras selecciones de genotipos de trigo buscando tolerancia a dichos estreses. Dado que generalmente sólo una parte de las interacciones pueden ser atribuidas a efectos ambientales específicos, se han aplicado otras estrategias que se basan en generar información para un set de genotipos en múltiples ambientes, y utilizar variables estadísticas que apliquen distintos conceptos. El concepto básico de estabilidad es el de homeostasis, y se refiere a que un genotipo varía poco entre ambientes, lo que puede ser estimado mediante la varianza de los datos de un parámetro de calidad de un genotipo

en un conjunto de ambientes. El principal inconveniente con este concepto de estabilidad es que un genotipo será estable si no desarrolla un alto potencial en ambientes muy favorables, por lo que su aplicación ha sido muy limitada. Otro concepto de estabilidad se basa en que un material es estable cuando la respuesta al ambiente es similar a la del promedio de los genotipos; para este concepto se aplican varios parámetros estadísticos, como la varianza de la interacción o el coeficiente de regresión de los valores observados para un genotipo en función de los índices ambientales, entre otros. Estos tipos de parámetros han sido evaluados por varios grupos de investigación de diversos orígenes. En general, se ha observado que algunos genotipos son más estables para unos parámetros de calidad, y otros lo son para otros parámetros. Esto se constató al aplicarlo con valores de ensayos que contenían genotipos de distintos países de Latinoamérica cultivados en varios países, y algo similar sucedió al aplicar los mismos cálculos con genotipos uruguayos en dos localidades del país, cultivados durante cinco años. Sin embargo en otros estudios también se han encontrado algunos genotipos estables para casi todos los parámetros de calidad evaluados, aunque esta situación es más la excepción que la regla general. Un tercer enfoque del tema sería trabajar más sobre la predictibilidad que sobre la estabilidad. Es bien conocida la relación entre fuerza panadera o W del alveograma y porcentaje de proteína. Ese ajuste es distinto y característico de cada variedad. Aquellos que ajusten mejor a dicha relación, o sea tengan un valor

menor del error cuadrático medio, van a tener una calidad más fácilmente predecible, y por consiguiente más adecuados a la demanda del mercado.

Palabras claves: calidad de trigo, estabilidad, predictibilidad,

INTRODUCCIÓN

Al desarrollar cultivares de trigo que satisfagan los requisitos de calidad del mercado, se deben sortear cada vez más dificultades. Una de ellas, tiene que ver con una situación casi paradójica: existe un aumento de requisitos en un entorno cada vez más difícil de cumplirlos. Por un lado, el aumento del automatismo y mecanización de la industria (Peña, 2007) han incrementado los requisitos de la estabilidad de la calidad del trigo que se oferta. Por otro lado, la variabilidad climática en la que se deben cultivar los trigos es cada vez mayor: el cambio climático ha causado un aumento en la frecuencia de eventos extremos (Kang *et al.*, 2013). Esta situación agrega una nueva presión sobre los mejoradores: se deben seleccionar genotipos que tengan mayor tolerancia a los efectos ambientales.

La causa básica de diferencia en estabilidad está dada por lo que es conocido como «interacción genotipo-ambiente», o sea, que si se constata dicha interacción, los genotipos tendrán un ordenamiento distinto en distintos ambientes para la variable en estudio. Esta interacción se explica por una respuesta diferencial específica de cada cultivar a un efecto externo, como clima, fertilización, enfermedades, etc.

Para lograr seleccionar genotipos con menor variabilidad causada por el ambiente se han abordado por lo menos dos tipos de estrategias. Una se basa en someter un conjunto de genotipos a un estrés particular, y determinar cuáles son los menos afectados por el mismo. Pero generalmente sólo una menor parte de las interacciones pueden ser atribuidas a efectos ambientales específicos. Se han aplicado entonces estrategias que se basan en generar información para un set de genotipos en múltiples ambientes, y apli-

car variables estadísticas para poder determinar qué materiales son más estables.

ESTUDIOS DE ESTRESSES ABIÓTICOS ESPECÍFICOS

Existen muchos ejemplos de que se pueden detectar genotipos más estables a distintos tipos de estreses específicos. Trabajando con macetas en ambientes controlados, siete genotipos de trigo primaveral fueron sometidos a déficit hídrico en dos secuencias de 10 días luego de la floración. Se detectó que para algunos genotipos la altura del mixograma cambiaba significativamente, mientras que otros genotipos demostraron mayor estabilidad ante dicho estrés, ya que no se pudo detectar diferencia significativa entre el tratamiento control y el estresado (Castro y Vázquez, 2010). Por otro lado, con experimentos a campo en los que se causó estrés por exceso hídrico, se pudo verificar que algunos genotipos fueron muy afectados en su peso hectolítrico, mientras que otros no eran afectados significativamente (Castro *et al.*, 2013). También se han detectado diferencias ante estreses térmicos durante el llenado de grano en condiciones controladas. Se cuantificó la respuesta a la duración y momento de estrés por altas temperaturas, encontrándose variaciones en algunos genotipos de trigo en la distribución del peso molecular proteico (proteínas poliméricas/monoméricas del gluten), mientras que en otros está relación no fue afectada por el estrés (Castro *et al.*, 2007).

Estos y otros resultados demuestran que es una estrategia válida para avanzar hacia genotipos más estables. El principal inconveniente de hacerlo sería la lentitud del proceso, ya que no se pueden probar un elevado número de genotipos a la vez.

ESTABILIDAD

Consideraciones teóricas

Si bien se entiende la importancia de la estabilidad, ya sea para rendimiento o calidad, no existe un consenso general sobre cuál es la definición más apropiada de «es-

tabilidad» ni cómo medirla (Becker y León, 1988). Hay muchos estimadores posibles: Lin *et al.* (1986) proponen nueve parámetros estadísticos que pueden estimar algún concepto de estabilidad. Los mismos autores, sugieren clasificarlos en 3 tipos.

El concepto del tipo 1 es el de homeostasis, y define como estable a un genotipo que varía poco a través de ambientes, o sea, la varianza es chica. El principal problema de este concepto es que si los valores son siempre los mismos, significa que el genotipo no va a responder bien en los ambientes de alto potencial. Esto es válido principalmente para rendimiento, pero también para algunas variables de calidad, como por ejemplo contenido de proteínas. De todas formas, si el rango de ambientes que se usa es relativamente estrecho, es un parámetro que puede ser útil. El parámetro que se usa es la «varianza genotípica en ambientes» (Robert, 2002), o «varianza ambiental» (Becker y León, 1988, Lemelin *et al.*, 2005):

$$S^2_{Ei} = \sum_j (X_{ij} - X_{i.})^2 / (E-1)$$

siendo S^2_{Ei} la varianza ambiental, X_{ij} el valor del parámetro en cuestión para el genotipo i en el ambiente j , $X_{i.}$ el valor promedio del mismo parámetro para el genotipo i en todos los ambientes y E el número de ambientes.

La estabilidad del tipo 2 se refiere a que la respuesta al ambiente es similar a la del promedio de los genotipos; por lo tanto, es estable si la recta es paralela a la media de todos los genotipos evaluados. Esta es una medida relativa, dependiente de los genotipos incluidos en el estudio. Se puede estimar mediante la «varianza de la interacción» (Robert, 2002) o «ecovalencia» (Lemelin *et al.*, 2005):

$$S^2_{wi} = \sum_j (X_{ij} - X_{i.} - X_{.j} + X_{..})^2 / (E-1)$$

(i genotipos en j ambientes)

siendo S^2_{wi} la varianza de la interacción para el parámetro en cuestión, X_{ij} el valor promedio del mismo parámetro de todos los genotipos en el ambiente j y $X_{..}$ el promedio de todos los genotipos en todos los ambientes.

Para estos dos primeros estimadores de estabilidad, se considera que un genotipo es más estable cuanto menor es el valor obtenido.

Un segundo parámetro del tipo 2 es la pendiente de la regresión de los valores observados para un genotipo en función de los índices ambientales (Finlay y Wilkinson, 1963):

$$b_i = \sum_j (X_{ij} - X_{i.})(X_{.j} - X_{..}) / \sum_j (X_{.j} - X_{..})$$

(i genotipos en j ambientes)

siendo b_i la pendiente de dicha regresión para el genotipo i .

En este caso, un genotipo se considera estable cuanto más cerca a uno esté el valor calculado, o sea, cuanto más se parezca su respuesta al efecto ambiental a la media.

La estabilidad del tipo 3 depende de las irregularidades impredecibles en la respuesta a un ambiente: es menos estable cuanto más se desvía de lo esperado. Se dice que es estable cuando el error cuadrático medio del modelo de regresión con el índice ambiental es bajo. Es el menos aplicado de los tres conceptos (Lin *et al.*, 1986).

Antecedentes internacionales

En los últimos años se ha generado información internacional sobre la estimación de estabilidad de calidad de trigo. Equipos de investigación de Croacia, Estonia, Francia y Turquía (Baric *et al.*, 2004, Koppel e Ingver, 2010, Lemelin *et al.*, 2005, Mut *et al.*, 2010) aplicaron distintos estimadores de estabilidad y concluyeron que algunos genotipos son más estables para unos parámetros de calidad, y otros lo son para otros parámetros. En base a esos trabajos, parece difícil poder seleccionar trigos que sean estables para varios parámetros. A su vez, en un trabajo con trigos austríacos, alemanes y franceses (Grausgruber *et al.*, 2000) también encontraron que algunos cultivares eran estables para un parámetro e inestable para otro, pero fue posible identificar un genotipo estable para casi todos los parámetros de calidad. Sin embargo, Mikulikova *et al.* (2009) comparando trigos locales de Eslovaquia con trigos húngaros y austríacos,

encontraron que entre estos últimos se podían seleccionar genotipos más estables que los primeros. Por lo tanto, en teoría es posible encontrar genotipos estables.

Estabilidad de muestras latinoamericanas

Se estimó la estabilidad utilizando la varianza ambiental (estabilidad tipo 1), la varianza de la interacción (estabilidad tipo 2), la pendiente de la regresión en función de los índices ambientales (estabilidad tipo 2) y el cuadrado medio del error del modelo de regresión del índice ambiental (estabilidad tipo 3) para peso hectolítrico, porcentaje de proteína en grano, gluten húmedo y parámetros alveográficos (W y P/L). Para ello se utilizaron muestras obtenidas de un proyecto de cooperación regional (Vázquez *et al.* 2012); las medias de estos parámetros para

los genotipos en estudio están presentadas en el cuadro 1. La estimación de la estabilidad se aplicó en los ambientes en los que existía toda la información, a los efectos de tener un set balanceado de datos. Los 10 ambientes estudiados incluyen uno de México (El Batán, 2006), tres de Chile (Temuco en 2007 y Carillanca 2006 y 2007), dos de Argentina (Sáenz Peña y Balcarce en 2008) y cuatro en Uruguay (Young y La Estanzuela, 2006 y 2007). En todos ellos se cultivaron 23 genotipos provenientes de los programas de mejoramiento de INTA (Argentina), EMBRAPA (Brasil), INIA (Chile), DIA (hoy IPTA, Paraguay), CIMMYT (México) e INIA (Uruguay).

Los valores bajos que se obtuvieron para las varianzas ambientales (cuadro 2) en peso hectolítrico de los genotipos 7, 15 y 20 los presentan como los más estables. Sin embargo, esto no se vio con otras variables: los

Cuadro 1. Valores medias de muestras latinoamericanas para las variables estudiadas.

Genotipo #	PH	Prot	GH	W	P/L
1	76,2	12,2	27,0	351	1,85
2	81,0	12,7	33,3	379	0,86
3	74,9	12,2	27,4	299	2,81
4	79,6	13,0	34,1	389	0,83
5	79,2	13,1	35,5	435	1,00
6	77,8	12,2	31,1	357	1,36
7	78,6	14,2	37,0	483	1,14
8	78,9	12,1	30,4	379	1,80
9	78,3	12,8	37,1	347	1,23
10	78,4	13,8	38,1	489	1,09
11	78,9	13,3	37,1	333	1,01
12	77,1	12,1	33,4	299	1,14
13	78,4	11,5	30,6	236	1,43
14	78,9	13,2	36,0	449	0,85
15	77,4	13,6	36,8	401	0,66
16	78,1	12,1	30,5	337	0,79
17	78,8	12,2	26,6	302	1,99
18	79,4	12,4	33,9	264	0,77
19	79,2	13,0	37,0	312	0,62
20	81,1	13,1	36,8	302	1,00
21	79,1	13,8	37,7	406	0,90
22	79,2	12,7	32,9	343	0,81
23	78,0	12,3	31,5	407	1,47

PH: peso hectolítrico, kg/hL. Prot: proteína, % en base seca. GH: gluten húmedo, %. W (10-4J) y P/L: parámetros alveográficos

Cuadro 2. Varianza ambiental de muestras latinoamericanas para las variables estudiadas.

Genotipo #	PH	Prot	GH	W	P/L
1	30,0	2,5	24,5	14113	1,24
2	13,4	1,2	12,0	12675	0,19
3	48,7	3,0	35,9	10229	2,19
4	13,5	1,7	33,2	7036	0,14
5	16,1	2,5	36,5	12978	0,43
6	37,9	3,0	39,8	14389	0,91
7	8,3	3,6	54,2	29901	0,11
8	26,7	2,3	36,3	12880	1,15
9	21,0	3,4	55,2	14439	1,00
10	27,5	3,2	50,3	19369	0,92
11	11,8	3,4	60,1	9743	0,56
12	25,9	2,8	36,0	7740	0,23
13	20,0	1,3	17,9	5015	0,40
14	12,0	3,0	50,8	16984	0,18
15	7,4	2,7	36,2	11775	0,05
16	14,0	2,1	29,7	10210	0,17
17	12,9	3,0	15,6	7585	1,00
18	13,0	2,8	44,7	9902	0,31
19	11,4	2,2	33,4	11003	0,12
20	6,5	2,4	38,7	9684	0,31
21	20,6	3,3	33,0	20184	0,25
22	23,2	2,0	25,8	6539	0,16
23	16,0	2,1	31,5	10388	0,25

PH: peso hectolítrico. Prot: proteína. GH: gluten húmedo. W y P/L: parámetros alveográficos

más estables para proteína fueron los genotipos 2, 4 y 13, siendo el 7 (estable para peso hectolítrico) el más variable. Para gluten húmedo, los más estables fueron el 2, 13 y 17. Como era de esperar, dado que el porcentaje de proteínas y el de gluten húmedo están muy relacionados, coinciden varios de los genotipos que son más estables para estas variables. Esta observación no se extiende totalmente a los parámetros alveográficos. Si bien el genotipo 13 fue estable también para W y P/L, y el 7 el más inestable, el 11 estuvo entre los más estables para W y entre los más inestables para porcentaje de proteínas. En resumen, si bien es posible detectar genotipos estables a varias variables relacionadas con calidad panadera, que lo sea a una variable no significa que lo sea para todas. Cabe destacar que el genotipo 13, el más estable para las variables relacionadas con calidad panadera, también es

Cuadro 3. Varianza de la interacción de muestras latinoamericanas para las variables estudiadas.

Genotipo #	PH	Prot	GH	W	P/L
1	4,3	0,520	5,7	3853	0,44
2	2,6	0,235	5,6	2579	0,11
3	15,9	0,325	3,9	2970	1,35
4	1,5	0,610	11,1	4490	0,09
5	0,3	0,249	4,9	1757	0,04
6	9,2	0,273	2,5	7862	0,42
7	3,1	1,225	15,4	8852	0,28
8	7,5	0,169	3,5	1476	0,29
9	0,9	0,299	12,0	5326	0,28
10	5,6	0,320	6,9	3698	0,22
11	1,4	0,313	9,9	645	0,09
12	3,2	0,565	5,8	1033	0,14
13	1,0	0,231	3,5	2077	0,08
14	2,4	0,476	8,7	2728	0,04
15	2,5	0,294	6,3	1161	0,14
16	1,3	0,111	3,8	1540	0,10
17	4,0	0,453	10,8	7112	0,61
18	0,7	0,244	5,8	1660	0,05
19	3,1	0,215	1,9	1548	0,10
20	3,4	0,357	9,7	1412	0,07
21	2,6	0,532	3,2	3007	0,08
22	5,8	0,141	6,0	3236	0,30
23	1,8	0,473	11,1	1461	0,10

PH: peso hectolítrico. Prot: proteína. GH: gluten húmedo. W y P/L: parámetros alveográficos

el de menor porcentaje de proteínas y W (cuadro 1), por lo que no es un genotipo adecuado a la industria. Esto confirma que la varianza ambiental no es una variable útil para seleccionar genotipos de buena calidad y estables.

La elección de un genotipo estable a varias variables es aún más compleja para la varianza de la interacción (cuadro 3). Los genotipos más estables para peso hectolítrico fueron 5, 9, 11, 13, 16 y 18, mientras que para cantidad de proteínas los más estables fueron 2, 5, 8, 13, 16, 18, 19 y 22, por lo que tres de ellos (13, 16 y 18) coinciden. Por otro lado, para W, los más estables fueron 8, 11, 12, 15, 20 y 23; o sea, el único que coincide entre proteína y W es el 8, que es inestable para peso hectolítrico. A su vez, el genotipo 13 (el de menor proteína y W de

Cuadro 4. Pendiente de la regresión de los valores observados para un genotipo en función de los índices ambientales para las variables estudiadas.

Genotipo	PH	Prot	GH	W	P/L
1	1,33	0,94	0,84	1,05	1,80
2	0,90	0,72	0,61	1,05	0,65
3	1,56	1,11	1,08	0,90	1,86
4	0,88	0,74	0,87	0,64	0,58
5	1,01	1,01	1,02	1,10	1,15
6	1,42	1,11	1,17	0,86	1,67
7	0,67	1,04	1,15	1,63	0,21
8	1,12	0,99	1,05	1,11	1,89
9	1,15	1,20	1,22	0,99	1,67
10	1,21	1,14	1,28	1,36	1,63
11	0,84	1,20	1,34	0,99	1,25
12	1,23	1,01	1,00	0,86	0,65
13	1,11	0,75	0,74	0,66	1,02
14	0,81	1,06	1,20	1,27	0,72
15	0,66	1,05	1,00	1,07	0,37
16	0,91	0,95	0,93	0,97	0,60
17	0,78	1,09	0,58	0,53	1,12
18	0,90	1,08	1,15	0,94	0,92
19	0,77	0,95	1,02	1,01	0,53
20	0,60	0,95	0,98	0,94	0,90
21	1,08	1,13	1,00	1,42	0,78
22	1,06	0,93	0,83	0,68	0,27
23	0,96	0,86	0,84	0,98	0,75

PH: peso hectolítrico. Prot: proteína. GH: gluten húmedo. W y P/L: parámetros alveográficos

Figura 1a

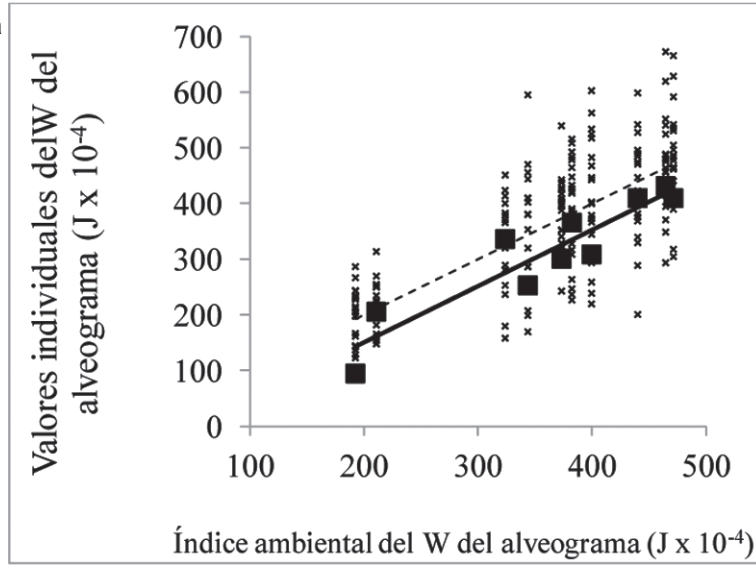


Figura 1b

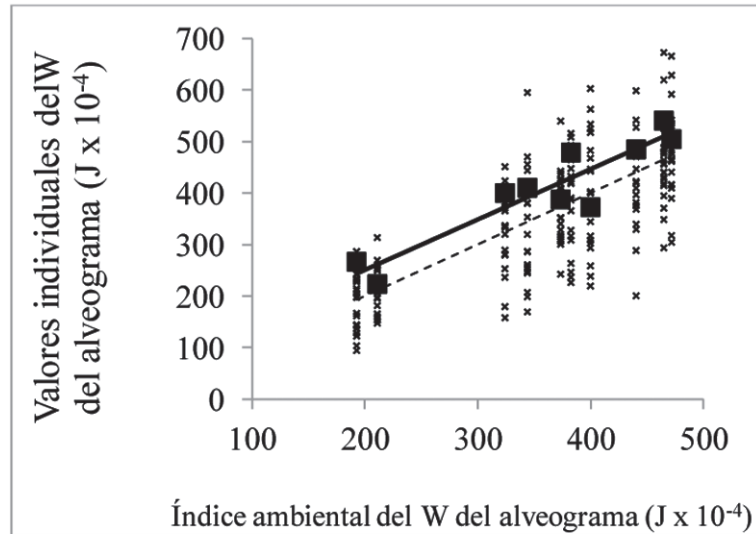
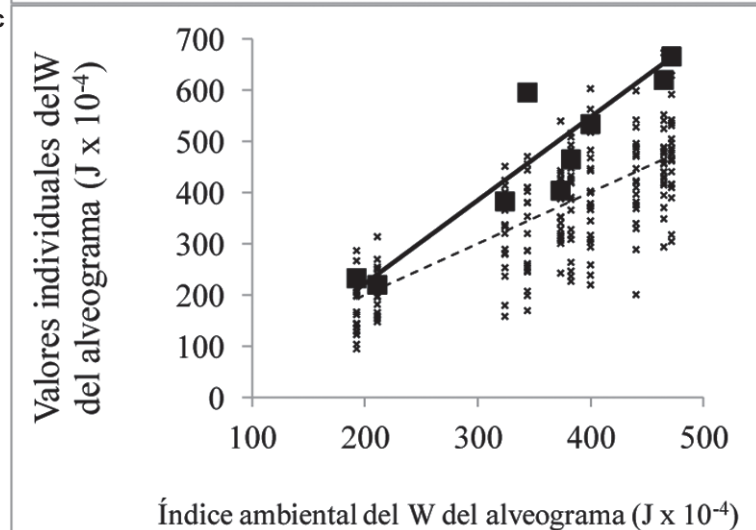


Figura 1. Valores individuales del W del alveograma graficados en función del índice ambiental para todos los genotipos (x) con algunos genotipos destacados con ■ para el genotipo 19 (a), 23 (b) y 7 (c).

Figura 1c



alveograma promedio), además de ser relativamente estable para peso hectolítrico y proteína, lo es para gluten húmedo y la relación P/L del alveograma. Por lo tanto, la varianza de la interacción también tiende a elegir como estables a materiales de baja calidad.

Al analizar la pendiente de la regresión de los valores observados para un genotipo en función de los índices ambientales para las variables estudiadas del W del alveograma (cuadro 4), se pueden detectar como estables (valores cercanos a uno) los genotipos 9, 11, 16, 19 y 23. Entre ellos, se pueden diferenciar genotipos con valores promedio W bastante distintos (ver Figura 1), desde el 19 (Figura 1a) con un valor promedio relativamente bajo ($W=312 \times 10^{-4}J$, cuadro 1) hasta el 23 (Figura 1b), con un valor relativamente alto ($W=407 \times 10^{-4}J$, cuadro 1). Sin embargo, el material con pendiente más alejado a 1, o sea el menos estable, es el genotipo 7 (Figura 1c), que a su vez es el de mayor valor de W promedio ($W=483 \times 10^{-4}J$, cuadro 1). La gráfica de la figura 1c muestra al genotipo 7 con muy buena respuesta al ambiente, por lo que si bien se puede considerar «inestable» según este criterio, posee una calidad muy deseable para la industria.

En resumen, así como sucedió en la mayoría de los trabajos internacionales presentados, al analizar este set de datos latinoamericanos se pudo detectar algunos genotipos con resultados estables en varios ambientes, pero no se detectaron genotipos de calidad aceptable y que sean estables para todas las variables estudiadas. Robert (2002) sugirió que este tipo de resultados se obtiene porque en realidad las variables estadísticas testeadas con diferentes estimadores de calidad son de baja repetitividad, por lo que se necesitan muchos años en muchas localidades por año para minimizar errores por efectos de muestreo y, sobre todo, sesgos ambientales. Por lo tanto, si bien detectar genotipos estables es algo teóricamente alcanzable, para poder realizar estimaciones confiables se debería generar

gran cantidad de información, lo que la haría inviable desde el punto de vista práctico.

PREDICTIBILIDAD

Si lo que se busca es obtener lotes de calidad estable y homogénea, lo importante es poder almacenar los trigos de características de calidad similares juntos, y separados de trigos con otras propiedades. Por lo tanto, más que buscar trigos estables el objetivo podría ser trigos con calidad «predecible» (Uthayakumaran *et al.*, 2012).

La relación entre la fuerza panadera o W de alveograma y el porcentaje de proteínas se ha propuesto como un sistema de clasificación de variedades (Vázquez, 2013). La misma se basa en que muchos genotipos tiene una relación lineal entre el W del alveograma y el porcentaje de proteínas, pero algunos materiales ajustan mejor que otros. Por consiguiente, se sugiere explorar qué tan bueno es el ajuste de la respuesta del W del alveograma al aumento de proteínas como forma de determinar la predictibilidad del genotipo. El parámetro propuesto es el cuadrado medio del error de la regresión mencionada, o sea:

$$P^2_i = \sum_j (X_{ij} - R_{ij})^2 / (E-1)$$

siendo P^2_i el estimador de predictibilidad para el genotipo i y R_{ij} el valor de W estimado en base a la regresión de W versus proteína para el genotipo i en el ambiente j . Cuanto más bajo es este valor, más se ajusta la dispersión a la curva lineal, por lo que se puede considerar más predecible.

Los valores de P^2_i para las muestras mencionadas más arriba se presentan en el cuadro 5.

Se puede observar una importante variabilidad: desde varios genotipos por debajo de 4, a varios por encima de 10. Si comparamos los genotipos 5 y 23, vemos los valores de W del alveograma promedio son muy parecidos (435 y $407 J \times 10^{-4}$, respectivamente; cuadro 1), pero el primero es muy impredecible ($P^2_5=11.3$), mientras que el segundo es altamente predecible ($P^2_{23}=3.5$). Por lo

Cuadro 5. Estimador de predictibilidad del W del alveograma de los genotipos latinoamericanos.

Genotipo	Estimador de predicibilidad
1	9,8
2	22,4
3	3,6
4	4,2
5	11,3
6	8,6
7	8,9
8	7
9	7,7
10	8,1
11	6
12	6,3
13	3,5
14	11,9
15	6,8
16	8,7
17	6,3
18	7,2
19	8,1
20	6,2
21	11,8
22	3,1
23	3,5

tanto, se pueden encontrar genotipos con fuerza panadera predecible, pero también con altos valores de W de alveograma.

CONCLUSIONES

El aumento de la automatización de la industria y de las exigencias de los consumidores genera un aumento en los requisitos de homogeneidad de la calidad de trigo, lo que redundará en que la industria demande genotipos más estables. Sin embargo, aún usando distintos conceptos de «estabilidad», en general se logran genotipos más estables cuando su calidad potencial es más baja.

Por lo tanto, seleccionar genotipos más estables no redundará en una oferta de trigos de mejor calidad.

Existe otra posibilidad para lograr una oferta homogénea: trabajar con materiales de calidad más predecible. El presente trabajo sugiere una propuesta para detectar este tipo de materiales, lo que redundaría en un mayor impacto práctico. Los resultados fueron obtenidos con un set limitado de materiales, por lo que se necesita profundizar en estos cálculos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bariaè M, Pecina M, Šarèeviaè H, Kereša S. 2004. Stability of four Croatian bread winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for quality traits. *Plant, soil and environment* 50(9): 402-408.
- Becker HC, Leon J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant breeding* 101(1): 1-23.
- Castro M, Gaso D, Vázquez D, Pirelli J, Berger A, Calistro R, Vera M, Viega L, Otero A. 2013. Alternativas varietales y de manejo para mitigar el efecto del anegamiento en cereales de invierno. Serie actividades de difusión INIA La Estanzuela 720: 15-31.
- Castro M, Vázquez D. 2010. Influence of drought stress during grain filling in agronomic characteristics, grain protein concentration and rheological properties of wheat cultivars. *Advances of agricultural sciences problem issues* 545: 123-130.
- Castro M, Vázquez D, Dalla Rizza M, Díaz-Dellavalle P, Ross A, Peterson CJ. 2007. Influence of heat stress on wheat grain characteristics and protein molecular weight distribution. En: Buck HT, Nisi JE, Salomón N. (Eds.), *Wheat Production in Stressed Environments. Proceedings of the 7th International Wheat Conference*. Dordrecht: Springer, 12: 365-372.
- Finlay KW, Wilkinson, GN. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Crop and pasture science* 14(6): 742-754.
- Grausgruber H, Oberforster M, Werteker M, Ruckenbauer P, Vollmann J. 2000. Stability of quality traits in Austrian-grown

- winter wheats. *Field Crops Research* 66(3): 257-267.
- Kang MS, Banga SS. 2013. Global Agriculture and Climate Change: A Perspective. En: Kang MS, Banga SS (Eds.), *Combating Climate Change: An Agricultural Perspective*. Boca Ratón: CRC Press, pp. 11-28.
- Koppel R, Ingver A. 2010. Stability and predictability of baking quality of winter wheat. *Agronomy research* 8(III): 637-644.
- Lemelin E, Branlard G, Salvo L, Lein V, Aussenac T, Dayde J. 2005. Breadmaking stability of wheat flours: Relation between mixing properties and molecular weight distribution of polymeric glutenins. *Journal of cereal science* 42(3): 317-326.
- Lin CS, Binns MR, Lefkovitch LP. 1986. Stability analysis: where do we stand? *Crop science* 26(5): 894-900.
- Mikulikova D, Masár Š, Horvathova V, Kraic J. 2009. Stability of quality traits in winter wheat cultivars. *Czech Journal of Food Sciences* 27(6): 403-417.
- Mut Z, Aydin N, Bayramoglu HO, Ozcan H. 2010. Stability of some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. *Journal of environmental biology* 31: 489-495.
- Peña RJ. 2007. Current and future trends of wheat quality needs. En: Buck HT, Nisi JE, Salomón N. (Eds.), *Wheat Production in Stressed Environments. Proceedings of the 7th International Wheat Conference*. Dordrech: Springer, 12: 411 - 424.
- Robert N. 2002. Comparison of stability statistics for yield and quality traits in bread wheat. *Euphytica* 128(3): 333-341.
- Uthayakumaran S, Tanner R, Dai S, Qi F, Newberry M, Wrigley CW, Copeland L. 2012. Genotype-based stability of dough quality in wheat from different growth environments. *Journal of Agricultural Science* 4(7): 41-50.
- Vázquez D, Berger AG, Cuniberti M, Bainotti C, de Miranda MZ, Scheeren PL, Jobet C, Zúñiga J, Cabrera G, Verges R, Peña RJ. 2012. Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats. *Journal of Cereal Science* 56(2): 196-203.
- Vázquez D. 2013. A proposal for segregating grain by rheological properties in a system with no wheat classes. Presentado en la ICC Conference 2013, Perth.