

# Años requeridos para la evaluación a campo de cultivares comerciales de trigo pan en Argentina

Mójica, C. J., Abbate, P. E., Rossi, E. A., Bonamico, N. C. y Balzarini, M. G.

DOI: 10.31047/1668.298x.v39.n2.36802

## RESUMEN

En Argentina, la normativa vigente establece cuatro años de evaluación de rendimiento para cualquier nuevo cultivar comercial de trigo pan. El objetivo de este trabajo fue determinar la cantidad óptima de años de evaluación en ensayos comparativos de rendimiento de cultivares de trigo pan, condicionando dicho óptimo al grupo de calidad, ciclo de crecimiento y manejo fitosanitario. Se estimaron componentes de varianza (REML) con los datos de la Red de evaluación de cultivares de trigo pan de Argentina (RET), correspondientes a diez sitios experimentales. Se consideraron los tres grupos de calidad (GC1, GC2 y GC3), la primera y tercera época de siembra (E1 y E3), y manejo con y sin fungicida (CF y SF). Los resultados muestran que se requieren tres años de ensayos para evaluar el rendimiento de los diferentes grupos de calidad y ciclos de crecimiento manejados CF. Para el SF, se requieren cuatro años, excepto para GC1 en E3 y GC2 en E1, que demandan tres y más de cinco años, respectivamente. Estos resultados indican que la norma actual es apropiada para la mayoría de los casos; incluso, podría reducirse a tres CF, para mejorar la calidad de los ensayos y aumentar el número de repeticiones.

**Palabras clave:** red de ensayos de cultivares de trigo, grupos de calidad, ciclos de crecimiento, manejo fitosanitario

Mójica, C. J., Abbate, P. E., Rossi, E. A., Bonamico, N. C. and Balzarini, M. G. (2022). Years required for field evaluation of bread wheat cultivars in Argentina. *Agriscientia* 39 (2): 19-28

## SUMMARY

In Argentina, current regulations establish four years of yield evaluation for any new commercial bread wheat cultivar. The objective of this work was to determine the optimum number of years of evaluation in comparative yield

trials of bread wheat cultivars, conditioning this optimum to the quality group, growth cycle and phytosanitary management. Variance components (REML) were estimated from the data of the bread wheat cultivar evaluation network of Argentina (RET), corresponding to ten experimental sites. The three quality groups (GC1, GC2 and GC3), the first and third sowing season (E1 and E3), and management with and without fungicide (CF and SF) were considered. The results show that three years of trials are required to evaluate the performance of the different quality groups and growth cycles managed CF. For SF, four years are required, except for GC1 in E3 and GC2 in E1, which demand three and more than five years, respectively. These results indicate that the current standard is appropriate for most cases; it could even be reduced to three CF, to improve trial quality and increase the number of repetitions.

**Keywords:** wheat cultivar trial network, quality groups, growth seasons, phytosanitary management

*C. J. Mójica (ORCID: 0000-0002-0029-9351): Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela para Graduados, Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Mejoramiento genético, Ruta Nacional N°36 Km 601, Río Cuarto, Argentina. INIAB, CONICET-UNRC, Argentina. P. E. Abbate (ORCID: 0000-0003-3180-6835): Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Ruta 226, Km 73,5, Buenos Aires, Argentina. E. A. Rossi (ORCID: 0000-0003-2043-6760) y N. C. Bonamico (ORCID: 0000-0002-5661-2183): Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Mejoramiento genético, Ruta Nacional N°36 Km 601, Río Cuarto, Argentina. INIAB, CONICET-UNRC, Argentina. M. G. Balzarini (ORCID: 0000-0002-4858-4637): Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Estadística y Biometría, Av. Ing. Agr. Félix A. Marrone N°746, Córdoba, Argentina. UFYMA, CONICET-UNC, Argentina.*

*Correspondencia a:* [jmojica@avv.unrc.edu.ar](mailto:jmojica@avv.unrc.edu.ar)

## INTRODUCCIÓN

En Argentina, la evaluación del comportamiento de los cultivares comerciales de trigo pan disponibles es primordial en la generación de información objetiva y confiable para comunicar al productor y a los mejoradores. El análisis estadístico en las redes de ensayos multiambientales permite mejorar los diseños de planes de evaluación y la recomendación de cultivares. Sin embargo, el análisis es desafiante por la incompletitud de datos. A causa de la dinámica del mercado de semillas en Argentina, se genera una alta tasa de renovación; esto es, en promedio, el 50 % de los cultivares comerciales de trigo pan cada tres años (Abbate, 2018).

Los cultivares de trigo pan se evalúan

anualmente en la Red de ensayos de cultivares comerciales de trigo pan (RET), coordinada por el Instituto Nacional de Semillas (INASE). Esta posee numerosos objetivos. La red involucra la comparación del rendimiento, la fenología, la sanidad y la calidad de un gran número de genotipos (> 40 cultivares) cada año, en más de 20 localidades (Abbate, 2018).

Por otra parte, el Comité de Cereales de Invierno (CCI) de la Comisión Nacional de Semillas (CONASE) clasifica los cultivares de trigo pan, al momento de inscripción, en tres grupos de calidad panadera: el grupo 1 (GC1) corresponde a trigos de mayor calidad (correctores de otros de menor calidad); el grupo 2 (GC2), trigos de buena calidad; y grupo 3 (GC3), trigos de mediana a baja calidad. Esta clasificación se realiza con base en

un índice de calidad calculado a partir de la suma ponderada de ocho variables de calidad (Miranda y Salomón, 2001; Abbate, 2019).

Las localidades de la RET se organizaban en nueve subregiones hasta el ciclo agrícola 2020/2021. A partir de la campaña siguiente, en 11 subregiones (Abbate et al., 2021). Las épocas de siembra en cada subregión son cuatro, y cada cultivar participa hasta en dos fechas de siembra consecutivas. Además, existen cuatro modalidades de manejo de la RET: (1) "sin fungicida", donde los ensayos se realizan sin riego y sin aplicación de fungicida; (2) "con fungicida" y sin aplicación de riego; (3) "con alta tecnología", donde se incluyen la aplicación de riego, alta disponibilidad de nutrientes y doble aplicación de fungicida; y (4) "con tecnología tradicional", modalidad con fungicida, sin riego y con un aporte de nutrientes menor al de la RET con fungicida (Abbate, 2018). Los manejos varían según las épocas de siembra y localidades. Sin embargo, todas las localidades se conducen las cuatro épocas de siembra con o sin fungicida, y se realizan manejos adicionales en la primera y tercera época de siembra.

Los ensayos multianuales con datos incompletos se pueden analizar ventajosamente con modelos lineales mixtos, que incluyen efectos de genotipo (G), ambiente (E) e interacción (GxE). La evaluación de efectos de cultivares se puede realizar imputando los datos faltantes (Yan, 2013) o mediante estimaciones basadas en la verosimilitud, que pueden soportar altos porcentajes de datos faltantes cuando existe suficiente conectividad entre ensayos (Balzarini, 2002; Aguante et al., 2019).

Las componentes de varianzas son posibles de obtener con estimaciones de máxima verosimilitud (REML) en el contexto de los modelos lineales mixtos. Estos se utilizan para establecer los tamaños muestrales mediante curvas características de operación (Montgomery, 2004), calcular repetibilidad genética (Arief et al., 2015), estimar la eficiencia de los ensayos en cuanto a la cantidad de repeticiones, localidades y años de evaluaciones que deben realizarse (Yan et al., 2015; Baxevanos et al., 2017; Woyann et al., 2020). Las varianzas del error son usadas para determinar el error estándar de la diferencia porcentual entre la media de un cultivar y la media de una cantidad especificada de cultivares controles (Patterson et al., 1977).

Según la normativa vigente, deben participar de la RET "toda variedad inscrita en el Registro Nacional de Cultivares", exceptuando las que "hayan cumplido un período de cuatro años de ensayos" (INASE, 2003). No obstante, la cantidad

de años establecida no se basa en un criterio estadístico explícito. Aguante et al. (2019) evaluaron el impacto de variar la cantidad de años de ensayos para una comparación eficiente del rendimiento de los cultivares de la RET, aunque no trabajaron considerando grupos de calidad. La normativa actual no considera eventuales diferencias debido al grupo de calidad, ciclo de crecimiento y el manejo fitosanitario del cultivo. El objetivo de este trabajo fue determinar el número óptimo de años para la evaluación de rendimiento de cultivares comerciales de trigo pan en Argentina, teniendo en cuenta los grupos de calidad, la época de siembra y el manejo fitosanitario.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos de rendimiento de cultivares comerciales de trigo pan con la que se trabajó provino de la RET. Esta consta de 240 cultivares evaluados en el período 2005-2019, en 10 sitios experimentales con continuidad en la evaluación de cultivares (localidad y provincia entre paréntesis): Tribus Agro (9 de Julio, Buenos Aires), INTA Balcarce (Balcarce, Buenos Aires), CHEI Barrow (Barrow, Buenos Aires), Criadero Don Mario (Chacabuco, Buenos Aires), INTA Manfredi (Manfredi, Córdoba), INTA Marcos Juárez (Marcos Juárez, Córdoba), INTA Paraná (Paraná, Entre Ríos), INTA Pergamino (Pergamino, Buenos Aires), Criadero Klein (Plá, Buenos Aires) e INTA Rafaela (Rafaela, Santa Fe), correspondientes a las subregiones 6, 5, 5, 3, 8, 7, 1, 3, 6, 2, respectivamente, establecidas en el Nuevo Mapa de Subregiones de Trigo (Abbate et al., 2021).

Para los análisis, se consideraron los tres grupos de calidad (GC1, GC2 y GC3); la primera y tercera época de siembra (E1 y E3), debido a que reúnen casi todos los cultivares a evaluar y que corresponden a cultivares de ciclo largo y corto, respectivamente; y los manejos con fungicida (CF) y sin fungicida (SF).

Cada experimento individual correspondió a un diseño en bloques completamente aleatorizado, con tres a cuatro repeticiones, y cultivares como tratamientos. Las parcelas sembradas fueron de 5-7 m de largo, con siete surcos de ancho, con una distancia de 20 cm entre cada uno. Para determinar el rendimiento en grano, se midió el largo de cada parcela y se cosecharon mecánicamente los cinco surcos centrales. El grano cosechado se pesó luego de estabilizar su humedad en galpón.

Las componentes de varianza genotípicas, del año y de la interacción cultivar×año se obtuvieron a partir de modelos de efectos aleatorios ajustados

a cada ensayo (combinación de sitio, manejo y época de siembra), mediante el método de máxima verosimilitud restringida (REML), utilizando el programa SAS (SAS Institute Inc., 2020). Para estimar las varianzas, se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ij} = \mu + g_i + y_j + (gy)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad [1]$$

Donde  $y_{ij}$  es el rendimiento promedio del cultivar  $i$  en el año  $j$ ;  $\mu$  es la media poblacional;  $g_i$  es el efecto del cultivar (genotipo)  $i$ ;  $y_j$  es el efecto del ambiente (año y sitio)  $j$ ;  $gy_{ij}$  es el efecto de la interacción del cultivar  $i$  del ambiente  $j$ ;  $\varepsilon_{ij}$  es el error residual.

El análisis del rendimiento se realizó para cada combinación de sitio, manejo y época de siembra, con el conjunto de cultivares, y particionando los cultivares por grupo de calidad. Las componentes de varianzas estimadas se utilizaron para estimar la mínima cantidad de años de evaluación, para cada ensayo de la RET, por tres métodos complementarios:

a) Potencia de prueba ( $\phi$ ) a través de curvas características de operación (Montgomery, 2004), mediante las cuales se calculó la cantidad de años de evaluaciones necesaria para alcanzar una  $\phi > 90\%$  al identificar diferencias de rendimiento entre cultivares. Para ello, se calculó el parámetro  $\lambda$  para el factor año (aleatorio), mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda = \sqrt{\frac{1 + a n \sigma_y^2}{\sigma_e^2 + n \sigma_{GY}^2}} \quad [2]$$

Donde  $a$  es el número de cultivares cuya diferencia se desea establecer;  $n$  es el número de repeticiones de los ensayos en el sitio de análisis (años);  $\sigma_y^2$  es la varianza entre años;  $\sigma_e^2$  es la varianza residual; y  $\sigma_{GY}^2$  es la varianza de la interacción cultivar  $\times$  año. Usando las curvas características de operación para modelos lineales mixtos, se estimó la  $\phi$  ( $1 - \beta$ ) para distinta cantidad de años de evaluación de un cultivar en el sitio experimental. En la Ecuación 2, se consideró  $a = 10$ , debido a que representa la cantidad aproximada de cultivares nuevos que se incorporan cada año en la RET.

b) Repetibilidad genética ( $H$ ) (Fehr, 1991) mediante la ecuación:

$$H = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_{GY}^2}{yb} + \frac{\sigma_e^2}{y}} \quad [3]$$

Donde  $\sigma_G^2$  es la varianza entre los cultivares;  $\sigma_{GY}^2$  es la varianza de la interacción cultivar  $\times$  año;  $\sigma_e^2$  es

la varianza residual;  $y$  y  $b$  son el número de años y repeticiones respectivamente. En la Ecuación 3 y varió de 2 a 5, según la cantidad de años de evaluación de un cultivar en el sitio experimental. En tanto que  $b$  se consideró igual a 3, por ser la cantidad de repeticiones que se realizan en la red. Según Falconer y Mackay (1996), este cálculo es similar al cálculo de la heredabilidad genética en sentido amplio.

c) Error estándar ( $\delta$ ) de la diferencia porcentual entre la media de un genotipo y la media de una cantidad especificada de cultivares controles (Patterson et al., 1977), mediante la ecuación:

$$\delta = \frac{100 \sqrt{[1+q]V/q}}{\mu} \quad [4]$$

Donde  $q$  es el número de cultivares controles;  $V$  es la varianza de la media de un cultivar en todos los años;  $\mu$  es la media general de los ensayos considerados. El número de cultivares controles considerado fue 20, debido a que representa aproximadamente el mantenimiento de cultivares entre años en cada sitio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los años 2005-2019, la base de datos de los 10 sitios experimentales empleada en este trabajo, elegidas para observar la influencia de los años en las componentes de varianzas de cultivar, año y de la interacción cultivar  $\times$  año, presentó entre 13 y 15 años de evaluaciones para casi todas las combinaciones de manejo y época de siembra. Solo tres sitios presentaron menos de 10 años de evaluaciones (Tabla 1).

La cantidad de cultivares totales evaluados en cada sitio, para el período comprendido entre 2005-2019, fue entre 47 y 130, observándose los valores más bajos en INTA Manfredi y Tribus Agro. La cantidad de cultivares evaluados para los GC1 y GC3 representaron menos del 32 % del total cada uno, para ambos manejos y épocas de siembra. En contraste, el GC2 presentó más del 38 % de cultivares para ambos manejos, y más del 50 % para la E3 (Tabla 2).

El rendimiento medio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de cada sitio, en función del manejo y de la época de siembra, para todos o cada uno de los grupos de calidad, se presenta en la Tabla 3. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en el rendimiento entre sitios, con los mayores valores para INTA Balcarce, y los menores para INTA Rafaela e INTA Manfredi. Los ensayos CF

**Tabla 1.** Cantidad de años de evaluaciones de cultivares comerciales de trigo pan

Sitio	Localidad	Provincia	SF		CF	
			E1	E3	E1	E3
Tribus Agro	9 de Julio	Buenos Aires	5	5	5	5
INTA Balcarce	Balcarce	Buenos Aires	13	15	13	15
CHEI Barrow	Barrow	Buenos Aires	13	13	13	13
Criadero Don Mario	Chacabuco	Buenos Aires	13	13	13	13
INTA Manfredi	Manfredi	Córdoba	3	5	7	7
INTA Marcos Juárez	Marcos Juárez	Córdoba	13	12	12	10
INTA Paraná	Paraná	Entre Ríos	13	13	13	13
INTA Pergamino	Pergamino	Buenos Aires	12	12	12	13
Criadero Klein	Plá	Buenos Aires	15	15	15	15
INTA Rafaela	Rafaela	Santa Fe	9	10	9	8

Para cada sitio experimental de la RET durante los años 2005-2019, según manejo sin (SF) y con fungicida (CF) y época de siembra (primera (E1) y tercera (E3)).

presentaron mayor rendimiento que los ensayos SF. Por otra parte, el rendimiento de la E1 fue mayor que el de la E3. Entre los grupos de calidad, se diferenció GC1 con los menores valores ( $p < 0,05$ ), y no hubo diferencias entre GC2 y GC3.

Las varianzas estimadas, según la Ecuación 1 y sus porcentajes de representación, se pueden observar en las Tablas suplementarias 1 y 2.

Los resultados de la Tabla 4 muestran que, para identificar diferencias estadísticamente significativas de rendimiento entre los cultivares con  $\phi > 90\%$ , se requirieron al menos cuatro años de evaluación en el manejo SF para la E1, tanto para el conjunto de cultivares como para los cultivares del GC1 y GC3. Sin embargo, para el GC2, se requieren más de cinco años para observar diferencias estadísticas en rendimiento.

En el manejo SF para la E3, tanto para el conjunto de cultivares como para los de GC2 y GC3, se observó que se requieren al menos cuatro años de evaluaciones. En cambio, tres años de evaluaciones en el GC1 fueron suficientes para encontrar diferencias estadísticamente significativas de rendimiento entre los cultivares en E3. Por su parte, en el manejo CF, con tres años de evaluación se encontraron diferencias significativas de rendimiento, sin importar la época de siembra ni la pertenencia a los diferentes grupos de calidad.

Actualmente, los cultivares comerciales se evalúan en la RET durante cuatro años (INASE, 2003), criterio congruente con los resultados obtenidos a través de la  $\phi$  de la comparación para el manejo SF. Excepto para GC2 en la E1, que requiere más años; incluso, podría reducirse en un año la evaluación bajo manejo CF sin perder eficiencia en la comparación de los cultivares.

En la Tabla 5, se observa el valor de H promedio para los diferentes manejos y épocas, para el conjunto de cultivares y para cada uno de los grupos de calidad, según la cantidad de años de evaluación. Las diferentes localidades presentaron un amplio rango de valores de H (0,00 a 0,81). Analizando el manejo fitosanitario, se observó mayor valor de H en SF respecto a CF, tanto para el conjunto de cultivares como para la clasificación por grupos de calidad. En ambos manejos, para el conjunto de cultivares y el GC2, la H fue mayor en la E1. En el GC1, H fue mayor para los cultivares de la E3; mientras que, en el caso del GC3, no hubo diferencias en el manejo SF, pero existió diferencia en el manejo CF, siendo H mayor para los cultivares de la E1. La variabilidad de H encontrada en nuestro trabajo, entre manejo y época, coincide con los reportados por Martínez-Rueda y López-

**Tabla 2.** Cantidad de cultivares comerciales de trigo pan evaluados en la RET

Localidad	SF								CF							
	E1				E3				E1				E3			
	Todos	GC1	GC2	GC3	Todos	GC1	GC2	GC3	Todos	GC1	GC2	GC3	Todos	GC1	GC2	GC3
Tribus Agro	78	24	32	22	89	25	44	20	78	24	32	22	89	25	44	20
INTA Balcarce	99	25	43	31	133	36	63	34	99	25	43	31	133	36	63	34
CHEI Barrow	97	24	39	34	119	30	60	29	97	24	39	34	119	30	60	29
Criadero Don Mario	99	25	41	33	113	28	57	28	99	25	41	33	113	28	57	28
INTA Manfredi	47	13	22	12	66	17	36	13	93	28	37	28	96	25	48	23
INTA Marcos Juárez	97	30	38	29	109	28	54	27	96	30	37	29	107	28	53	26
INTA Paraná	87	28	31	28	110	29	54	27	87	28	32	27	110	29	54	27
INTA Pergamino	94	28	36	30	103	28	50	25	94	28	36	30	103	28	50	25
Criadero Klein	104	29	41	34	122	31	61	30	104	29	41	34	122	31	61	30
INTA Rafaela	78	24	28	26	96	26	46	24	80	25	29	26	96	26	46	24
Promedio	88	25	35	28	106	28	53	26	93	27	37	29	109	29	54	27

Para cada sitio experimental, según el manejo sin (SF) y con fungicida (CF), época de siembra (primera (E1) y tercera (E3)), para el conjunto de cultivares (Todos) y cada uno de los grupos de calidad (GC1, GC2 y GC3).

**Tabla 3.** Rendimiento medio (kg ha<sup>-1</sup>) de trigo pan de cada sitio experimental de la RET

Sitio	SF						CF					
	E1			E3			E1			E3		
	GC1	GC2	GC3	GC1	GC2	GC3	GC1	GC2	GC3	GC1	GC2	GC3
Tribus Agro	4371	4363	4443	3859	4147	4291	4806	4775	4903	4228	4465	4666
INTA Balcarce	4962	5655	5763	4946	5202	5139	5540	6151	6131	5328	5440	5534
CHEI Barrow	4626	5083	5027	4129	4458	4536	4840	5458	5435	4215	4533	4646
Criadero Don Mario	4683	4956	4846	4764	5060	5063	4900	5300	5198	5107	5472	5438
INTA Manfredi	3887	4124	4353	3783	3630	3680	3127	3275	3443	3601	3795	3852
INTA Marcos Juárez	4318	4420	4403	4397	4579	4642	4759	5070	5061	4692	4854	4982
INTA Paraná	4391	4288	3973	4094	4062	4139	4685	4643	4494	4349	4339	4362
INTA Pergamino	4096	4090	4055	4038	4193	4168	4531	4675	4642	4513	4654	4616
Criadero Klein	4944	4897	4777	4662	4692	4690	5392	5435	5444	5301	5313	5258
INTA Rafaela	3678	3849	3775	3811	3801	3805	4094	4343	4648	4285	4401	4297
Promedio	4396	4572	4541	4248	4382	4415	4667	4912	4940	4562	4727	4765
Máximo	4962	5655	5763	4946	5202	5139	5540	6151	6131	5328	5472	5534
Mínimo	3678	3849	3775	3783	3630	3680	3127	3275	3443	3601	3795	3852

En función del manejo sin (SF) y con fungicida (CF), y época de siembra (primera (E1) y tercera (E3)), para cada grupo de calidad (GC1, GC2 y GC3), durante los años 2005-2019.

**Tabla 4.** Potencia de prueba estimada ( $\phi$ ) promedio para manejo sin (SF) y con fungicida (CF), época de siembra (primera (E1) y tercera (E3))

Grupos de calidad	Años	SF		CF	
		E1	E3	E1	E3
$\phi \pm DE$					
Todos	3	83,8 ± 8,5	88,0 ± 5,3	91,3 ± 4,3	91,8 ± 3,8
	4	93,3 ± 5,2	95,8 ± 2,7	97,3 ± 1,7	97,5 ± 1,3
	5	96,5 ± 3,5	98,1 ± 1,4	98,7 ± 0,6	98,9 ± 0,2
GC1	3	84,8 ± 10,9	91,3 ± 3,3	93,2 ± 4,2	93,6 ± 2,5
	4	93,6 ± 6,8	97,4 ± 1,3	97,9 ± 1,6	98,2 ± 0,7
	5	96,3 ± 5,1	98,8 ± 0,3	98,8 ± 0,5	99,0 ± 0,0
GC2	3	74,9 ± 23,1	87,0 ± 7,0	91,2 ± 5,0	91,7 ± 3,9
	4	84,8 ± 20,4	95,1 ± 4,1	97,1 ± 2,5	97,5 ± 1,5
	5	88,1 ± 19,3	97,7 ± 2,3	98,6 ± 1,3	98,8 ± 0,4
GC3	3	86,4 ± 8,7	86,9 ± 7,8	91,4 ± 5,0	91,0 ± 6,4
	4	94,6 ± 4,9	94,9 ± 4,3	97,2 ± 2,0	96,9 ± 2,7
	5	97,1 ± 3,0	97,5 ± 2,4	98,6 ± 0,8	98,4 ± 1,1

Para el conjunto de cultivares comerciales de trigo pan (Todos) y para cada grupo de calidad (GC1, GC2 y GC3), según la cantidad de años de evaluación en 10 sitios experimentales de la RET durante los años 2005-2019.

GC1: trigos correctores. GC2: trigos de muy buena calidad. GC3: trigos de mediana a baja calidad. DE: desvío estándar.

Castañeda (2004), quienes observaron cambios en la magnitud relativa de la H en diferentes sitios a causa de las diferencias fenotípicas.

En la Tabla 6, se muestra el error estándar ( $\delta$ ) de la diferencia porcentual entre la media de un cultivar y la media de 20 cultivares controles, para

ambos manejos y épocas de siembra, según la cantidad de años considerados para los ensayos. Los ensayos CF expresaron valores menores de  $\delta$  que SF. Respecto a la época de siembra de los cultivares comparados, los ensayos de la E1 reflejaron mayores  $\delta$ , tanto para el conjunto de los cultivares como al particionarlos en grupos de calidad. Los GC1 y GC2 presentaron los valores extremos de  $\delta$ , con mayores errores para GC1. Los resultados encontrados en nuestro trabajo coinciden con lo planteado por Patterson et al. (1977), quienes manifestaron que  $\delta$  puede tener valores altos debido a cambios en las poblaciones de cultivares cada año.

Los resultados del presente trabajo mostraron que, con cuatro años de ensayos, tal como lo establece el protocolo normativo de la RET, se pueden demostrar diferencias estadísticamente significativas de rendimiento entre los cultivares evaluados, con una  $\phi > 90\%$ . Sin embargo, se evidenció que tales comparaciones, para cuatro años de evaluaciones, tienen un valor alto de H (promedios de 0,51 ± 0,22) y un  $\delta$  moderado (6,06 ± 1,23%), independientemente de la localidad, del tipo de manejo, de la época de siembra o del grupo de calidad al que pertenezcan los cultivares. Según Yan et al. (2015), bajos valores de H podrían deberse a grandes variaciones espaciales en el campo o errores en la toma de datos. Sin embargo, el estudio de la



**Tabla 5.** Repetibilidad genética (H) promedio de acuerdo al manejo sin (SF) y con fungicida (CF), y la época de siembra (primera (E1) y tercera (E3))

Grupo de calidad	Años	SF		CF	
		E1	E3	E1	E3
		H ± DE			
Todos	3	0,46 ± 0,20	0,43 ± 0,17	0,45 ± 0,17	0,43 ± 0,12
	4	0,52 ± 0,21	0,50 ± 0,17	0,51 ± 0,18	0,50 ± 0,12
	5	0,56 ± 0,21	0,55 ± 0,17	0,56 ± 0,18	0,55 ± 0,12
GC1	3	0,33 ± 0,20	0,53 ± 0,25	0,39 ± 0,26	0,49 ± 0,23
	4	0,38 ± 0,23	0,58 ± 0,26	0,44 ± 0,28	0,55 ± 0,24
	5	0,43 ± 0,25	0,62 ± 0,27	0,48 ± 0,29	0,59 ± 0,24
GC2	3	0,44 ± 0,32	0,42 ± 0,14	0,42 ± 0,29	0,42 ± 0,19
	4	0,48 ± 0,34	0,49 ± 0,14	0,47 ± 0,31	0,49 ± 0,21
	5	0,52 ± 0,36	0,54 ± 0,13	0,51 ± 0,33	0,53 ± 0,22
GC3	3	0,53 ± 0,20	0,51 ± 0,29	0,48 ± 0,11	0,46 ± 0,23
	4	0,59 ± 0,20	0,56 ± 0,30	0,55 ± 0,10	0,52 ± 0,24
	5	0,64 ± 0,20	0,60 ± 0,31	0,60 ± 0,10	0,56 ± 0,25

Para el conjunto de cultivares (Todos) y para cada grupo de calidad (GC1, GC2 y GC3), según la cantidad de años de evaluación en 10 sitios experimentales de la RET durante los años 2005-2019.

GC1: trigos correctores. GC2: trigos de muy buena calidad. GC3: trigos de mediana a baja calidad. DE: desvío estándar

**Tabla 6.** Error estándar ( $\delta$ ) de la diferencia porcentual entre la media de un cultivar y la media de 20 cultivares controles, teniendo en cuenta el manejo sin (SF) y con fungicida (CF) y la época de siembra (primera (E1) y tercera (E3))

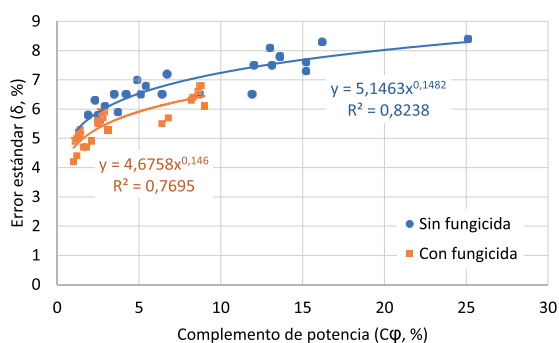
Grupo de calidad	Años	SF		CF	
		E1	E3	E1	E3
		$\delta \pm DE$			
Todos	3	8,3 ± 1,9	7,5 ± 0,8	6,8 ± 1,6	6,3 ± 0,9
	4	7,2 ± 1,7	6,5 ± 0,7	5,9 ± 1,4	5,5 ± 0,8
	5	6,5 ± 1,5	5,8 ± 0,6	5,2 ± 1,2	4,9 ± 0,7
GC1	3	7,6 ± 1,9	6,5 ± 1,2	5,7 ± 1,2	5,5 ± 1,0
	4	6,5 ± 1,7	5,6 ± 1,0	4,9 ± 1,0	4,7 ± 0,8
	5	5,9 ± 1,5	5,0 ± 0,9	4,4 ± 0,9	4,2 ± 0,8
GC2	3	8,4 ± 2,2	8,1 ± 1,1	6,8 ± 1,8	6,4 ± 0,9
	4	7,3 ± 1,9	7,0 ± 0,9	5,9 ± 1,6	5,6 ± 0,8
	5	6,5 ± 1,7	6,3 ± 0,8	5,3 ± 1,4	5,0 ± 0,7
GC3	3	7,8 ± 2,4	7,5 ± 1,2	6,6 ± 1,5	6,1 ± 1,2
	4	6,8 ± 2,1	6,5 ± 1,1	5,7 ± 1,3	5,3 ± 1,1
	5	6,1 ± 1,9	5,8 ± 0,9	5,1 ± 1,1	4,7 ± 1,0

Para el conjunto de cultivares (Todos) y para cada grupo de calidad (GC1, GC2 y GC3), según la cantidad de años de evaluación en diez sitios experimentales de la RET durante los años 2005-2019.

GC1: trigos correctores. GC2: trigos de muy buena calidad. GC3: trigos de mediana a baja calidad. DE: desvío estándar

asociación entre los métodos utilizados demostró que la H no presentó asociación con la  $\phi$  ni con  $\delta$ . Pero el  $\delta$  presentó una asociación significativa con el complemento de la potencia de prueba ( $C\phi = 100 - \phi$ ), mediante una función de potencia. A partir de la derivada primera de esa función (i.e. la pendiente para un dado valor de la variable

independiente), se puede calcular que, para  $C\phi$  del 5% ( $\phi$  de 95%), el  $\delta$  aumenta entre 0,17 y 0,19 por cada unidad de reducción de  $\phi$  (para manejo CF y SF, respectivamente) (Figura 1). Esto demuestra que la precisión de los ensayos es mayor con el aumento de la cantidad de años de evaluaciones; y que, para que sea menor a 5%, el valor de  $\phi$  debería ser superior a 94%. Además, otro punto que se podría considerar es el número óptimo de repeticiones. Actualmente, en la RET se realizan tres repeticiones; número que coincide con lo reportado por Woyann et al. (2020) para soja en Brasil. No obstante, antes de la inclusión de la RET CF se realizaban 5-6 repeticiones de la RET SF; en consecuencia, la evaluación de un manejo adicional, reduciendo la cantidad de repeticiones por manejo, conspiró en contra de la precisión

**Figura 1.** Gráfico de dispersión de la asociación entre el complemento de la potencia de prueba ( $C\phi = 100 - \phi$ ) y el error estándar ( $\delta$ )

Para los manejos con y sin fungicida.

de la evaluación de cada manejo. De hecho, se reportó que, para obtener una alta fiabilidad de los ensayos para trigo duro en ambiente mediterráneo, el número óptimo de repeticiones es cinco (Baxevanos et al., 2017).

## CONCLUSIONES

Evaluaciones de cuatro años en ensayos sin fungicidas permiten encontrar diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de los cultivares comerciales de trigo pan argentinos, con una potencia, repetibilidad genética y error estándar promedio de 95 %, 0,51 % y 6,06 %, respectivamente. En ensayos con aplicación de fungicidas se podría reducir la cantidad de años de evaluación a tres, manteniendo una potencia >90 %. También, se podría reducir de cuatro a tres años de evaluación, mejorando la calidad general de los ensayos y aumentando el número de repeticiones.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a la beca doctoral FONCYT-UNC del Proyecto PICT 2018-03321.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, P. E. (2018). ¿Qué es “la RET”? INTA. Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25496.03845>
- Abbate, P. E. (2019). Índice de calidad de trigo pan método 2019 [Documento digital]. INASE. Disponible en: t.ly/zlRP
- Abbate, P., Miralles, D. y Ballesteros, A. (2021). *Nuevo mapa de subregiones trigueras argentinas y de otros cereales invernales 2021*. INASE. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Presidencia de la Nación. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21236.48000>
- Aguate, F., Crossa, J. y Balzarini, M. (2019). Effect of Missing Values on Variance Component Estimates in Multienvironment Trials. *Crop Science*, 59(2), 508–517. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.03.0209>
- Arief, V. N., DeLacy, I. H., Crossa, J., Payne, T., Singh, R., Braun, H. J., Tian, T., Basford, K. E. y Dieters, M. J. (2015). Evaluating Testing Strategies for Plant Breeding Field Trials: Redesigning a CIMMYT International Wheat Nursery. *Crop Science*, 55(1), 164–177. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.06.0415>
- Balzarini, M. (2002). Applications of mixed models in plant breeding. En M. S. Kang (Ed.), *Quantitative genetics, genomics and plant breeding* (2<sup>da</sup> Ed., 353–363). CABI: Digital Library. <https://doi.org/10.1079/9780851996011.0353>
- Baxevanos, D., Korpetis, E., Irakli, M. y Tsialtas, I. (2017). Evaluation of a durum wheat selection scheme under Mediterranean conditions: adjusting trial locations and replications. *Euphytica*, 213(4), 82. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1871-y>
- Falconer, D. y Mackay, T. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics* (4<sup>a</sup> Ed.). Longman.
- Fehr, W. (1991). *Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. Agronomy Book1*. Digital Repository: Iowa State University. <https://core.ac.uk/download/pdf/212817093.pdf>
- Instituto Nacional de Semillas (INASE) (2003). Resolución 323/2003. Crease la red de ensayos comparativos de variedades de trigo (RET) en el ámbito de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos dependiente del Ministerio de Economía y Producción. *Boletín Oficial de la República Argentina*, Primera Sección, 30175, 6.
- Martínez-Rueda, C. G. y López-Castañeda, C. (2004). Eficiencia de la selección indirecta en el mejoramiento de trigo para condiciones limitantes y no limitantes de humedad. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(2), 191–199. <https://doi.org/10.35196/rfm.2004.2.191>
- Miranda, R. y Salomón N. (2001). Índice de calidad como herramienta para determinar la aptitud de los materiales genéticos. En M. M Kohli, M. D. Ackermann y M.D. de Castro (Eds.), *Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo* (163-173). Ed. Hemisferio Sur.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (2<sup>da</sup> Ed.). Grupo Noriega Editores.
- Patterson, H. D., Silvey, V., Talbot, M. y Weatherup, S. T. C. (1977). Variability of yields of cereal varieties in U. K. trials. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 89(1), 239–245.
- SAS Institute Inc. (2020). *SAS Studio* (3.8 Enterprise Edition) [Software]. SAS OnDemand for Academics. <https://welcome.oda.sas.com/login>
- Woyann, L. G., Zdziarski, A. D., Zanella, R., Rosa, A. C., Conte, J., Meira, D., Storck, L. y Benin, G. (2020). Optimal number of replications and test locations for soybean yield trials in Brazil. *Euphytica*, 216(1), 11. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2548-5>
- Yan, W. (2013). Biplot Analysis of Incomplete Two-Way Data. *Crop Science*, 53(1), 48–57. <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.05.0301>
- Yan, W., Frégeau-Reid, J., Martin, R., Pageau, D. y Mitchell-Fetch, J. (2015). How many test locations and replications are needed in crop variety trials for a target region? *Euphytica*, 202(3), 361–372. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1253-7>



**Tabla suplementaria 1.** Componentes de varianza genética ( $\sigma_g^2$ ), de año ( $\sigma_y^2$ ), de la interacción cultivar x año ( $\sigma_{gy}^2$ ) y del error ( $\sigma_e^2$ ), de los ensayos de rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en cada sitio experimental en la primera y tercera época de siembra (E1 y E3) sin fungicidas

Grupo de calidad	Sitio	E1				E3			
		$\sigma_g^2$	$\sigma_y^2$	$\sigma_{gy}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_g^2$	$\sigma_y^2$	$\sigma_{gy}^2$	$\sigma_e^2$
Todos	Tribus Agro	83504 (9,1)	350624 (38,3)	301621 (32,9)	180017 (19,7)	235311 (17,2)	805926 (58,8)	117652 (8,6)	212576 (15,5)
	INTA Balcarce	346740 (13,2)	1384687 (52,7)	566257 (21,6)	328442 (12,5)	118446 (6,1)	1121969 (57,7)	438350 (22,6)	265038 (13,6)
	CHEI Barrow	234752 (9,6)	1600506 (65,2)	395030 (16,1)	224340 (9,1)	68696 (4,9)	908349 (65,0)	172183 (12,3)	248361 (17,8)
	Criadero Don Mario	81099 (3,5)	1711731 (74,8)	287036 (12,5)	208838 (9,1)	103767 (4,0)	2040374 (78,7)	223322 (8,6)	225002 (8,7)
	INTA Manfredi	73787 (15,7)	116166 (24,7)	24371 (5,2)	256052 (54,4)	10344 (1,6)	281079 (43,9)	110611 (17,3)	237941 (37,2)
	INTA Marcos Juárez	164184 (8,5)	943154 (49,1)	561164 (29,2)	253815 (13,2)	84338 (6,6)	614048 (47,9)	306976 (23,9)	276394 (21,6)
	INTA Paraná	15980 (0,9)	1141095 (61,5)	545910 (29,4)	152466 (8,2)	77000 (5,2)	964082 (65,0)	248486 (16,8)	193436 (13,0)
	INTA Pergamino	122989 (5,8)	1591055 (75,0)	250060 (11,8)	157256 (7,4)	120450 (5,6)	1630809 (75,5)	278154 (12,9)	129912 (6,0)
	Criadero Klein	157509 (9,9)	1014211 (63,7)	207100 (13,0)	214273 (13,5)	104652 (6,9)	961302 (63,2)	299320 (19,7)	155287 (10,2)
INTA Rafaela	31625 (1,8)	1206533 (67,4)	347051 (19,4)	203898 (11,4)	28832 (1,7)	1230441 (72,3)	183185 (10,8)	258782 (15,2)	
GC1	Tribus Agro	157061 (14,5)	339673 (31,3)	386178 (35,6)	200895 (18,5)	200338 (15,8)	824240 (64,9)	80763 (6,4)	164767 (13,0)
	INTA Balcarce	106536 (4,1)	1698920 (65,9)	469247 (18,2)	301873 (11,7)	74450 (4,0)	1165466 (63,1)	360205 (19,5)	246145 (13,3)
	CHEI Barrow	189470 (7,6)	1390936 (56,0)	662296 (26,7)	239401 (9,6)	35664 (2,7)	867597 (65,6)	180331 (13,6)	239636 (18,1)
	Criadero Don Mario	29429 (1,5)	1438750 (75,7)	169609 (8,9)	262934 (13,8)	119305 (5,7)	1612619 (76,6)	124319 (5,9)	249585 (11,9)
	INTA Manfredi	9235,24 (2,5)	88011 (23,9)	0 (0,0)	271434 (73,6)	108888 (15,7)	381809 (55,1)	21962 (3,2)	180188 (26,0)
	INTA Marcos Juárez	3622,39 (0,2)	1122135 (66,2)	328212 (19,4)	241320 (14,2)	89749 (8,2)	595363 (54,3)	143967 (13,1)	266822 (24,3)
	INTA Paraná	0 (0,0)	921824 (69,1)	260601 (19,5)	152439 (11,4)	74159 (6,3)	828547 (70,8)	90550 (7,7)	177360 (15,2)
	INTA Pergamino	93225 (5,0)	1391265 (74,9)	206476 (11,1)	167284 (9,0)	120425 (6,5)	1385503 (75,1)	199174 (10,8)	140321 (7,6)
	Criadero Klein	120545 (9,5)	786023 (62,2)	172207 (13,6)	185688 (14,7)	198051 (13,0)	987412 (64,8)	222072 (14,6)	115872 (7,6)
INTA Rafaela	26438 (1,6)	1352293 (80,5)	64688 (3,9)	236475 (14,1)	0 (0,0)	1187494 (73,6)	187399 (11,6)	237902 (14,8)	
GC2	Tribus Agro	95780 (13,3)	303555 (42,3)	155092 (21,6)	163319 (22,8)	231317 (17,0)	790144 (58,1)	129863 (9,6)	207777 (15,3)
	INTA Balcarce	459576 (17,6)	1276664 (48,8)	523698 (20,0)	356919 (13,6)	71534 (3,7)	1230468 (64,3)	331344 (17,3)	279531 (14,6)
	CHEI Barrow	638094 (23,6)	1612834 (59,7)	198580 (7,4)	251645 (9,3)	77286 (5,7)	887178 (65,7)	148855 (11,0)	237450 (17,6)
	Criadero Don Mario	89975 (3,9)	1685318 (73,4)	344000 (15,0)	177002 (7,7)	71664 (2,7)	2066543 (78,7)	271875 (10,4)	214983 (8,2)
	INTA Manfredi	1636,49 (0,4)	54098 (11,7)	164389 (35,4)	244004 (52,6)	48470 (7,8)	237188 (38,2)	95496 (15,4)	239406 (38,6)
	INTA Marcos Juárez	413599 (18,4)	882174 (39,3)	671700 (30,0)	274651 (12,2)	73520 (5,3)	588886 (42,8)	419317 (30,5)	293904 (21,4)
	INTA Paraná	0 (0,0)	1167498 (57,2)	734846 (36,0)	139785 (6,8)	89255 (5,4)	1026591 (62,6)	339713 (20,7)	184722 (11,3)
	INTA Pergamino	206050 (9,1)	1617458 (71,1)	309166 (13,6)	141276 (6,2)	66023 (3,0)	1686979 (76,6)	331483 (15,1)	116566 (5,3)
	Criadero Klein	144544 (9,0)	1033241 (64,6)	212108 (13,3)	210215 (13,1)	53185 (3,4)	997091 (64,4)	331692 (21,4)	167452 (10,8)
INTA Rafaela	0 (0,0)	1385022 (73,8)	326246 (17,4)	166381 (8,9)	60502 (3,4)	1315820 (74,1)	182530 (10,3)	216355 (12,2)	
GC3	Tribus Agro	35803 (3,6)	418673 (41,9)	364917 (36,5)	179479 (18,0)	347395 (21,0)	906050 (54,7)	113808 (6,9)	290475 (17,5)
	INTA Balcarce	422581 (16,9)	1323209 (52,8)	444293 (17,7)	314102 (12,5)	309378 (14,3)	881660 (40,7)	717953 (33,2)	256035 (11,8)
	CHEI Barrow	228161 (9,4)	1844819 (76,3)	166284 (6,9)	179735 (7,4)	162048 (10,6)	907991 (59,5)	174435 (11,4)	282294 (18,5)
	Criadero Don Mario	78534 (3,1)	1952289 (77,9)	272619 (10,9)	202022 (8,1)	185524 (6,2)	2355129 (79,0)	216791 (7,3)	222187 (7,5)
	INTA Manfredi	49955 (12,3)	134119 (33,1)	2684,95 (0,7)	218538 (53,9)	0 (0,0)	298262 (42,1)	113188 (16,0)	296201 (41,9)
	INTA Marcos Juárez	177046 (9,5)	869231 (46,7)	573024 (30,8)	240506 (12,9)	152819 (11,9)	637871 (49,7)	247310 (19,3)	246505 (19,2)
	INTA Paraná	171024 (7,6)	1573964 (70,0)	335522 (14,9)	168659 (7,5)	53416 (3,6)	963291 (65,7)	214762 (14,7)	234130 (16,0)
	INTA Pergamino	165693 (7,4)	1753706 (78,1)	159860 (7,1)	166418 (7,4)	549329 (20,7)	1788934 (67,4)	169092 (6,4)	148194 (5,6)
	Criadero Klein	207968 (11,0)	1219044 (64,4)	220360 (11,6)	244387 (12,9)	157295 (10,8)	792650 (54,3)	337405 (23,1)	172865 (11,8)
INTA Rafaela	55088 (2,8)	1211558 (61,7)	489364 (24,9)	206202 (10,5)	10016 (0,6)	1246741 (69,1)	169604 (9,4)	377573 (20,9)	

Para el conjunto de cultivares comerciales de trigo pan (Todos) y para cada grupo de calidad (GC1, GC2 y GC3), evaluados en el período 2005-2019 en Argentina (porcentaje de representación de cada componente de varianza en el total de cada sitio entre paréntesis).

GC1: trigos correctores. GC2: trigos de muy buena calidad. GC3: trigos de mediana a baja calidad.

**Tabla suplementaria 2.** Componentes de varianza genética ( $\sigma^2_G$ ), del año ( $\sigma^2_Y$ ), de la interacción cultivar x año ( $\sigma^2_{GY}$ ) y del error ( $\sigma^2_\epsilon$ ), de los ensayos de rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) en cada sitio experimental en la primera (E1) y tercera época (E3) de siembra con fungicidas

Grupo de calidad	Sitio	E1				E3			
		$\sigma^2_G$	$\sigma^2_Y$	$\sigma^2_{GY}$	$\sigma^2_\epsilon$	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_Y$	$\sigma^2_{GY}$	$\sigma^2_\epsilon$
Todos	Tribus Agro	72586 (8,2)	456312 (51,3)	88052 (9,9)	272342 (30,6)	34757 (2,2)	1192515 (75,9)	79415 (5,1)	264774 (16,8)
	INTA Balcarce	265391 (9,2)	1907353 (66,0)	390685 (13,5)	327741 (11,3)	93037 (4,5)	1405364 (68,5)	299552 (14,6)	254344 (12,4)
	CHEI Barrow	172271 (5,8)	2346805 (79,4)	151144 (5,1)	284170 (9,6)	60216 (3,6)	1180572 (71,5)	105552 (6,4)	304381 (18,4)
	Criadero Don Mario	99880 (4,9)	1557749 (77,0)	198185 (9,8)	166528 (8,2)	121284 (4,8)	2055444 (82,2)	130215 (5,2)	194558 (7,8)
	INTA Manfredi	26685 (1,6)	1235677 (72,9)	215744 (12,7)	217560 (12,8)	54806 (4,8)	692038 (60,5)	176873 (15,5)	219848 (19,2)
	INTA Marcos Juárez	183336 (10,7)	910030 (53,0)	385428 (22,5)	237889 (13,9)	99237 (6,4)	936189 (60,8)	241870 (15,7)	262274 (17,0)
	INTA Paraná	24186 (1,4)	1352285 (75,5)	271399 (15,2)	143423 (8,0)	49585 (3,1)	1196911 (74,4)	120484 (7,5)	241527 (15,0)
	INTA Pergamino	31669 (1,5)	1809117 (83,2)	153991 (7,1)	178497 (8,2)	60507 (3,0)	1687264 (83,4)	137875 (6,8)	138318 (6,8)
	Criadero Klein	69670 (5,1)	945513 (69,4)	118837 (8,7)	227888 (16,7)	66650 (5,2)	796863 (62,7)	202641 (15,9)	205533 (16,2)
INTA Rafaela	58903 (2,9)	1505305 (73,3)	303158 (14,8)	185572 (9,0)	20867 (1,3)	1066842 (66,5)	186622 (11,6)	330524 (20,6)	
GC1	Tribus Agro	80189 (9,3)	409060 (47,2)	109298 (12,6)	267783 (30,9)	27547 (1,9)	1153424 (77,5)	64883 (4,4)	242267 (16,3)
	INTA Balcarce	121681 (5,1)	1664106 (69,6)	327017 (13,7)	279076 (11,7)	118168 (5,9)	1409330 (70,4)	220510 (11,0)	252585 (12,6)
	CHEI Barrow	130653 (5,3)	2014869 (81,8)	58672 (2,4)	258827 (10,5)	27289 (1,8)	1049841 (70,1)	134843 (9,0)	285672 (19,1)
	Criadero Don Mario	28619 (1,6)	1430354 (80,5)	134674 (7,6)	182815 (10,3)	73736 (3,5)	1763745 (83,1)	93999 (4,4)	191057 (9,0)
	INTA Manfredi	38278 (3,2)	857967 (70,7)	102475 (8,4)	214320 (17,7)	109646 (11,9)	582832 (63,3)	74926 (8,1)	153013 (16,6)
	INTA Marcos Juárez	0 (0,0)	1170521 (73,5)	222423 (14,0)	199239 (12,5)	169406 (12,4)	853274 (62,4)	98558 (7,2)	245744 (18,0)
	INTA Paraná	16921 (1,1)	1262163 (80,3)	143216 (9,1)	148810 (9,5)	26763 (2,1)	958740 (74,6)	83315 (6,5)	216466 (16,8)
	INTA Pergamino	0 (0,0)	1742169 (84,9)	144719 (7,1)	164191 (8,0)	110337 (6,1)	1494145 (83,1)	54065 (3,0)	139890 (7,8)
	Criadero Klein	59347 (5,5)	739350 (68,8)	54165 (5,0)	221072 (20,6)	57109 (5,3)	757204 (70,4)	78894 (7,3)	181708 (16,9)
INTA Rafaela	69711 (3,7)	1540587 (82,6)	53773 (2,9)	200052 (10,7)	5904,85 (0,4)	835252 (62,4)	130219 (9,7)	366685 (27,4)	
GC2	Tribus Agro	85647 (9,1)	537008 (56,8)	79504 (8,4)	242955 (25,7)	0 (0,0)	1175615 (74,0)	129116 (8,1)	282963 (17,8)
	INTA Balcarce	262417 (9,3)	1873346 (66,4)	340502 (12,1)	346279 (12,3)	62872 (3,0)	1506030 (71,6)	272900 (13,0)	261703 (12,4)
	CHEI Barrow	182077 (6,2)	2318381 (79,4)	157554 (5,4)	262771 (9,0)	63900 (3,8)	1195229 (72,0)	90651 (5,5)	311387 (18,7)
	Criadero Don Mario	90138 (4,4)	1594837 (77,1)	203232 (9,8)	179332 (8,7)	141280 (5,6)	2036406 (81,0)	153753 (6,1)	181166 (7,2)
	INTA Manfredi	0 (0,0)	1564504 (79,2)	210520 (10,7)	201121 (10,2)	141531 (11,0)	783575 (61,0)	153651 (12,0)	206169 (16,0)
	INTA Marcos Juárez	505810 (26,2)	737267 (38,2)	429347 (22,2)	258961 (13,4)	96630 (6,0)	932495 (58,2)	323836 (20,2)	250482 (15,6)
	INTA Paraná	5300,75 (0,3)	1315405 (71,9)	364847 (19,9)	145116 (7,9)	75946 (4,4)	1308602 (75,4)	126658 (7,3)	224014 (12,9)
	INTA Pergamino	10268 (0,5)	1793976 (81,0)	230384 (10,4)	181010 (8,2)	49509 (2,3)	1765558 (83,7)	162255 (7,7)	132237 (6,3)
	Criadero Klein	85367 (5,9)	1049975 (72,4)	80520 (5,6)	234116 (16,1)	67065 (4,7)	899376 (63,1)	264562 (18,6)	194454 (13,6)
INTA Rafaela	54132 (2,5)	1621790 (73,4)	359035 (16,3)	174391 (7,9)	52514 (3,0)	1216178 (68,8)	226052 (12,8)	273528 (15,5)	
GC3	Tribus Agro	49213 (6,1)	353130 (43,6)	87729 (10,8)	320645 (39,6)	50229 (3,1)	1240054 (77,3)	57927 (3,6)	255963 (16,0)
	INTA Balcarce	243953 (7,6)	2159630 (67,6)	449679 (14,1)	343344 (10,7)	172065 (8,2)	1290366 (61,4)	397779 (18,9)	239835 (11,4)
	CHEI Barrow	151797 (4,6)	2699410 (82,6)	95087 (2,9)	322208 (9,9)	148233 (8,4)	1237642 (70,5)	57305 (3,3)	313092 (17,8)
	Criadero Don Mario	82042 (3,9)	1640171 (78,5)	227489 (10,9)	139502 (6,7)	94549 (3,5)	2277146 (83,2)	139214 (5,1)	226197 (8,3)
	INTA Manfredi	99455 (4,9)	1508701 (74,1)	186456 (9,2)	242275 (11,9)	0 (0,0)	545783 (50,8)	199444 (18,6)	329313 (30,6)
	INTA Marcos Juárez	123666 (7,2)	988106 (57,7)	350939 (20,5)	250802 (14,6)	67328 (4,3)	941191 (60,0)	246887 (15,7)	313841 (20,0)
	INTA Paraná	46579 (2,4)	1552357 (78,3)	246927 (12,5)	135829 (6,9)	44554 (2,7)	1203044 (73,0)	85325 (5,2)	314331 (19,1)
	INTA Pergamino	54125 (2,4)	1915253 (85,5)	80551 (3,6)	189497 (8,5)	207885 (9,4)	1756072 (79,3)	101356 (4,6)	149727 (6,8)
	Criadero Klein	67594 (4,5)	1025502 (67,8)	193367 (12,8)	226242 (15,0)	43674 (4,0)	556425 (50,7)	239004 (21,8)	257957 (23,5)
INTA Rafaela	77231 (3,3)	1747461 (73,7)	365928 (15,4)	180577 (7,6)	33307 (2,0)	1194985 (71,2)	35827 (2,1)	415139 (24,7)	

Para el conjunto de cultivares comerciales de trigo pan (todos) y para cada grupo de calidad (GC1, GC2 y GC3), evaluados en el período 2005-2019 en Argentina (porcentaje de representación de cada componente de varianza en el total de cada sitio entre paréntesis).

GC1: trigos correctores. GC2: trigos de muy buena calidad. GC3: trigos de mediana a baja calidad.