

27 años de trabajo ininterrumpido

CARACTERIZACIÓN DE CULTIVARES DE TRIGO 2023

Evaluación 2022

Segundo ciclo de:

DM Aromo (DM 1920), DM Catalpa (DM 1908), Klein Favorito II, Gingko.

Primer ciclo de:

LE 2475, Buck Fulgor

Facultad de Agronomía
EEMAC 2023

Solicitantes: INIA – ERRO – NIDERA/PGG WRIGHTSON – KILAFEN – MACCIO

CARACTERIZACIÓN DE CULTIVARES DE TRIGO 2022

Facultad de Agronomía - EEMAC 2023

Segundo año. DM Aromo (DM 1920), DM Catalpa (DM 1908), Klein Favorito II, Ginkgo.
Primer año. LE 2475, Buck Fulgor.

E. Hoffman¹, N. Fassana², A. Akerman², M. Van den Dorpel².

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El mayor potencial de rendimiento de los nuevos materiales genéticos, exige ajustar el manejo agronómico para maximizar la captura de recursos ante ambientes limitantes. Cambiar el manejo y ajustarlo al cultivar, crea la necesidad de información que permita entender y predecir la respuesta diferencial de los cultivares, no solo en cuanto a la sanidad, sino también a la fecha de siembra y ajuste de la población.

Para el ajuste de la población, la información nacional ha mostrado en Uruguay la conveniencia del uso de poblaciones inferiores a las 300 pl m⁻² (Hoffman et al., 2011), aunque en los últimos años han surgido nuevos cultivares con óptimos que se acercan a las 300 pl m⁻² (Hoffman et al., 2018). En la actualidad disponemos de cultivares con macollaje medio a medio-bajo, sincronizados, de elevada capacidad de producción de biomasa durante el encañado y baja producción anterior, que han mostrado respuesta a poblaciones elevadas (mayores a las 300 pl m⁻²) (Hoffman et al., 2019). Por lo tanto, el rango de densidad de siembra óptimo puede variar de acuerdo a las condiciones de producción y por las características de la variedad.

El tipo de respuesta de los cultivares de trigo y cebada a las distintas medidas de manejo, en particular al ajuste de la población, está relacionado con los patrones de macollaje y crecimiento (Hoffman y Benítez, 2001). Hasta el momento, no se ha reportado interacción entre respuesta a la población y potencial de rendimiento en grano en Uruguay, por tanto, cuando ella existe obedece a las características diferenciales de un cultivar, pero no a su potencial.

El método de caracterización de cultivares propuesto por el grupo de cereales y cultivos industriales (EEMAC – Fagro – Udelar) en 1996, ha permitido desde entonces estudiar como construyen el potencial los distintos cultivares, conocer la respuesta a la población y las bases cuantitativas de la misma, en contraste con testigos de comportamiento conocido.

II. OBJETIVOS

El programa de caracterización de cultivares de trigo, busca generar información específica para cada nuevo cultivar que sale al mercado, y que está pensada como complemento de la generada por la evaluación nacional de cultivares. Información que permite mejorar el diagnóstico de las necesidades de ambientes de producción y manejo específico para cada cultivar. Se profundiza en las variables eco fisiológicas asociadas con la generación, construcción y concreción del potencial.

¹ Profesor Adjunto. GTI Agricultura. Departamento de Producción Vegetal. - EEMAC - Facultad de Agronomía.
tato@fagro.edu.uy

² Ayudante de Investigación. GTI Agricultura. Departamento de Producción Vegetal. – EEMAC - Facultad de Agronomía.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en invierno 2022, en la unidad experimental ubicada en el potrero 31, de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía en Paysandú. El diseño experimental corresponde a un factorial completo de población por cultivar en bloques al azar con 4 repeticiones. Tres de los bloques fueron mantenidos libres de enfermedades con fungicidas y uno sin fungicida. Las densidades de siembra objetivo fueron 15, 30 y 45 pl m⁻¹ con una distancia entre hilera de 15 cm (100, 200 y 300 pl m⁻² respectivamente).

Los cultivares evaluados en primer año fueron: LE 2475 (INIA) y Buck Fulgor (MACCIO). En segundo año fueron: DM Aromo (DM 1920) y DM Catalpa (DM 1908) (ERRO), Klein Favorito II (NIDERA/PGG WRIGHTSON) y Gingko (KILAFEN).

Los testigos genéticos utilizados desde el año 2001 son: *INIA Tijereta*, el cual tiene alta capacidad de macollaje y buena sincronización del mismo, presentando un buen desempeño tanto en rendimiento como en calidad (% de proteína en grano) a poblaciones en torno a 30-35 pl m⁻¹ (Hoffman, Benítez, Cadenazzi, 2002a). *INIA Churrinche*, de media capacidad de macollaje y regular sincronización; presenta buen desempeño tanto en rendimiento como en calidad a poblaciones menores, en torno a 25-30 pl m⁻¹ (Hoffman, Benítez, Cadenazzi, 2003). Desde el año 2007 se introduce un tercer testigo, *INIA Don Alberto*, dado su potencial y excelente tipo agronómico, además de su plasticidad para las condiciones de cultivo en Uruguay (Hoffman et al., 2006, 2007 y 2008) y a partir del 2014, el cuarto testigo introducido es *Baguette 19* también de elevado potencial y ciclo medio largo, muy adaptado a la siembras de mayo. Para las siembras de mayo, este es un cultivar referente en cuanto a potencial a superar. En el 2015, se suma un nuevo testigo (*Fuste*), cultivar que representa el nuevo tipo de cultivares de ciclo medio definido, con elevado potencial de rendimiento, que responde a poblaciones cercanas a las 300 pl m⁻². Como resultado de que ya no se reciben cultivares de ciclo largo, en el 2019, se cambió el *Baguette 19*, por el *Baguette 11*.

El trabajo de caracterización del crecimiento inicial (en condiciones de invernadero), busca exponer a las plantas en sus primeras fases de crecimiento a temperaturas mayores que las de campo. Bajo estas condiciones, las plantas se siembran en macetas de 48000 cm³ (60 cm de largo, por 40 cm de ancho, por 20 cm de profundidad), con turba como sustrato y sin limitantes hídricas (riego por aspersión). Se siembra un cultivar por maceta, con tres líneas de 10 plantas cada una. En 2022, a la siembra (01 de Julio), se realizó una fertilización equivalente a 150 Kg ha⁻¹ de 18-46-0, a Z 2.2 se refertilizó con el equivalente a 100 kg ha⁻¹ de urea azufrada y a Z 3.0 con el equivalente a 100 kg ha⁻¹ de la misma fuente. Las determinaciones realizadas en 10 plantas marcadas emergidas el mismo día, a nivel de cada cultivar fueron: emisión de hojas y macollos de cada planta marcada, mediante escala Haun (1973). Para el total de las plantas se determinó la evolución del macollaje cada tres días, el % de plantas sin macollar y ausencia de T₁.

La fecha de siembra del experimento a campo fue el 20 de junio, 15 días más tarde a lo planificado, con emergencia el 04 de julio (≈79 GDD). Las determinaciones realizadas a campo fueron: pl m⁻¹, macollos m⁻¹ a Z 3.0, espigas m⁻¹, biomasa total a cosecha, rendimiento en grano, granos m⁻², granos espiga⁻¹, peso de grano a cosecha y ciclo a antesis, concentración de N en grano y peso hectolítrico.

Como en todos los años anteriores, la chacra seleccionada es siempre una chacra nueva, con menos de 2 años de roturada la pastura. En cuanto al control de malezas durante el barbecho, se utilizaron 2.5 lts ha⁻¹ de Cerillo (20 grs Paracuat Dicloruro + 10 grs Diuron), aplicados 36 días antes de la siembra (15/05) para el control

de crucíferas (Rábanos) fundamentalmente y gramíneas estivales (Capín y P. Blanco). En pos-emergencia, a Z 22-23 (01/08), por la elevada presión de rábanos resistentes, se utilizaron 300 cc de metribuzin 48% + 1,5 L MCPA 48%.

Los bloques con fungicidas fueron aplicados con 600 cc ha⁻¹ de Elatus ace + 200 cc ha⁻¹ Miravis (Miravis Triple Pack), el 30/08 (Z 3.0), el 27/09 (Z 5.0) y el 01/11 (Z 7.5). Este año no existió riesgo de *Fusarium spp*, por lo que no fue necesario aplicación preventiva.

Los nutrientes fueron ajustados en forma objetiva en base a análisis de suelo y planta (cuadro 1).

Cuadro 1.- Nutrientes en suelo y planta, unidades de nutriente y fuente de fertilizante en cada estadio.

Momentos-Estadio	Indicador	Valor	Unidades de nutriente y fuente utilizada
		Análisis	
Siembra	P suelo (0-20 cm) – Bray I (ppm)	13	35 UP ₂ O ₅ (18-46-0) + 45 UN (40-0-0-6)
	N-NO ₃ suelo (0-20 cm) (ppm)	5	
	K (meq.100 g suelo ⁻¹)	0,62	-
	pH (agua)	5,9	
	Zn suelo (0-20 cm) – DTPA (ppm)	0,7	0,238 gr Zn (EDTA Zn 9) - 27/09/22
Z 2.2	N-NO ₃ suelo (0-20 cm) (ppm)	6	64 UN (40-0-0-6)
Z 3.0	N total en planta al 29/08 (%)	4,6	
	Biomasa aérea (Mg ha ⁻¹)	2,25	0
	Índice de suficiencia Nitrogenada (INN)	1,42	
Z 3.3	N total en planta al 19/09 (%)	2,5	
	Biomasa aérea (Mg ha ⁻¹)	6,98	0
	Índice de suficiencia Nitrogenada (INN)	1,10	

IV. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO

En este año 2022, la siembra a mediados de junio se realizó en buenas condiciones de humedad en suelo, producto de las precipitaciones durante el período de barbecho (última década de mayo, principalmente) y una menor evaporación desde el suelo dada por la temperatura del aire. Sumado a lo anterior, la frecuencia e intensidad de precipitaciones inmediatamente posteriores a la siembra (≈ 15 mm), permitieron lograr las poblaciones objetivo (Fig. 9).

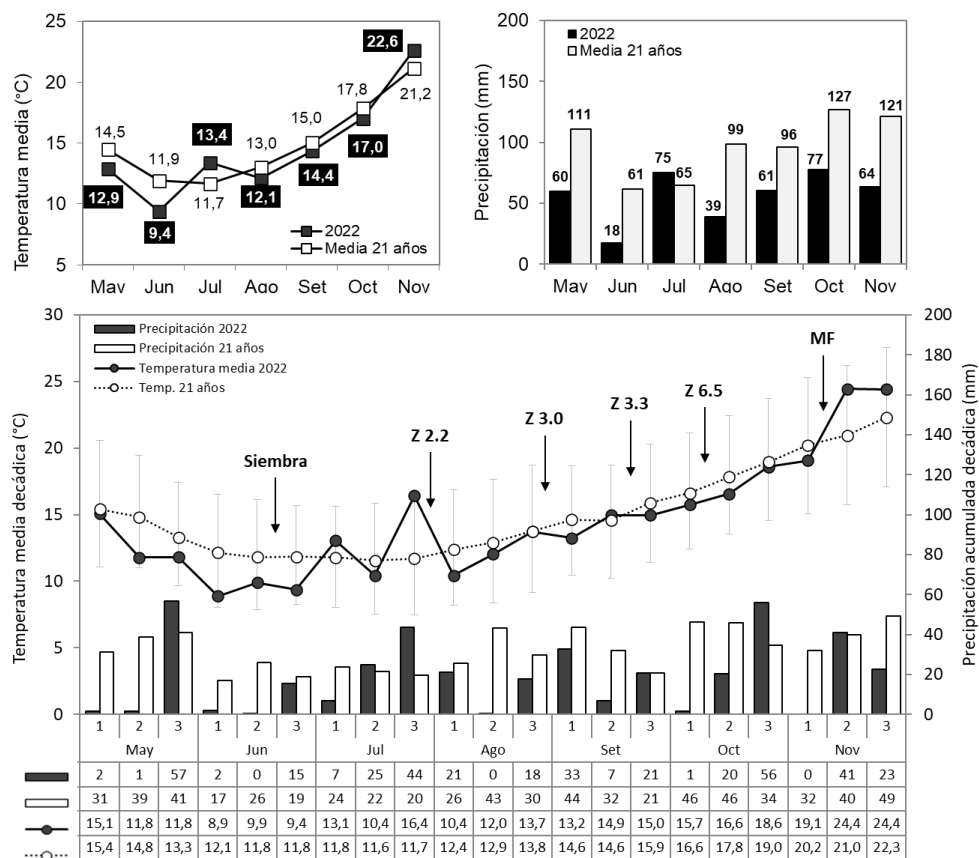


Figura 1.- Precipitaciones y temperatura media mensual (arriba) y decádica (abajo), para el año 2022 en relación al promedio histórico mensual y decádico de 21 años, para Paysandú. Los estadios fenológicos son promedios.

Las precipitaciones en julio fueron levemente por encima de lo normal, acompañadas de picos de temperaturas cálidas durante los 10 días finales del mes (Δ : 4.7°C – Fig. 1); entorno a la iniciación floral (inicio de fase reproductiva). Posterior a Z 2.2 el régimen térmico presentó el mismo patrón que la media histórica, con temperaturas levemente inferiores (Δ : -0.8°C – Fig. 1), caracterizado como un invierno-primavera típicos a frescos y con escasas precipitaciones (268 mm desde siembra a MF – Fig. 1). A pesar del déficit hídrico cuantificado en el volumen mensual promedio, la frecuencia de precipitaciones decádicas y un período de llenado de granos fresco y sin precipitaciones durante los últimos 10 días, permitieron concretar buenos rendimientos (Fig. 5). El valor del coeficiente fototermal (Q – base 4.5°) durante el período crítico ($2,13 \text{ Mj}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), resultado de una mayor radiación y menor temperatura (en relación a años anteriores), permite explicar los buenos rendimientos aún con escasas precipitaciones. El rendimiento final de la zafra, no fue excelente en parte por presentar una marcada deficiencia hídrica durante los primeros 20 días del período crítico.

Los primeros 56 días de ciclo (emergencia – Z 3.0) presentaron una temperatura media fresca (12.8 °C) en torno al promedio histórico (12.4 °C), aunque con picos que superaron los 20 °C (Fig. 2) y tan solo 1 día con temperatura mínima inferior a 0 °C durante este periodo.

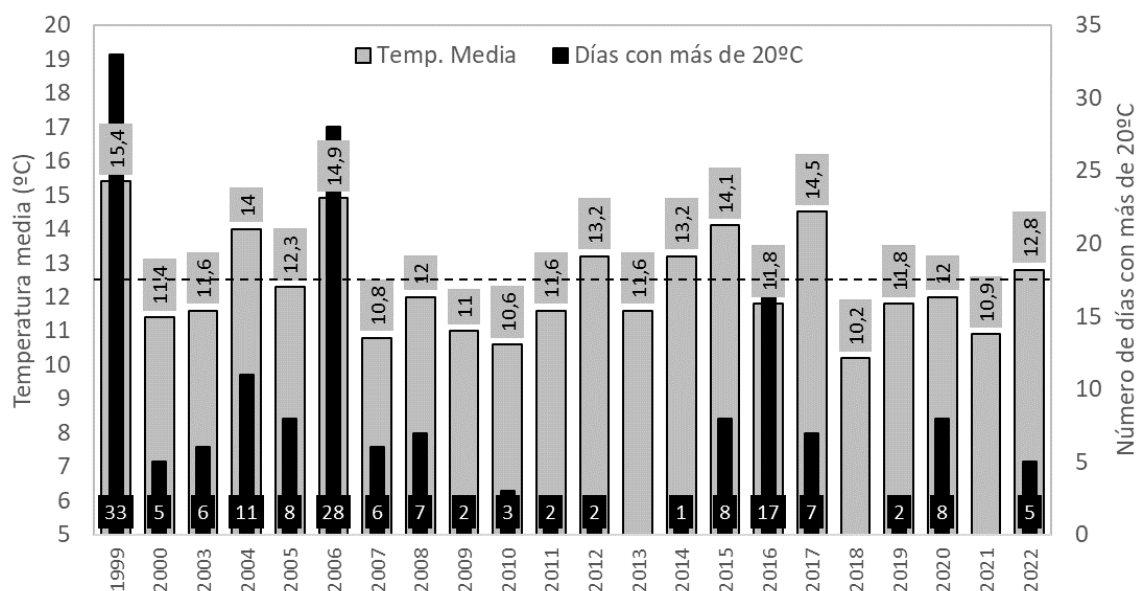


Figura 2.- Régimen térmico en campo desde emergencia hasta Z 3.0 del año 2022, en relación con años anteriores. Emergencia: 04/07; Z 3.0: 29/08. La línea discontinua horizontal indica la media (12.4 °C) de la serie de años.

V. RESULTADOS

1. Caracterización del crecimiento inicial

La respuesta de los distintos cultivares a condiciones de crecimiento inicial que podrían simular inviernos cálidos, se estudia bajo condiciones semi-controladas en invernadero. En estas condiciones, los diferentes cultivares son sometidos en los estados iniciales de crecimiento a temperaturas superiores a las registradas en el campo. En el 2022, la temperatura media durante el crecimiento inicial en invernadero fue elevada (15.6 °C), 3 °C por encima de la temperatura a la cual se vieron sometidos los cultivares en condiciones de campo. Estas condiciones térmicas iniciales, a priori impactan negativamente en el macollaje (Hoffman et al., 2009). No hay relación estrecha, ya que los cambios térmicos dentro de este período son un fuerte y principal determinante final del macollaje y su sincronización, pero el macollaje final resulta ser bajo cuando la temperatura media es muy elevada (Hoffman et al., 2013), (Cuadro 2). En este ambiente de mayor temperatura durante el macollaje, queremos evaluar a los distintos cultivares, dado que surgen aquellos que no se adaptan a estas condiciones térmicas.

Cuadro 2.- Crecimiento inicial en condiciones de invernadero para dos de los cultivares testigos (INIA Tijereta e INIA Churrinche) en distintos años de caracterización.

Año	Temp. Media*	Macollaje		Inicio macollaje		Sincronización	Plantas que	Plantas que saltean T ₁
		Relativo (%)**	Dpe	Haun del Tp&	(Dif. en días Tp - T ₂)	no macollan (%)	(% de las que macollan)	
1999	16,9	46	30	4,3	24	50	50	
2000	14,3	100	24	3,0	31	0	0	
2003	15,4	129	27,7	3,5	28	5	11	
2004	14,7	141	24	3,6	25	0	20	
2005	15,7	86	15,4	3,2	22	0	0	
2006	16,1	91	23,5	4,0	25	20	40	
2007	17,1	43	26,6	3,7	PI sin T ₂ a Z 3.0	54	0	
2008	15,3	92	19	2,3	22	0	10	
2009	14	102	28,7	3,3	31	0	0	
2010	16,7	71	35	5,5	37	45	47	
2011	15,3	89	31	3,9	30	0	50	
2012	15,9	77	15	2,4	PI sin T ₂ a Z 3.0	90	100	
2013	14,8	114	20,5	3,5	23	0	35	
2014	16,2	111	23,5	3,7	27	0	25	
2015	17,6	91	23,5	3,8	29	0	55	
2016	16,4	67	23,3	4,2	26	15	63	
2017	15	122	19,5	3,4	21	0	39	
2018	14,1	93	27	3,5	32	0	5	
2019	15,4	51	17	3,1	25	50	0	
2020	15	77	28	4,4	30	0	10	
2021	15,2	40	35	4,8	36	65	50	
2022	15,6	163	25	3,8	27	0	20	
Prom.	15,5	90	25	3,7	28	18	29	

*Temperatura media en invernadero (primeros 50 días de crecimiento). **100= 3,5 macollos/planta. &- Número de hojas en el tallo principal. Siembra en invernáculo el 01 de julio del 2022.

Como viene siendo sistemáticamente diagnosticado, muy elevadas o muy bajas temperaturas iniciales retrasan fenológicamente el inicio del macollaje. Si las mismas se mantienen debemos esperar bajo macollaje y elevada desincronización, especialmente cuando la temperatura es muy elevada (Hoffman et al., 2009). Sin embargo, si las temperaturas son elevadas en los primeros 20 días, el inicio del macollaje se adelanta y ello puede conducir a un nivel de sincronización promedio. Si luego las temperaturas siguen en ascenso, pueden estar acompañadas de un macollaje final muy bajo. En el 2022, los primeros 20 días fueron frescos (Fig. 3), lo que produjo una menor tasa de aparición de hojas (filocrono) generando probablemente mayores reservas para un elevado número de macollos por planta y buena sincronía. En este año el régimen térmico en los subperíodos agrupados cada 10 días, provocaron que la proporción de plantas que saltean el T₁ sea media a baja en relación a lo esperado para estos testigos.

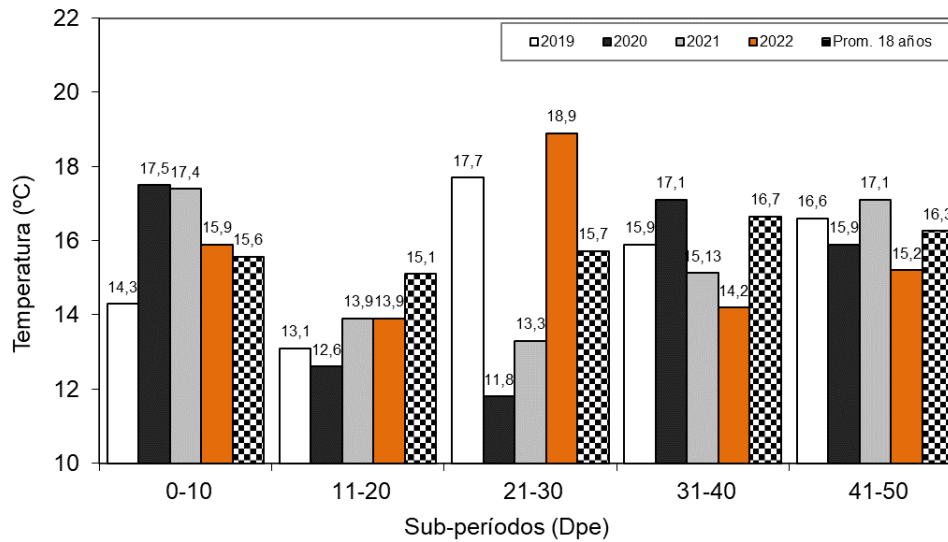


Figura 3.- Temperatura media para distintos sub-periodos desde la emergencia hasta los 50 dps (Z 3.0), en invernadero para 2019, 2020, 2021 y 2022 (temperatura media, 15.4 °C; 15.0 °C; 15,2°C y 15,6°C para el año 2019, 2020, 2021 y 2022 respectivamente).

Estudiar el macollaje en campo, pero sobre todo la reacción de los distintos cultivares en condiciones de elevada temperatura en invernadero, permitiría discriminar mejor las diferencias en capacidad de macollaje entre cultivares y evaluar que tan afectado puede resultar un cultivar cuando es sometido a condiciones desfavorables de temperatura. En el campo, el macollaje suele ser sistemáticamente superior al registrado en invernadero (aunque no siempre), como resultado de las elevadas temperaturas en invernadero, muy por encima del óptimo de 11.5 °C (Hoffman et al., 2009). En este año por los discutido anteriormente, el macollaje en invernadero fue superior al observado a campo (Fig. 2 y Fig. 3), pero se espera una mayor desincronización para los cultivares más sensibles (Cuadro 4). La temperatura media en los diferentes subperíodos del crecimiento inicial medida en invernadero, fue similar a la registrada en 2018 (con excepción del período 21-30 dps). Al igual que en 2018, en este año se cuantificó un igual o mayor número de macollos por planta en invernadero en relación a campo (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Capacidad de macollaje en invernáculo y campo para los cultivares testigos de largo plazo (I. Churrinche e I. Tijereta) y la media de todos los cultivares evaluados durante las últimas 10 zafras para una población equivalente a las 30 pl.m⁻¹, con fungicida.

Año	INIA Churrinche		INIA Tijereta		Media de todos los cultivares	
	Invernáculo	Campo	Invernáculo	Campo	Invernáculo	Campo
2013	4,1	6,1	3,9	6,4	3,6	5,3
2014	2,9	4,6	4,9	7,4	3,2	4,9
2015	3,5	3,7	3	6,8	3	4
2016	1,9	2,7	2,8	4,9	2,7	4,3
2017	4	4	3,4	7,7	3,8	6,1
2018	3,4	3,5	6,1	6,1	5,6	4,7
2019	1,2	3,1	2,4	5,3	2,8	3,9
2020	1,4	4,1	4	5,3	3,3	4,7
2021	1	3,2	1,7	3,4	1,4	3
2022	4,3	3,3	7,1	4,6	4,9	3,6
Promedio (sin 2022)	2,6	3,9	3,6	5,9	3,3	4,5

El número de macollos por planta logrado a campo en 2022, fue levemente inferior a la media de los últimos 9 años (Cuadro 3 y Fig. 4). Esto posiblemente, esté explicado por el pico de temperatura a campo ocurrido en torno a inicio de macollaje (16.4 °C – Fig. 1) y la posterior disminución abrupta durante el período Z 2.2 – Z 3.0 (10.4 °C, 12 °C y 13.7 °C – Fig.1).

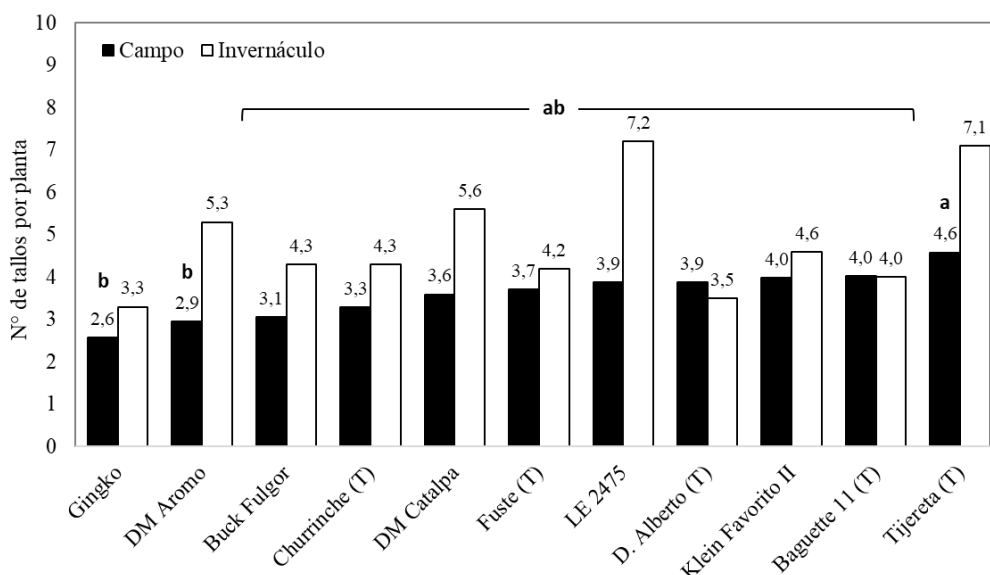


Figura 4.- Capacidad de macollaje en invernáculo y a campo (cuantificado a Z 3.0) para todos los cultivares en el 2022, para una población equivalente a las 30 pl m⁻¹, con fungicida. (Tukey 5% para macollos/planta a campo = 1,51, p-valor = 0,006). Distintas letras indican diferencia significativa entre variedades a campo.

Muchos de los cultivares evaluados en condiciones de elevada temperatura macollan muy poco, pero cuando son evaluados a campo a temperaturas más bajas, evidencian capacidades de macollaje muy diferentes (Fig. 4). Esta información ha mostrado ser relevante a la hora de estudiar la adaptación de los distintos cultivares y como condicionante de la respuesta a factores de manejo tales como la época de siembra y el manejo de la población (Hoffman et al., 2005 y Hoffman et al., 2009). Los cultivares con requerimientos de frío (los que logran muy bajo número de espigas en estas condiciones), siguen macollando por más tiempo y muestran valores de macollos por planta incluso muy superiores a los registrados a campo, más allá del efecto año como ocurrió en 2018 y 2022.

En el siguiente cuadro se presenta para todos los cultivares evaluados los componentes básicos, que permiten en conjunto caracterizar el tipo de crecimiento inicial en el año 2022.

Cuadro 4.- Crecimiento inicial en invernadero para todos los cultivares en relación a los testigos, para el año 2022. Fecha de Siembra en invernadero – 01 de Julio. Promedio de plantas marcadas.

Variedades	Inicio mac. (dpe)	Inicio mac. haun Tp	Sincronización dif Tp-T2 (días)	Plantas Sin Mac.	Pl. s/T1 (%)
Churrinche (T)	27	4,3	27	0%	40%
Tijereta (T)	22	3,3	27	0%	0%
Gingko	35	5,1	34	0%	100%
Buck Fulgor	29	4,2	29	0%	70%
Klein Favorito II	23	3,7	27	0%	30%
DM Aromo	24	4,1	25	0%	70%
LE 2425	23	3,7	24	0%	40%
DM Catalpa	19	3,3	23	0%	20%
Promedio	25	4,0	27	0%	46%

Tres de las variedades testigos (D. Alberto, Baguette 11 y Fuste), no fueron contempladas en los resultados por presentar un crecimiento atípico sin poder identificar las causas de los mismos; aunque se asume una posible contaminación del sustrato que afecto a las parcelas de esas variedades en las condiciones de invernadero. Imagen de la condición de las parcelas en anexo (Fig. A5).

Para el caso de los testigos de largo plazo (I. Tijereta e I. Churrinche), los resultados observados en los parámetros que caracterizan el crecimiento inicial (Cuadro 4), indican que el efecto de la temperatura del año presentó un comportamiento promedio (esperado); con 3,8 hojas desarrolladas en el tallo principal a los 25 días pos emergencia para el inicio del macollaje. Si bien I. Churrinche presenta un inicio de macollaje retrasado en relación a I. Tijereta como es esperado, en estas condiciones térmicas las diferencias fueron un poco menores a las reportadas en años anteriores, principalmente en los días a inicio de macollaje. En esta línea de interpretación de resultados, el parámetro que escapa al comportamiento esperado fue la sincronía, donde ambas variedades se comportaron similares. Esto posiblemente este explicado por los mismos factores que generaron un elevado número de macollos por planta (Cuadro 3, Fig. 4) en las condiciones de invernadero de 2022 (Fig. 3). Por último, la proporción de plantas que no macollan y que saltean el T₁, también presentaron resultados esperados para las condiciones térmicas durante el crecimiento inicial del año.

En base al comportamiento de los testigos de largo plazo conocidos, debemos interpretar los parámetros del crecimiento inicial de las variedades de interés contemplando el efecto año. Para las condiciones térmicas del año, se registraron diferencias importantes entre variedades, no sólo por cuan temprano inician el macollaje (diferencia de 16 días entre los extremos) sino cómo reaccionan al calor en cuanto a la sincronía y calidad de macollaje, en términos de proporción de plantas que no presentan T₁. Estas diferencias explican en parte la respuesta a la población y su adaptabilidad regional.

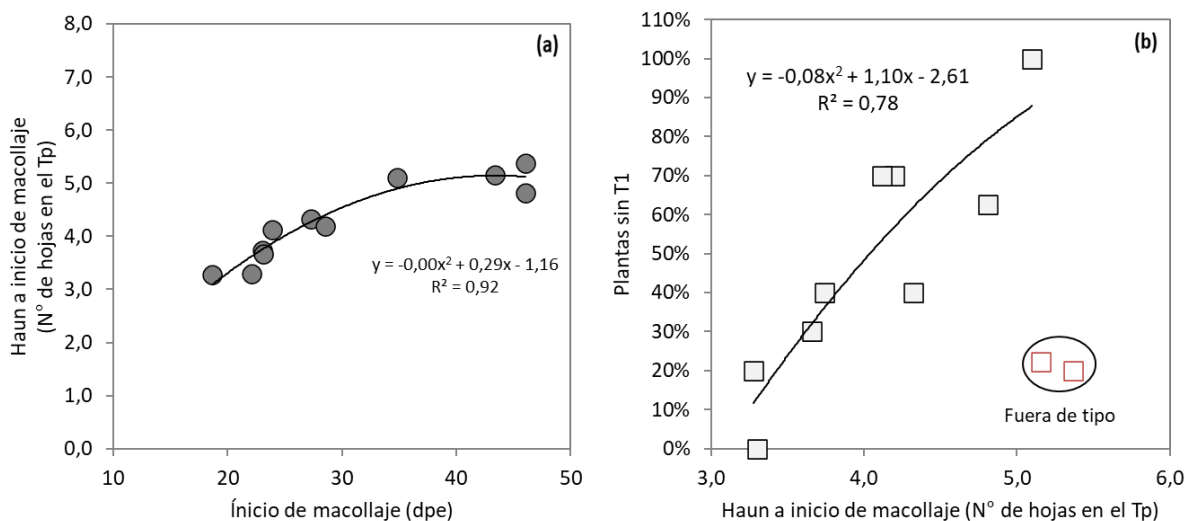


Figura 5.- Relación entre el inicio del macollaje en días pos-emergencia y el inicio fenológico del macollaje en número de hojas (a) y relación inicio fonológico del macollaje y supresión del T₁ (b) en el año 2022.

El inicio de macollaje más temprano, ha estado asociado directamente con menos hojas en el tallo principal (Tp) al inicio de macollaje (Fig. 5a) (Hoffman et al., 2022, 2021). En la medida que se da un retraso fonológico en el inicio del macollaje, entorno a las 3.5 hojas en el Tp, crece la proporción de plantas que se saltean al macollo de mayor productividad (T₁), aunque con diferente tasa según la temperatura del año (Fig. 5b). A este nivel se observa la mayor diferencia entre cultivares, y estas características suele estar asociado directamente con la desincronización del macollaje y a la dificultad de adaptación de algunos cultivares (Hoffman et al., 2009). El 2022 no escapa a este comportamiento; las variedades que presentan mayor proporción de supresión de T₁ (>70%), son las que presentan un retraso en el inicio fenológico del macollaje.

2. Resultados de los experimentos de campo

2.a. Rendimiento y sus componentes promedio por cultivar

El análisis de la serie desde el año 2003 al 2022 para los testigos de largo plazo (I. Tijereta e I. Churrinche), sin considerar los años con pérdidas casi totales por fusarium de espiga (2001 y 2002), mediante la metodología de segregación por cuartiles, indica que los años integrantes del cuartil superior (rendimiento ≥ 5827 kg ha⁻¹) presentan un Q promedio de $1,8 \pm 0,3$ MJ⁻¹ m⁻² d⁻¹ °C⁻¹ durante el período crítico y una oferta de agua disponible aparente promedio (AD_{ap}) desde Z 3.0 a cosecha de 335 ± 112 mm. Por el contrario, los años que integran el cuartil inferior (rendimiento ≤ 4741 kg ha⁻¹) el valor promedio de Q es menor ($1,6 \pm 0,2$ MJ⁻¹ m⁻² d⁻¹ °C⁻¹) y la oferta de AD_{ap} es mayor (439 ± 196 mm). Los rendimientos obtenidos en los testigos de largo plazo, caracterizan al año

2022 como integrante del grupo del cuartil superior, con rendimientos en la base del grupo (Fig. 6). Esta caracterización del año, en base al rendimiento alcanzable limitado por agua, nos permite interpretar los resultados de cada variedad.

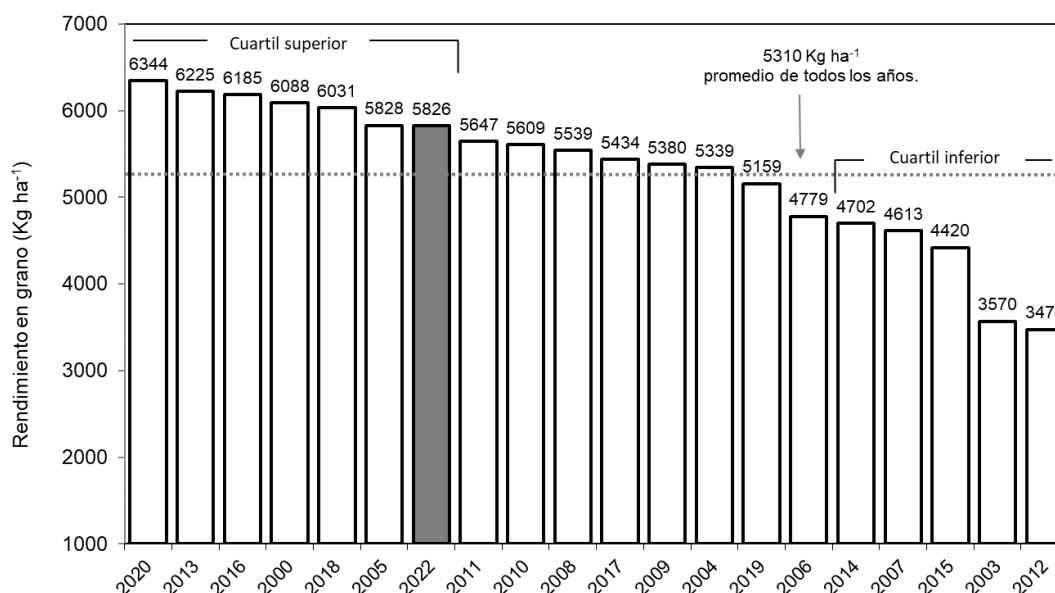


Figura 6.- Rendimiento en grano de los testigos (I. Churrinche e I. Tijereta) evaluados durante el 2022 en comparación con años anteriores, a la mejor población con protección total, ordenado por rendimiento.

Las condiciones térmicas e hídricas del año, generaron una biomasa total acumulada e índice de cosecha, en torno al promedio de la serie histórica (MS: 17229 kg ha⁻¹; IC: 32 %). Para los testigos de largo plazo, la densidad objetivo baja (100 pl m⁻²), fue la que generó los mejores rendimientos en este año, lo cual escapa a lo esperado (para estas variedades, el mayor rendimiento generalmente ocurre a densidad media – 200 pl m⁻²), (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Rendimiento en grano, componentes y parámetros de calidad, para el promedio del ensayo realizado a campo en el 2022 en comparación con lo observado con los años anteriores, del año 2000 en adelante (con protección total), para los testigos (I. Tijereta e I. Churrinche), a la población óptima.

	2020	2013	2016	2000	2018	2005	2022	2011	2010	2008	2017	2009	2004	2019	2006	2014	2007	2015	2003	2012
Rendimiento (kg/ha)	6344	6225	6185	6088	6031	5828	5826	5647	5609	5539	5434	5380	5339	5159	4779	4702	4613	4420	3570	3474
Biomasa Total (kg MS/ha)	22075	19457	20601	14673	24442	14091	18370	16472	16956	18582	23828	17508	15730	18062	9913	16977	12550	18606	9751	15933
IC (%)	30	34	30	42	25	41	32	31	34	30	22	31	34	28	47	29	37	23	37	21
Granos/m ²	21512	20806	16764	15690	18584	17286	16271	16404	17475	18843	22700	18791	15871	17261	14357	14139	13572	10923	11924	10255
Espigas/m ²	405	695	424	523	435	485	391	603	468	562	519	613	526	526	440	550	519	471	385	530
Granos/espigas	53	31	40	33	43	37	42	27	40	35	47	32	31	33	33	27	26	24	34	19
PG (mg)	31	32	37	35	31	34	36	32	32	30	22	29	33	29	32	30	31	30	31	25
Rendimiento/espiga (mg)	1727	953	1460	1155	1456	1258	1506	859	1280	1050	1039	928	1023	984	1056	819	806	719	1054	478
Macollos/m ²	811	1325	973	982	925	650	618	1552	980	924	1257	1176	953	809	823	1095	850	1034	917	1107
Fertilidad de macollo (%)	51	53	48	55	47	75	67	40	52	63	44	56	57	65	55	58	61	47	44	43
Plantas/m ²	204	216	311	190	204	163	108	222	166	216	215	219	182	256	115	198	161	268	158	192
Proteína en grano (%)	13,3	15,4	14,2	13,5	14,3	11,5	12,0	16,2	12,7	14,6	15,1	14,2	12,5	12,6	12,3	16,0	12,1	11,5	12	17,3
Estimación de agua total disponible (mm) (*)	150	387	313	460	392	434	220	380	346	297	433	509	333	342	272	446	504	291	228	728
Q (Mj ⁻¹ m ⁻² d ⁻¹ °C ⁻¹) (**)	1,3	2,0	2,0	-	1,7	1,8	2,1	1,3	1,7	1,6	1,2	2,1	1,4	1,3	1,5	1,8	1,4	1,7	1,7	1,4

(*) – Agua en período de concreción de potencial, se toma como las precipitaciones totales durante el período Z 3.0 – MF, más el agua disponible en suelo a Z 3.0. (**) Coeficiente fototermal durante el período crítico (temp. base cero).

El rendimiento obtenido en los testigos de largo plazo, se concretó en base a un elevado peso de grano (unos de los años de mayor PG), pero un No. granos m⁻² no tan elevado (promedio) a pesar de cuantificarse un elevado No. granos espiga⁻¹, como consecuencia del bajo No. espigas m⁻² (22% inferior a la meda), a pesar de que la fertilidad de macollos fue 13 % superior a la media histórica (Fert. de mac.: 54 %).

Probablemente, el pico de temperatura media registrado en los últimos 10 días de julio (16.4°C) en torno a Z 2.0 (Fig. 1), generó un acortamiento en el período de macollaje (Z 2.0 – Z 3.0) por acumulación de grados días. Junto a la posterior deficiencia hídrica a mediados de agosto, que determinó una disponibilidad de agua en suelo del 35% de la capacidad de almacenaje de agua disponible a Z 3.0, pueden explicar el bajo macollaje y el efecto indirecto sobre los demás componentes numéricos del rendimiento (Cuadro 5).

Cuadro 6.- Rendimiento a 13.5% de humedad, biomasa total a cosecha e índice de cosecha para los testigos (I. Tijereta, I. Churrinche, I. Don Alberto, Baguette 11 y Fuste), promedio para todas las poblaciones, con fungicida, en el año 2022.

	Re	BMT	IC
Don Alberto (T)	7334 a	20050	34,9 b
Fuste (T)	7151 a	18913	36,4 ab
Baguette 11 (T)	6884 a	16730	39,6 a
Churrinche (T)	5857 b	17697	32,3 b
Tijereta (T)	5677 b	17510	32,4 b
Promedio	6581	18180	35,1
<i>p</i> -valor	<0,0001	0,062	0,0002
MDS (5%)	970	ns	4,6
C.V. (%)	10,7	13,5	9,5

Re- Rendimiento corregido a 13.5% (Kg ha⁻¹); BMT- Biomasa total (Kg ha⁻¹); IC- Índice de cosecha (%); MDS- Test de Tukey P<0.05

Los tres testigos modernos no se diferenciaron entre sí en rendimiento en grano y superaron en 24% a los testigos de largo plazo. El alto potencial alcanzado fue resultado de la interacción entre una muy buena producción de biomasa total y un índice de cosecha superior. Probablemente las diferencias esperables entre estos tres cultivares, haya desaparecido como resultado del coeficiente fototermal elevado y por las condiciones menos cálidas durante el llenado de granos (-1 °C en promedio en relación a la media histórica).

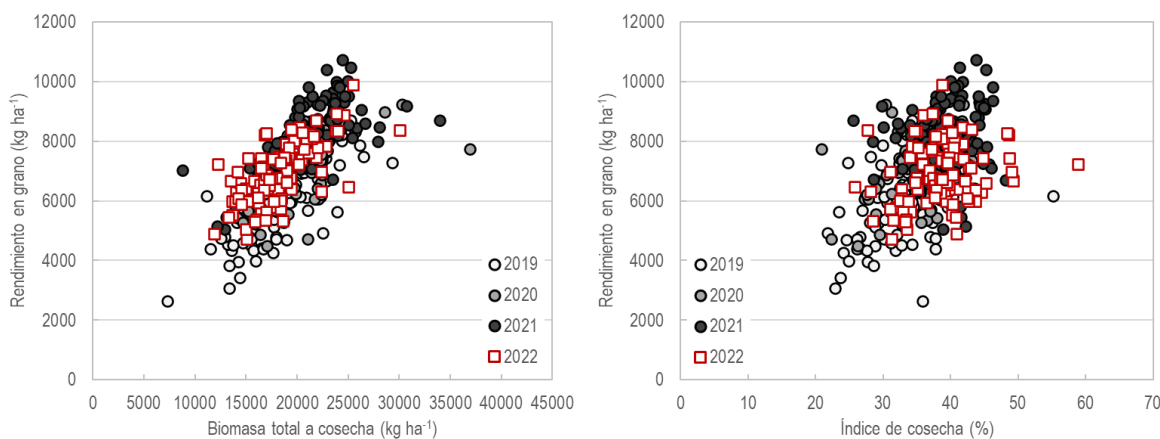


Figura 7.- Relaciones entre biomasa total a cosecha y rendimiento en grano (izquierda) e índice de cosecha y rendimiento en grano (derecha) para el año 2022 en relación a los 3 años anterior, para todas las poblaciones con fungicida.

El incremento de potencial como resultado del avance genético, es producto de una mayor producción de biomasa a diferencia de lo que sucedía hacia fines del siglo XX (Hoffman et al., 2015b). En los últimos años, la mayor producción de biomasa a cosecha se asocia linealmente a una mayor producción de grano; sin embargo, el ajuste de esta relación depende del IC (principalmente en años desfavorables). La distribución de biomasa total a cosecha en 2022, se desplazó hacia la izquierda en relación a los resultados de años anteriores y junto a una distribución de índice de cosecha normal, generó que no se obtuvieran los máximos rendimientos cuantificados en 2020 y 2021 (Fig. 7).

En los cuadros 7 y 8, se presenta el rendimiento medio a todas las poblaciones de los cultivares evaluados, y los principales componentes cuantitativos del rendimiento en grano. Las diferencias en rendimiento entre las variedades (poblaciones promedio), ocurrió sólo en relación a los testigos de largo plazo. No existieron diferencias estadísticas en el rendimiento en grano promedio, ni en la biomasa total producida entre las variedades caracterizadas. Si bien las variedades se ordenan por el rendimiento medio, ese orden no debe ser considerado en términos de superioridad o inferioridad de ningún cultivar ante otros, porque esas diferencias en rendimiento medio son el resultado del error experimental.

Cuadro 7.- Rendimiento, biomasa total e índice de cosecha para todos los cultivares en el 2022, para el promedio de las poblaciones evaluadas, ordenado por rendimiento medio de cada cultivar (con protección total).

Cultivar	Biomasa total (Kg ha ⁻¹)	Índice de cosecha (%)	Rendimiento 13.5% humedad (Kg ha ⁻¹)
LE 2475	18080	41 a	7776 a
DM Catalpa	18752	40 ab	7640 a
D. Alberto (T)	20050	35 bc	7334 a
Klein Favorito II	18485	37 abc	7166 a
Fuste (T)	18913	36 abc	7151 a
DM Aromo	18391	38 abc	7045 a
Gingko	18131	37 abc	6916 ab
Buck Fulgor	18060	37 abc	6889 ab
Baguette 11 (T)	16730	40 ab	6884 ab
Churrinche (T)	17697	32 c	5857 bc
Tijereta (T)	17510	32 c	5677 c
Promedio	18254	37	6940
<i>p</i> -valor	0,69	0,0001	<0,0001
MDS (5%)	ns	6,4	1111
C.V. (%)	16,3	11,1	10,2

MDS – Test de Tukey $p < 0,05$. Medias con igual letra no difieren estadísticamente al 5%.

Cuadro 8.- Componentes numéricos del rendimiento para todas las variedades a la población media del año (192 pl. m⁻²), con protección total. Ordenado de mayor a menor rendimiento en grano.

Cultivar	Espigas (No. m ⁻²)	Tamaño de espiga (Granos Espigas ⁻¹)	P. Grano (mg)	Granos m ⁻²
LE 2475	441 a	48	38,3 bc	20371 a
DM Catalpa	404 ab	47	40,5 ab	18831 abc
D. Alberto (T)	419 ab	52	36,0 cb	20350 a
Klein Favorito II	389 ab	51	36,4 cd	19701 ab
Fuste (T)	440 a	46	36,1 cd	19900 ab
DM Aromo	450 a	41	38,4 bc	18378 abc
Gingko	356 b	48	42,4 a	16298 c
Buck Fulgor	454 a	44	34,5 d	20061 ab
Baguette 11 (T)	403 ab	45	38,2 bc	18017 abc
Churrinche (T)	4367 ab	39	34,7 d	17014 bc
Tijereta (T)	393 ab	41	35,8 cb	15878 c
Promedio	417	46	37,4	18618
<i>p</i> -valor	0,002	0,068	<0,0001	<0,0001
MDS (5%)	80,5	ns	2,7	3221
C.V. (%)	12,3	18,9	4,6	11

MDS – Test de Tukey $P < 0,05$. Medias con igual letra no difieren estadísticamente al 5%.

A pesar de que no se cuantificaron diferencias en rendimiento entre las variedades (Cuadro 7 – a excepción de algunos con los testigos de largo plazo), la construcción del mismo fue por caminos diferentes. Por ejemplo, DM Catalpa, DM Aromo y Gingko concretaron el rendimiento en base a un mayor peso de granos (al igual que en 2021). En el caso de DM Catalpa y Gingko, fue consecuencia de un menor No. espigas m^{-2} . Sin embargo, DM Aromo concretó un mayor No. espigas m^{-2} con una tendencia a tener menos granos espiga $^{-1}$ (al igual que en 2021). LE 2475, Klein Favorito II y Buck Fulgor generaron el rendimiento a través del No. granos m^{-2} , con tendencia a presentar menor peso de grano como consecuencia de un mayor No. espigas m^{-2} , en el caso de LE 2475 y Buck Fulgor. Sin embargo, Klein Favorito II presentó un reducido No. espigas m^{-2} que compensó con una tendencia a presentar más granos espiga $^{-1}$ (Cuadro 8).

La relación entre el rendimiento final de cada cultivar y los principales componentes numéricos que definen el rendimiento, ha demostrado en los últimos años que un mayor rendimiento no es exclusivamente explicado por el número de granos m^{-2} ; más allá que permite separar los cultivares en posiciones relativas extremas. Sin embargo, en términos generales, en los últimos años las primeras posiciones están ocupadas por cultivares que logran concretar elevado número de granos y PG. En 2022, no se registraron los elevados valores en el No. granos m^{-2} (>25.000) como en el 2021; mientras que la diferencia en el PG se cuantificó en la ausencia de valores por debajo de los 32 mg en 2022 (Fig. 8).

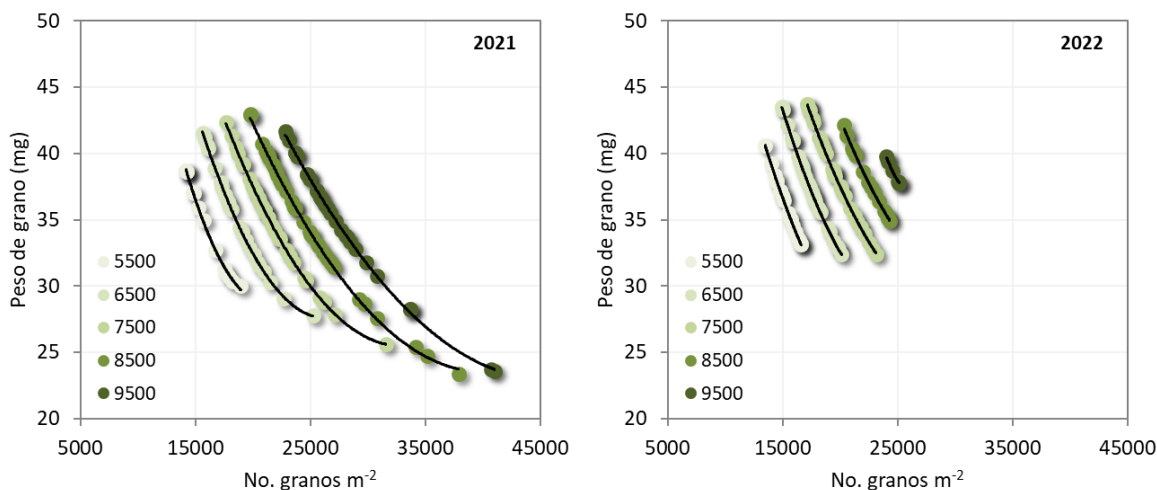


Figura 8.- Relación entre la variación del PG y el número de granos por metro cuadrado, para las distintas isolíneas de potencial del año 2021y 2022 (con fungicida).

En la figura 9, podemos observar la relación competitiva entre el número máximo de tallos (Z 3.0) y la fertilidad final de mismos en condiciones de campo. Las condiciones de chacra, manejo y clima afectan al número máximo de tallos, y la fertilidad estaría básicamente regulada por el número de tallos compitiendo durante el encañado. La relación de estas variables en el conjunto de las variedades, fue similar en 2021 y 2022, con registros entre 250 y 1000 macollos m^{-2} sin cambios sustanciales en la tendencia a la reducción de la fertilidad de tallos en la medida que se incrementa su número. Sin embargo, en 2022 no se observador valores de fertilidad de tallos inferiores a 40% como en 2021, lo cual conlleva a que la máxima pérdida de tallos cuantificada, sea menor (590 vs. 657 tallos perdidos).

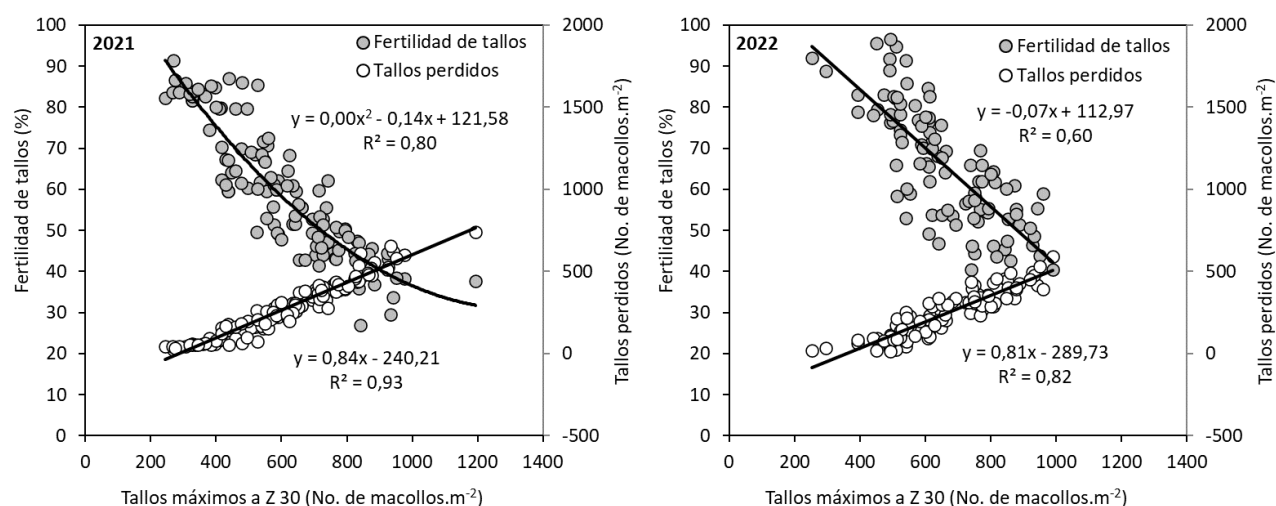


Figura 9.- Relación fertilidad de tallos y No. máximo de tallos a Z 3.0 en 2021 y 2022. Para todas las variedades a la población media del año (192 pl. m⁻²), con protección total.

En términos generales, para el conjunto de las variedades caracterizadas en 2022 el bajo No. de macollos m⁻² promedio fue similar a 2021, sin embargo, por las condiciones de producción se logró una mayor fertilidad promedio generando un mayor No. de espigas m⁻² (Cuadro 9). A pesar de lo anterior, el rendimiento se ubica en el extremo inferior de los mejores años como consecuencia de presentar un menor tamaño de espiga (granos espiga⁻¹) en relación a las zafra anteriores (46 vs. 55 promedio de las últimas 4 zafra). Sin considerar los testigos, los extremos en el No. macollos m⁻² ocurrieron en LE 2475 y Gingko con fertilidad de tallos contrastantes. Se diferencia y destaca el bajo No. macollos m⁻² en Gingko al igual que en 2021.

Cuadro 9.- Población media, macollaje máximo a Z 3.0, fertilidad de tallos y espiga m⁻² a cosecha para todas las densidades a la población media del año (192 pl. m⁻²), con protección total. Ordenados por rendimiento en grano.

Cultivar	Población (Pl. m ⁻¹)	Población (Pl. m ⁻²)	Macollos a Z30 (Mac. m ⁻²)	Fertilidad de tallos (%)	Espigas (Esp. m ⁻²)
LE 2475	30	201	749 ab	60 cde	441 a
DM Catalpa	28	184	636 bc	66 abcd	404 ab
D. Alberto (T)	29	193	693 abc	62 bcde	419 ab
Klein Favorito II	27	177	587 cd	67 abcd	389 ab
Fuste (T)	29	194	662 bc	69 abc	440 a
DM Aromo	31	203	616 bc	74 abc	450 a
Gingko	28	186	466 d	79 a	356 b
Buck Fulgor	29	191	619 bc	75 ab	454 a
Baguette 11 (T)	31	205	800 a	51 de	403 ab
Churrinche (T)	29	190	604 c	74 abc	437 ab
Tijereta (T)	27	183	814 a	48 e	393 ab
Promedio	29	192	659	66	417
<i>p</i> -valor	0,384	0,334	<0,0001	<0,0001	0,0021
MDS (5%)	ns	ns	138	15,5	80,5
C.V. (%)	13	12,9	13,3	14,9	12,3

MDS – Test de Tukey P<0.05. Medias con igual letra no difieren estadísticamente al 5%.

2.b. Rendimiento en respuesta a la población por cultivar

La figura 10, muestra la respuesta en rendimiento a la población para el conjunto de todos los cultivares con protección total de enfermedades evaluados durante el 2022, en relación al año anterior. Los rangos de poblaciones logradas fueron similares entre años, pero levemente más acotado en 2022. En 2022 se logró una mayor homogeneidad en las poblaciones logradas en relación a las tres densidades objetivos, en contraste con 2021. En ambas zafras no se observa un patrón definido entre población y rendimiento (Fig. 10), indicando que la posible respuesta a la población obedece a un efecto genético y no climático. Por esto, la importancia de estudiar la respuesta a la población en cada variedad por separado (Fig. 11).

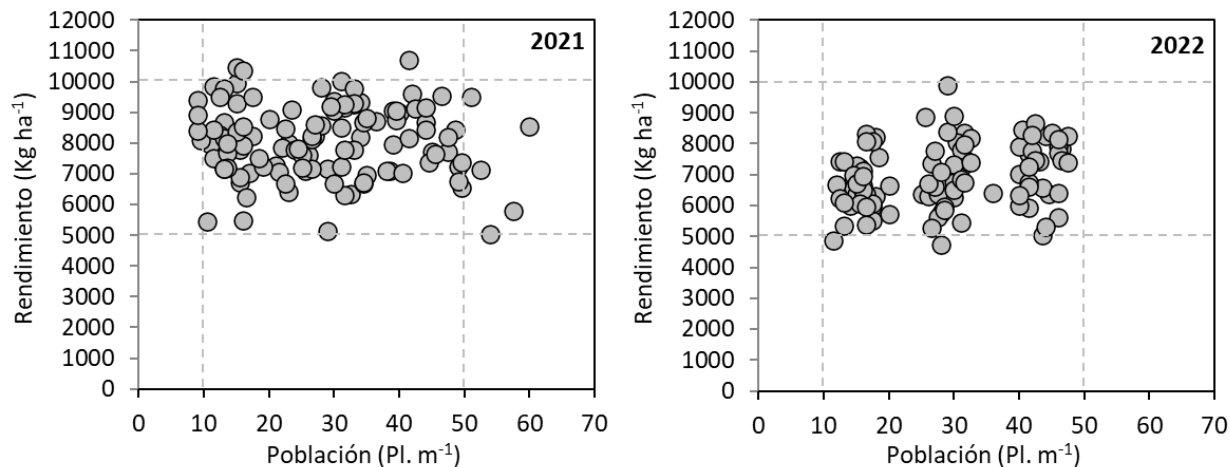


Figura 10.- Rendimiento medio en función de la variación en la población en promedio para el año 2022, en relación a lo observado para el año anterior (con protección total).

Para las condiciones climáticas de este año, los testigos de referencia I. Don Alberto, I. Tijereta, I. Churrinche y Baguette 11 no presentaron respuesta a la población. Sin embargo, tanto I. Don Alberto como Baguette 11, parecen presentar una población óptima en torno a las 30-35 pl. m⁻¹. Por el contrario, el testigo contemporáneo (Fuste) respondió a poblaciones elevadas (>40 pl. m⁻¹) (Fig. 11). Conociendo el comportamiento de los testigos, podemos interpretar los resultados de cada variedad de interés, contemplando el efecto año. El criterio general para ajustar un modelo que representa la respuesta a la población en cada variedad, es el coeficiente de regresión de Pearson (R^2). Si la distribución de datos presentó un coeficiente mayor a 0.20, se ajustó el mejor modelo; no se ajustó en caso contrario.

Las variedades que presentaron respuesta positiva a poblaciones elevadas (>40 pl. m⁻¹), fueron: DM Catalpa, DM Aromo al igual que en 2021 (donde presentaron un óptimo levemente superior). Por otro lado, Buck Fulgor pareciera tener un desempeño regular a poblaciones menores a las 30 pl. m⁻¹. Klein Favorito II sugiere que presenta el mismo comportamiento, pero al no ajustar un modelo no podemos asegurarlo con un solo año (Fig. 11). LE 2475 y Gingko no presentaron un patrón definido de respuesta a la población.

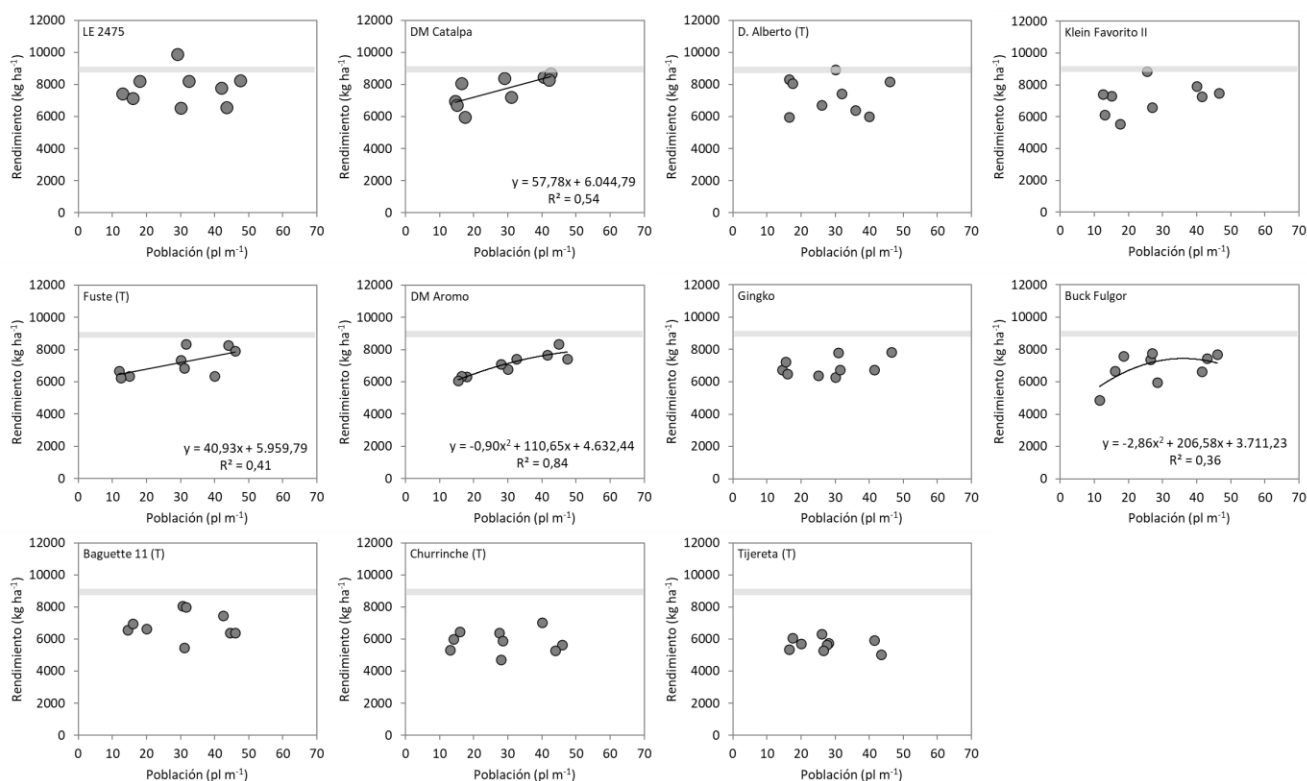


Figura 11.- Rendimiento en grano en función la población lograda a campo, para los distintos cultivares evaluados durante 2022, con protección total. (Ordenados de izquierda a derecha y de arriba abajo, en función del rendimiento medio).

Si consideramos que además del ajuste a la población, el potencial de cada cultivar está fuertemente condicionado por su comportamiento sanitario; el ajuste específico al cultivar considerando ambos factores de manejo, como viene siendo registrado en los últimos años, en algunos casos cambia sustancialmente el resultado final en cuanto a la evaluación del rendimiento alcanzable limitado por agua de un cultivar. En este sentido en el siguiente cuadro (Cuadro 10) se presenta para todos los cultivares evaluados, el cambio de rendimiento por ajuste de la población y respuesta específica al fungicida.

El criterio general para adjudicar un factor como responsable del cambio en el rendimiento de cada variedad, fue que el incremento en rendimiento debido al factor a igualdad de condiciones del otro factor, sea equivalente como mínimo al 10% de la condición estándar (sin aplicar el factor). Esta metodología no evalúa la existencia de una posible interacción entre factores.

Por último, la metodología utilizada para definir el cambio en el ranking entre las variedades (Cuadro 10), no implica un análisis estadístico riguroso, por lo tanto, no podemos inferir que las posibles diferencias entre las variedades se repitan en el tiempo. Sin embargo, permite cuantificar el impacto del ajuste preciso de la tecnología de producción (población – fungicida) en cada variedad para el año en estudio.

Cuadro 10.- Orden de potencial de los cultivares evaluados en base al cambio de rendimiento, por ajuste de la población y respuesta al fungicida, en relación a una población promedio y sin fungicida (ordenado por rendimiento a nivel del manejo específico).

Cultivar	Sin manejo Especifico 191 pl. m ⁻² y sin Fungicida.	Con manejo específico Población óptima y con Fungicida	Factor/s de manejo responsable/s del cambio.	Cambio de potencial (kg ha ⁻¹) (%)	
DM Catalpa	7823	8474	Población	651	8
LE 2475	6341	8201	Sanidad	1860	29
DM Aromo	6491	7803	Población	1312	20
D. Alberto (T)	6276	7686	Sanidad	1410	22
Klein Favorito II	5859	7590	Sanidad	1731	30
Fuste (T)	5501	7512	Sanidad-Población	2011	37
Buck Fulgor	6422	7255	Población	833	13
Baguette 11 (T)	5704	7168	Sanidad	1464	26
Gingko	6126	6988	Sanidad	862	14
Churrinche (T)	5972	5983	-	11	0
Tijereta (T)	5362	5740	-	378	7
Promedio*	6171	7309	Sanidad	1138	19

* Efecto promedio; refiere a la combinación genotipo x ambiente (población/sanidad)

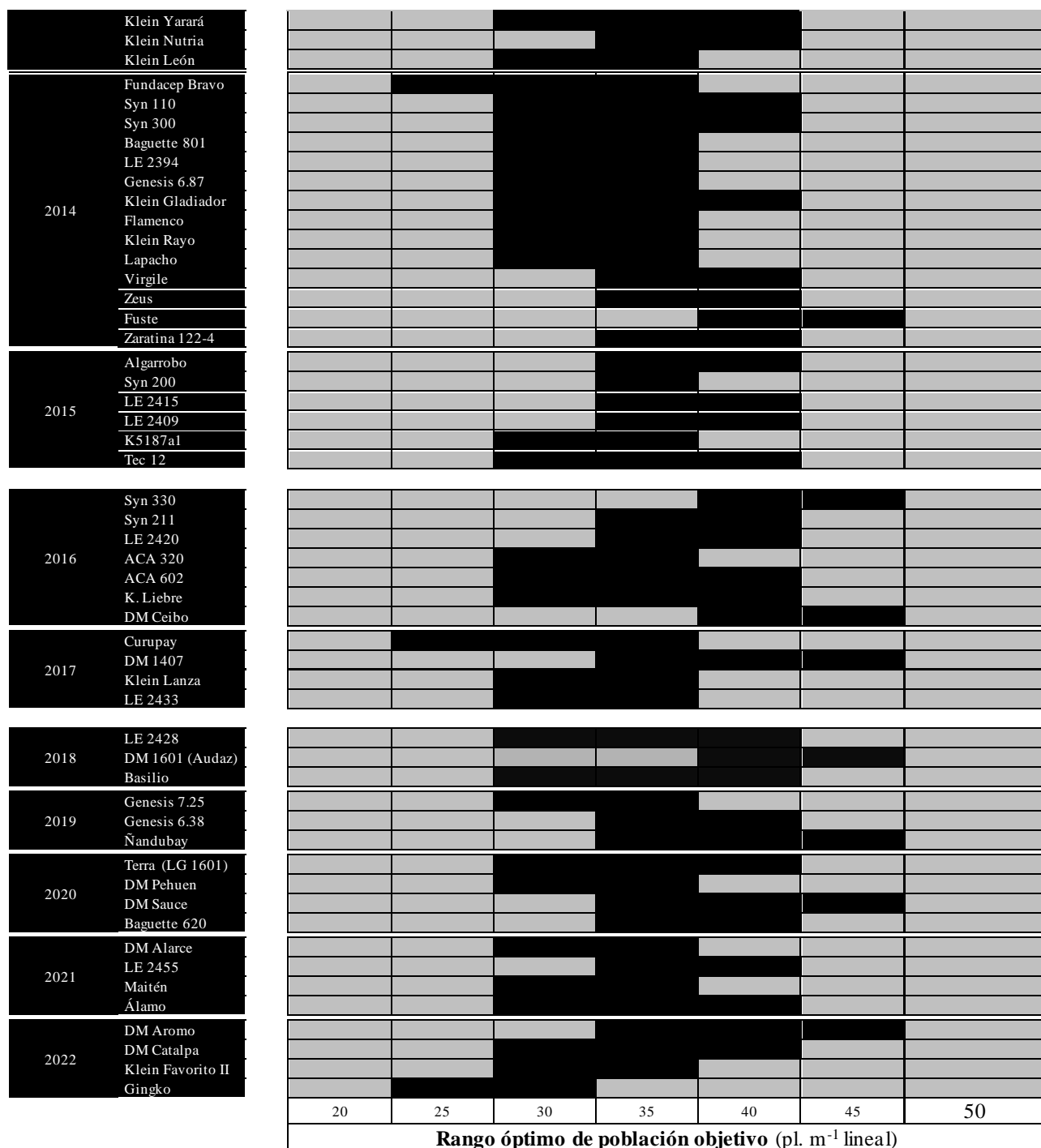
Del cuadro anterior y en forma resumida podemos concluir que, para esta región del país en el año 2022, como resultado de la selección de cultivar, del ajuste de la población y el fungicida, el rendimiento alcanzable limitado por agua varió en 3112 kg ha⁻¹, desde los 5326 a los 8474 kg ha⁻¹. Estos 3112 kg ha⁻¹ que surgen del efecto de la variedad, fundamentalmente por la respuesta al fungicida (12% promedio para todas las variedades) y en menor proporción por ajuste de la población (8% promedio para todas las variedades), en 2022 resultado de los efectos de roya estriada en cultivares muy susceptibles. Año a año es muy clara evidencia de que el juicio del potencial de un cultivar en función de su orden relativo, cambia radicalmente en función del manejo, y por tanto es dependiente de la información que permite inferir el ajuste. En este sentido hay cultivares de elevado potencial dependientes solo del ajuste de la población, solo del fungicida o ambos factores de manejo. Este año no es la excepción, a pesar de que los efectos de la sanidad fueron levemente inferiores en relación a 2021.

3. Comentarios finales para los cultivares de segundo año de caracterización

El resultado final de caracterización de los cultivares que cumplen su segundo año, debe basarse en los resultados de los dos años de evaluación. Para este ciclo en donde el año 2021 y el 2022, fueron muy diferentes en cuanto a condiciones climáticas y consecuencia de ello, diferencias importantes en potencial y calidad, es especialmente relevante observar el comportamiento específico de cada cultivar en cada año. En el siguiente cuadro, se presenta para los cultivares que finalizan su caracterización, cuál sería el mejor rango de población considerando el rendimiento y calidad de grano, en relación a todos los cultivares caracterizados a la fecha.

Cuadro 11.- Rango óptimo de población (pl. m⁻¹) para los distintos cultivares evaluados en el programa de caracterización de cultivares de trigo, realizado por la Facultad de Agronomía desde 1998 a la fecha.

		Rango óptimo de población objetivo (pl. m ⁻¹ lineal)						
		20	25	30	35	40	45	50
1998	Prointa Quintal							
	Prointa Superior							
	INIA Mirlo							
1999	T 713							
	Prosedel Plata							
	INIA Caburé							
2000	INIA Tijereta							
	INIA Boyero							
2004	INIA Gorrión							
	INIA Torcaza							
	INIA Churrinche							
	Baguette 10							
2006	ORL 99192							
	ONIX							
2007	INIA Carancho							
	INIA Tero							
	INIA Madrugador							
	INIA Carpintero							
	INIA Don Alberto							
	Biointa 1001							
2008	Biointa 1002							
	Biointa 3000							
	Baguette 13							
	Baguette 11							
2009	Atlax							
	Centauro							
	Nogal							
	Baguette 9							
	Baguette 19							
2010	INIA 2354							
	INIA Chimango							
	Meteoro							
	Cristalino							
	Biointa 3004							
2011	Baguette 17							
	Baguette 18							
	Biointa 1006							
	Biointa 2004							
	Buck Fast							
	V 2061/62							
	Arex							
2012	GE 2359							
	GE 2358							
	GE 2346							
	GE 2366							
	GE 2375							
	Biointa 3005							
	DM 1009							
	Lyón							
	Baguette 701							
	Baguette 601							
2013	Biointa 3006							
	Biointa 2006							
	Baguette 501							
	Génesis 8.77							
	Génesis 6.81							
	Klein Guerrero							



La información disponible en el trabajo y el contenido en informes anteriores (en cuanto a ambiente y desempeño individual de cada cultivar en relación a los testigos de comportamiento conocido), permite que cada usuario pueda seleccionar el cultivar en función del ambiente específico para el cual lo requiere (junto a la información que surge de la red nacional de evaluación de cultivares de INASE-INIA). Con esta información es posible, ajustar específicamente el manejo al cultivar en forma objetiva.

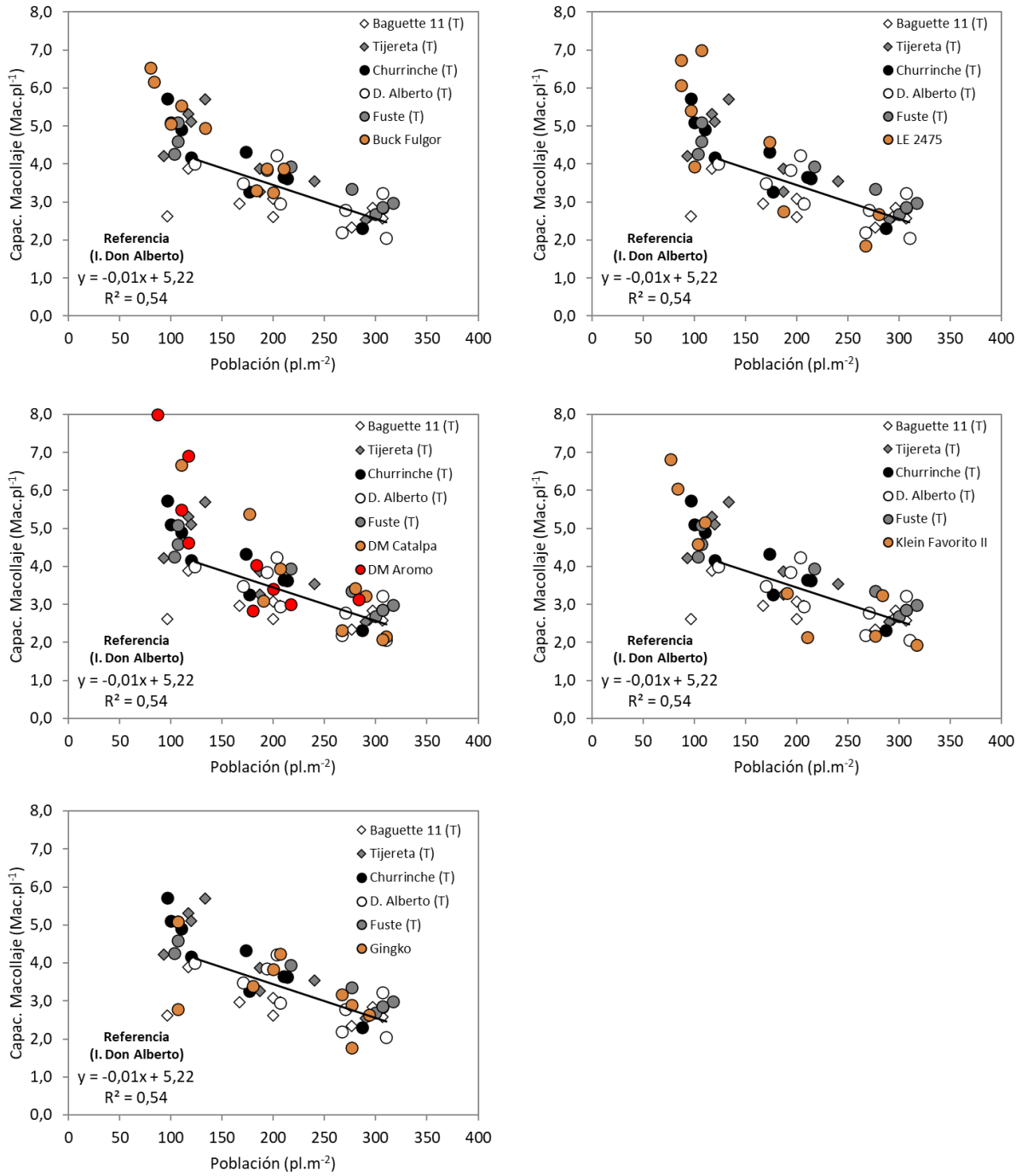
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Abbate, P.E.; Lázaro, L.; Andrade, F.H. 1997.** ¿Es posible incrementar en número de granos por unidad de superficie?. *In*: Explorando altos rendimiento en trigo. Seminario organizado por CIMMYT-INIA. Colonia. Uruguay. 1997. p 71-89.
2. **Castro, A.; Siri, G.; Hoffman, E. 1994.** Uso de características de crecimiento inicial en la selección en planta aislada (resultados preliminares). *In*: V Reunión Nacional de Investigadores de Cebada. Mesa Nacional de Cebada Cervecera. Colonia, 2 y 3 de junio de 1994. pp 65-72
3. **Ernst, O; Hoffman, E. 1991.** Análisis comparativo de crecimiento en trigo y cebada y su efecto sobre la concreción del rendimiento. *In* II Jornada Nacional de Investigadores en Cebada Cervecera. INIA La Estanzuela Colonia Uruguay.
4. **Hoffman E.; Ernst O.; Castro A. 1993.** Rendimiento de grano y sus componentes. I. Bases fisiológicas y evolución histórica a nivel Mundial. *In*: IVª Reunión nacional de investigadores de cebada. Palmar. Uruguay.
5. **Hoffman, E.; Siri, G.; Ernst, O. 1994.** Posibilidades de predecir el comportamiento de los nuevos cultivares en función de la caracterización de su crecimiento inicial en condiciones de invernáculo. *In*: V Reunión Nacional de Investigadores de Cebada. Mesa Nacional de Investigadores de Cebada Cervecera. Colonia, 2 y 3 de junio de 1994. pp 116-122
6. **Hoffman, E. 1995.** Respuesta de los cultivos de invierno a la densidad de siembra. I. Trigo. *In*: Revista Cangüé, N° 3, junio de 1995, p 8-12.
7. **Hoffman, E.; Ernst, O. 1999.** Densidad de siembra en trigo. ¿Qué pasa con la siembra en banda? *In*: Revista Cangüé, N° 17, diciembre de 1999, pp 9-14.
8. **Hoffman, E.; Benítez, A. 2000.** Caracterización del crecimiento inicial de nuevas variedades de trigo (INIA Caburé, T 605 y T 713). *In*: Informe a PROSEDEL. EEMAC, Facultad de Agronomía.
9. **Hoffman, E.; Benítez, A; Cadenazzi, M. 2002.** Caracterización del crecimiento inicial y respuesta a la población en trigo. *In*: Cuarta jornada de rendimiento y calidad de trigo. Mesa Nacional de Trigo. Mercedes. Uruguay
10. **Hoffman, E; Ernst, O; Benítez, A; Castro, A; Cadenazzi, M. 2002b.** Caracterización de cultivares. Una herramienta para la toma de decisión en trigo y cebada. Seminario Técnico. EEMAC - Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay.
11. **Hoffman, E.; Benítez, A.; Cadenazzi, M. 2004.** Caracterización de cultivares de trigo. Primer ciclo de Baguette10, INIA Churrinche, INIA Torcaza e INIA Gorrión. EEMAC- Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay.
12. **Hoffman. E.; Castro A.; Ernst. O.; Benítez. A.; Cadenazzi. M. 2006** (s/p). Sincronización de macollaje y su relación con el número de espigas y rendimiento, para distintos cultivares de Cebada cervecera en Uruguay. *Agrociencia*, Recepción del trabajo en Septiembre del 2005.
13. **Hoffman. E, Gestido. V y Cadenazzi. M. 2007.** Caracterización de cultivares de trigo. Segundo ciclo de INIA Tero, INIA Carancho, INIA Don Alberto, INIA Madrugador e INIA Carpintero y primer ciclo de Biointa 1001. En Novena Jornada sobre rendimiento y calidad de trigo. Mesa Nacional del Trigo. Mercedes. Abril del 2007.
14. **Hoffman. E, Fernández. R, Baeten. A, y Cadenazzi. M. 2009a.** Caracterización de cultivares de trigo. Segundo ciclo de Biointa 1002, Biointa 3000, Baguette 11 y Baguette 13. Primer ciclo de: Nogal, Atlax, Centauro, Baguette 19 y Baguette 9. En 11ª Jornada sobre rendimiento y calidad de trigo. Mesa Nacional del Trigo. Mercedes. 2009.
15. **Hoffman. E.; Viega. L.; Cadenazzi. M; Gestido. V.; Mesa. P.; Fernández. R.; Baeten. A.; Glison. N. 2009b.** Bases morfofisiológicas que justifican el manejo diferencial de cultivares de Trigo y Cebada en Uruguay. *En*: Primer Simposio Nacional de Agricultura de Secano. Facultad de Agronomía, UDELAR – IPNI Cono Sur. ISBN978-9974-0-583-9- pp. 49-74.
16. **Hoffman. E, Catro A. 2012.** Cambios en la fecha de siembra en cultivos de invierno en Uruguay. Implicancias sobre el rendimiento y el riesgo. Cangüé Digital 2012- Segunda Época Nro 32 . *IN* <http://www.eemac.edu.uy/canguel/>
17. **Hoffman EM, Locatelli A, Fassana CN, Viega L, Castro AJ. 2014.** Evaluación de la evolución de la oferta varietal del trigo en Uruguay en el siglo XXI. *En*: Memorias de Seminario Internacional. 1914 – 2014, un Siglo de Mejoramiento de Trigo en la Estanzuela. Agosto 2014. INIA la Estanzuela. Colonia Uruguay.
18. **Hoffman, E. M, Fassana C.N, Akerman, A, Bonancea, S, Van de Dorpel, M. 2018.** Caracterización de cultivares de trigo 2017. Informe del programa e caracterización de cultivares de la de la Facultad de Agronomía - EEMAC. Universidad de la República. Uruguay. 37p (<http://www.eemac.edu.uy/>)
19. **Haun, J.R. 1973.** Visual quantification of wheat development *Agronomy Journal* 65(1):116-119.
20. **Saari, E.E. y Prescott J.M. 1975.** A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Rep.* 59:377-380.

VII. ANEXOS

1. Componentes números del rendimiento y parámetros de calidad

Figura A1.- Capacidad de macollaje para todos los cultivares evaluados en el año 2022, con fungicida en función de la población. Agrupados por empresa solicitante y en relación a los testigos.



Cuadro A1.- Componentes del rendimiento en respuesta al cambio en la población para todos los cultivares evaluados durante el 2022, con protección total. (Ordenado por mayor rendimiento logrado).

Variedad	Densidad	Plantas reales (N° m ⁻¹ lineal)	Plantas (N° m ⁻²)	Macollos Z 30 (N° mac. m ⁻²)	Fertilidad (%)	Esp. m ⁻²	Granos/Esp.	Granos m ⁻²	PG (mg)
LE 2475	15	16	104	579	63	356	54	19344	39,3
	30	31	203	788	56	442	51	21402	38,3
	45	44	296	880	60	526	39	20366	37,2
DM Catalpa	15	16	108	527	76	394	43	16965	41,2
	30	25	167	586	67	378	50	18739	39,6
	45	42	278	797	56	441	47	20788	40,8
D. Alberto (T)	15	17	112	549	75	412	54	20839	35,9
	30	29	196	750	58	439	49	20782	36,9
	45	41	271	779	52	404	52	19429	35,2
Klein Favorito II	15	14	96	572	59	340	54	17903	35,6
	30	23	150	570	73	411	50	20503	37,1
	45	43	284	618	68	417	50	20697	36,6
Fuste (T)	15	13	88	512	74	379	47	17730	36,3
	30	31	206	764	59	446	47	20774	36,2
	45	43	289	710	73	494	43	21194	35,8
DM Aromo	15	17	111	566	78	440	37	16156	38,7
	30	30	201	593	69	404	47	18835	37,6
	45	45	298	689	74	506	40	20142	39,0
Gingko	15	15	102	330	86	280	58	16044	42,5
	30	31	206	528	73	373	46	16544	41,9
	45	38	251	540	78	416	39	16308	42,8
Buck Fulgor	15	15	102	520	81	421	43	17986	35,6
	30	27	182	558	82	457	45	20390	34,5
	45	44	290	780	63	484	45	21809	33,3
Baguette 11 (T)	15	17	112	653	59	382	46	17276	39,1
	30	31	207	830	49	409	46	18589	38,4
	45	44	296	918	46	417	44	18187	37,1
Churrinche (T)	15	14	96	470	82	384	44	16895	35,3
	30	28	187	614	78	478	33	15952	35,8
	45	43	289	728	62	448	41	18195	33,0
Tijereta (T)	15	18	120	767	52	397	40	15647	36,6
	30	27	178	813	43	350	47	15879	36,2
	45	38	251	861	51	431	38	16108	34,6

Cuadro A2.- Peso hectolítico para todos los cultivares evaluados en el 2022, promedio con fungicidas, ordenados por el mismo ranking de rendimiento en grano promedio de todas las poblaciones.

Tratamiento de Población (*)							
	P1	P2	P3	Promedio 2022			
Variedad	-----Peso Hectolítico (13,5% humedad) -----				p-valor ^{&}	MDS (5%)	C.V. (%)
LE 2475	80,9 cd	80,5 cd	81,4 abc	80,9 de	0,736	ns	1,68
DM Catalpa	79,9 d	79,5 d	80,3 c	79,9 e	0,224	ns	0,53
D. Alberto (T)	84,6 ab	85,3 ab	85,9 a	85,3 a	0,467	ns	1,38
Klein Favorito II	84,1 abc	83,8 abc	84,2 abc	84,0 ab	0,94	ns	1,72
Fuste (T)	83,4 abc	83,2 abcd	82,6 abc	83,1 bc	0,791	ns	1,88
DM Aromo	81,3 bcd	81,5 bcd	82,8 abc	81,9 cde	0,253	ns	1,2
Gingko	83,3 abcd	84,4 ab	85,4 ab	84,4 ab	0,017	1,47	0,6
Buck Fulgor	86,1 a	85,6 a	85,4 ab	85,7 a	0,807	ns	1,6
Baguette 11 (T)	80,8 cd	82,0 abcd	79,7 c	80,8 de	0,367	ns	2,2
Churrinche (T)	82,5 bcd	82,2 abcd	83,3 abc	82,7 bcd	0,618	ns	1,61
Tijereta (T)	80,8 cd	82,3 abcd	80,9 bc	81,3 cde	0,647	ns	2,62
Promedio	82,5	82,8	82,9	82,7			
p-valor	<0,0001	0,0002	0,0004	<0,0001			
MDS (5%)	3,41	3,86	4,58	2,12			
C.V. (%)	1,4	1,58	1,88	1,63			

*- P1= población 1, P2= población 2 y P3= población 3. & - Dentro de cada cultivar, entre densidades

Cuadro A3a.- Proteína en grano para todos los cultivares evaluados en el 2021 y 2022, con fungicida ordenado por rendimiento decreciente en el año 2022, para una población equivalente a las 30 pl. m⁻¹.

Variedad	2022	2021	Promedio	p-valor ^{&}	MDS (5%)	C.V. (%)
	--- Proteína (%). Base 13,5% humedad ---					
LE 2475	10,0 c	-	10	-	-	-
DM Catalpa	10,0 c	13,4	11,7	0,003	1,46	5,5
D. Alberto (T)	10,6 bc	11,7	11,1	0,078	ns	5,3
Klein Favorito II	10,5 bc	11,9	11,2	0,052	ns	5,3
Fuste (T)	10,5 bc	12,2	11,4	0,029	1,41	5,5
DM Aromo	9,9 c	12,7	11,3	0,0002	0,56	2,2
Gingko	10,6 bc	11,7	11,2	0,013	0,7	2,8
Buck Fulgor	10,2 c	-	10,2	-	-	-
Baguette 11 (T)	10,8 bc	12,2	11,5	0,066	ns	6,2
Churrinche (T)	11,3 ab	13,8	12,6	0,046	2,37	8,3
Tijereta (T)	11,9 a	11,9	11,9	0,531	ns	8,4
Promedio	10,6	12,4	11,3			
p-valor*	<0,0001	-	-	-	-	-
MDS (5%)	1,0	-	-	-	-	-
C.V. (%)	3,3	-	-	-	-	-

* - Dentro del año, entre variedades. & - Dentro de cada cultivar, entre densidades.

Cuadro A3b.- Proteína en grano para todos los cultivares evaluados en 2022, con fungicida ordenado por rendimiento decreciente, para las tres poblaciones.

Cultivar	Población (pl. m ⁻¹)			Promedio
	15	30	45	
	----- % -----			
LE 2475	10,6	10,0	9,8	10,1
DM Catalpa	10,1	10,0	9,8	10,0
D. Alberto (T)	11,0	10,6	10,6	10,7
Klein Favorito II	10,8	10,5	10,4	10,6
Fuste (T)	11,2	10,5	10,1	10,6
DM Aromo	10,7	9,9	10,8	10,5
Gingko	10,8	10,6	10,2	10,5
Buck Fulgor	10,9	10,2	10,6	10,5
Baguette 11 (T)	10,7	10,8	10,5	10,6
Churrinche (T)	11,7	11,3	11,4	11,5
Tijereta (T)	12,2	11,9	12,2	12,1
Promedio	11,0	10,6	10,6	10,7

2. Sanidad y respuesta en rendimiento al control.

En el experimento de campo, de los cuatro bloques tres son manejados al azar con fungicida y uno con infección natural. Para este año igual que los anteriores existió un nivel de Roya de tallo (*Puccinia graminis*) y Mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*) que en promedio fueron bajas a nulas. En comparación con el año anterior (2021), el principal problema fue con roya estriada (*Puccinia striiformis*) (con niveles de severidad inferiores a 2021) y niveles de incidencia de Septoria (*Mycosphaerella graminicola*) medios a altos (menores que 2021), en parte explicado por las condiciones climáticas.

En la medida que experimentalmente el costo adicional para generar esta información es bajo, y la información de respuesta, en relación a la evolución sanitaria suma información relevante para el cultivar, se ha incorporado esta variante en el programa de caracterización de cultivares en forma sistemática, desde hace 17 años. Como toda la información anterior para todos los cultivares, está analizada sobre la base de las parcelas con fungicidas, el comportamiento de cada cultivar sin fungicida, más allá de la información sanitaria, suma un elemento más para el análisis.

Cuadro A4.- Rendimiento y componentes para el promedio de todos los cultivares con y sin fungicida en el 2022.

	Rend. Corr. 13.5% (Kg ha ⁻¹)	Biomasa total (Kg ha ⁻¹)	IC (%)	Espigas (N° esp. m ⁻²)	Granos/esp.	Granos (N° Granos m ⁻²)	PG (mg)
C/Fung.	6940	18254	37	417	46	18618	37,4
S/Fung.	6171	16650	36	397	45	17416	35,6
Probabilidad*	<0,0001	0,015	0,176	0,059	0,757	0,018	<0,0001
MDS (5%)	342	1278	ns	ns	ns	989	0,68
CV (%)	12,64	17,8	11,1	12,7	21,4	13,5	4,6
SC _i /SC _t **	10%	5,0%	1,1%	1,6%	0,08%	3,5%	6,1%

*.- Sin tratar en relación al cultivo protegido. MDS – Test de Tukey P<0.05.

**.- Partición de suma de cuadrados. Efecto fungicida frente a demás fuentes de variación.

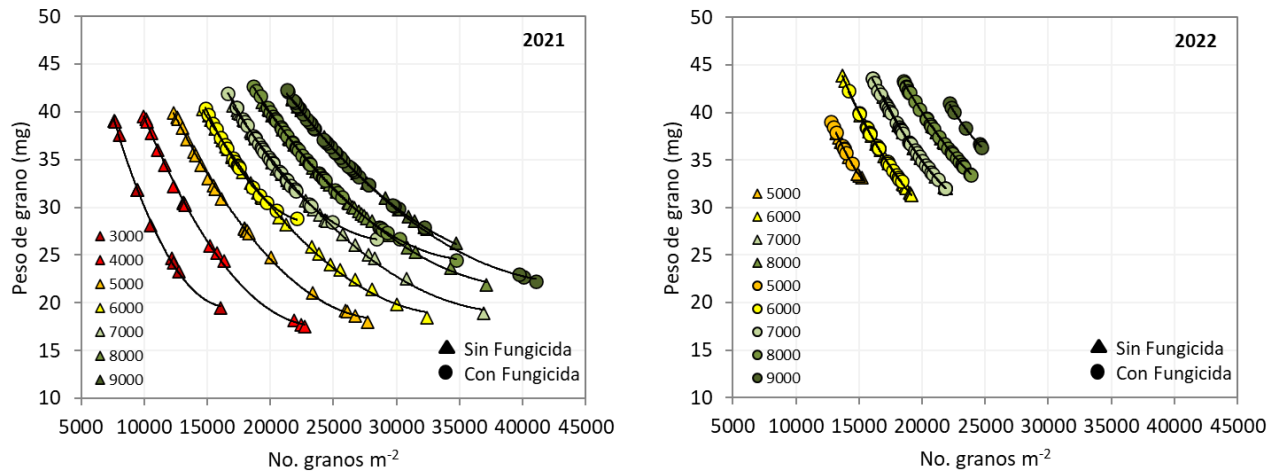


Figura A2.- Relación entre la variación del PG y el número de granos por metro cuadrado, con fungicida (Triángulos) y sin fungicida (Círculos), para todas las variedades evaluadas en 2022 y 2021.

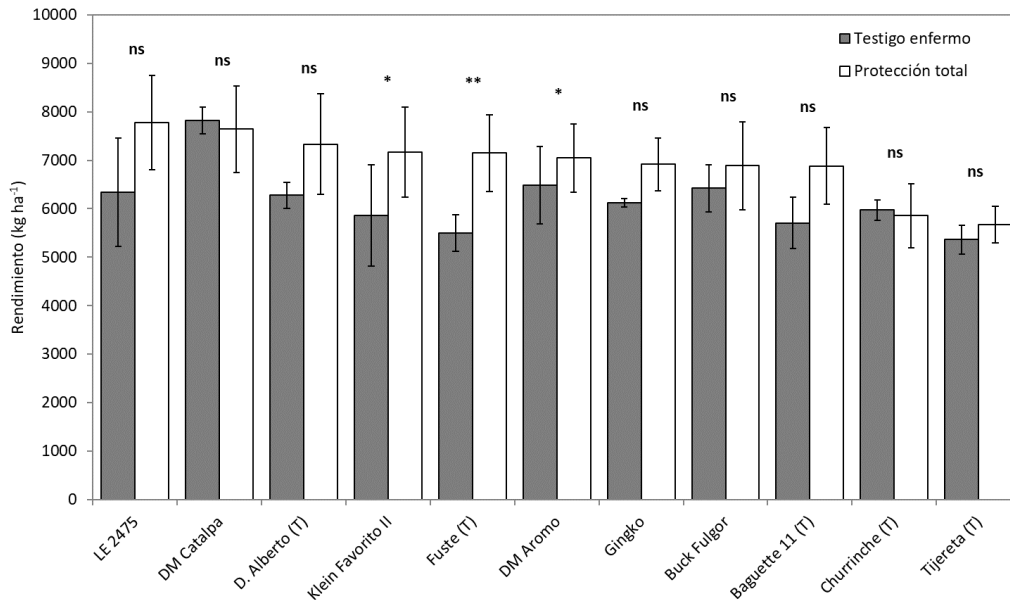


Figura A3.- Rendimiento en grano para todos lo cultivares evaluados en el 2022, con y sin fungicidas a población promedio. Efecto de la interacción cultivar por fungicida p-valor = 0,324; CV = 12,6%. (Diferencias entre cultivares C/Fung. vs. S/Fung. MDS Test de Tukey p-valor<0.0001 = 342,3 kg ha⁻¹). ns – no significativo; * - significativo al 10%; ** - significativo al 5%; *** - significativo al 1%.

Cuadro A5.- Rendimiento en grano para todos lo cultivares evaluados en el 2022, con y sin fungicida a la población promedio (192 pl. m⁻²). Efecto de la interacción cultivar por fungicida p-valor = 0,324; CV = 12,6%.

Variedad	Testigo enfermo	Protección total	Respuesta ^{&}	Significancia
	------(Kg.ha ⁻¹)-----		(%)	
LE 2475	6341	7776	1436	23
DM Catalpa	7823	7640	-183	-2
D. Alberto (T)	6276	7334	1058	17
Klein Favorito II	5859	7166	1307	22
Fuste (T)	5501	7151	1650	30
DM Aromo	6491	7045	554	9
Gingko	6126	6916	790	13
Buck Fulgor	6422	6889	467	7
Baguette 11 (T)	5704	6884	1179	21
Churrinche (T)	5972	5857	-115	-2
Tijereta (T)	5362	5677	316	6
Promedio	6171	6940	769	13

[&]Diferencia entre cultivares.

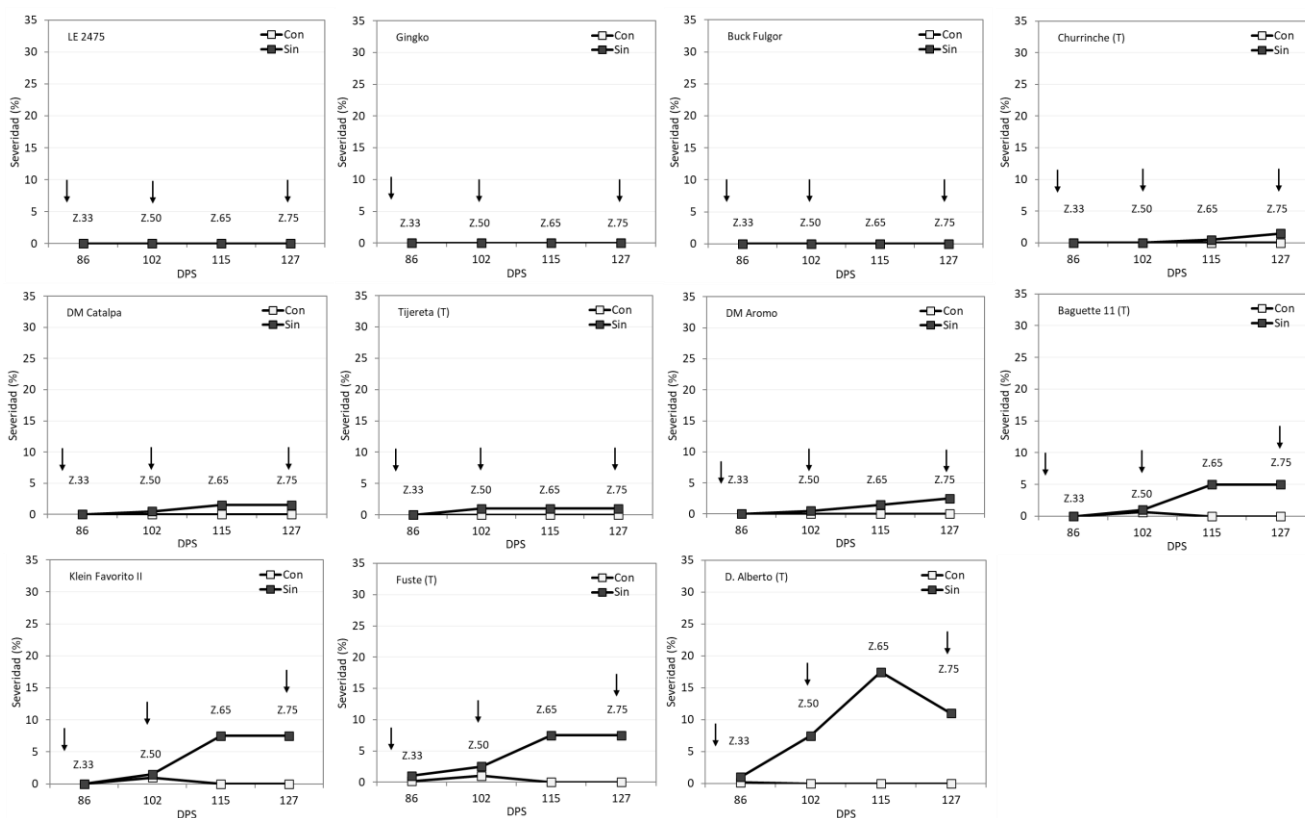


Figura A4.- Evolución de la severidad de Roya estriada (*Puccinia striiformis*), con y sin fungicidas para todos los cultivares evaluados durante el año 2022. Flechas indican las fechas de cada fungicida. Ordenados por nivel de severidad en parcelas sin fungicida.

Cuadro A6.- Porcentaje de incidencia y severidad de Roya de la hoja (*Puccinia triticina*), con y sin fungicida, para todos los cultivares, evaluados en el año 2022.

Cultivar	Z 3.3				Z 5.0				Z 6.5				Z 7.5			
	C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.	
	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.
LE 2475	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM Catalpa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. Alberto (T)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klein Favorito II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,0	Tr	0	0	25,0	Tr
Fuste (T)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM Aromo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gingko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buck Fulgor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baguette 11 (T)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,0	2,5	0	0	50,0	2,5
Churrinche (T)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tijereta (T)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,0	1,5	0	0	50,0	1,5
Promedio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,4	Tr	0	0	11,4	Tr

Tr - Traza (menor a 1%)

Cuadro A7.- Porcentaje de incidencia y severidad para Septoria de la hoja (*Mycosphaerella graminicola*), con y sin fungicida, para todos los cultivares evaluados en el año 2022.

Cultivar	Z 3.3				Z 5.0				Z 6.5				Z 7.5			
	C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.		C/Fung.		S/Fung.	
	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.	In.	Sev.
LE 2475	3,3	Tr	10,0	1,0	0	0	37,5	1,0	20,8	Tr	50,0	1,0	20,8	Tr	50,0	1,0
DM Catalpa	0	0	0	0	0	0	12,5	Tr	25,0	1,0	12,5	Tr	16,7	Tr	25,0	1,0
D. Alberto (T)	10,0	Tr	0	0	25,0	1,3	60,0	2,0	0	0	72,5	2,5	8,3	Tr	75,0	2,5
Klein Favorito II	8,3	Tr	10,0	Tr	16,7	Tr	25,0	1,0	20,8	Tr	0	0	20,8	Tr	12,5	1,0
Fuste (T)	3,3	Tr	10,0	1,0	20,8	1,0	37,5	1,0	0	0	25,0	1,0	12,5	Tr	37,5	1,0
DM Aromo	0	0	7,5	Tr	4,2	Tr	50,0	1,0	0	0	50,0	1,0	20,8	Tr	50,0	1,0
Gingko	0	0	10,0	1,0	12,5	Tr	12,5	Tr	0	0	12,5	Tr	8,3	Tr	37,5	1,0
Buck Fulgor	20,0	Tr	20,0	1,0	16,7	Tr	37,5	1,5	0	0	37,5	1,5	8,3	Tr	50,0	2,0
Baguette 11 (T)	0	0	0	0	16,7	Tr	25,0	1,0	20,8	Tr	25,0	1,0	20,8	Tr	50,0	1,0
Churrinche (T)	1,7	Tr	0	0	37,5	1,0	50,0	1,5	0	0	50,0	1,5	8,3	Tr	50,0	1,0
Tijereta (T)	5,0	Tr	10,0	Tr	8,3	Tr	25,0	1,0	0	0	37,5	1,0	20,8	Tr	50,0	1,0
Promedio	4,7	Tr	7,0	Tr	14,4	Tr	33,9	1,1	8,0	Tr	33,9	1,0	15,2	Tr	44,3	1,2

Tr - Traza (menor a 1%)



Figura A5.- Estado de las parcelas testigo (D. Alberto, Baguette 11 y Fuste) que no fueron contempladas en los resultados de la caracterización de crecimiento inicial.