

FENOLOGÍA, CALIDAD, SANIDAD Y RENDIMIENTO DE LOS TRIGOS TRANSGÉNICOS HB4 INSCRIPTOS EN EL AÑO 2022

Dr., M.Sc., Ing. Agr. Pablo Eduardo Abbate
Investigador en INTA Balcarce; Docente de Posgrado, FCA, UNMDP, Argentina
MN 13616*01*01 (CPIA)
abbate.pablo@gmail.com

Documento digital 7-jul-2023

El presente artículo reemplaza uno anterior difundido el 5-jun-2023. El artículo actual contiene la misma información que la versión previa sobre la fenología, calidad, sanidad y rendimiento de los trigos transgénicos HB4 inscritos en el año 2022, excepto que los datos de los cultivares Iruya HB4 y Pilcomayo HB4 están intercambiados con respecto a la versión anterior debido a un error ajeno al autor. La información fue generada por Bioceres y proviene de los legajos de inscripción de los respectivos cultivares presentados por la empresa al INASE. El contenido del presente artículo corresponde a la opinión del autor, la cual puede no representar la postura oficial del INTA.

INTRODUCCIÓN

El año pasado (2022), mediante la Resolución 27 de la Secretaría de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional, dependiente del entonces Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (SABYDR, 2022), se autorizó a la empresa INDEAR S.A. (sociedad de investigación y desarrollo entre Bioceres Semilla S.A. y CONICET), “a comercializar la semilla, y a los productos y subproductos derivados de ésta, provenientes del trigo INDØØ412-7, y a toda la progenie derivada de los cruzamientos de este material con cualquier trigo no modificado genéticamente”. La resolución establece que las variedades de trigo con el evento registrado como INDØØ412-7 podrán comercializarse después de su registro correspondiente en el INASE. En consecuencia, Bioceres presentó los legajos de inscripción de cinco nuevos cultivares HB4 al INASE, portadores del evento transgénico INDØØ412-7. Estos cultivares fueron oficialmente inscritos en el Registro Nacional de Cultivares el 28-oct-2022, bajo los nombres de Bermejo HB4, Iruya HB4, Paraná HB4, Pilcomayo HB4 y Traful HB4. Por lo tanto, estos cinco cultivares son los primeros trigos transgénicos que cumplen con todas las regulaciones legales para su producción, comercialización y consumo en Argentina, además de ser los primeros trigos transgénicos comerciales del mundo.

Los trigos HB4 fueron desarrollados inicialmente en el ámbito científico a través de los trabajos liderados por la Dra. Raquel Chan de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y el CONICET. Estos trabajos permitieron identificar el gen HAHB4 de girasol, que confiere tolerancia a sequía. El gen fue patentado en el año 2004 por la UNL y el CONICET. Posteriormente, mediante un convenio con Bioceres, se transfirió una versión mejorada de este gen al trigo y otros cultivos, y se inició un programa de evaluación a campo. De hecho, al comparar cultivares con y sin el evento INDØØ412-7 a campo, se encontraron diferencias promedio del 6% en 37 experimentos (rango de rendimiento: 7-102 qq/ha), sin observar interacción entre diferentes ambientes (González et al., 2020). Por su parte, en dos años de experimentos llevados a cabo en Balcarce, la actual Subregión 5 (Abbate et al., 2021), se encontraron diferencias de rendimiento de a favor de la presencia del gen de 5% y 19% respectivamente, en un rango de rendimiento entre 56 y 62 qq/ha, con interacción entre ambientes estadísticamente significativa (P.E. Abbate, datos no publicados).

Según el Aviso Oficial de solicitud de inscripción difundido públicamente por el INASE (INASE, 2022), la novedad de los nuevos cultivares es que están genéticamente modificados con el “evento INDØØ412-7, que confiere tolerancia a sequía y tolerancia al herbicida glufosinato de amonio”. No obstante, la ventaja de un nuevo cultivar comercial radica en los beneficios que ofrece en comparación con otros cultivos comerciales ya disponibles. Sin embargo, la información disponible al respecto es muy limitada.

El objetivo de este artículo es brindar información sobre la fenología, calidad, sanidad y rendimiento de los cultivares de trigo HB4, recientemente inscritos por Bioceres Semillas S.A., con el fin de ayudar en la elección más acertada de los cultivares a sembrar en las subregiones donde se obtuvieron los datos. La información se obtuvo de los legajos presentados por Bioceres al INASE, en carácter de declaración jurada, para la inscripción de los respectivos cultivares. Esta información fue obtenida a través de un trámite formal ante la Agencia de Acceso a la Información Pública y se difunde públicamente, bajo el amparo de la Ley 27275 (Derecho de acceso a la información pública; CNA, 2016).

METODOLOGÍA

La presentación de los legajos para la inscripción de cultivares en el Registro Nacional de Cultivares y en el Régimen de Fiscalización, está regulada por la Resolución 108/97 (INASE, 1997) y sus modificaciones. La norma establece que se debe presentar una “información mínima” (o “información básica”) y que se puede presentar “información complementaria”. La información básica requerida incluye datos de Ensayos Comparativos de Rendimiento (ECR) realizados durante tres años en una única localidad, o durante dos años en tres localidades, correspondiente a campañas consecutivas e inmediatamente anteriores al pedido de inscripción. Esta cantidad de ECR se considera suficiente para respaldar la recomendación del nuevo cultivar de trigo o de otros siete cultivos incluidos en la norma (algodón, arroz, girasol, maíz, soja, sorgo y trigo fideo), en al menos una subregión. El mínimo de tres años de evaluación por subregión coincide con los resultados obtenidos en una tesis en realización (Mójica et al., 2022) dirigida por el autor del presente artículo.

La Resolución 108/97 también establece que los datos de los nuevos cultivares deben ir acompañados de al menos tres testigos, que deben mantenerse durante todo el período de evaluación. Estos testigos deben ser cultivares comerciales fiscalizados al inicio de las evaluaciones, de ciclo siembra-espigazón similar (± 7 días) al de la línea inédita y cada uno debe pertenecer a un grupo de calidad diferente (1, 2 y 3).

Los ECR deben ser declarados al INASE, la declaración debe incluir un plano que muestre el diseño estadístico del experimento, es decir, la distribución de las parcelas con líneas inéditas, los testigos y sus repeticiones. Por lo común, los criaderos llevan a cabo estos ECR en más de una localidad, incluyendo varias líneas inéditas y más de tres testigos en cada ensayo. De esta manera, al momento de elaborar el legajo de inscripción de una línea, los criaderos pueden seleccionar los ECR de las localidades y los testigos para que el legajo resulte lo más convincente posible.

Los datos presentados en este artículo corresponden al promedio de cada subregión donde se evaluó cada nuevo cultivar. El ciclo se definió como los días transcurridos entre siembra y espigazón. Los análisis de calidad fueron realizados en los laboratorios oficiales de la Cámara Arbitral de Bahía Blanca o de INTA Marcos Juárez.

El comportamiento sanitario se presenta como severidad porcentual. Las enfermedades evaluadas fueron: Roya anaranjada o de la hoja (*Puccinia recondita*), Roya amarilla o estriada (*Puccinia striiformis*), Roya negra o del tallo (*Puccinia graminis*), Carbón volador (*Ustilago tritici*), Carbón cubierto (*Tilletia sp.*), Fusariosis (*Fusarium sp.*), Mancha de la hoja (*Septoria tritici*), Oídio (*Erysiphe graminis tritici*), Mancha amarilla (*Drechslera tritici repentis*), Bacteriosis en hoja, Bacteriosis en espiga y Virosis. Para las Royas, la severidad se basó en la escala Cobb modificada; para la Fusariosis, se calculó como el producto entre la proporción de espigas infectadas y la proporción de espiguillas por espiga infectadas, expresada como porcentaje (multiplicado por 100); y para el resto de las enfermedades corresponde al porcentaje de tejido afectado.

El rendimiento de cada ensayo se midió en 3 repeticiones y los legajos incluyeron un análisis de varianza (ANVA) de cada uno de los ensayos. Adicionalmente, el presente informe incluye un ANVA interanual de comparación del rendimiento, el cual no estaba incluido en los legajos. A tal efecto, se consideraron los

datos de cada cultivar HB4 y sus testigos evaluados en cada subregión como tratamientos, y los años como repeticiones, de un diseño experimental en bloques completos aleatorizados. La homogeneidad de varianza entre tratamientos se evaluó mediante la prueba de Bartlett (Steel y Torrie, 1980a). La diferencia entre los rendimientos promedios de los cultivares se estableció mediante un ANVA. Cuando el ANVA indicó que hubo diferencias significativas entre cultivares ($P \leq 0.05$), los promedios se compararon por el método de la mínima diferencia significativa (MDS) de Fisher (Steel y Torrie, 1980a).

RESULTADOS

Bermejo HB4

Bermejo HB4 (Tabla 1) fue evaluado en la Subregión 5 (Tres Arroyos), durante tres años (2019, 2020 y 2021), con los testigos Buck Destello (ciclo largo, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Alhambra (ciclo largo, grupo de calidad 3). Además, se realizó una evaluación complementaria en tres localidades combinando las Subregiones 2 y 7 (Roldán, Monte Buey y Arias, ex Subregión II norte), durante dos años (2018 y 2019), con los testigos Buck Meteoro (ciclo intermedio, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Guayabo (ciclo largo, grupo de calidad 3).

Bermejo HB4 quedó inscripto como un cultivar de ciclo largo (Fig. 1) del grupo de calidad 3 (Tabla 2), recomendado para la Subregión 5, donde fue evaluado, con fecha óptima de siembra del 10-jun y densidad de 280 plantas/m².

En las Subregiones 2, 5 y 7, Bermejo HB4 mostró un comportamiento igual o mejor a las Royas que los testigos, excepto en comparación con Buck Meteoro para Roya anaranjada (Fig. 2). En la Subregión 5, presentó mayor severidad que los testigos en cuanto Mancha de la hoja, y en la Subregión 7 a Fusariosis (Fig. 2).

El rendimiento de Bermejo HB4 en la Subregión 5 fue estadísticamente similar al promedio de los testigos, ubicándose numéricamente 7% por debajo del mejor testigo (Fig. 3). En las Subregiones 2 y 7, Bermejo HB4 superó estadísticamente al testigo de menor rendimiento en 32% y al promedio de los testigos en 14%, su rendimiento fue estadísticamente igual al testigo de mayor rendimiento (Fig. 3).

Iruya HB4

Iruya HB4 (Tabla 3) fue evaluado en la Subregión 5 (Tres Arroyos), durante tres años (2019, 2020 y 2021), con los testigos Buck Destello (ciclo largo, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Alhambra (ciclo largo, grupo de calidad 3). No se presentó información complementaria para este cultivar.

Iruya HB4 quedó inscripto como un cultivar de ciclo intermedio (Fig. 4) del grupo de calidad 3 (Tabla 4), recomendado para la Subregión 5, donde fue evaluado, con fecha óptima de siembra del 10-jun y densidad de 280 plantas/m².

En la Subregión 5, Iruya HB4 mostró un mejor comportamiento a la Roya anaranjada que los testigos, pero presentó 30% de severidad a la Roya amarilla (Fig. 5).

El rendimiento de Iruya HB4 en la Subregión 5 fue estadísticamente 12% mayor al testigo de menor rendimiento y 6% mayor al promedio de los testigos; no presentó diferencia con del mejor testigo (Fig. 6).

Paraná HB4

Paraná HB4 (Tabla 5) fue evaluado en tres localidades de la Subregión 5 (Balcarce, Tandil, Tres Arroyos), durante dos años (2020 y 2021), con los testigos Buck Destello (ciclo largo, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Cedro (ciclo largo, grupo de calidad 3). Además, se realizó una evaluación

complementaria en tres localidades combinando las Subregiones 2 y 7 (Roldán, Monte Buey y Arias), durante dos años (2018 y 2019), con los testigos Buck Meteoro (ciclo intermedio, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Guayabo (ciclo largo, grupo de calidad 3).

Paraná HB4 quedó inscripto como un cultivar de ciclo largo (Fig. 7) del grupo de calidad 2 (Tabla 6), siendo el HB4 de mejor calidad comercial e industrial. Se recomienda para la Subregión 5, donde fue evaluado, con fecha óptima de siembra del 10-jun y densidad de 280 plantas/m².

En las Subregiones 2, 5 y 7, Paraná HB4 mostró mayor severidad a la Roja anaranjada que los testigos, pero con mejor comportamiento a la Roya amarilla (Fig. 8). En la Subregión 5, presentó 10% de severidad a Mancha de la hoyo, y en la Subregión 7 a Fusariosis (Fig. 8).

Paraná HB4 presentó rendimiento en la Subregión 5 estadísticamente similar al de todos los testigos (Fig. 9). En las Subregiones 2 y 7, superó estadísticamente al testigo de menor rendimiento en 23%, igualó al promedio de los testigos, ubicándose numéricamente 7% por debajo del testigo de mayor rendimiento (Fig. 9).

Pilcomayo HB4

Pilcomayo HB4 (Tabla 7) fue evaluado en la Subregión 5 (Tres Arroyos), durante tres años (2019, 2020 y 2021), con los testigos Buck Destello (ciclo largo, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Alhambra (ciclo largo, grupo de calidad 3). Además, se realizó una evaluación complementaria en tres localidades combinando las Subregiones 2 y 7 (Roldán, Monte Buey y Arias), durante dos años (2018 y 2019), con los testigos Buck Meteoro (ciclo intermedio, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Guayabo (ciclo largo, grupo de calidad 3).

Pilcomayo HB4 quedó inscripto como un cultivar de ciclo intermedio (Fig. 10) del grupo de calidad 3 (Tabla 8), recomendado para la Subregión 5, donde fue evaluado, con fecha óptima de siembra del 10-jun y densidad de 280 plantas/m².

En las Subregiones 2 y 5, Pilcomayo HB4 mostró un mejor comportamiento a las Royas que los testigos, pero en la Subregión 7 fue el cultivare más susceptible a Roya anaranjada (Fig. 11). En la Subregión 7, presentó mayor severidad que los testigos a Fusariosis (Fig. 11).

El rendimiento de Pilcomayo HB4 en la Subregión 5 fue numéricamente menor al testigo de mayor rendimiento, no obstante, ninguna de las diferencias en esta subregión fue estadísticamente significativas (Fig. 12). En las Subregiones 2 y 7, Pilcomayo HB4 superó estadísticamente al testigo de menor rendimiento y al promedio de los testigos, igualando al testigo de mayor rendimiento (Fig. 12).

Traful HB4

Traful HB4 (Tabla 9) fue evaluado en la Subregión 5 (Tres Arroyos), durante tres años (2019, 2020 y 2021), con los testigos Buck Destello (ciclo largo, grupo de calidad 1), Basilio (ciclo largo, grupo de calidad 2) y Alhambra (ciclo largo, grupo de calidad 3). No se presentó información complementaria para este cultivar.

Traful HB4 quedó inscripto como un cultivar de ciclo largo (Fig. 13) del grupo de calidad 3 (Tabla 10), recomendado para la Subregión 5, donde fue evaluado, con fecha óptima de siembra del 10-jun y densidad de 280 plantas/m².

En la Subregión 5, Traful HB4 mostró un mejor comportamiento a la Roya anaranjada y amarilla que los testigos (Fig. 14).

El rendimiento de Traful HB4 en la Subregión 5 fue estadísticamente 8% mayor al del testigo de menor rendimiento y del similar al promedio de los testigos, ubicándose 5% por debajo del mejor testigo (Fig. 15).

REFERENCIAS

- Abbate P.E., Miralles D.J., Ballesteros A.H.M. 2021. Nuevo mapa de Subregiones Trigueras Argentinas y de otros cereales invernales 2021. INASE. Documento PDF. <https://t.ly/cZbJ>
- CNA (Congreso de la Nación Argentina). 2016. Ley 27275. Derecho de acceso a la información pública. Boletín Oficial de la República Argentina, 33472, Primera Sección, 1-4.
- González F.G., Capella M., Ribichich K.F., Curín F. Giacomelli J.I., Ayala F., Watson G., Otegui M.E. y Chan R.L. 2019. Field-grown transgenic wheat expressing the sunflower gene HaHB4 significantly outyields the wild type. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 70, No. 5 pp. 1669–1681.
- INASE (Instituto Nacional de Semillas). Aviso Oficial 66393, 66416, 66438, 66459 y 66487. Boletín Oficial de la República Argentina, 34990, Primera Sección, 52-54.
- INASE (Instituto Nacional de Semillas). Resolución 108. Normas y requisitos a cumplimentar para solicitar la inscripción de nuevos cultivares de las especies: Algodón, Arroz, Girasol, Maíz, Soja, Sorgo, Trigo pan y Trigo fideo en el Registro Nacional de Cultivares y en el Régimen de Fiscalización. Boletín Oficial de la República Argentina, 28630, Primera Sección, 10-14.
- Mójica C.J., Abbate P.E., Rossi E.A., Bonamico N.C. y Balzarini M.G. 2022. Años requeridos para la evaluación a campo de cultivares comerciales de trigo pan en Argentina. *Agriscientia*, 2022, 39 (2), 19-28. DOI: 10.31047/1668.298x.v39.n2.36802. <https://t.ly/f9xL>
- SABYDR (Secretaría de Alimentos, Bioeconomía y Desarrollo Regional). 2022. Resolución 27. Boletín Oficial de la República Argentina, 34919, Primera Sección, 18-20.
- Steel R.G.D. y Torrie J.H. 1980a. Comparaciones múltiples. En: *Bioestadística. Principios y procedimientos*. McGraw-Hill. Méjico, 1989, 166-187.
- Steel R.G.D. y Torrie J.H. 1980b. Comparación entre dos medias muestrales. En: *Bioestadística. Principios y procedimientos*. McGraw-Hill. Méjico, 1989, 83-117.

Tabla 1. Origen de la información básica y complementaria de Bermejo HB4 y los correspondientes cultivares testigos.

Información básica				Información complementaria			
Localidad	Subregión	Año	Fecha	Localidad	Subregión	Año	Fecha
Tres Arroyos	5	2019	11/jul	Roldán	2	2018	12/jun
Tres Arroyos	5	2020	29/jul	Monte Buey	7	2018	3/jul
Tres Arroyos	5	2021	8/jul	Arias	7	2018	28/jun
				Roldán	2	2019	10/jun
				Monte Buey	7	2019	20/jun
				Arias	7	2019	26/jun
Promedio	5	--	16/jul	Promedio	2 y 7	--	21/jun
Cultivares testigos	Ciclo	Grupo Calidad		Cultivares testigos	Ciclo	Grupo Calidad	
Buck Destello	Largo	1		Buck Meteoro	Intermedio	1	
Basilio	Largo	2		Basilio	Largo	2	
Alhambra	Largo	3		Guayabo	Largo	3	

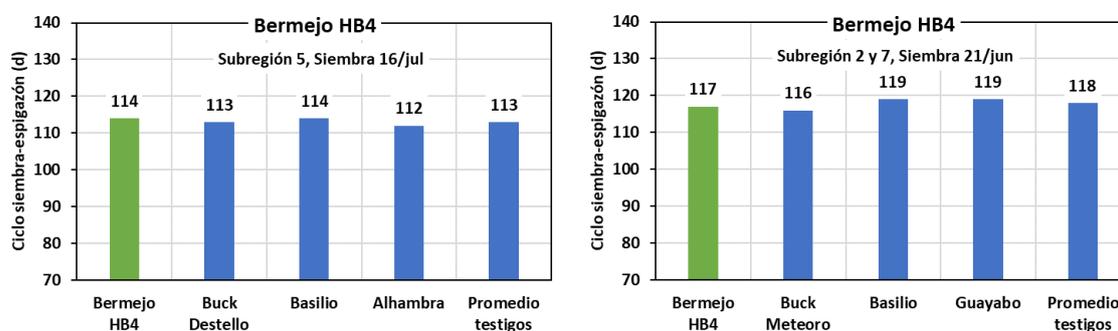


Fig. 1. Ciclo (días entre siembra y espigazón) de Bermejo HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 1.

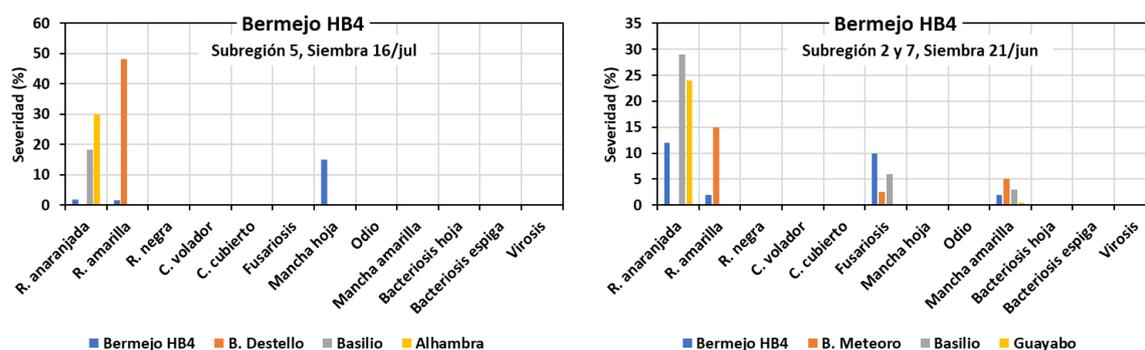


Fig. 2. Severidad de Bermejo HB4 y tres cultivares testigos, a las principales enfermedades, promedio de los sitios detallados en la Tabla 1.

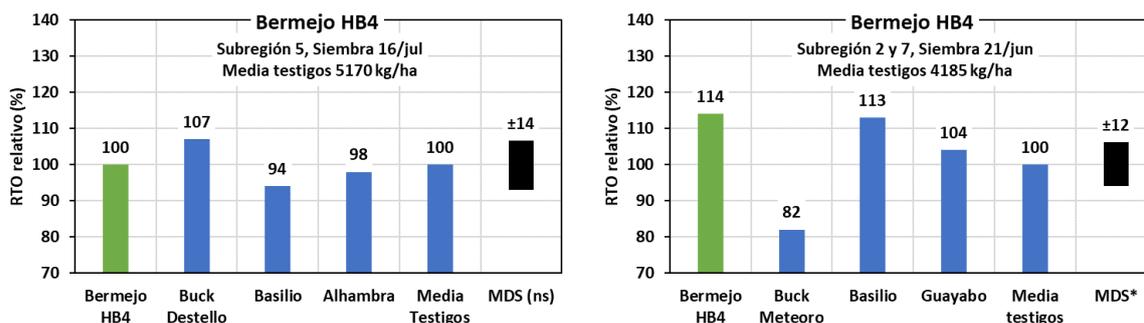


Fig. 3. Rendimiento de Bermejo HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 1. MDS: mínima diferencia significativa; ns y * indican que el ANVA resultó no significativo o significativo ($P \leq 0.05$), respectivamente.

Tabla 2. Calidad de Bermejo HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 1.

Grupo de calidad	Subregión 5, Siembra 16/jul				Subregión 2 y 7, Siembra 21/jun			
	Bermejo HB4 3	B. Destello 1	Basilio 2	Alhambra 3	Bermejo HB4 3	B. Meteoro 1	Basilio 2	Guayabo 3
GRANO								
Rendimiento (kg/ha)	5162	5557	4870	5082	4778	3437	4745	4372
Peso hectolítrico (kg/hl)	77.4	79.9	73.9	73.6	73.0	74.8	70.5	72.6
Peso mil granos (g, hum. 14%)	34.2	35.6	29.8	32.6	36.4	34.4	32.7	28.5
Proteína (% hum. 13.5%)	12.6	13.6	13.2	12.3	13.9	15.4	14.3	13.0
Cenizas grano (%)	1.6	1.6	1.8	1.7	2.0	2.3	2.2	2.1
Color de grano (Minolta)								
L	39.6	36.8	41.1	41.0	44.2	43.0	44.5	45.2
A	5.4	5.7	5.7	5.7	4.7	4.8	4.7	4.9
B	10.1	9.6	11.0	11.1	10.5	9.5	10.4	10.8
MOLIENDA								
Extracción de harina (%)	61.2	63.3	64.1	61.7	65.2	65.0	66.1	67.2
Ceniza en harina (%)	0.53	0.54	0.53	0.52	0.64	0.68	0.64	0.62
Relación molinera	115	117	122	118	103	95	103	109
Color de harina (Minolta)								
L	88.4	88.5	89.1	89.7	87.0	88.0	87.0	86.0
A	-1.4	-1.6	-1.9	-1.6	-1.0	-1.3	-1.3	-1.4
B	9.5	9.7	10.6	8.8	8.4	8.2	9.4	9.2
HARINA								
Humedad (IRAM 15850-1) (%)	12.2	12.4	11.9	12.5	12.3	12.0	12.0	12.1
Proteína harina (% hum. 13.5%)	11.7	12.9	12.6	11.6	13.1	14.4	13.8	12.4
Falling number (s)	395	368	396	317	460	506	588	513
Gluten húmedo (%)	30.9	33.0	32.6	30.0	35.1	39.0	36.9	32.6
Gluten seco (% hum. 14%)	11.1	11.8	11.7	10.4	12.3	13.8	12.9	11.4
Gluten index (% hum. 14%)	96.0	98.3	85.7	93.7	90.7	98.0	78.3	93.3
ALVEOGRAMA (IRAM 15857)								
Tenacidad (P, mm)	103	167	98	72	116	138	111	85
Extensibilidad (L, mm)	83	81	92	129	78	108	85	102
Hinchamiento (G, cm ³)	20.3	20.0	21.2	25.0	19.5	23.2	20.4	22.2
Trabajo (W, J x 10 ⁴)	310	545	335	296	328	580	352	287
P/L	1.3	2.1	1.1	0.6	1.6	1.3	1.4	1.0
le (%)	58.7	68.5	63.2	60.2	61.1	71.7	63.9	61.3
W40 (J x 10 ⁴)	180	304	176	126	205	256	200	152
FARINOGRAMA (IRAM 15855)								
Absorción de agua (% hum. 14%)	60.3	67.3	58.7	55.4	61.3	65.1	60.1	56.9
Tiempo de desarrollo (min)	12.9	36.5	14.9	9.4	10.4	33.3	11.0	6.3
Estabilidad (min)	18.9	21.2	32.0	18.5	16.4	32.2	18.3	14.7
Aflojamiento (UF)	42.0	33.0	25.0	39.0	45.5	27.8	32.3	40.8
Quality number	203	478	379	217	194	462	231	158
PANIFICACIÓN (IRAM 15858-1)								
Absorción de agua (%)	62.5	64.8	62.7	62.0	62.6	65.1	62.7	61.9
Tiempo de amasado (min)	3.8	5.7	4.3	3.7	4.2	6.3	4.3	3.7
Tiempo de fermentación (min)	155	155	155	155	156	156	156	156
Volumen de pan (cm ³)	545	675	655	738	593	793	644	616
Vol. específico (g/cm ³)	4.0	5.0	4.9	5.7	4.4	5.9	4.7	4.5
ÍNDICE DE CALIDAD (%)	37	59	51	42	43	66	50	33

Tabla 3. Origen de la información básica y complementaria de Iruya HB4 y los correspondientes cultivares testigos.

Información básica			
Localidad	Subregión	Año	Fecha
Tres Arroyos	5	2019	11/jul
Tres Arroyos	5	2020	29/jul
Tres Arroyos	5	2021	8/jul
Promedio	5	--	16/jul
Cultivares testigos		Ciclo	Grupo Calidad
Buck Destello	Largo	1	
Basilio	Largo	2	
Alhambra	Largo	3	

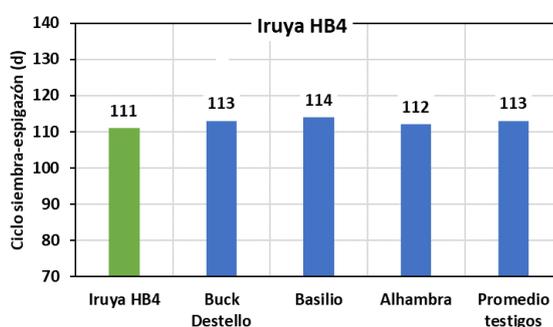


Fig. 4. Ciclo (días entre siembra y espigazón) de Iruya HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 3.

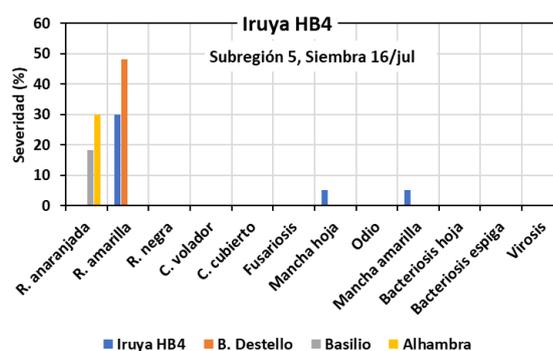


Fig. 5. Severidad de Iruya HB4 y tres cultivares testigos, a las principales enfermedades, promedio de los sitios detallados en la Tabla 3.

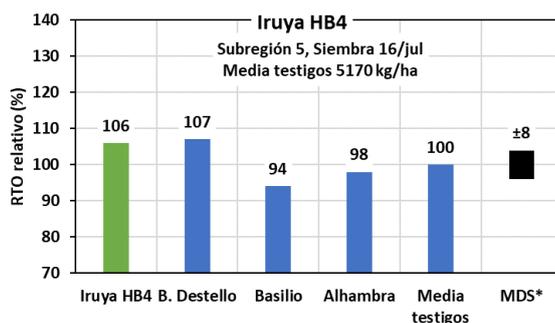


Fig. 6. Rendimiento de Iruya HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 3. MDS: mínima diferencia significativa; ns y * indican que el ANVA resultó no significativo o significativo ($P \leq 0.05$), respectivamente.

Tabla 4. Calidad de Iruya HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 3.

Grupo de calidad	Subregión 5, Siembra 16/jul			
	Iruya HB4 3	B. Destello 1	Basilio 2	Alhambra 3
GRANO				
Rendimiento (kg/ha)	5458	5557	4870	5082
Peso hectolítrico (kg/hl)	77.6	79.9	73.9	73.6
Peso mil granos (g, hum. 14%)	28.9	35.6	29.8	32.6
Proteína (% hum. 13.5%)	12.4	13.6	13.2	12.3
Cenizas grano (%)	1.7	1.6	1.8	1.7
Color de grano (Minolta)				
L	39.7	36.8	41.1	41.0
A	5.6	5.7	5.7	5.7
B	10.7	9.6	11.0	11.1
MOLIENDA				
Extracción de harina (%)	63.5	63.3	64.1	61.7
Ceniza en harina (%)	0.46	0.54	0.53	0.52
Relación molinera	139	117	122	118
Color de harina (Minolta)				
L	89.7	88.5	89.1	89.7
A	-1.8	-1.6	-1.9	-1.6
B	9.4	9.7	10.6	8.8
HARINA				
Humedad (IRAM 15850-1) (%)	13.5	12.4	11.9	12.5
Proteína harina (% hum. 13.5%)	10.8	12.9	12.6	11.6
Falling number (s)	329	368	396	317
Gluten húmedo (%)	27.0	33.0	32.6	30.0
Gluten seco (% hum. 14%)	9.6	11.8	11.7	10.4
Gluten index (% hum. 14%)	98.0	98.3	85.7	93.7
ALVEOGRAMA (IRAM 15857)				
Tenacidad (P, mm)	93	167	98	72
Extensibilidad (L, mm)	86	81	92	129
Hinchamiento (G, cm ³)	20.6	20.0	21.2	25.0
Trabajo (W, J x 10 ⁴)	318	545	335	296
P/L	1.1	2.1	1.1	0.6
le (%)	67.0	68.5	63.2	60.2
W40 (J x 10 ⁴)	171	304	176	126
FARINOGRAMA (IRAM 15855)				
Absorción de agua (% hum. 14%)	56.5	67.3	58.7	55.4
Tiempo de desarrollo (min)	12.1	36.5	14.9	9.4
Estabilidad (min)	34.5	21.2	32.0	18.5
Aflojamiento (UF)	47.0	33.0	25.0	39.0
Quality number	388	478	379	217
PANIFICACIÓN (IRAM 15858-1)				
Absorción de agua (%)	62.2	64.8	62.7	62.0
Tiempo de amasado (min)	3.7	5.7	4.3	3.7
Tiempo de fermentación (min)	155	155	155	155
Volumen de pan (cm ³)	613	675	655	738
Vol. específico (g/cm ³)	4.6	5	4.9	5.7
ÍNDICE DE CALIDAD (%)	49	59	51	42

Tabla 5. Origen de la información básica y complementaria de Paraná HB4 y los correspondientes cultivares testigos.

Información básica				Información complementaria			
Localidad	Subregión	Año	Fecha	Localidad	Subregión	Año	Fecha
Balcarce	5	2020	13/jul	Roldán	2	2018	12/jun
Tandil	5	2020	4/ago	Monte Buey	7	2018	3/jul
Tres Arroyos	5	2020	29/jul	Arias	7	2018	28/jun
Balcarce	5	2021	15/jul	Roldán	2	2019	10/jun
Tandil	5	2021	13/jul	Monte Buey	7	2019	20/jun
Tres Arroyos	5	2021	8/jul	Arias	7	2019	26/jun
Promedio	5	--	18/jul	Promedio	2 y 7	--	21/jun
Cultivares testigos		Ciclo	Grupo Calidad	Cultivares testigos		Ciclo	Grupo Calidad
Buck Destello	Largo	1		Buck Meteoro	Intermedio	1	
Basilio	Largo	2		Basilio	Largo	2	
Cebro	Largo	3		Guayabo	Largo	3	

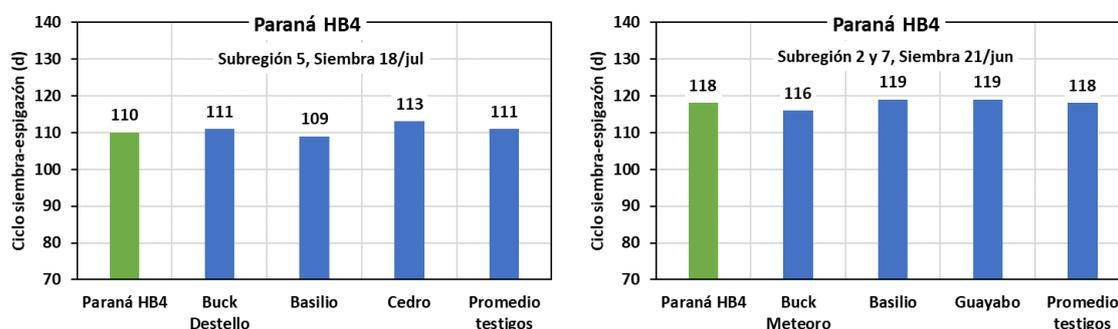


Fig. 7. Ciclo (días entre siembra y espigazón) de Paraná HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 5.

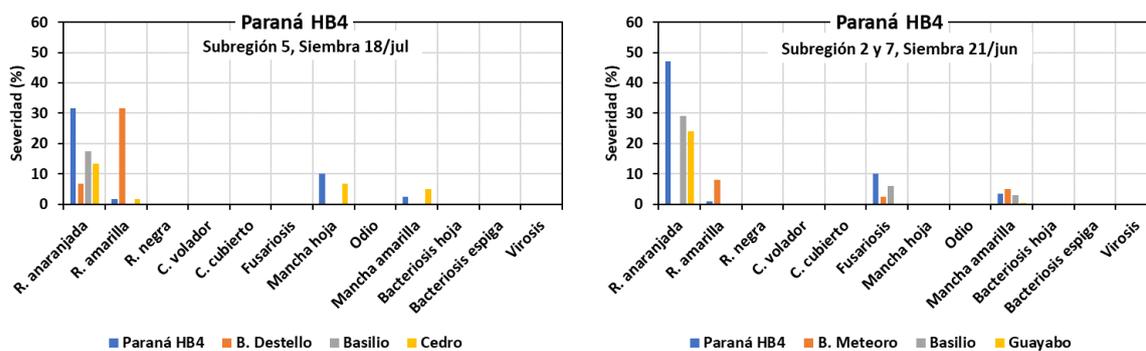


Fig. 8. Severidad de Paraná HB4 y tres cultivares testigos, a las principales enfermedades, promedio de los sitios detallados en la Tabla 5.

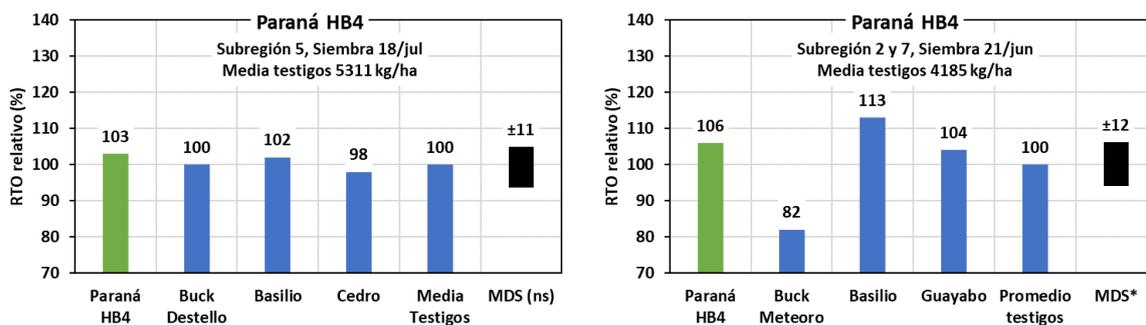


Fig. 9. Rendimiento de Paraná HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 5.

Tabla 6. Calidad de Paraná HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 5.

Grupo de calidad	Subregión 5, Siembra 16/jul				Subregión 2 y 7, Siembra 21/jun			
	Paraná HB4 2	B. Destello 1	Basilio 2	Cedro 3	Paraná HB4 2	B. Meteoro 1	Basilio 2	Guayabo 3
GRANO								
Rendimiento (kg/ha)	5470	5286	5417	5230	4424	3437	4745	4372
Peso hectolítrico (kg/hl)	78.2	79.7	74.4	74.7	73.4	74.8	70.5	72.6
Peso mil granos (g, hum. 14%)	36.2	37.7	32.5	35.8	36.6	34.4	32.7	28.5
Proteína (% hum. 13.5%)	12.8	13.0	12.4	11.9	14.6	15.4	14.3	13.0
Cenizas grano (%)	1.5	1.6	1.6	1.6	2.1	2.3	2.2	2.1
Color de grano (Minolta)								
L	39.6	37.6	41.4	41.6	44.1	43.0	44.5	45.2
A	5.4	5.5	5.6	5.6	4.7	4.8	4.7	4.9
B	10.1	9.8	11.4	11.1	10.2	9.5	10.4	10.8
MOLIENDA								
Extracción de harina (%)	60.2	60.5	62.4	62.0	65.0	65.0	66.1	67.2
Ceniza en harina (%)	0.45	0.51	0.49	0.51	0.63	0.68	0.64	0.62
Relación molinera	134	119	127	122	104	95	103	109
Color de harina (Minolta)								
L	88.9	89.2	89.6	88.9	87.0	88.0	87.0	86.0
A	-1.3	-1.6	-2.0	-1.9	-0.8	-1.3	-1.3	-1.4
B	8.7	9.4	10.6	11.3	7.8	8.2	9.4	9.2
HARINA								
Humedad (IRAM 15850-1) (%)	12.3	12.3	12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.1
Proteína harina (% hum. 13.5%)	11.3	12.0	11.4	10.9	13.6	14.4	13.8	12.4
Falling number (s)	416	375	388	387	478	506	588	513
Gluten húmedo (%)	29.3	30.3	29.2	28.4	36.8	39.0	36.9	32.6
Gluten seco (% hum. 14%)	10.4	10.8	10.4	9.9	13.0	13.8	12.9	11.4
Gluten index (% hum. 14%)	96.0	99.0	87.0	88.0	96.3	98.0	78.3	93.3
ALVEOGRAMA (IRAM 15857)								
Tenacidad (P, mm)	126	167	101	95	140	138	111	85
Extensibilidad (L, mm)	73	67	71	76	83	108	85	102
Hinchamiento (G, cm ³)	18.9	18.0	18.5	19.2	20.1	23.2	20.4	22.2
Trabajo (W, J x 10 ⁴)	367	469	278	261	449	580	352	287
P/L	1.8	2.7	1.6	1.4	1.9	1.3	1.4	1.0
Ie (%)	65.7	69.0	62.4	58.2	67.7	71.7	63.9	61.3
W40 (J x 10 ⁴)	229	305	180	165	256	256	200	152
FARINOGRAMA (IRAM 15855)								
Absorción de agua (% hum. 14%)	60.8	66.3	57.3	57.5	63.7	65.1	60.1	56.9
Tiempo de desarrollo (min)	9.3	38.5	16.4	10.6	7.6	33.3	11.0	6.3
Estabilidad (min)	22.3	21.3	33.8	19.3	17.9	32.2	18.3	14.7
Aflojamiento (UF)	47.0	19.5	27.0	42.2	32.7	27.8	32.3	40.8
Quality number	208	514	400	229	193	462	231	158
PANIFICACIÓN (IRAM 15858-1)								
Absorción de agua (%)	63.0	64.0	61.8	61.4	63.8	65.1	62.7	61.9
Tiempo de amasado (min)	4.1	5.0	3.7	3.3	5.2	6.3	4.3	3.7
Tiempo de fermentación (min)	155	155	155	155	156	156	156	156
Volumen de pan (cm ³)	566	638	591	545	633	793	644	616
Vol. específico (g/cm ³)	4.2	4.7	4.4	4	4.6	5.9	4.7	4.5
ÍNDICE DE CALIDAD (%)	50	53	35	24	52	66	50	33

Tabla 7. Origen de la información básica de Pilcomayo HB4 y los correspondientes cultivares testigos.

Información básica				Información complementaria			
Localidad	Subregión	Año	Fecha	Localidad	Subregión	Año	Fecha
Tres Arroyos	5	2019	11/jul	Roldán	2	2018	12/jun
Tres Arroyos	5	2020	29/jul	Monte Buey	7	2018	3/jul
Tres Arroyos	5	2021	8/jul	Arias	7	2018	28/jun
				Roldán	2	2019	10/jun
				Monte Buey	7	2019	20/jun
				Arias	7	2019	26/jun
Promedio	5	--	16/jul	Promedio	2 y 7	--	21/jun
Cultivares testigos	Ciclo	Grupo Calidad		Cultivares testigos	Ciclo	Grupo Calidad	
Buck Destello	Largo	1		Buck Meteoro	Intermedio	1	
Basilio	Largo	2		Basilio	Largo	2	
Alhambra	Largo	3		Guayabo	Largo	3	

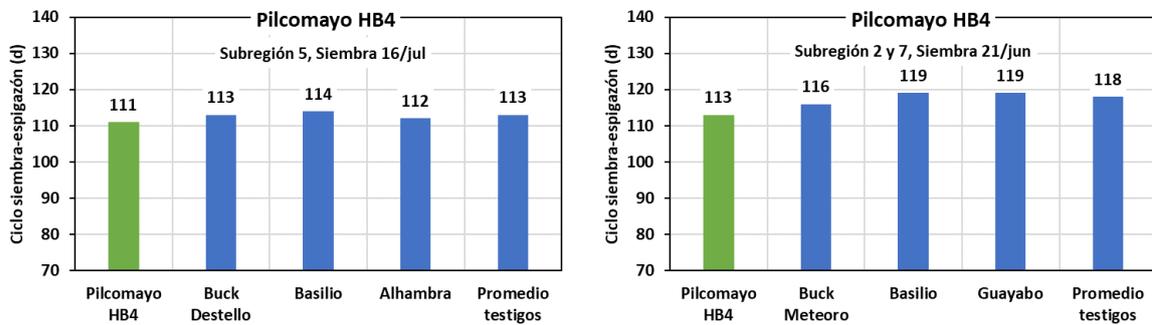


Fig. 10. Ciclo (días entre siembra y espigazón) de Pilcomayo HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 7.

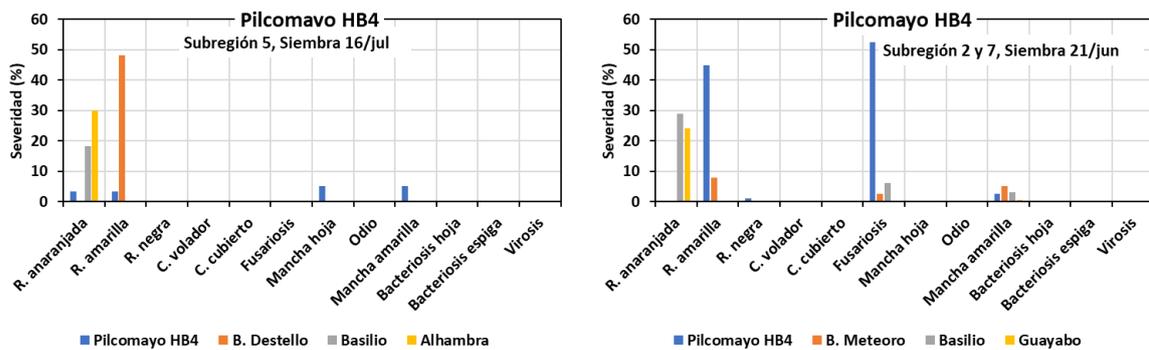


Fig. 11. Severidad de Pilcomayo HB4 y tres cultivares testigos, a las principales enfermedades, promedio de los sitios detallados en la Tabla 7.

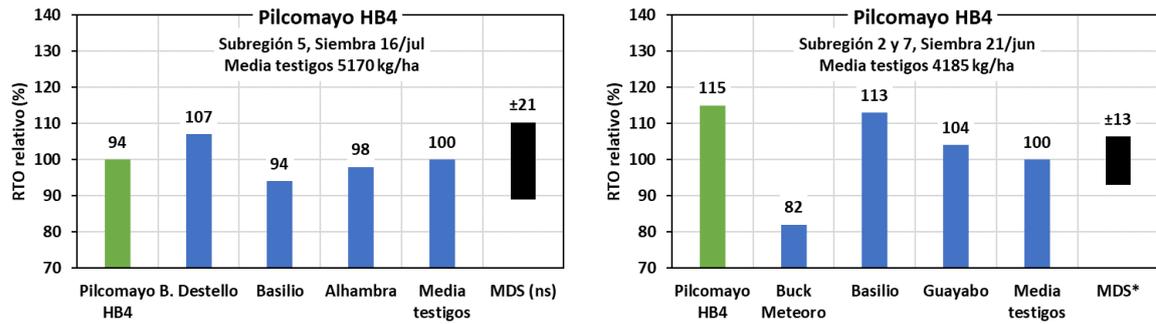


Fig. 12. Rendimiento de Pilcomayo HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 7.

Tabla 8. Calidad de Pilcomayo HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 7.

Grupo de calidad	Subregión 5, Siembra 16/jul				Subregión 2 y 7, Siembra 21/jun			
	Pilcomayo HB4 3	B. Destello 1	Basilio 2	Alhambra 3	Pilcomayo HB4 3	B. Meteoro 1	Basilio 2	Guayabo 3
GRANO								
Rendimiento (kg/ha)	4851	5557	4870	5082	4794	3437	4745	4372
Peso hectolítrico (kg/hl)	77.5	79.9	73.9	73.6	73.1	74.8	70.5	72.6
Peso mil granos (g, hum. 14%)	30.4	35.6	29.8	32.6	37.7	34.4	32.7	28.5
Proteína (% hum. 13.5%)	12.1	13.6	13.2	12.3	13.7	15.4	14.3	13.0
Cenizas grano (%)	1.6	1.6	1.8	1.7	2.0	2.3	2.2	2.1
Color de grano (Minolta)								
L	40.4	36.8	41.1	41.0	45.6	43.0	44.5	45.2
A	5.3	5.7	5.7	5.7	4.6	4.8	4.7	4.9
B	10.6	9.6	11.0	11.1	11.1	9.5	10.4	10.8
MOLIENDA								
Extracción de harina (%)	63.1	63.3	64.1	61.7	66.6	65.0	66.1	67.2
Ceniza en harina (%)	0.49	0.54	0.53	0.52	0.64	0.68	0.64	0.62
Relación molinera	129	117	122	118	104	95	103	109
Color de harina (Minolta)								
L	88.8	88.5	89.1	89.7	88.0	88.0	87.0	86.0
A	-0.8	-1.6	-1.9	-1.6	-0.6	-1.3	-1.3	-1.4
B	7.2	9.7	10.5	8.8	6.6	8.2	9.4	9.2
HARINA								
Humedad (IRAM 15850-1) (%)	12.8	12.4	11.9	12.5	12.2	12.0	12.0	12.1
Proteína harina (% hum. 13.5%)	11.0	12.9	12.6	11.6	12.9	14.4	13.8	12.4
Falling number (s)	315	368	396	317	375	506	588	513
Gluten húmedo (%)	29.1	33.0	32.6	30.0	36.0	39.0	36.9	32.6
Gluten seco (% hum. 14%)	10.5	11.8	11.7	10.4	12.5	13.8	12.9	11.4
Gluten index (% hum. 14%)	95.7	98.3	85.7	93.7	85.3	98.0	78.3	93.3
ALVEOGRAMA (IRAM 15857)								
Tenacidad (P, mm)	93	167	98	72	89	138	111	85
Extensibilidad (L, mm)	108	81	92	129	117	108	85	102
Hinchamiento (G, cm ³)	23.1	20.0	21.2	25.0	23.8	23.2	20.4	22.2
Trabajo (W, J x 10 ⁴)	344	545	335	296	314	580	352	287
P/L	0.9	2.1	1.1	0.6	0.9	1.3	1.4	1.0
le (%)	61.5	68.5	63.2	60.2	57.1	71.7	63.9	61.3
W40 (J x 10 ⁴)	164	304	176	126	154	256	200	152
FARINOGRAMA (IRAM 15855)								
Absorción de agua (% hum. 14%)	62.5	68.2	59.9	56.7	62.8	65.1	60.1	56.9
Tiempo de desarrollo (min)	10.6	37.9	21.0	9.5	5.9	33.3	11.0	6.3
Estabilidad (min)	23.2	23.8	28.3	20.1	7.4	32.2	18.3	14.7
Aflojamiento (UF)	30.0	36.0	30.0	37.0	67.7	27.8	32.3	40.8
Quality number	268	489	338	238	100	462	231	158
PANIFICACIÓN (IRAM 15858-1)								
Absorción de agua (%)	62.7	64.8	62.7	62.0	62.4	65.1	62.7	61.9
Tiempo de amasado (min)	3.5	5.7	4.3	3.7	4.2	6.3	4.3	3.7
Tiempo de fermentación (min)	155	155	155	155	156	156	156	156
Volumen de pan (cm ³)	603	675	655	738	626	793	644	616
Vol. específico (g/cm ³)	4.5	5	4.9	5.7	4.7	5.9	4.7	4.5
ÍNDICE DE CALIDAD (%)	47	60	51	42	37	66	50	33

Tabla 9. Origen de la información básica de Traful HB4 y los correspondientes cultivares testigos.

Información básica			
Localidad	Subregión	Año	Fecha
Tres Arroyos	5	2019	11/jul
Tres Arroyos	5	2020	29/jul
Tres Arroyos	5	2021	8/jul
Promedio	5	--	16/jul
Cultivares testigos		Ciclo	Grupo Calidad
Buck Destello	Largo	1	
Basilio	Largo	2	
Alhambra	Largo	3	

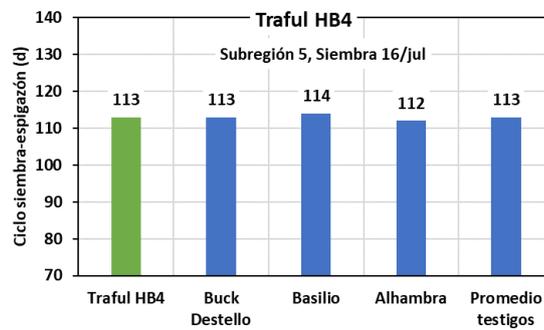


Fig. 13. Ciclo (días entre siembra y espigazón) de Traful HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 9.

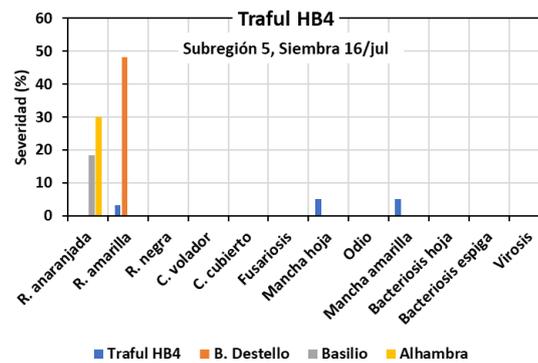


Fig. 14. Severidad de Traful HB4 y tres cultivares testigos, a las principales enfermedades, promedio de los sitios detallados en la Tabla 9.

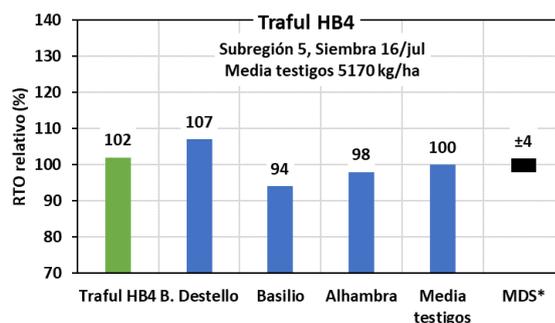


Fig. 15. Rendimiento de Trafal HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 9.

Tabla 10. Calidad de Trafal HB4 y tres cultivares testigos, promedio de los sitios detallados en la Tabla 9.

Grupo de calidad	Subregión 5, Siembra 16/jul			
	Trafal HB4 3	B. Destello 1	Basilio 2	Alhambra 3
GRANO				
Rendimiento (kg/ha)	5268	5557	4870	5082
Peso hectolítrico (kg/hl)	73.9	79.9	73.9	73.6
Peso mil granos (g, hum. 14%)	32.5	35.6	29.8	32.6
Proteína (% hum. 13.5%)	13.2	13.6	13.2	12.3
Cenizas grano (%)	1.7	1.6	1.8	1.7
Color de grano (Minolta)				
L	41.6	36.8	41.1	41.0
A	5.5	5.7	5.7	5.7
B	10.9	9.6	11.0	11.1
MOLIENDA				
Extracción de harina (%)	63.2	63.3	64.1	61.7
Ceniza en harina (%)	0.53	0.54	0.53	0.52
Relación molinera	120	117	122	118
Color de harina (Minolta)				
L	89.0	88.5	89.1	89.7
A	-1.5	-1.6	-1.9	-1.6
B	9.4	9.7	10.6	8.8
HARINA				
Humedad (IRAM 15850-1) (%)	12.0	12.4	11.9	12.5
Proteína harina (% hum. 13.5%)	12.4	12.9	12.6	11.6
Falling number (s)	380	368	396	317
Gluten húmedo (%)	32.5	33.0	32.6	30.0
Gluten seco (% hum. 14%)	11.6	11.8	11.7	10.4
Gluten index (% hum. 14%)	84.0	98.3	85.7	93.7
ALVEOGRAMA (IRAM 15857)				
Tenacidad (P, mm)	98	167	98	72
Extensibilidad (L, mm)	91	81	92	129
Hinchamiento (G, cm ³)	21.1	20.0	21.2	25.0
Trabajo (W, J x 10 ⁴)	321	545	335	296
P/L	1.1	2.1	1.1	0.6
le (%)	60.7	68.5	63.2	60.2
W40 (J x 10 ⁴)	172	304	176	126
FARINOGRAMA (IRAM 15855)				
Absorción de agua (% hum. 14%)	59.1	67.3	58.7	55.4
Tiempo de desarrollo (min)	12.8	36.5	14.9	9.4
Estabilidad (min)	24.3	21.2	32.0	18.5
Añejamiento (UF)	28.0	33.0	25.0	39.0
Quality number	314	478	379	217
PANIFICACIÓN (IRAM 15858-1)				
Absorción de agua (%)	62.3	64.8	62.7	62.0
Tiempo de amasado (min)	3.8	5.7	4.3	3.7
Tiempo de fermentación (min)	155	155	155	155
Volumen de pan (cm ³)	652	675	655	738
Vol. específico (g/cm ³)	4.9	5	4.9	5.7
ÍNDICE DE CALIDAD (%)	47	59	51	42